

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

(21) **PI0611831-3 A2**

(22) Data de Depósito: 19/06/2006
(43) Data da Publicação: 28/09/2010
(RPI 2073)



(51) *Int.Cl.:*

C09D 5/08
C09D 5/16
C09D 17/00
C21C 5/52
C23F 15/00
C09C 3/00
C09C 1/22

(54) Título: **PIGMENTOS ANTICORROSÃO
DERIVADOS DA POEIRA DE UM FORNO DE ARCO
VOLTAICO E CONTENDO CÁLCIO SACRIFICIAL**

(30) Prioridade Unionista: 17/06/2005 US 60/691.227

(73) Titular(es): Ferrinov INC

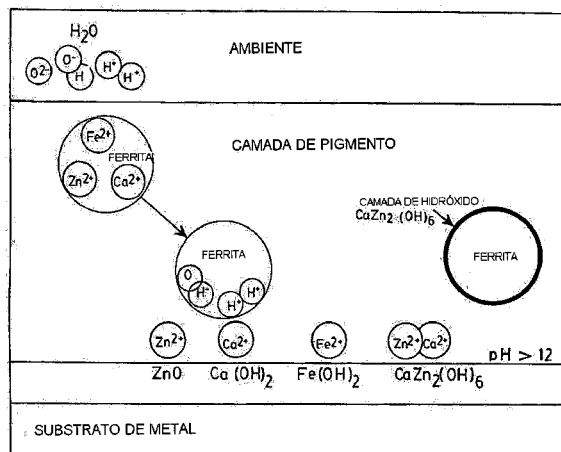
(72) Inventor(es): Denise Fontaine, Guoji Shan, Maurice Morency

(74) Procurador(es): ORLANDO DE SOUZA

(86) Pedido Internacional: PCT CA2006001019 de 19/06/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/133575 de 21/12/2006

(57) Resumo: PIGMENTOS ANTICORROSÃO DERIVADOS DA POEIRA DE UM FORNO DE ARCO VOLTAICO E CONTENDO CÁLCIO SACRIFICIAL. Um pigmento à base de ferrita anticorrosão, derivado de um processo hidrometalúrgico para purificação de poeira EAF. A poeira EAF é gerada em um forno de arco voltaico para produção de aço carbono, pelo processamento de sucata de metal, ferro diretamente reduzido e/ou hematita pré-reduzida e usando uma escória rica em CaO; a partir da reação de condensação de vapores de metal de Fe ou Zn e de Mn, Mg, Si e/ou Al, e partículas suspensas de CaO e oxigênio. O pigmento contém uma quantidade não tóxica de chumbo e inclui óxidos de metal condensado, compreendendo ferritas MOFe_2O_3 , M sendo Zn, Fe, Mn e Mg e combinações dos mesmos. Os óxidos condensados possuem estruturas preservadas de poeira EAF e de agregados das mesmas. O pigmento inclui CaO aprisionado pelas estruturas de ferrita e sendo parcialmente disponível para reagir com ar úmido e/ou água para proteger o substrato contra corrosão. Os pigmentos são revestidos ou não. Eles são usados para formulações antifilgue ou pintura.



PIGMENTOS ANTICORROSÃO DERIVADOS DA POEIRA DE UM FORNO DE
ARCO VOLTAICO E CONTENDO CÁLCIO SACRIFICIAL

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere, de modo geral, ao
5 campo de tratamento de poeira de moinho de aço. Mais
especificamente, a invenção se refere aos pigmentos
produzidos de um processo hidrometalúrgico de separação da
poeira produzida pelos fornos de arco voltaico nos moinhos
de aço. Esses pigmentos são pigmentos do tipo de ferrita
10 e/ou magnetita, úteis como agentes anticorrosivos em
tintas, primeira demão e outros revestimentos.

TÉCNICA ANTERIOR

A poeira do forno de arco voltaico (EAF), também
conhecida pela denominação de K061, é classificada como um
15 material perigoso porque contém concentrações de metais
pesados solúveis, tais como, cádmio, zinco, cromo e,
especificamente chumbo. Mais especificamente, a poeira do
EAF geralmente contém valores superiores aos aceitáveis no
lixiviado para chumbo e na ocasião cádmio e cromo e
20 conseqüentemente, não satisfaz as normas especificadas pelo
TCLP (Procedimento de Condução de Característica de
Toxicidade) e assim, como resultado, o sólido é uma
substância perigosa.

A poeira do EAF também contém compostos de
25 espinélio, notavelmente magnetita (Fe_3O_4) e ferritas
diversas (MOFe_2O_3). Esses compostos de espinélio juntamente
com os contaminantes aparecem na forma de aglomerados e
agregados. A olho nu, a poeira é marrom e um observador,
mesmo com a ajuda de uma lente de aumento, não notará a
30 presença de bolas pretas (esferas) de magnetita, mesmo se

determinadas bolas pretas atingirem 150 μm de diâmetro. A ferrita marrom contida na poeira é ultrafina e como um pigmento, cobre por absorção as partículas maiores de magnetita.

5 Conforme o nome sugere, a poeira do EAF é produzida nos fornos de arco voltaico. Nesse processo, o forno é carregado com material, tal como, refugo de metal ou metais pré-reduzidos, os eletrodos são diminuídos e ativados, e uma poça fundida se forma rapidamente dentro do recipiente.

10 Escória - compreendendo CaO e MgO em alguns casos, flutua na parte superior. Frequentemente, quantidades secundárias de escória são carregadas dentro do recipiente, uma vez que a poça fundida inicial tenha se formado.

 As matérias-primas usadas como fonte de ferro podem
15 ser selecionadas de vários refugos reduzidos ou fonte de minério ou uma combinação dos mesmos.

 É frequentemente preferível carregar o forno com um ferro reduzido direto (DRI) - também conhecido como ferro poroso, ferro pré-reduzido e ferro altamente metalizado - a
20 fim de, por exemplo, aumentar a produtividade, aperfeiçoar a eficiência térmica total, reduzir determinados poluentes e diminuir a carga de emissão. DRI pode ser produzido por vários processos, tais como, processos de redução de estado sólido empregando gases de redução quentes ou redutores
25 carbonáceos sólidos, como carvão. No processo MIDREX, conforme descrito por exemplo na Patente US número 4.046.557 (BEGGS), é utilizado gás de redução quente consistindo principalmente de CO e H_2 , que é gerado pela reforma catalítica contínua de um hidrocarboneto. O gás de
30 redução flui contracorrente para transformar em partículas

os óxidos metálicos (isto é, óxido de ferro) dentro de um recipiente, de modo a fabricar o produto metalizado (isto é, DRI). Alternativamente, e quando o custo de energia requer, DRI pode ser produzido empregando carvão como o
5 agente redutor. Tal processo é descrito, por exemplo, na Patente US número 6.129.777 (FUGI e outros).

O DRI é altamente metalizado, contém menos componentes de impureza de metal, tais como, elementos de ferro, as fontes dos quais podendo incluir os elementos Cu,
10 Sn, Zn, Pb, Sb, Bi, As, Cr, Ni, Mo e V. DRI é freqüentemente usado como um material de concentração nos fornos de arco voltaico, quando refugo de metal contendo altas quantidades de elementos de ferro deve ser alimentado ao forno.

15 Outra fonte pré-reduzida de ferro são as microesferas pré-reduzidas de hematita. A hematita é a forma mineral do óxido de ferro (III) Fe_2O_3 , e pode ser pré-reduzida por várias técnicas antes de ser carregada ao recipiente do EAF, geralmente na forma de microesferas.

20 Na maioria dos EAFs, além do DRI ou hematita pré-reduzida, um material de formação de escória é alimentado ao recipiente de EAF em determinados pontos no processo de fusão. A escória formada desses materiais pode realizar várias funções, tais como, provisão de uma fase de óxido
25 parcialmente fundido contínua da superfície do aço a ser tratado, captura e retenção de material não metálico presente no aço (por exemplo, óxido de alumínio), sendo não oxidante ou redução com relação ao aço, controle do teor de enxofre do aço, promoção de arco voltaico estável, proteção
30 do aço do contato com a atmosfera e provisão de isolamento

térmico. Esses materiais de formação de escória podem incluir óxido de cálcio CaO em uma ou várias formas - tais como, cal calcinada, dolomita e calcário, entre outros, que são dessa forma capazes de formar uma escória rica em CaO.

- 5 A cal especificamente aumenta a basicidade como parte do material de formação de escória.

Dependendo da fonte de ferro (refugo, DRI, hematita pré-reduzida, minério de ferro, etc.), o material de formação de escória e as condições operacionais do EAF, 10 vários produtos de aço diferentes podem ser produzidos. Também se segue que uma ampla faixa de produtos de poeira EAF podem ser produzidos de diferentes estruturas de aço de EAF. Assim, poeiras diferentes possuem composições, propriedades, toxicidades e usos em potencial diferentes.

- 15 Com relação a isso, a poeira do EAF fabricada da produção de aço carbono usando refugo de metal é interessante, DRI e/ou hematita pré-reduzida e empregando uma escória rica em CaO. De interesse específico é a poeira do EAF produzida de DRI ou hematita pré-reduzida, com ou 20 sem refugos de metais, cujas propriedades e utilidade em potencial não foram adequadamente buscadas ou otimizadas, especialmente em relação à produção dos pigmentos anticorrosão de ferrita.

- Nos processos de EAF, as temperaturas dentro do 25 recipiente de EAF e entre os arcos variam em espaço e tempo e também dependem de quais matérias-primas devem ser fundidas. A poça fundida contém ferro fundido, zinco, bem como elementos de ferro, etc. O recipiente de EAF é o sítio de um sistema complexo de múltiplas fases de múltiplos 30 componentes. É desejável obter e manter uma temperatura

elevada, porém é importante ter em mente que cada composto no sistema possui uma temperatura de fusão (FT) e temperatura de evaporação (ET) diferentes, alguns dos quais estão por exemplo, em pressão atmosférica: Pb FT = 372C, ET = 1740C; Zn FT = 420C, ET = 908C; Mg FT = 650C, ET = 1107C; Mn FT = 1245C, ET = 2097C; Fe FT = 1535C, ET = 3000-2400C; Fe₂O₃ FT = 1540C; CaO FT = 2570C.

Em uma reação de múltiplas fases e múltiplos componentes, existe inevitavelmente uma proporção de determinados metais e compostos que são vaporizados e são suspensos acima da poça fundida e escória na parte superior do recipiente. Esses vapores de metal tanto condensam quanto retornam para a poça fundida ou o revestimento da escória ou fluem do recipiente principal através do tubo de saída. Esses vapores de metal que saem através do tubo de exaustão condensam ou sublimam dentro do espaço oco ou contra as paredes internas do tubo de saída para formar a poeira EAF, que é coletada e armazenada para descarte ou tentativa de reciclagem.

Existem vários processos de tratamento para processamento dessa poeira EAF. A maior parte dos processos de tratamento da poeira EAF na técnica anterior objetivam a recuperação ou remoção de metais pesados de um modo "agressivo", atacando a estrutura cristalográfica dos espinélios de ferrita. Os processos conhecidos também não são especificamente direcionados à poeira EAF produzida dos EAFs que processam DRI, hematita pré-reduzida e/ou refugos de metais, e utilizam uma escória rica em CaO.

O que é conhecido na técnica anterior é a Patente Européia número 0.853.648 (ROUX e outros), a equivalente a

Patente US número 6.022.406, que descreve um processo hidrometalúrgico de tratamento de poeira EAF com o objetivo de produzir pigmentos. Esse processo compreende a etapa de separação magnética da poeira em duas frações, uma fração
5 contendo menos elementos magnéticos e a outra fração não contendo elementos magnéticos, bem como etapas de tratamento dessas duas frações para obter pigmentos de ferrita de zinco. ROUX e outros também descreve a etapa notável e essencial de calcinação do material a uma
10 temperatura de 450°C a 650°C. O processo revelado possui um efeito de atacar a estrutura cristalográfica dos espinélios, que não o espinélio de ferrita de zinco, e nesse sentido, é também um processo agressivo. Esse processo assim modifica significativamente a estrutura, bem
15 como as inter-relações químicas e físicas encontradas na poeira do EAF.

Também são conhecidos na arte os pigmentos de ferrita que incluem fases de cálcio específicas que fornecem propriedades anticorrosivas ao pigmento, a maioria
20 dos quais usam um método de calcinação. Em geral, a calcinação é o processo de aquecimento de uma substância a uma temperatura alta, porém abaixo de sua temperatura de fusão, para obtenção da decomposição térmica ou uma transição de fase em sua composição física ou química.

25 A Patente US número 3.904.421 (SHIMIZU e outros) descreve pigmentos anticorrosão para tintas que contêm pelo menos 5% de uma fase de óxido de cálcio-óxido de ferro $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. Essa fase, que pareceria ter uma estrutura semelhante a ferrita, é produzida por calcinação de óxido
30 de ferro e um composto de cálcio em temperaturas altas.

Essa fase permite reações de hidratação e a liberação de hidróxido de cálcio para manter um pH básico e proteger contra corrosão de um substrato de metal. Esse é um mecanismo que pode ajudar na prevenção da corrosão, porém é limitado pelo que as reações de calcinação são necessárias para produzir o pigmento.

A Patente US número 4.225.352 (MAKINO e outros) também descreve essa fase de $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ derivada de calcinação de 25% ou mais e nas formulações de tinta aquosas. Nesse caso, a fase é empregada em razão de sua baixa solubilidade nas soluções aquosas para prevenir a gelatinização da tinta durante armazenamento.

A Patente US número 4.211.565 (HUND e outros) descreve um pigmento denominado "ativo" produzido por calcinação de óxido metálico, tal como, CaO e um óxido de ferro Fe_2O_3 , a uma faixa de temperatura de 400°C a 600°C . Foi verificado que essa faixa de temperatura diminuiu a intensidade de corrosão de um substrato revestido com uma tinta contendo os pigmentos resultantes. Assim, os produtos de calcinações não são definidos, porém para a temperatura de calcinação e reagentes pelos quais eles são produzidos, e por sua resistência à corrosão de acordo com o *Thomson corrosion test* (teste de corrosão Thomson).

Pode ser apreciado que determinados pigmentos contendo ferritas de cálcio-ferro ou ferritas de zinco são conhecidos na técnica, e são quase que exclusivamente produzidos por um método de calcinação. Muito trabalho foi devotado ao abrandamento das condições de calcinação - tais como, faixa de temperatura, composições de reagentes - a fim de produzir pigmentos de ferrita para determinados

fins, e uma pletora de patentes são dirigidas a tais métodos de calcinação. Esses pigmentos e processos são limitados pela calcinação, que é um procedimento agressivo, de temperatura alta, que resulta em modificações físicas e/ou químicas. Contudo, os métodos de reciclagem de poeira EAF para arraste dos produtos de pigmento vantajosos em potencial não foram totalmente desenvolvidos, e assim, existe um enorme potencial corrente de aperfeiçoamento e descoberta de novos pigmentos derivados da poeira do EAF.

Atualmente, existe uma necessidade de pigmentos derivados de poeira do EAF. Especificamente, existe a necessidade de um processo de tratamento de poeira EAF selecionada que permita uma recuperação eficiente e não agressiva de ferritas diferentes e magnetitas presentes na poeira, bem como que permita a descontaminação da poeira, para produzir pigmentos seguros e econômicos que apresentam propriedades anticorrosivas, distinção de estruturas e algumas vantagens em relação à técnica anterior.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção responde à necessidade mencionada acima, pela provisão de pigmentos derivados de poeira do EAF.

Consequentemente, a presente invenção provê um pigmento à base de ferrita anticorrosão para uso em uma tinta para revestimento de um substrato, o pigmento sendo derivado de um processo hidrometalúrgico de purificação de poeira do EAF. A poeira do EAF é gerada em um forno de arco voltaico ou semelhante para processamento de aço carbono de materiais de fonte incluindo refugo de metal e usando uma escória à base de CaO. A poeira do EAF é produzida de uma

reação de condensação de vapores de metal de Fe de Zn e de metais escolhidos do grupo consistindo em Mn, Mg, Si e Al, e partículas com base em CaO suspensas e oxigênio. O pigmento contém uma quantidade não tóxica de chumbo e
5 compreende óxidos de metal condensado. Os óxidos de metal condensado incluem uma pluralidade de ferritas diferentes da fórmula geral:



M inclui Zn, Fe, Mn, Mg e complexos dos mesmos para
10 as diferentes ferritas. As ferritas possuem estruturas de ferrita ou semelhantes a ferrita substancialmente preservadas de poeira do EAF, e são formados agregados das estruturas de ferrita ou semelhantes a ferrita. O pigmento também inclui CaO aprisionado pelas estruturas de ferrita
15 ou semelhantes a ferrita e sendo pelo menos parcialmente disponível para reagir com ar úmido e/ou água para proteger o substrato contra corrosão.

Em uma concretização preferida da presente invenção, uma primeira porção de CaO é fisicamente
20 aprisionada dentro da estrutura de ferrita ou semelhante a ferrita e uma segunda porção de CaO é fisicamente aprisionada dentro dos agregados. A segunda porção de CaO é disponível como uma fonte de cálcio sacrificial para reagir com ar úmido e/ou água, de modo a produzir $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e
25 aumentar o pH localmente, preferivelmente para 12 ou acima.

Preferivelmente, o cálcio sacrificial adicionalmente dispara a formação de pelo menos uma fase hidróxido de proteção. A fase hidróxido de proteção preferivelmente inclui $\text{Zn}(\text{OH})_2$, fases hidróxido de cálcio
30 amorfas, portlandita, e/ou hidróxido de cálcio-zinco, tal

como um possuindo uma fase cristalográfica de hidrato de $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6$.

Em outra concretização preferida da presente invenção, o pigmento contém cerca de 4 a 12% em peso de
5 cálcio.

Ainda em outra concretização preferida da presente invenção, o pigmento adicionalmente compreende um revestimento de agregados, o revestimento sendo à base de cálcio-zinco e depositado sobre o pigmento para aumentar a
10 quantidade de cálcio sacrificial no mesmo.

A presente invenção adicionalmente provê o uso do pigmento acima como um aditivo na tinta, primeira demão ou formulações de revestimento para produzir uma formulação anticorrosiva.

15 A presente invenção provê, adicionalmente, o uso do pigmento acima como um aditivo em uma formulação anti-incrustação para preferivelmente anti-incrustação contra organismos selecionados.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

20 As características da presente invenção serão melhor entendidas pela leitura da descrição detalhada, enquanto se refere aos desenhos anexos, nos quais:

A figura 1 é um fluxograma do processo de acordo com uma primeira variante apropriada para produção de
25 pigmentos de ferrita da primeira classificação.

A figura 2 é um fluxograma do processo de acordo com uma segunda variante apropriada para produção de pigmentos de ferrita da segunda classificação.

A figura 3 é um fluxograma do processo de acordo com uma terceira variante apropriada para produção de pigmentos de ferrita da terceira classificação.

5 A figura 4 é um fluxograma do processo de acordo com uma quarta variante apropriada para produção de pigmentos de ferrita da quarta classificação.

A figura 5 é um fluxograma do processo de acordo com as quinta e sexta variantes apropriadas para produção de pigmentos de magnetita das primeira e segunda
10 classificações.

A figura 6 é um fluxograma do processo de acordo com uma sétima variante apropriada para produção de pigmentos de ferrita/magnetita.

A figura 7 é um gráfico mostrando os valores de
15 extração para cálcio, cromo, zinco e chumbo versus tempo e usando um impulsor de hidrofólio.

A figura 8 é uma série de gráficos representando a variação do potencial zeta, pH e condutividade, versus a concentração de metafosfato de sódio para uma pasta de pó
20 parcialmente lavada.

A figura 9 é um gráfico mostrando valores de extração para cálcio, cromo, zinco e chumbo versus tempo e usando um impulsor de cisalhamento alto.

As figuras 10 a 13 são gráficos mostrando
25 distribuição granulométrica da primeira fração (fração de ferrita) após uma ou duas passagens no moedor.

A figura 14 é uma foto dos pigmentos da ferrita feita com um microscópio AFM, após moagem a úmido por atrito, mostrando o estado de aglomeração e tamanho fino
30 dos constituintes de fragmentos de ferrita.

As figuras 15A e 15B respectivamente, são um gráfico de difração de pó de raio X dos espinélios na poeira de fumeiro do EAF e fotos do Microscópio Eletrônico de Varredura da poeira de fumeiro.

5 A figura 16 é uma Análise de Sistema de Dispersão de uma fase de ferrita de cálcio do pigmento incluindo gráfico de fluorescência e uma foto de Microscópio Eletrônico de Varredura (SEM) do mesmo.

10 A figura 17 é uma Análise de Sistema de Dispersão de uma fase de zincita de cálcio do pigmento incluindo gráfico de fluorescência e uma foto de Microscópio Eletrônico de Varredura (SEM) do mesmo.

15 A figura 18 é uma representação de uma camada de pigmento protegendo um substrato de metal contra corrosão através de um mecanismo de atividade química.

A figura 19 é um gráfico de difração de pó de raio X comparando a ferrita ativa, ferrita passiva, frankilinita e hidrato de hidróxido de cálcio-zinco.

20 As figuras 20A, 20B e 20C são respectivamente representações da célula de unidade de espinélio, uma formação em gráfico tridimensional dos prismas de espinélio de múltiplos componentes e uma representação da estrutura de cristal de portlandita (isotipo de brucita).

25 A figura 21 é um gráfico mostrando análises de DTA e TGA do pigmento ativo de ferrita.

A figura 22 é um gráfico mostrando gráficos de DTA para diferentes hidróxidos.

30 A figura 23 é um gráfico de difração de pó de raio X comparando frankilinita, portlandita e o pigmento ativo de ferrita.

As figuras 24A a 24C são fotos SEM do precipitado à base de zinco.

A figura 26 é uma foto SEM do pigmento revestido em um pH de 9.

5 A figura 27 é uma foto SEM do pigmento revestido em um pH de 9, mostrando um cristal tubular prismático.

A figura 28 é uma foto SEM do pigmento revestido em um pH de 9, mostrando uma esfera de pigmento.

10 A figura 29 é uma foto SEM do pigmento revestido em um pH de 9, mostrando uma esfera pequena de pigmento.

A figura 30 é uma foto SEM do pigmento revestido em um pH de 9, mostrando a estrutura semelhante a bastão colunar.

15 A figura 31 é um gráfico de difração de pó de raio X do pigmento revestido em um pH de 9.

A figura 32 é uma foto SEM do pigmento revestido em um pH de 12,6, mostrando os cristais de eletrogalvanização romboédricos.

20 A figura 33 é uma foto SEM de perfil do pigmento revestido da figura 32.

A figura 34 é uma foto SEM do pigmento revestido em um pH de 12,6, mostrando uma esfera de pigmento pequena.

A figura 35 é uma foto SEM do pigmento revestido em um pH de 12,6, mostrando duas esferas de pigmento pequenas.

25 A figura 36 é uma foto SEM do pigmento micronizado da figura 35.

A figura 37 é uma foto SEM de um pigmento não revestido da terceira classificação.

30 A figura 38A é um gráfico de difração de pó de raio X do pigmento revestido em um pH de 12,6.

A figura 38B é um gráfico mostrando análises DTA e TGA do pigmento da figura 38A.

As figuras 39A a 39E são fotografias das placas revestidas com TiO_2 nas quais os organismos encapsulados
5 estão presentes.

A figura 40 é uma fotografia de uma placa coberta com uma formulação anti-incrustação contendo o pigmento ativo, no qual apenas um tipo de alga está presente.

DESCRIÇÃO DOS PIGMENTOS PREFERIDOS E PROCESSOS DA

10 INVENÇÃO

A presente invenção se refere a um pigmento de ferrita anticorrosivo derivado de um processo de purificação hidrometalúrgico de poeira do EAF. O pigmento é produzido de uma fonte selecionada usando um tipo
15 específico de processo. O pigmento consequentemente é provido com estruturas únicas e propriedades vantajosas para combater a corrosão. A seguir serão descritos os processos, estruturas, propriedades, classificações e empregos dos novos pigmentos.

20 1) Produção da Poeira do AEF

Os pigmentos de acordo com a presente invenção são derivados de um processo hidrometalúrgico de purificação da poeira do EAF selecionado.

A tabela 1 mostra composições químicas da poeira do
25 EAF que chega de três moinhos de aço distintos. Essas composições mostram, por exemplo, concentrações elevadas de determinados metais pesados.

**Tabela 1: Análise química da poeira do EAF que
chega de dois moinhos de aço distintos na Província de
30 Quebec no Canadá**

Elementos	Código	Unidades	AMOSTRAS		
			Moinho 1	Moinho 2	Moinho 3
AL	ICP90	ppm	7100	4500	2800
Ba	ICP90	ppm	157	120	-
Ca	ICP90	ppm	107800	146000	43000
Cd	ICP90	ppm	153	200	170
Co	ICP90	ppm	14	61	-
Cr	ICP90	ppm	1200	1400	1750
Cu	ICP90	ppm	1720	1700	1520
Fe	ICP95	ppm	>30	258000	321700
K	ICP90	ppm	17700	7400	-
Mg	ICP90	ppm	49200	22200	32400
Mn	ICP90	ppm	15300	27200	28600
Mo	ICP90	ppm	18	41	-
Na	ICP95	ppm	33300	9700	-
Ni	ICP90	ppm	125	130	-
P	ICP90	ppm	500	670	-
Pb	ICP90	ppm	10950	9500	6380
Si	ICP95	ppm	15500	15800	-
Ti	ICP90	ppm	700	600	-
V	ICP90	ppm	98	n.d.	-
Zn	ICP90	ppm	93900	162000	312300

Deve ser observado que, dependendo da fonte de poeira, diferentes variantes dos processos hidrometalúrgicos são preferíveis. Por um lado, a poeira do EAF que chega de um forno de arco voltaico utiliza DRI ou

5 hematita pré-reduzida como uma fonte importante de ferro bruto, conterà quantidades baixas de metais pesados, especificamente, chumbo e necessitará mesmo de menos

tratamento severo para derivar e purificar os pigmentos à base de ferrita. Por outro lado, a poeira do EAF que chega de um forno de arco voltaico que utiliza uma quantidade alta de refugo de metal, possivelmente incluindo metais galvanizados, conterà quantidades relativamente elevadas de metais pesados e compostos de zinco e será submetida a outro processo favorecido para isolar os pigmentos desejados. Variantes de processo diferentes e pigmentos derivados das mesmas, serão expostas como a seguir.

10 A fonte de ferro selecionada é alimentada a um forno de arco voltaico e durante o processo de produção de aço que ocorre a poeira do EAF é produzida. Essa poeira do EAF é produzida de uma reação de condensação de vapores de metal de Fe e dos metais escolhidos do grupo consistindo de Zn, Mn, Mg, Si e Al e as partículas de CaO suspensas e oxigênio. A poeira do EAF também contém vários outros compostos, alguns dos quais devem ser removidos devido à toxicidade e outros que atuam como um material de carga inerte.

20 O sistema no recipiente do EAF é complexo. Especificamente, alguns metais são gasosos, enquanto outros compostos estão em um estado líquido ainda suspenso com os vapores de metal. Um dos compostos suspensos sólidos importante é o óxido de cálcio CaO, que possui ao invés disso uma temperatura de fusão alta de cerca de 2.570°C. CaO pode ser provido na forma de cal. Parte do cal está na forma de uma poeira de cal suspensa, que se mistura nos intervalos acima da poça fundida com os vapores de metal. Os vapores de metal incluem principalmente Fe, Zn, Mg, Mn,

Al e Si, bem como alguns elementos indesejáveis, tais como, Pb e outros metais pesados.

Os vapores de metal e a poeira de CaO escoam do recipiente através de um tubo de saída, enquanto são
5 resfriados e condensados. Essa condensação produz poeira do EAF, que inclui, propriamente, uma variedade de compostos possuindo uma variedade de aspectos estruturais.

Deve ser observado que as propriedades específicas, incluindo propriedades anticorrosão, de pigmentos de
10 ferrita produzidos da poeira do EAF por processos hidrometalúrgicos dependem da composição da poeira do EAF bruta propriamente e as etapas de processo para separar, lixiviar e isolar os pigmentos desejados. Também deve ser observado que um versado na técnica poderia utilizar poeira
15 semelhante ou fonte de pó resultando de uma reação de condensação de vapor de metal semelhante para derivar por processos hidrometalúrgicos semelhantes um pigmento de ferrita de óxidos de metal condensado com propriedades anticorrosão dependentes do teor de cálcio e
20 disponibilidade.

Dependendo da origem da poeira de fumeiro do EAF, várias concentrações de metais pesados, óxidos de cálcio e espinélios estão presentes na poeira bruta. Isso depende da hematita, refugo de metal e outras qualidades de reagentes
25 e origens, bem como as condições operacionais do moinho de aço e demandas de produção.

1.1) A partir do DRI ou de fontes de ferro de hematita pré-reduzida

Uma poeira do EAF selecionada é gerada em um
30 forno de arco voltaico ou semelhante para processamento de

ferro reduzido direto (DRI) ou hematita pré-reduzida. Preferivelmente, o DRI é produzido em um processo de estilo MIDREX, que é descrito na seção "Histórico" acima, ou em um processo análogo. A hematita pré-reduzida ou outro material de partida semelhante também pode ser utilizado.

A poeira do EAF que chega dos moinhos de aço que emprega primariamente refugo de metal e hematita pré-reduzida tende a conter menos chumbo e outros compostos tóxicos e portanto requer menos etapas de tratamento e menos agressivas para sua remoção. A tabela 2 mostra a composição parcial da poeira do EAF produzida por um moinho de aço usando primariamente refugos de metal e hematita pré-reduzida.

Tabela 2: Análise Química de Poeira de Fumeiro, Composição com Refugos de Metal e Hematita Pré-Reduzida

Elementos		%
Principais	Fe	28,08
	Zn	7,97
	Ca	15,27
	Mg	3,33
	Mn	1,31
Traços		PPM
	Pb	8175
	Cr	1320
	Cd	255
	Cu	1440

1.2) A partir de fontes de ferro de refugo de metal

Conforme mencionado acima, os pigmentos à base de ferrita podem também ser fabricados da poeira do EAF que chega dos fornos de produção de aço carbono, que utilizam

refugio de metal como sua fonte de ferro primária. Os refugos de metal podem ser galvanizados ou não. Uma vez que essas poeiras do EAF possuem uma concentração relativamente alta de metais pesados, as etapas de processamento
5 adicionais são preferidas para lixiviar de modo suficiente os metais pesados e tornar o pigmento apropriado aos limites de toxicidade comum.

Conforme será descrito em detalhes a seguir, essa poeira do EAF sofre lixívia ácida, preferivelmente com
10 ácido nítrico. Após o chumbo ser seletivamente precipitado do lixiviado, o último é redepositado como um revestimento no pigmento à base de ferrita para produzir um pigmento revestido que apresenta propriedades anticorrosão excelentes e surpreendentes.

15 2) Produção dos Pigmentos

Uma vez que a poeira do EAF selecionada é procurada, ela é processada hidrometalurgicamente para render os pigmentos da presente invenção.

Em termos gerais, o processo hidrometalúrgico é
20 para o tratamento da poeira do EAQF contendo aglomerados de partículas de ferrita pequenas e partículas de magnetita maiores, as partículas de ferrita revestindo por adsorção as partículas de magnetita maiores, a poeira adicionalmente contendo óxido de cálcio, óxido de zinco e uma quantidade
25 tóxica de chumbo lixiviável em conjunto com elementos menores selecionados do grupo consistindo em Mg, Cr, Cu, Cd, V e cloretos.

Visto amplamente, o processo inclui um primeiro tratamento e um segundo tratamento. O primeiro tratamento
30 inclui lavagem, decantação, separação e adição de um agente

tensoativo aniônico, separação magnética e peneiramento para dessa forma converter a poeira do EAF bruta em frações separadas de ferrita e magnetita possuindo determinada distribuição de tamanho. O segundo tratamento envolve

5 várias etapas de lixívia para adicionalmente purificar as frações de modo a render os pigmentos desejados. Etapas de moagem adicionais podem também ser preferidas para obter as propriedades desejadas.

Com referência à figura 1, que mostra uma primeira

10 variante do processo, o primeiro tratamento, que é realizado em um tanque (10) compreende as etapas de:

a) lavagem da poeira do EAF (12) em água para dissolver os sais solúveis e óxidos simples contidos na poeira, a etapa de lavagem sendo realizada com um pH

15 alcalino que é preferivelmente maior que 12;

b) decantação da solução da etapa a) para obter um líquido sobrenadante (14) contendo os sais dissolvidos, metais e óxidos simples e uma pasta (16) contendo ferritas e magnetitas, uma quantidade não tóxica de chumbo

20 lixiviável e uma quantidade reduzida de cálcio;

c) separação da pasta (16) e do líquido sobrenadante (14); e

d) adição à pasta obtida na etapa c) de um agente tensoativo aniônico (18), preferivelmente um fosfato e mais

25 preferivelmente metafosfato de sódio, para dispersar as partículas de ferrita adsorvidas nas partículas de magnetita. É importante mencionar que outro agente tensoativo aniônico conhecido na técnica e que teria o mesmo efeito de dispersão das partículas de ferrita

adsorvida se encontra dentro do escopo da presente invenção.

Preferivelmente, a seqüência das etapas a) a c) é realizada mais de uma vez, antes da adição do agente
5 tensoativo aniônico. Observe que as etapas a) a c) não são mostradas nas figuras.

Etapas a) a d) são realizadas em um tanque (10) mostrado em cada uma das figuras 1 a 6. Após o primeiro tratamento, a pasta (16) da etapa d) é enviada para
10 estágios adicionais do processo de modo a produzir pigmentos selecionados do grupo consistindo em pigmentos de ferrita, pigmentos de magnetita e pigmentos de ferrita/magnetita.

O tratamento da pasta (16) variará dependendo da
15 classificação da ferrita ou magnetita a ser produzida. A produção de cada uma dessas classificações de acordo com o processo da invenção será descrita em maiores detalhes a seguir.

Deve ser entendido que, embora os pigmentos
20 preferidos da presente invenção sejam aqueles que são à base de ferrita, o processo hidrometalúrgico também rende outros pigmentos, especificamente aqueles que são à base de magnetita. Os pigmentos à base de magnetita serão descritos também a seguir, como eles podem apresentar propriedades
25 vantajosas e surpreendentes e serem de interesse comercial.

Foi verificado que o uso de um agente tensoativo aniônico aumenta a eficiência e qualidade das etapas de separação adicionais, tais como, peneiramento e separação de ferrita/magnetita por um separador magnético. As etapas
30 a) a c) também permitem a descontaminação da poeira dos

sais de lixívia, metais e óxidos simples, tais como, óxido de chumbo. Essa solubilização seletiva se deve à solução de pH alcalino, que é preferivelmente superior a 12, resultando da primeira lavagem e segunda lavagem opcional
5 com água. Essa alcalinidade promove a solubilização de PbO e, com a adição do agente tensoativo, permite que o produto passe no teste estabelecido pela TCLP, que regula o padrão dos materiais perigosos.

Vantajosamente, o processo da invenção também
10 permite a separação das ferritas das magnetitas, sem romper a estrutura cristalográfica dos espinélios, de modo a produzir pigmentos de magnetita e/ou ferrita de classificações diferentes, cujas composições diferentes possuem valores comerciais.

15 O processo também permite a descontaminação da poeira do EAF por meios hidrometalúrgicos, enquanto mantendo as famílias mais estáveis de espinélios intactas.

A solução obtida na etapa a) descrita acima possui um potencial zeta positivo, e o agente tensoativo aniônico
20 é preferivelmente adicionado em uma concentração suficiente para reduzir o potencial zeta para ou próximo ao ponto isoelétrico, e mais preferivelmente ao ponto isoelétrico.

O agente tensoativo é preferivelmente um fosfato ou um equivalente do mesmo. Mais preferivelmente, metafosfato
25 de sódio é empregado como o agente tensoativo. A seguir será descrito o papel do agente tensoativo aniônico.

A etapa e) de tratamento da pasta compreende, preferivelmente, a etapa de separação magnética da pasta em uma
30 fração composta essencialmente de ferritas amarronzadas e

uma segunda fração composta essencialmente de magnetita preta, a primeira fração sendo menos magnética que a segunda fração. A separação magnética é preferivelmente realizada com um campo magnético na faixa de 400 a 700 gauss, mais preferivelmente ao redor de 550 gauss.

Etapas de processamento subsequente incluem várias etapas de peneiramento, lixívia, lavagem e moagem, que dependem do pigmento a ser produzido.

De modo geral, as etapas de lixívia se encontram no segundo tratamento, o que será discutido a seguir.

Quatro classificações de pigmentos de ferrita, duas classificações de magnetita e uma classificação de pigmentos de ferrita/magnetita foram produzidas na operação piloto. Os pigmentos de ferrita foram produzidos de acordo com a primeira, segunda, terceira e quarta variantes do processo mostrado nas figuras 1 a 4; os pigmentos de magnetita foram produzidos de acordo com a quinta e sexta variantes mostradas na figura 5; e os pigmentos de ferrita/magnetita foram produzidos de acordo com a sétima variante do processo mostrada na figura 6. Mais dessas classificações serão discutidas a seguir.

2.1) Tratamento da primeira fração para produzir pigmentos à base de ferrita

A etapa de tratamento a primeira fração compreende, preferivelmente, as etapas de:

- remoção da primeira fração, de partículas possuindo um tamanho de grão de 20 μm ou mais, para obter uma primeira fração refinada;
- lixívia da primeira fração refinada com um solvente, para obter uma pasta lixiviada;

- separação da pasta lixiviada em uma fração sólida contendo pigmentos de ferrita e uma fração de líquido contendo constituintes da primeira fração solúvel no solvente; e

5 - secagem da fração sólida para obter pigmentos secos de ferritas.

De acordo com a primeira variante, o solvente é água e os pigmentos de ferrita obtidos são pigmentos de ferrita de uma primeira classificação.

10 De acordo com uma segunda variante, o solvente é ácido sulfúrico, a lixívia é realizada em um pH de 0 a 3 e os pigmentos de ferrita obtidos são pigmentos de ferrita de uma segunda classificação.

De acordo com a terceira variante, o solvente é
15 ácido nítrico, a lixívia é realizada em um pH de até 3, e os pigmentos de ferrita obtidos são pigmentos de ferrita de uma terceira classificação.

De acordo com uma quarta variante, o processo compreende, adicionalmente, a etapa de moagem a úmido da
20 fração sólida para obter uma quarta classificação de pigmentos possuindo um tamanho de grão médio mais fino e uma concentração menor de chumbo, quando comparada à ferrita da terceira classificação.

Parte da novidade do processo para todas as
25 classificações de pigmento reside em um tratamento inicial da poeira do EAF com água com a adição de um agente tensoativo aniônico. Esse agente tensoativo aumenta a eficiência e qualidade da separação de ferrita/magnetita pelo separador magnético. Esse tratamento inicial também
30 permite a descontaminação da poeira por lixívia dos sais,

metais e óxidos simples, tais como, óxido de chumbo. Essa solubilização seletiva se deve à solução alcalina de pH > 12 resultante da primeira lavagem (primeira mistura) e enxágüe (segunda mistura) com água (Tabela 3). Essa

5 alcalinidade promove a solubilização de PbO e permite que o produto passe no teste estabelecido por TLCP, que regula o padrão dos materiais perigosos (Tabela 4).

Tabela 3: Análise da Água (Primeiro Tratamento)

	Análises Químicas				
	Zn ppm	Pb ppm	Cr ppm	Cd ppm	Ca ppm
S99#28 1T H2O	1,36	170	0,75	0	770
S99#28 1T H2O/LV	1,56	41	0,95	0	340
B99#79 1T H2O	3,21	71,7	15,74	0	206
B99#79 1T H2O/LV	2,00	65,4	1,93	0	492

Tabela 4: Resultados de TCLP

FM #	Classificação	Análise do Lixiviado				
		pH	Pb ppm	Cr ppm	Cd ppm	Zn ppm
1076	Pigmentos de ferrita da primeira classificação	8,5	0	0,32	0	0
1084	Pigmentos de ferrita da primeira classificação	8,7	0	0	0	0,17
1104	Pigmentos de		2	0,20	2	240

	ferrita da primeira classificação					
--	--------------------------------------	--	--	--	--	--

Todas as classificações de pigmento foram obtidas por um tratamento substancialmente semelhante, o processo diferindo na etapa de lixívia específica que fornece aos pigmentos suas características químicas e de superfície desejadas. Em muitos casos, revestimento específico também fornece aos pigmentos propriedades mesmo mais específicas para mercados mais específicos.

Pigmento de ferrita da primeira classificação (F1)

O pigmento de ferrita da primeira classificação foi produzido com a ajuda de uma solução contendo uma concentração ótima de agente tensoativo, a concentração sendo uma função do ponto isoelétrico da poeira a ser tratada e com a lixívia doravante referida como o segundo tratamento apenas com água.

O pigmento de ferrita da primeira classificação continha uma alta quantidade de lixívia que não lixiviou facilmente sob condições de pH normal. Após dez meses e muitas agitações em água, esse pigmento não mostrou lixívia de metais pesados (Tabela 5) e é comparável aos pigmentos da segunda e terceira classificações descritas a seguir. Metais pesados, com a exceção de zinco a 8% na forma resistente de zincita, estavam presentes e estabilizados na estrutura de determinadas ferritas e espinélios.

Tabela 5: Análise de lixiviado de água de 10 meses

FM #	1061	1082	1084	1133	1076
Classific ação	B-HS4 terceira classif.	B-HS segunda classif.	B-PE primeira classif.	B-PE primeira classif.	S-PE primeira classif.

Análise química					
Pb ppm	2,0	UDL	UDL	1,0	UDL
Cd ppm	0,1	0,3	UDL	UDL	0,10
Cr ppm	0,14	UDL	UDL	0,01	0,53
Zn ppm	3,53	0,06	0,1	UDL	0,04
Ca ppm	9,1	18,8	24,6	90,2	107,0
Fe ppm	15,01	0,14	UDL	UDL	0,19
Sedimenta ção (cm)	1,6	2,2	2,4	2,5	3,5
PH	7,60	7,79	12,03	12,41	12,45

As etapas variadas de lixívia do ácido do processo deixaram as ferritas sólidas de várias composições e como a experiência ensinou, as ferritas ricas em Ca foram menos estáveis à lixívia que as ferritas de zinco ou outras
5 ferritas representando óxidos complexos de Ca, Fe, Zn, Mn, Mg, Ni, Cr, etc. As ferritas resistentes deixadas após a lixívia, que principalmente constituíram o pigmento, forneceram ao pigmento uma estabilidade térmica e resistência à lixívia, que são uma função da estequiometria
10 iônica e do tipo e qualidade das estruturas cristalinas do composto.

Por outro lado, os pigmentos de ferrita da primeira demonstração demonstraram grande resistência à corrosão conforme demonstrado nos testes de aspersão de sal (névoa),
15 permitindo que as placas metálicas revestidas resistam à corrosão por mais de 1.500 horas em uma névoa de sal, que é igual ou superior a todos os outros pigmentos, incluindo aqueles de qualidade comercial usados nos testes.

O pigmento de ferrita de primeira classificação
20 deve sua resistência à corrosão (névoa de sal) ao CaO, que

é sacrificado como Ca(OH)_2 e/ou à viscosidade alcalina resultante (aparência ensopada) associada ao Ca(OH)_2 e a alcalinidade elevada dos pigmentos.

Pigmento de ferrita da segunda classificação (F2)

5 O pigmento de ferrita da segunda classificação foi produzido da mesma forma que o da primeira classificação, exceto que o segundo tratamento foi realizado com ácido sulfúrico.

As etapas de preparação para os pigmentos da
10 segunda classificação foram idênticas as usadas para os pigmentos de ferrita da primeira classificação, a adição do agente tensoativo ocorrendo após a primeira lavagem, porém antes da separação da magnetita. Para os pigmentos da segunda classificação, a lixívia usando ácido sulfúrico em
15 pH entre 0,5 e 3 permitiu a preservação de uma determinada quantidade de sulfato de cálcio hidratado, a solubilização de virtualmente todo o Zn na forma de zincita (ZnO) e a estabilização do chumbo como um sulfato sólido. Empregando esse tratamento, os efluentes ricos em sulfato de zinco são
20 uma forma apropriada do composto ser diretamente reciclado de volta para um processo de eletrólise, a fim de recuperar o valor do zinco. Os sulfatos de cálcio gerados pela lixívia não são prejudiciais em tintas anticorrosão. O sulfato de cálcio é freqüentemente usado como uma carga com
25 pigmentos usados nas tintas e é freqüentemente desejável como um aditivo pigmentar. Esse pigmento não requer moagem a úmido por atrito, nem requer uma segunda separação magnética e uma segunda classificação após lixívia ácida. O pigmento foi filtrado, a fim de obter uma concentração de
30 sal solúvel de 0,3 g/L mg, e foi então seco e micronizado.

Em consequência, a segunda classificação dos pigmentos de ferrita permitiu a conservação de uma fração de cálcio, a transformação do óxido de chumbo no sulfato de chumbo (que é muito estável) e a solubilização do óxido de zinco em sulfato de zinco. Essas características do pigmento de segunda classificação tornam esse pigmento um excelente corante, bem como um pigmento resistente à corrosão.

Pigmento de ferrita da terceira classificação (F3)

10 O pigmento de ferrita da terceira classificação foi produzido da mesma forma que o da primeira classificação, exceto que o segundo tratamento foi realizado com ácido nítrico.

A lixívia com ácido nítrico permitiu a remoção preferencial do chumbo e outros metais pesados, devido à propriedade de oxidação do ácido. A lixívia foi realizada em um pH entre 0 e 3, o que permitiu a eliminação de determinadas famílias de ferrita, como uma função do pH, a fim de minimizar o chumbo total no pigmento e fornecer um pigmento com uma assinatura específica com relação à sua composição, estrutura características de superfície. Como um exemplo, entre um pH de 3 e 1,5, as ferritas empregaram uma superfície zeta em potencial que é positiva, porém esse potencial se torna negativo em um pH < 1,5. Essas características de carga influenciaram os revestimentos aceitáveis e seus mecanismos associados.

As diferentes ferritas procedentes dessas lixívias, mostraram capacidades de resistência ao calor altas, que são propriedades pigmentares muito valiosas. Essa lixívia também minimizou a diferença entre as cores dos pigmentos e

permitiu um delta de variações de cerca de 0,5 para pigmentos de liberações de poeira diferentes (Tabela 6). As propriedades eram iguais ou superiores às daquelas dos pigmentos correntemente reconhecidos no mercado industrial.

- 5 Essa classificação do pigmento mostrou resistência melhorada à corrosão, dependendo do revestimento usado e também revelou uma estabilidade térmica, uma vez que preserva sua cor de tinta em temperaturas superiores a 300 a 400°C.

10 **Tabela 6: Variação dos Pigmentos de Ferrita HS4 (terceira classificação) do Moinho 1**

FM #	Cor			Delta E
	L	A	B	
1317	27,13	2,27	7,38	0,2
1318	27,1	2,36	7,35	0,15
1319	26,81	2,34	7,15	0,21
1320	26,82	2,4	7,25	0,17

Essa resistência térmica é um requisito para plásticos, tinta em pó e cerâmicas

Pigmento de ferrita de quarta classificação (F4)

- 15 O pigmento de ferrita da quarta classificação foi produzido da mesma maneira que o da terceira classificação, com a adição de uma etapa de moagem a úmido.

Esse pigmento pode ser usado em concreto como um aditivo ao cimento, que aumenta a fluidez e resistência à compressão do concreto. Esse pigmento tinha uma granulometria mais fina que a terceira classificação, o pigmento de ferrita e o pigmento de ferrita/magnetita.

20

Os pigmentos de ferrita da primeira, segunda, terceira e quarta classificações tinham aplicações em

tintas anticorrosivas. A terceira classificação pode ser usada no plásticos e tintas em pó devido a sua resistência térmica. Esse pigmento pode também ser usado como um aditivo de cimento, agente espessante e aditivo em concreto de alto desempenho. A diferença maior entre os pigmentos de ferrita da segunda e terceira classificações repousa em suas propriedades de superfície.

2) Tratamento da segunda fração para produção de pigmentos à base de magnetita

A etapa de tratamento da segunda fração compreende, preferivelmente, a etapa de peneiramento a 6 μm para obter uma primeira fração mais fina de ferrita com partículas possuindo um tamanho de grão de 6 μm ou menos e uma fração mais grossa com partículas possuindo um tamanho de grão superior a 6 μm .

Naquele caso, o processo preferivelmente compreende, adicionalmente, as etapas de: moagem da fração mais grossa e remoção da fração mais grossa do moinho das partículas possuindo um tamanho de grão superior a 40 μm e retornando essas partículas para moagem adicional e uma segunda fração mais fina possuindo partículas com um tamanho de grão inferior a 6 μm , resultando na fração mais grossa contendo partículas possuindo um tamanho de grão entre 40 e 6 μm .

De acordo com uma quinta variante do processo, a fração mais grossa é preferivelmente moída a úmido por atrito para obter um tamanho de grão médio de aproximadamente 0,3 μm .

O produto moído é após isso filtrado e seco para obter um pigmento de magnetita da primeira classificação.

De acordo com uma sexta variante, as primeira e segunda frações mais finas, que contêm partículas inferiores a 6 μm , são purificadas por suspensão dos contaminantes residuais contidos lá com um agente tensoativo aniônico, para obter uma fração magnética purificada. A fração purificada é após isso decantada, moída a úmido por atrito, filtrada e seca, para obter um pigmento de magnetita de uma segunda classificação.

Pigmentos de magnetita de primeira classificação

10 (M1)

O pigmento de magnetita da primeira classificação foi produzido por moagem com um moinho de esferas da fração magnética proveniente da separação magnética. A fração moída foi passada através de uma peneira entre 38 e 6 μm e a moagem a úmido por atrito, a fim de resultar em uma granulometria média de cerca de 0,3 μm . O pigmento foi então filtrado, revestido com um revestimento orgânico, seco e micronizado.

Pigmentos de magnetita de segunda classificação

20 (M2)

O pigmento de magnetita da segunda classificação foi obtido por peneiramento da fração magnética, que já havia sofrido moagem no moinho de bolas, a 6 μm . Essa fração foi purificada por colocação dos contaminantes de carbonato de sílica e de ferrita residual em suspensão, com a ajuda de um ativo de superfície disperso, aniônico.

Mais especificamente, essa classificação pigmentar da magnetita foi obtida por peneiramento a 6 μm , da fração magnética da separação magnética e as frações inferiores a 6 μm que chegam de um peneiramento grosseiro da magnetita

após sua moagem no moinho de bolas. Essa fração, que continha uma concentração de magnetita, foi purificada por colocação dos contaminantes de carbonato de sílica residuais da ferrita em suspensão, com a ajuda de um agente tensoativo. Dois tratamentos sucessivos de adição de agente tensoativo, seguido por uma decantação da magnetita e separação da suspensão foram necessários para obter um produto adequadamente preto que foi submetido a moagem úmido por atrito, a fim de obter a granulometria desejada.

10 O sólido foi finamente filtrado com um aditivo orgânico, seco e micronizado. Essa etapa de purificação é semelhante ao primeiro tratamento da poeira. As ferritas e contaminantes foram colocados em suspensão e a magnetita foi decantada.

15 Uma magnetita pigmentar não grosseira foi também produzida. Ela foi obtida após moagem por atrito da fração magnética mais grossa que 30 μm . O atrito limpa a superfície das esferas de magnetita por desgaste do revestimento branco de cálcio e silicato inicialmente presente. Essa etapa melhora a cor preta das esferas e elimina as magnetitas que são menos resistentes à abrasão.

20 O produto de 70 e 30 μm pode ser usado como um toner no processamento de fotocópias. O nicho comercial desse sólido depende de sua granulometria, morfologia, resistência à fricção e propriedades magnéticas.

25

2.3) Produção de pigmentos de magnetita/ferrita

De acordo com uma sétima variante da invenção, que não envolve separação magnética, o processo compreende, preferivelmente, as etapas de:

- remoção da pasta obtida na etapa d), partículas possuindo um tamanho de grão de 60 µm ou menos, para obter uma pasta refinada;

5 - lixívia da pasta refinada em ácido nítrico a um pH de cerca de 3, para obter uma pasta lixiviada isenta ou cm uma quantidade controlada de ZnO, que retarda o assentamento do concreto;

10 - separação da pasta lixiviada em uma fração sólida contendo uma mistura de pigmentos de ferrita e magnetita e uma fração líquida contendo constituintes solúveis em ácido nítrico; e

- secagem da fração sólida para obtenção de pigmentos secos contendo uma mistura de ferrita e magnetita.

15 Os pigmentos obtidos com essa variante são apropriados para uso na formulação do concreto para retardar o assentamento do mesmo ou para colorir o concreto.

20 Todas as sete variações descritas acima também compreendem, preferivelmente, as etapas de:

- revestimento dos pigmentos com um revestimento inorgânico e/ou orgânico; e

- micronização dos pigmentos revestidos.

Pigmentos de ferrita/magnetita (FM)

25 Pigmentos de ferrita/magnetita apropriados como corante para concreto foram produzidos com ácido nítrico em um pH de 3, porém sem separação magnética. A pasta do primeiro tratamento foi submetida às etapas que se seguem: peneiramento a 6 µm, lixívia em ácido nítrico, filtração a
30 fim de reduzir seu teor de sal solúvel, e secagem em um

secador por centelhamento, rendendo um pigmento grosseiro fabricado de aglomerados possuindo um tamanho de grão médio de 5 μm .

O peneiramento permitiu a remoção dos contaminantes mais grossos incluindo sílica, carvão e outros fragmentos. Após isso, a pasta contendo uma carga magnética sofre lixívia com ácido nítrico a um pH de 3 a fim de remover a zincita, uma vez que a zincita retarda o assentamento do cimento. O produto foi filtrado, a fim de reduzir seu teor de sal solúvel, após o que a secagem em um secador por centelhamento forneceu ao pigmento uma granulometria com uma média de cerca de 5 μm .

Para essa classificação de pigmentos, o processo piloto inicial foi muito simplificado, o que se traduz em um custo de produção reduzido.

Uma vez que a sua granulometria é muito grande, o pigmento não pode ser usado como um aditivo no cimento, a fim de produzir concreto com alto desempenho.

Para todas as classificações de pigmentos, se pigmentos de ferrita, pigmentos de magnetita ou pigmentos de ferrita/magnetita, ao final do tratamento, um aditivo orgânico foi provido ao produto acabado, a fim de padronizar as cargas de superfície, de modo a facilitar a incorporação do pigmento seco às resinas de tinta e fornecer uma fluidez desejada para seu manuseio. Contudo, é importante mencionar que a etapa de revestimento é opcional ao processo.

3) Descrição detalhada das variantes preferidas do processo hidrometalúrgico

Conforme observado aqui anteriormente, uma variedade de pigmentos podem derivar do processo hidrometalúrgico descrito aqui. Embora pigmentos à base de ferrita para uso nas tintas anticorrosivas sejam um produto preferido de determinadas variantes do processo, outras variantes podem produzir outros pigmentos.

As variantes preferidas do processo descrito aqui a seguir são assim direcionadas ao pigmentos à base de ferrita ou à base de magnetita, alguns dos quais são descritos doravante.

Mais especificamente, o processo para tratamento da poeira do EAF de acordo com a invenção é um processo hidrometalúrgico para o tratamento de poeira do forno de arco voltaico (EAF) do moinho de aço que contém aglomerados de partículas pequenas de ferrita e partículas maiores de magnetita, as partículas de ferrita revestindo por absorção as partículas de magnetita maiores, o pó adicionalmente contendo cálcio e uma quantidade tóxica de chumbo lixiviável em conjunto com elementos menores selecionados do grupo consistindo em Mg, Cr, Cu, Cd, V e cloretos.

As ferritas representam uma família complexa de compostos representados quimicamente pelos elementos principais Ca, Fe, Zn, Mg que são os elementos principais e mais importantes nesse processo, em conjunto com elementos secundários selecionados do grupo consistindo em manganês, cromo, cobre, cádmio, chumbo, vanádio e cloretos. Quase todos os elementos são representada como óxidos; tanto óxidos complexos como as ferritas ou óxidos simples representados por PbO, ZnO, CaO, etc. Alguns outros sais e metais também estão presentes. Esse processo também se

aplica ao pó de EAF com baixo teor de zinco gerado do uso de ferro pré-reduzido ou microesferas de hematita.

As etapas de processo de acordo com as diferentes variantes do processo são ilustradas nas figuras 1 a 6 para as diferentes classificações de pigmentos. Elas mostram um processo de batelada hidrometalúrgico sem emissões atmosféricas. A pasta de poeira da primeira etapa de lavagem é composta essencialmente de ferias (65-75%), magnetitas (20-28%), zincita (ZnO) e litargírio (PbO) (8%).
10 CaO/Ca(OH)₂ (5-12%) e concentrações variáveis de sílica e carvão.

Uma diferença entre o processo da invenção e a técnica anterior dos processos de tratamento da poeira do EAF repousa no fato de que a rentabilidade do presente processo necessariamente não precisa ser uma função da
15 concentração de zinco da poeira do EAF. Um dos moinhos de aço que será visto em um exemplo emprega uma alimentação de EAF de pelo menos 50% de hematita pré-reduzida, com 50% de refugo de ferro de diferentes classificações. Dependendo da
20 produção necessária, a porcentagem de hematita e refugo de ferro pode variar. Para esse moinho de aço, a concentração de zinco média na poeira está próxima de 9% em comparação aos 16-22% para a poeira gerada das alimentações compostas apenas de refugo de ferro. A tabela 1 mostra duas análises
25 químicas da poeira do EAF a partir de dois moinhos de aço em Quebec, que foram usados para testar o processo.

A otimização e caracterização da operação piloto de teste foram efetuadas por:

- condução de análise físico-químicas: análises
30 químicas, testes de distribuição granulométrica e

identificação das fases químicas por difração de raio X e microscopia eletrônica, etc.;

- otimização da eficiência do rendimento em estações diferentes por medição do volume e concentração (g/l) da pasta, os pesos de suas frações sólidas e o tempo de processamento; o pH e condutividade elétrica dos líquidos sendo também medidos, etc.;

- anotação do pH e condutividade elétrica dos líquidos;

- avaliação dos pigmentos por observação das especificações de cor do sólido, umidade, capacidade de absorção de óleo, qualidade de dispersão e testes de névoa de sal, etc.

3.1) Primeiro tratamento: exemplo

O processo compreende um primeiro tratamento que consiste essencialmente na lavagem e enxágüe da poeira do EAF para redução da quantidade de cálcio e chumbo solúvel, para após isso facilitar o tratamento adicional da poeira de modo a produzir pigmentos de classificação comercial. Esse primeiro tratamento é descrito, em geral, em relação às etapas a) a e) precedentes e será agora discutido em maiores detalhes em relação aos exemplos específicos.

Lavagem e primeira agitação

A poeira do EAF foi lavada com água sob agitação, provida por um impulsor de hidrofólio, com uma velocidade de rotação de aproximadamente 350 rpm em um tanque. A altura do nível de fluido e o diâmetro do tanque tinham uma razão de 1:1. O sistema de agitação do tanque também compreendia quatro chicanas, que atuaram como agitadores estáticos.

A concentração da pasta era de 16%. Os testes foram realizados com bateladas de 10, 20 e 30 kg de poeira para 60 litros de líquido, correspondendo às concentrações sólidas de 16, 32 e 48% respectivamente.

5 A lavagem forneceu:

- uma solução aquosa de pH alcalino > 12 ;
- dissolução dos sais solúveis, metais pesados e óxidos simples em condições alcalinas (vide tabela 2) (essa carga química era o líquido que é eliminado por decantação e bombeamento do líquido sobrenadante);
- o início do rompimento das partículas de ferrita que estavam fracamente ligadas (figura 7);
- a dissolução de CaO em algumas ferritas de cálcio no cálcio solúvel e CaOH_2 e a dissociação do óxido de
- 15 chumbo;
- a transformação da fração de CaO abundante em CaOH_2 e a dissolução de óxido de chumbo;
- é importante mencionar que a agitação maior com outros tipos de agitadores de corte pode resultar
- 20 desfavoravelmente em concentrações elevadas de Ca e Pb no líquido, o que poderia impedir as etapas de tratamento subsequentes;
- a duração da agitação foi de 60 minutos e foi seguida por um período de decantação de 60 minutos e uma
- 25 separação do líquido sobrenadante.

Em razão dos pesos específicos altos das ferritas e magnetitas, a decantação do sólido de pasta foi usada ao invés da filtração.

Enxágüe e segunda agitação

A pasta da lavagem foi enxaguada com água. A água é preferida:

- para recuperar os metais e água alcalina de pH 12 da água intersticial em 20 litros de polpa residual da primeira mistura; e
- para continuar a lixívia do cálcio, chumbo e zinco na poeira.

O enxágüe foi realizado por um período de 60 minutos, seguido por uma decantação de 60 minutos e recuperação do líquido sobrenadante.

Adição de agente tensoativo

A adição de um agente tensoativo teve vários objetivos no processo. Primeiramente, ele reduziu a carga positiva das partículas finas da polpa representadas por um zeta de 32 mV, a fim de obter o ponto isoelétrico (zeta de 0 mV) para o sistema (pasta). Essa redução da carga das fases químicas do sistema facilitou o fracionamento dos compósitos. Detalhes adicionais com relação ao efeito do agente tensoativo na carga das fases químicas são fornecidos na seção intitulada "Separação Magnética" a seguir. Em segundo lugar, quando um fosfato, tal como metafosfato de sódio foi empregado, o agente tensoativo confinou, temporariamente, o CaO vindo das ferritas por revestimento da superfície das partículas com fosfato. Também o agente tensoativo foi capaz de converter o cálcio já na solução em fosfato de cálcio, que era insolúvel na solução e foi concentrado com o sólido. Também acreditamos que algum chumbo na solução foi também precipitado na forma de um fosfato de chumbo ou na forma de uma fase fosfato de cálcio e chumbo.

Essas deduções são sustentadas pela titulação da pasta coma metafosfato de sódio, que é o agente tensoativo preferido (figura 8). As condições dos testes cujos resultados são mostrados na figura 8 eram: 5% de sólido em uma pasta de 240 mL; titulação com o metafosfato de sódio de 3,6% (peso/peso) (22 mL da solução foram usados); potencial zeta calculado para emprego de um volume de laser médio; S.C. 4 g/cm³. O gráfico mostrando concentração zeta versus agente tensoativo ilustra a redução da carga positiva abaixo do ponto isoelétrico. O gráfico mostrando concentração de condutividade versus concentração de agente tensoativo representa a concentração de íons no líquido sobrenadante, que diminui com a adição do agente tensoativo.

Após a adição do agente tensoativo, a agitação foi abreviada a fim de padronizar o estado da mistura e a alimentação do separador de magnetita que foi alimentado a uma razão de fluxo de 1 L/minuto. A pasta foi alimentada ao separador magnético enquanto agitando, de modo tal a manter a pasta homogênea em seu teor de magnetita e ferrita através de todo o tanque.

Após a etapa de agitação e as duas etapas de decantação, as soluções alcalinas de efluentes (80 litros) foram usadas no tratamento de efluente. O líquido alcalino foi misturado com os efluentes ácidos do segundo tratamento que serão descritos adicionalmente a seguir, a fim de neutralizar sua acidez e promover a precipitação dos metais na solução.

Esse primeiro tratamento (lavagem) da poeira do EAF crua, que gerou uma solução alcalina, também promoveu a

solubilização dos sais solúveis em óxidos de chumbo e zinco simples a uma concentração que satisfaz os padrões governamentais para o teste de TCLP, e as normas governamentais que regem os materiais perigosos. Em outras
5 palavras, o lixiviado de poeira não excedeu o padrão TCLP (tabela 3) e assim não é considerado como contaminado, nem se mantém sob as normas dos materiais perigosos.

O papel da agitação no primeiro tratamento

Os testes de agitação foram realizados em tempos
10 que variaram de 15 a 60 minutos, usando um impulsor de hidrofólio. A granulometria resultante da fração de sólido da pasta foi obtida por um granulômetro capaz de medir a uma escala de um nanômetro, de acordo com os ajustes de número, superfície e volume (figura 7). A variação
15 granulométrica correspondente, após 60 minutos, indicou um tamanho aceitável, com uma média grosseira de 0,6 μm para o sólido. Esse diâmetro foi adicionalmente reduzido durante a lixívia do segundo tratamento. Com outros impulsoers, que tinham níveis de cisalhamento mais altos, a granulometria
20 resultante foi muito fina para otimizar o primeiro tratamento. Outros testes de agitação, nos quais o líquido sobrenadante foi analisado após filtração quanto ao teor de chumbo e cálcio, foram realizados e os resultados são apresentados na tabela 7 e na figura 9. As concentrações
25 químicas resultantes do teste com o impulsor de hidrofólio indicou uma concentração estável para um tempo de agitação de 60 minutos. Esse tempo de agitação representou um máximo para a extração de cálcio e um platô de saturação para o valor do chumbo. Para os outros impulsores, as

concentrações elementares foram muito altas, e assim não otimizadas.

Tabela 7: Lixívia da poeira do EAF durante o primeiro tratamento em períodos de tempos variados

5 Operação número 1: 10 kg Resultados das Análises AAS
no sistema de 1 T da
planta piloto

Tempo, minutos	Pb, ppm	Ca, ppm	Cr, ppm	Zn, ppm	pH
0	22	0,6	39,71	4,88	
15	60	111,1	35,53	9,72	
30	72	166,1	33,3	6,48	
45	78	180	33,3	6	
60	78	190,3	27,17	9,18	
Lavagem					
15	77	323,4	5,31	3,7	12,67
30	77	352	4,92	3,74	12,69
45	88	226,6	4,5	4,18	12,71
60	88	172,7	4,81	4,36	12,72

Após o primeiro tratamento, que é realizado no tanque (10) das figuras 1 a 6, a pasta (16) é tanto
10 remetida à separação magnética (20) para separar as partículas de magnetita e as partículas de ferrita, como nas figuras 1 a 5, que mostram a primeira à sexta variantes; ou é remetida ao peneiramento (30) e após isso, para o segundo tratamento (40), como na figura 6 que mostra
15 a sétima variante, para de forma final produzir um pigmento de ferrita e magnetita apropriado para uso como um corante para concreto.

A primeira à sexta variantes, que se referem à produção de pigmentos de ferrita (figuras 1 a 4) e à produção de pigmentos de magnetita (figura 5), serão descritas agora, em maiores detalhes, com relação às
5 figuras 1 a 5. Para cada uma dessas variantes, conforme amplamente descrito, a pasta (16) do primeiro tratamento foi submetida a uma separação magnética (20) para obter uma fração de ferrita (24) e uma fração de magnetita (26). Ambas as frações (24 e 26) foram respectivamente submetidas
10 ao peneiramento (30 ou 300).

Com referência às figuras 1 a 4, a fração de ferrita refinada (34) do peneirador (30) foi adicionalmente submetida a um segundo tratamento (40) dependendo na classificação dos pigmentos de ferrita produzidos. No caso
15 das terceira e quarta variantes (figuras 3 e 4), o segundo tratamento foi precedido por pelo menos uma das etapas que se seguem: decantação (60), moagem (50 ou 55), e separação magnética (200). Após o segundo tratamento (40), a pasta (46) obtida foi submetida a filtração (70) e após isso às
20 etapas do processo típico usado no campo da produção de pigmentos, como por exemplo, secagem (90), revestimento (80) e micronização (100).

A etapa de filtração (70) produz água a ser reciclada (72).

25 É também importante mencionar que, nas primeira e terceira variantes de processo, o segundo tratamento foi preferivelmente seguido por uma segunda separação magnética (200, 220) usada para separar a fração de magnetita (202, 222) que permaneceu na pasta (46) a partir da fração de
30 ferrita (206, 226). A fração de ferrita (206, 226) foi

enviada de volta para a linha de produção da ferrita para produzir os pigmentos de ferrita, considerando-se que a fração de magnetita (202, 222) foi enviada à linha de produção da magnetita.

5 Com referência à figura 5, a fração magnética (26) da separação magnética (20) foi remetida, preferivelmente, com partículas magnéticas (202, 212, 222) a partir de outras etapas do processo, para um primeiro peneiramento (30) a 150 μm . A fração (38) inferior a 150 μm foi remetida
10 a um moinho de bolas (500) e então a um segundo peneiramento (3000) para obter uma primeira fração mais fina (304) com partículas possuindo um tamanho de grão de 6 μm ou menos; e uma fração mais grossa (306) com partículas possuindo um tamanho de grão superior a 6 μm . A fração mais
15 grossa (306) foi então moída e peneirada a 40 μm (essas etapas não são mostradas na figura 5) para finalmente obter uma fração mais grossa contendo partículas possuindo um tamanho de grão entre 40 e 6 μm .

A fração mais grossa (306) foi moída a úmido por
20 atrito (50) para obter um tamanho de grão médio de 0,3 μm . Após isso foi submetida às etapas do processo típico usado no campo de produção de pigmentos, como por exemplo, secagem (90), revestimento (80) e micronização (100).

As frações mais finas (304) foram purificadas por
25 suspensão (600) de contaminantes residuais contidos lá, com um agente tensoativo aniônico (802), para obter uma fração magnética purificada (602).

Separação Magnética (20)

A etapa de separação magnética (20) rende a
30 primeira fração (24) contendo em uma porção principal,

partículas de ferrita e a segunda fração (26) contendo em uma porção principal, partículas de magnetita.

Na poeira bruta do EAF, a magnetita preta nunca fica aparente ou visível a olho nu, mesmo que a magnetita seja grande e grosseira comparada aos outros componentes da poeira. Esse fenômeno é explicado pela adsorção das ferritas em relação à superfície das magnetitas. Na poeira bruta, as ferritas são positivas e a magnetita é negativa, o que causa uma atração eletrostática entre essas duas fases químicas. Essa carga pode ser medida com um aparelho denominado "Amplitude Sônica Eletroacústica (ESA)" que permite o cálculo do potencial zeta das partículas no meio aquoso, e a avaliação indireta e qualitativa da carga de superfície das partículas. Os resultados indicam que as ferritas possuem uma carga positiva com um zeta de +27 mV, considerando que as magnetitas são ligeiramente negativas e possuem um zeta de -3 mV, o que corresponde aos valores de carga para magnetitas ocorrendo naturalmente. Também, à medida que as ferritas possuem uma granulometria inferior a 1 μm , elas revestirão a grande superfície áspera da magnetita. Essa textura áspera das superfícies da magnetitas parece ser produzida por deposição das fases de cálcio e outros compósitos que podem ser removidos por atrito. Esses fatores tornam difícil a separação das ferritas das magnetitas. Experiência laboratorial nos ensina que, sem um agente tensoativo, é possível obter uma fração concentrada na magnetita, porém essa fração é marrom e não preta, e possui uma proporção maior de ferritas aprisionadas com a magnetita concentrada.

No processo de acordo com a invenção, por adição de uma gente aniônico (preferivelmente metafosfato de sódio), a carga positiva das ferritas é neutralizada e pode ser invertida para obter cargas negativa com uma intensidade de -40 a -160 mV e menores. A adição de agente tensoativo aumenta as cargas de superfície das ferritas finas, diminui a coesão ou atração entre as ferritas e magnetitas e causa uma repulsão mais forte entre as partículas de ferritas e mantém essas ferritas em suspensão. A fração magnética bruta, que possui uma superfície específica muito pequena, não é muito afeta pela adição do agente tensoativo. A granulometria e massa das magnetitas permitem a decantação da magnetita com a ferrita em suspensão. Esse procedimento aperfeiçoa substancialmente os resultados da separação magnética e do peneiramento. A condição no ponto isoelétrico é preferível, a fim de otimizar a separação magnética e o peneiramento (vide próxima seção), enquanto controlando a concentração de chumbo no sólido.

Avaliação dos Resultados

A separação magnética no meio aquoso foi realizada com um tambor para o qual um campo magnético foi gerado por um eletromagneto com uma força máxima de cerca de 1.200 gauss. A pasta (16) que tinha uma concentração de sólidos de 16% e uma concentração de massa de agente tensoativo variando de 0,1% a 1,3%, foi usada na separação. Separadores magnéticos são bem conhecidos e não precisam de descrição adicional. A pasta (16) foi alimentada com uma razão de fluxo de 1 L/minuto. Para descolar a fração magnética do tambor, foi acrescentado um fluxo de água adicional (22) de 1,4 L/minuto, totalizando 150 litros de

líquido (para reciclo) com uma concentração de sólidos a 3% a serem recuperados por decantação (60) e peneiramento (30).

A fração máxima de magnetita recuperada na polpa variou de uma companhia para outra de acordo com sua produção. Contudo, a fração máxima recuperada foi da ordem de 15 a 20% para o produtor usando mineral hematite pré-reduzida e entre 8 a 10% para o produtor usando apenas refugo de ferro.

A qualidade da separação foi avaliada qualitativamente ao microscópio por observação da cor, que distingue a magnetita do carvão. A cor é também usada para avaliar a qualidade da separação magnética. A tabela 8 compara os três componentes de cor, de acordo com a escala de cor HunterLab, para a poeira bruta para separação e para as frações separadas e peneiradas de ferritas e magnetitas. O parâmetro "L" de 0,00 corresponde a um padrão prego usado para calibrar os aparelhos, considerando-se que o valor 100,00 está associado ao padrão branco. O parâmetro "L" indicou uma sombra mais pálida para as frações obtidas sem a adição do ativo de superfície e que, conseqüentemente, apenas continha uma concentração de magnetita ainda revestida com ferritas marrons. Ao contrário, com a adição do ativo de superfície, a fração magnética tinha uma sombra mais escura de acordo com o aparelho óptico e também a olho nu.

Tabela 8: Comparação de Cor para a Poeira do EAF, Ferrita e Magnetita, Classificadas por Separação Magnética (MSP)

Amostras	Cor
----------	-----

	L	a	b
Poeira bruta do moinho 2	29,092	2,52	8,60
Amostra antes da MS com NaMP a 0,4%	28,63	2,05	8,01
Amostra após peneiramento a 20 μm	28,30	1,75	7,67
Amostra de magnetita bruta < 38 μm	25,73	-0,23	3,08

A eficiência da separação magnética é sustentada pelos valores de massa da quantidade de ferrita aprisionada pela magnetita. Os pesos das frações indicam que, sem a adição do agente tensoativo, a ferrita aprisionada pela magnetita alcançou um máximo. Por outro lado, com a adição de um agente tensoativo, a quantidade de ferrita diminuiu (Tabela 9). A absorção do agente tensoativo ocorreu, preferivelmente, na fração fina do sólido e assim, nesse caso, nas ferritas. As magnetitas, sendo mais brutas, experimentaram uma alteração na carga que é menos significativa e assim menos efeito na mobilidade dessa fase.

Tabela 9: Quantidade de Ferritas Aprisionadas por Magnetita como uma Função do Ativo de Superfície

Tanque	Base	NaMP	MS < 6 μm , g	Peso médio, g	Diferença com versus sem NaMP em g ou %
B99 # 143 B99 # 144	MP-060/ISP	Sem Sem	1993 1990	1961	
					<u>142 g ou</u> <u>7,2%</u>
B99 # 145 B99 # 146		Com Com	1849 1790	1819	
S99 # 71	MP-060-	Sem	712		

	070- 120/STE				
B99 # 68	MP-060- 070- 120/STE	Com	667		<u>45 g ou</u> <u>6,3%</u>

Outra indicação da eficiência da separação é provida pelos resultados dos testes de recuperação da magnetita obtida da fração bruta $\geq 20 \mu\text{m}$ após peneiramento na fração não magnética. Essa fração de ferrita compreendida contaminantes grosseiros (isto é, carvão) e magnetita, com uma quantidade menor de sílica fina e carbonatos ou fases de cálcio. A magnetita não foi separada na primeira separação magnética e foi revestida com sílica e fases de cálcio. A quantidade aprisionada variou com a quantidade e concentração do agente tensoativo adicionado. Para a separação sem ativo de superfície, 197 g de magnetita bruta foram recuperados. A mesma fração após ter adicionado o ativo de superfície resultou em uma recuperação de 221 g, ou 11% mais magnetita recuperada. Esse resultado é explicado pelo fato de que o ativo de superfície é mais eficiente na dispersão das partículas finas, e assim os contaminantes mais finos de esferóides maiores de magnetita; o carvão não influenciando a separação.

Para o processo de acordo com a invenção, é preferível usar o agente tensoativo de acordo com a dosagem específica, a fim de produzir duas frações (24 e 26) que são adequadas para obtenção de produtos apropriados para aplicações comerciais, conforme será explicado em maiores detalhes a seguir.

Peneiramento (300 ou 30)

O peneiramento da fração de ferrita (24) ou fração magnética (26) é essencial para produzir pigmentos de ferrita ou pigmentos magnéticos possuindo um valor comercial, porque permite a separação física de aglomerados maiores e determinados contaminantes que acompanham as ferritas e magnetitas. Todas as partículas ou substâncias aglomeradas superiores a 20 μm com ou sem suscetibilidade magnética podem ser separadas. O carvão e mesmo fragmentos de refugo de metal parcialmente fundidos são separados por peneiramento.

Além de aperfeiçoar a separação das ferritas e magnetitas no primeiro tratamento e a separação magnética, a adição do agente tensoativo impede o entupimento das peneiras e permite o peneiramento com aberturas de 20 a 6 μm . O entupimento é causado por portlandita, um hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, que é produzido da cal na poeira do EAF bruta. A portlandita na solução e na suspensão é depositada nas paredes dos recipientes e, especificamente, na malha das peneiras, assim vendando as mesmas. Por emprego de um ativo de superfície apropriado (metafosfato de sódio), o cálcio na solução é precipitado na forma de fosfato de cálcio. Essa precipitação está associada à diminuição da condutividade observada durante a adição do agente tensoativo e essa diminuição continua após alcançar o ponto isoelétrico, atingindo, em determinados casos, um mínimo de condutividade (figura 9).

Os testes de classificação demonstraram que, quanto mais a concentração do ativo de superfície é aumentada, mais a solução se aproxima de uma condutividade mínima e menos entupimento das peneiras é observada. Também, as

paredes internas dos tanques, peneiras e outros equipamentos podem ser facilmente limpas simplesmente por enxágüe com água.

Se não for empregada adição de um agente
5 tensoativo, a portlandita que adere às superfícies e à malha da peneira, deve ser limpa com uma solução aquosa ácida. A concentração do agente tensoativo fornecendo o mínimo de condutividade não é preferida, porque tal concentração do metafosfato de sódio interfere com a
10 lixívia do chumbo na polpa.

A adição do ativo de superfície para fornecer o ponto isoelétrico foi suficiente para dobrar a taxa de fluxo da pasta nas peneiras de 4 L/minuto para 7 ou 8 L/minuto e assim, aumentar a capacidade de filtração. A
15 adição do ativo de superfície diminuiu, por um fator de três, o número de limpezas necessárias para um tanque de 10 kg usando uma peneira de 20 μm .

Além da pasta, um fluxo de água para peneiramento (32) é empregado para facilitar o peneiramento.

20 Nas primeira a terceira variantes, a fração peneirada bruta (36) descarregada da primeira peneira (30) foi submetida a uma separação de magnetita (210) usada para separar a fração de magnetita (212) que permaneceu na fração de ferrita (24). A fração de magnetita (212) foi
25 remetida à linha de produção de magnetita, conforme mostrado na figura 5.

Moagem a úmido ou moagem por atrito (50)

Essa moagem a úmido pode ser realizada com areia de sílica, esferas de zircônio ou outros materiais com uma
30 morfologia esférica e dureza suficiente para resistirem a

abrasão. Os resultados providos foram obtidos com microesferas de zircônio com uma faixa de granulometria de 0,4 a 0,6 mm em um moedor horizontal, com discos do tipo horizontal. As condições de moagem e resultados são

5 apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Condições de Moagem a Úmido e Resultados para Ferritas

1. Condições de Moagem a úmido para ferritas

	Taxa de fluxo de alimentação	Conc.* de Polpa	Velocidad e do disco	Amperagem	Média	Carga
Condição # 1-2	0,2 L/minuto	350 g/L	27k FPM	3,8	Ze/Sr 0,4-0,6 mm	80%
Condição # 1-4	0,5 L/minuto	350 g/L	27k FPM	3,7	Ze/Sr 0,4-0,6 mm	80%

2. Resultados de moagem a úmido para as ferritas

	Área de superfície	Volume	Viscosidade
	Mícron (APS)	Mícron (APS)	Cps
Condição # 1-2	0,276	0,432	810
Condição # 1-4	0,252	0,517	470
Polpa antes da moagem	0,415	6,307	124

10

* A polpa usada nos testes de otimização é uma B99.

O objetivo dessa moagem é quebrar os agregados grandes superiores a 5 a 20 μm , a fim de fornecer às partículas de pigmento de ferrita uma faixa restrita de

granulometria, mais especificamente, uma distribuição de curva de sino com uma média em torno de 0,3 μm . A distribuição granulométrica após a moagem a úmido assegura que a fração de agregados bruta da poeira seja eliminada e transferida para a faixa de granulometria. O diâmetro obtido (na superfície) é de 0,25 a 0,28 μm , com uma distribuição de curva de sino desejada para os pigmentos. Os resultados são ilustrados nas figuras 10, 11, 12 e 13. As figuras 11 e 12 ilustram as distribuições granulométricas para as pastas, após uma e duas passagens no moedor. Para processos de lixívia mais agressivos, como para o segundo pigmento de ferrita, a pasta não requer moagem, a média granulométrica estando já próxima ou abaixo de 0,8 μm . Normalmente, o pigmento de ferrita da primeira graduação requer moagem a fim de obter uma dispersão adequada. Também, algumas poeiras podem conter agregados suficientes ao redor de 20 μm , de modo a requerem o uso de um moedor a úmido. Para aditivos de cimento, é necessária a moagem a úmido, porque ela diminui a granulometria, aumenta o contato da superfície entre as partículas e gera novas superfícies para uma lixívia mais eficiente no segundo tratamento (40).

As partículas de pigmento de ferrita, mesmo após moagem, ainda são agregadas de partículas nanométricas finas. A figura 14 (microscópio AFM) confirma esse estado de aglomeração e o tamanho fino das microesferas ou fragmentos constituintes.

3.2) Segundo tratamento (4) da fração de ferrita: exemplo

O objetivo do segundo tratamento (40) é lixiviar os metais pesados, ainda na pasta, para eliminar as ferritas menos estáveis e fornecem determinadas características de superfície necessárias aos pigmentos (intensidade de sinal e de potencial zeta), a fim de aperfeiçoar a compatibilidade do pigmento em tintas, plásticos e concreto.

A composição química dos espinélios pigmentares resultando do segundo tratamento (40) é representada por composições químicas fornecidas na Tabela 11. Esses pigmentos representam várias ferritas ligeiramente diferentes ou espinélios ricos em ferro, zinco, magnésio e manganês e contém os elementos Al, Si, Pb, Ni, Cr, etc., como componentes minoritários. Todos os componentes minoritários são estabilizados na estrutura dos espinélios e o chumbo adere aos critérios de lixívia do TCLP e para as normas e expectativas usadas pelos fabricantes de tinta, dos quais o mais estridente impõe uma concentração máxima de 500 ppm de chumbo na tinta.

Tabela 11: Variação da Composição Química dos Pigmentos de Ferrita como uma Função do pH

			AMOSTRAS			
Elementos	Código	Unidades	Fm #	Fm #	Fm #	Fm #
			1226	1217	1314	1491
			pH 3,0	pH 2,0	pH 1,5	pH 0,5
AL	ICP90	ppm	4500	4000	4100	3400
Ba	ICP90	ppm	70	51	45	n.d
C	CHM118	ppm	3700	3700	n.d.	n.d.
Ca	ICP90	ppm	8800	5900	7200	6700
Cd	ICP90	ppm	107	101	112	90

Co	ICP90	ppm	11	<10	47	n.d.
Cr	ICP90	ppm	1580	1710	1920	1745
Cu	ICP90	ppm	2560	2510	2600	2645
Fe	ICP95	ppm	>30	>30	>30	528100
K	ICP90	ppm	600	400	500	n.d.
Mg	ICP90	ppm	24600	26800	28700	30100
Mn	ICP90	ppm	24450	27090	28260	25900
Mo	ICP90	ppm	<10	<10	11	n.d.
Na	ICP90	ppm	2700	2700	n.d.	n.d.
Ni	ICP90	ppm	187	187	219	n.d.
P	ICP90	ppm	11400	400	600	n.d.
Pb	ICP90	ppm	10870	3780	3030	1685
S	CHM12	ppm	100	100	n.d.	n.d.
Si	ICP95	ppm	12900	8800	n.d.	n.d.
Ti	ICP90	ppm	600	600	600	n.d.
V	ICP90	ppm	108	110	102	n.d.
Zn	ICP90	ppm	89140	91470	117300	100600

Como um exemplo, o efeito do segundo tratamento é ilustrado na Tabela 11 pela variação do chumbo para pigmento de terceira classificação diferente lixiviado em pHs diferentes com ácido nítrico. As variações mais importantes são as concentrações de chumbo e o zeta para os diferentes pigmentos. O sinal da carga relativa representado pelo potencial zeta no meio aquoso é especificamente importante, o último alterando de +40 mV para a primeira classificação a 9 a 11mV para o pigmento lixiviado em um pH de 1,5 a 0,5. Esse parâmetro é importante para o comportamento do pigmento e também influencia as propriedades pigmentares e o mecanismo de

revestimento, ou mesmo o tipo de revestimento que pode ser aceito, caso necessário.

Condições para o segundo tratamento (40)

Uma polpa de 8 a 10% de sólidos em 55 litros de
5 água foi acidificada com ácido nítrico 6 N para o pH
desejado, por adição contínua de ácido por um período de 30
minutos. O pH foi mantido por 60 minutos por adição
esporádica do ácido, enquanto agitando a polpa. A
decantação foi preferida e o líquido sobrenadante foi
10 removido.

Na primeira variante, água (37) simplesmente é
empregada como o agente de lixívia. Na segunda variante,
ácido sulfúrico (42) é usado e na terceira variante, ácido
nítrico (43) é empregado como o agente de lixívia.

15 **3.3) Produção dos pigmentos de ferrita/magnetita
(sétima variante): exemplo**

Com referência à figura 6, e de acordo com a sétima
variante empregada para produzir pigmento de
ferrita/magnetita, a pasta (16) do primeiro tratamento (10)
20 não foi submetida à separação da magnetita. Ao invés disso,
a pasta foi submetida a um peneiramento a 60 µm ou menos. A
fração mais grossa (31) foi separada em frações magnéticas
maiores (216) e frações magnéticas menores (218), por
separação magnética (220), e aquelas frações seriam usadas
25 em outras partes do processo. A fração mais fina, doravante
referida como pasta refinada (33) foi submetida ao segundo
tratamento de lixívia (40) com ácido nítrico (43) em um pH
de cerca de 3, para obter uma pasta lixiviada (48) sem ou
com uma quantidade controlada de ZnO que retarda o
30 assentamento do concreto. A pasta lixiviada (48) foi

separada em uma fração sólida (74) contendo uma mistura de ferrita e pigmentos de magnetita e uma fração de líquido (72) contendo constituintes solúveis em ácido nítrico. A fração sólida (74) foi então seca (90) para obter pigmentos secos contendo uma mistura de ferrita e magnetita.

4) Características e propriedades pigmentares dos pigmentos

Os pigmentos à base de ferrita e à base de magnetita produzidos pelos processos descritos aqui acima, possuem determinadas características e propriedades pigmentares, algumas das quais foram medidas e colocadas em tabelas.

4.1) Características dos pigmentos à base de ferrita

Os pigmentos à base de ferrita produzidos pelo processo acima e possuindo aplicações anticorrosão são de interesse específico. Esses pigmentos à base de ferrita podem ser usados em uma formulação de tinta para revestir um substrato, especificamente um substrato de metal propenso à corrosão, para proteger o mesmo dos efeitos corrosivos da umidade, água e penetração de íons.

Os pigmentos à base de ferrita são formados de uma reação de condensação de vapores de metal de Fe com outros vapores de metal presentes no recipiente do EAF, que incluem Zn, Mn e Mg. Os vapores de metal do Zn estão envolvidos na reação. Essa reação de condensação rende poeira EAF selecionada com uma composição específica de ferritas, magnetitas, poluentes e vários óxidos e metais, que são tratados de acordo com os processos hidrometalúrgicos descritos aqui anteriormente. É com esse

processo que o pigmento à base de ferrita é isolado da poeira do EAF selecionada de modo "não agressivo", e assim é capaz de manter determinadas propriedades desejáveis que, que outra forma, seriam destruídas ou modificadas.

5 O pigmento à base de ferrita assim contém uma quantidade não tóxica de chumbo, como o último foi lixiviado da poeira do EAF.

O pigmento inclui, adicionalmente, óxidos de metal condensado. Esses óxidos compreendem uma fileira diversa de
10 ferritas, que foram formadas por reações de condensação e que incluem ferritas de zinco, magnetita (ferritas de ferro), ferritas de cálcio, ferritas de magnésio, ferritas de manganês e também quantidades menores de outras ferritas à base de metal. A fórmula geral das ferritas é $MOFe_2O_3$,
15 onde M é um ou mais dos metais mencionados aqui anteriormente. Naturalmente, outros metais podem formar muitos complexos de ferrita e outros compostos. Uma fórmula geral para um complexo de ferrita de metal múltiplo, por exemplo, é $(Mn_xZn_yFe_{1-x-y})Fe_2O_4$.

20 Deve ser observado que as ferritas do pigmento à base de ferrita podem incluir magnetitas. O grau ao qual a magnetita está presente depende primariamente da etapa de separação magnética do processo hidrometalúrgico. Assim, pigmentos à base de ferrita não magnéticos podem ser
25 obtidos, à medida que o campo magnético tiver sido capaz de remover magneticamente a fração magnética da fração de ferrita não magnética.

Preferivelmente, o pigmento à base de ferrita contém ferritas à base de Zn, que podem também incluir
30 ferritas Mn, Zn. Essas ferritas são, de fato, preservadas

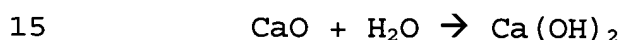
da poeira do EAF, que contém várias ferritas à base de Zn e Mn.

Os óxidos de metal condensado assim incluem ferrita ou estruturas semelhantes à ferrita substancialmente preservadas da poeira do EAF. Essas estruturas formam agregados de ferrita e estruturas semelhantes a ferrita de vários tamanhos. Os agregados podem também conter material de carga de compostos virtualmente inertes, que são freqüentemente encontrados nos pigmentos para uso em tintas. Conforme mencionado aqui anteriormente, a granulometria dos pigmentos pode ser calibrada por várias etapas de moagem para colocar o tamanho do agregado na média desejável. O tamanho do agregado e forma são também influenciados pelas etapas de lixívia específicas e nível de pH usado para purificar o produto do pigmento no segundo tratamento. Isso será descrito aqui em mais detalhes.

O pigmento à base de ferrita também inclui CaO aprisionado pela ferrita ou estruturas semelhantes a ferrita. Esse CaO está pelo menos parcialmente disponível para reagir com ar úmido e/ou água para proteger o substrato contra corrosão. O CaO aprisionado é um resultado das partículas de CaO suspensas que se associam aos metais de condensação na formação das estruturas de ferrita. O CaO é também um resultado do fenômeno de aglomeração, onde a ferrita ou estruturas semelhantes a ferrita se ligam em parte, por ação do CaO. Assim, o CaO é aprisionado por ser ambos associado entre as estruturas de ferrita para ajudar a formar os aglomerados (assim denominados "primeira porção") e associados dentro da

estrutura de ferrita propriamente (assim denominada "segunda porção").

O CaO aprisionado não é, contudo, todo fixado química ou fisicamente em um determinado estado, porém ao invés disso, pelo menos parcialmente disponível para reagir com o ar úmido ou água. Mais especificamente, o CaO que mantém os aglomerados juntos é mais prontamente disponível para reações. Esses pigmentos reagem com água, ar úmido e/ou condições de oxidação por "realsing" ou rendimento de CaO que é aprisionado dentro dos aglomerados formados de nanopartículas de ferritas e também dentro do látice das ferritas. O CaO mostra uma reação exotérmica com água e é visto como o primeiro composto a reagir possuindo um estado de energia superior. A reação primária é como se segue:



Essa reação possui o efeito imediato de aumentar localmente o pH na superfície do pigmento. Essa reação também tem o efeito de desencadear outras reações químicas. Conforme as condições de pH alteram e o CaO dentro dos agregados é esgotado, uma variedade de fenômenos físicos e químicos podem ocorrer. Assim, o CaO que é inicialmente disponível para essa reação de desencadeamento, pode ser denominado como "cálcio sacrificial".

A primeira porção de CaO é mais prontamente disponível para atuar como cálcio sacrificial. Contudo, a segunda porção do CaO se tornará mais disponível conforme a primeira porção se esgota, a primeira dessa forma reabastecendo o cálcio sacrificial. Isso é especificamente vantajoso para prover o pigmento com propriedades anticorrosão duradouras.

O cálcio sacrificial pode também desencadear a formação de várias fases hidróxido de proteção, dependendo da concentração do cálcio e da composição das ferritas, agregados e carga do pigmento.

5 Preferivelmente, a fase hidróxido de proteção compreende Zn(OH)_2 , que pode ser observada na forma de um precipitado. Em alguns dos testes de aspersão de sal, um precipitado da película branca compreendendo Zn(OH)_2 foi observado. Naturalmente, dependendo das outras reações e
10 grau de ambiente corrosivo e dos óxidos de ferro resultantes presentes, o precipitado pode ser de cor laranja. O precipitado ocorre em uma película cobrindo o substrato de metal. Esse tipo de proteção de corrosão seria caracterizado como "autocura", conforme a superfície
15 exposta do metal é revestida e "curada" por uma camada física de Zn(OH)_2 para proteção.

Também, preferivelmente, a fase hidróxido de proteção compreende uma selecionada das fases de hidróxido de cálcio amorfo e portlandita. A portlandita é a forma
20 cristalina de hidróxido de cálcio que foi identificada por difração de raio x.

Também, preferivelmente, a fase hidróxido de proteção compreende hidróxido de cálcio-zinco. Várias fases de hidróxido de cálcio-zinco são possíveis, porém uma
25 preferível é uma fase cristalográfica apresentando uma estrutura de cristal análoga àquela do hidrato de $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6$.

Adicionalmente, a fase hidróxido de proteção pode compreender um hidróxido de ferro-cálcio-zinco. A preferida
30 de tais fases é o hidrato de $\text{Fe(CaZn)}_2(\text{OH})_8$ que se

encontra, em todas probabilidades, presente nos espectros de difração medidos.

Em alguns casos, tais como para Zn(OH)_2 , a fase de hidróxido forma uma camada de proteção física no substrato de metal para ajudar a proteger, fisicamente, o substrato de metal da penetração por íons, água e oxigênio.

O pigmento à base de ferrita contém anão apenas uma primeira porção de CaO que está inicialmente disponível para reações imediatas com água, porém também contém uma segunda porção de CaO aprisionada dentro da ferrita ou estruturas semelhantes a ferrita. Essa segunda porção de CaO é muito menos disponível como cálcio sacrificial, sendo aprisionada dentro das ferritas. Contudo, quando protegendo contra corrosão, é vantajoso permitir que a proteção seja mantida com o tempo. Isso pode ser encontrado pela provisão de agentes anticorrosão com diferentes disponibilidades. Foi verificado que o pigmento à base de ferrita, de acordo com a invenção, é extremamente útil na proteção de substratos de metal por longos períodos de tempo. Algum CaO se encontra prontamente disponível para reagir com a água, enquanto a segunda porção, isto é, o CaO aprisionado dentro das estruturas de ferrita - está disponível para reagir em uma razão mais lenta e no caso quando a primeira porção do CaO reagido tiver sido lixiviada. Assim, embora as fases protetoras de hidróxido possam ser lixiviadas ou de outra forma esgotadas com o tempo, mais reações se processam e permitem que mais hidróxidos sejam formados para realimentar a camada de proteção na superfície de metal.

Deve ser observado que é vantajoso produzir o pigmento à base de ferrita da presente invenção, por

emprego de um agente tensoativo aniônico na etapa c) do processo hidrometalúrgico. Conforme descrito acima, o agente tensoativo seqüestra algum cálcio, pelo que, ajudando a evitar a perda do mesmo durante a lavagem e a
5 separação magnética subsequente e fases de separação por peneiramento.

Como resultado, os pigmentos de ferrita produzidos de tal poeira do EAF pelos processos descritos aqui, contêm uma quantidade significativa de cálcio, pelo menos parte
10 uma sendo disponível como cálcio sacrificial. Dependendo da origem da poeira de fumeiro do EAF, várias concentrações de metais pesados, óxidos de cálcio e espinélios (conforme mostrado na figura 15A) estão presentes na poeira bruta. Isso depende da hematita, refugo de metal e outras
15 qualidades e origens de reagentes, bem como das condições operacionais do moinho de aço e demandas de produção. A figura 15B mostra, de modo geral, a morfologia da poeira de fumeiro e a textura por SEM.

A figura 16 mostra ferritas de cálcio isoladas
20 conforme visualizadas por um Microscópio Eletrônico de Varredura, e a figura 17, por comparação, mostra a fase de zincita visualizada por um SEM. As partículas de ferrita de cálcio ocorrem como grandes aglomerados esféricos nos quais várias famílias de ferrita estão presentes. As figuras 15 e
25 17 também mostram uma Análise Dispersiva de Sistema por fluorescência, que revela os vários componentes presentes nas fases específicas. Os pigmentos de ferrita ativa, contendo ferritas de cálcio, bem como outras fases de cálcio, mostram uma resistência ativa à corrosão. Por outro
30 lado, os pigmentos de ferrita e magnetita derivados da

poeira do EAF que contém mais quantidades significativas de chumbo e outros compostos tóxicos contém uma quantidade menor de cálcio (devido à lixívia) e mostram uma resistência mais passiva à corrosão.

- 5 Preferivelmente, os pigmentos de ferrita anticorrosão sofrem de moagem a úmido e os pigmentos de ferrita passiva sofrem, adicionalmente, de lixívia, vantajosamente com ácido nítrico.

Atividade química do pigmento de ferrita

- 10 Os pigmentos de ferrita ativa são inibidores excepcionais de corrosão. Um pigmento de ferrita ativa inclui qualquer classificação de pigmento que contenha pelo menos algum cálcio disponível como cálcio sacrificial para reagir com ar e/ou água, de modo a formar fases protetoras
- 15 de cálcio, e mais especificamente um pigmento de ferrita de primeira classificação descrito aqui. Um pigmento ativo de ferrita contém, vantajosamente, pelo menos 4% de cálcio em peso. Esses pigmentos de ferrita com pelo menos 4% em peso de cálcio contém cálcio sacrificial, e assim revelam
- 20 características anticorrosão quimicamente ativas. Os pigmentos de ferrita ativa preferivelmente contém cerca de 10% em peso de cálcio e ainda preferivelmente 14% em peso de cálcio ou mais.

- A tabela 12 mostra a análise química parcial de um
- 25 pigmento de ferrita de primeira classificação. A concentração de cálcio é de 4,4% em peso.

Tabela 12: Análise Química Pigmentar de um Pigmento Ativo de Ferrita

Elementos		%
	Fe	31,4

Principais	Zn	32,8
	Ca	4,4
	Mg	3,2
	Mn	2,9
Traços		PPM
	Pb	6510
	Cr	1775
	Cd	170
	Cu	1500
	Ni	n.d.
	V	n.d.

Cálcio está presente na forma de várias fases associadas às estruturas de ferrita. O cálcio seria fisicamente aprisionado dentro, quimicamente integrado ou associado ao redor ou entre a estrutura de espinélio das ferritas. As fases de cálcio incluem uma variedade de ferritas de cálcio, portlanditas, óxido de cálcio, entre outros e são cristalinas ou amorfas. A concentração de cálcio no pigmento ativo de ferrita anticorrosão varia primariamente de acordo com a fonte de poeira de EAF bruta e a aspereza e número de etapas de lixívia, que geralmente dependem da quantidade de metais pesados que devem ser eliminados da pasta. O cálcio inicialmente presente na poeira bruta é seqüestrado pelo agente tensoativo aniônico e retido através de todas as etapas de processamento de separação subsequentes, a fim de estar presente no produto de pigmento da ferrita.

As partículas de ferrita, que apresentam determinadas estruturas de cristal, compreendem e se associam aos elementos incluindo erro, zinco e cádmio, bem

como fases diferentes dos mesmos. As reações entre um pigmento contendo partículas de ferrita e penetração devido à umidade e oxigênio incluem reações químicas e eletroquímicas.

5 Pelo menos parte do cálcio presente no pigmento ativo de ferrita está disponível como cálcio sacrificial que está disponível para reações químicas para formar fases protetoras de cálcio. As fases de proteção tomam, vantajosamente, a forma de uma camada protetora e incluem
10 óxidos e/ou hidróxidos de cálcio combinados com outros metais, e preferivelmente mostram uma estrutura cristalográfica. O cálcio sacrificial está associado às ferritas, de modo a estar disponível para reações químicas, especificamente em um ambiente de ar ou água para formar
15 fases de proteção.

 O cálcio sacrificial associado às partículas de ferrita está disponível para reações químicas que produzem fases de cálcio associadas às partículas de ferrita. Por exemplo, óxido de cálcio (CaO), que está presente no
20 pigmento de ferrita e mantém os aglomerados de ferrita de cálcio juntos, é transformado no hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) por penetração de íons. Como resultado, os aglomerados de ferritas de cálcio não são mais mantidos juntos e o cálcio se torna disponível para dissolver as
25 ferritas e/ou alterar fases. Em uma concretização preferida das ferritas ativas, conforme mostrado na figura 18, o cálcio sacrificial reage com íons de zinco e hidróxido para produzir uma camada de hidróxido de cálcio-zinco de hidróxidos incluindo $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6$ e outros. As camadas
30 protetoras que revestem pelo menos parcialmente as

partículas de ferrita são formadas por cálcio sacrificial reagindo com penetração de íons e componentes de pigmento e permite que a camada de pigmento contendo as partículas de ferrita proteja um substrato de metal revestido com a mesma, de um modo ativo.

Uma vantagem desses pigmentos de ferrita quimicamente ativos é que as reações envolvendo cálcio sacrificial prosseguem em um pH alcalino, preferivelmente em um $\text{pH} > 12$. Componentes solúveis incluindo cálcio sacrificial são liberados e facilitam um pH básico constante no revestimento de tinta com pigmento. Notavelmente, as reações de formação de hidróxido de cálcio elevam o pH. Esse pH básico constante possui aplicações vantajosas no campo de anti-incrustação, onde as taxas de incrustação diminuem em pH alto.

Caracterização das fases hidróxido de proteção

As fases de proteção produzidas pela ferrita durante as reações de resistência à corrosão foram caracterizadas de vários modos.

A) Atividade química

Alguns dos pigmentos à base de ferrita contêm quantidades suficientemente significativas de cálcio para serem denominados pigmentos "ativos". Os pigmentos ativos de ferrita contêm cerca de 4% de cálcio e são especificamente resistentes à corrosão.

A fim de caracterizar algumas das fases hidróxido de proteção dos pigmentos à base de ferrita, foram empregadas técnicas de difração de raio x, SEM, Análise Diferencial Térmica (DTA) e Análise Termogravimétrica (TGA).

Mais especificamente, utilizando hidrato de hidróxido de cálcio-zinco ($\text{CaZn}_2(\text{OH})_6$), como uma referência cristalográfica, os pigmentos ativos e passivos de ferrita foram comparados. A figura 19, sendo um gráfico de difração de pó em raio x, mostra que os pigmentos ativos de ferrita contêm complexos de cálcio pelo menos parcialmente em uma forma cristalográfica, análoga à estrutura cristalográfica de $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6$. Os espinélios mostram uma série de diferenças sutis na estrutura de prisma e constituição do componente (mostrado nas figuras 20A, 20B e 20C). O hidrato de $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6$ mostra determinadas características devido a sua estrutura cristalográfica, e os pigmentos ativos de ferrita contêm complexos que revelam características cristalográficas semelhantes. Na figura 19, muitas das máximas de caracterização do pigmento ativo de ferrita correspondem às máximas de assinatura do hidrato de $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6$, enquanto o pigmento passivo de ferrita não possui tais máximas. De fato, o pigmento passivo de ferrita parece não ter quaisquer similaridades cristalográficas em relação ao hidrato de $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6$. Por outro lado, os pigmentos ativos de ferrita contêm cálcio em uma forma cristalográfica, que é mais especificamente, análoga aquela do hidrato de $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6$.

Adicionalmente, a figura 21 mostra os resultados da degradação da Análise Diferencial Térmica (DTA) e a Análise Termogravimétrica (TGA) de um pigmento ativo de ferrita de acordo com a presente invenção. A curva de DTA mostra que as máximas endotérmicas ocorreram ao redor dos 100°C e 180°C . As máximas representam fenômenos, tais como, dessorção de água, transições de fase e cristalizações. A

curva de TGA mostra uma perda significativa de peso entre cerca de 160°C e 215°C. Os resultados combinados de difração, DTA e TGA fornecem uma impressão digital específica da ferrita que mostra a decomposição, resposta
5 de fase e/ou resposta do cristal ao aquecimento. As impressões digitais da DTA de outros hidróxidos são bem conhecidas na técnicas e exemplos das mesmas podem ser vistos na figura 22. Naturalmente, as caracterizações de DTA e TGA são complementares à outras formas de
10 identificação do composto.

Adicionalmente, algum Ca(OH)_2 presente no pigmento de ferrita mostra estrutura de cristal. Ca(OH)_2 que mostra uma estrutura de cristal é referido como portlandita, um isotipo ou brucita. A estrutura de cristal é mostrada na
15 figura 20C. Essa estrutura foi também caracterizada por uma análise de difração de pó de raio x do pigmento da ferrita, mostrada na figura 23. Essa figura também mostra que a franklinita, $(\text{Zn, Fe, Mn})(\text{Fe, Mn})_2\text{O}_4$ está presente nesse pigmento ativo de ferrita.

20 Os pigmentos quimicamente ativos de ferrita, com a impressão digital DTA e TGA para uma determinada faixa de temperatura definida na figura 21 e contendo as fases de cálcio caracterizadas nas análises de difração de raio x, contêm cálcio e outros componentes que reagem com a
25 penetração dos íons. As reações mantêm, vantajosamente, um pH básico constante no revestimento. A ação específica depende da concentração do cálcio, bem como das várias reações entre os componentes do pigmento e a penetração de íons.

Com relação ao precipitado à base de zinco que contém a fase hidróxido de proteção Zn(OH)_2 , as figuras 24A, 24B e 24C mostram a morfologia do precipitado, embora a Tabela 13 mostre as respectivas composições das 5 diferentes estruturas.

Tabela 13: Composições de Precipitado à Base de Zinco

Elemento	A		B		C	
	% em peso	% At	% em peso	% At	% em peso	% At
O	26,60	42,23	21,48	36,74	11,33	28,92
Si	3,96	3,58	4,91	4,78	4,74	6,89
S	---	---	1,94	1,65	---	---
Mg	---	---	---	---	2,48	4,16
Cl	2,93	2,1	1,1	0,85	0,52	0,6
Ca	---	---	---	---	2,85	2,9
Ti	---	---	---	---	0,89	0,75
Mn	---	---	---	---	3,99	2,97
Fe	---	---	---	---	37,09	27,11
Zn	66,51	53,84	70,57	45,97	35,11	25,01
Matriz	Correção	ZAF	Correção	ZAF	Correção	ZAF

B) Atividade Eletroquímica

Os pigmentos de ferrita derivados da poeira do EAF também exibem atividade em resposta à penetração de íons e a ação do cátodo de um substrato revestido com tinta. Na técnica anterior, pigmentos de cromato (reação catódica) e pigmentos de fosfato (reação anódica) foram usados para proteger um substrato por ação eletroquímica. Um processo de passivação de ferro (substrato) por cromato é um que

seja conhecido na técnica, as reações de passivação resultando em uma barreira de proteção de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ e 2CrOOH .

A maior parte das classificações de pigmento de ferrita descritas aqui exibem algum nível de ação eletroquímica. Especificamente os pigmentos de ferrita de segunda, terceira e quarta classificação enfatizam esse mecanismo de proteção. Pode haver um processo de proteção anticorrosão eletroquímica. O cálcio que sofre reações eletroquímicas é dito como sendo não sacrificial e é transformado em hidróxidos, tais como, portlandita $\text{Ca}(\text{OH})_2$, enquanto outros componentes de pigmento formam compostos, tais como, zincita ZnO , hidróxido de zinco, hidróxido de ferro (II) $\text{Fe}(\text{OH})_2$ e outras ferritas hidratadas, como por exemplo, hidrato de $\text{Fe}(\text{ZnCa})(\text{OH})_8$.

Uma barreira de proteção é formada primariamente e associada ao substrato, protegendo o mesmo da penetração e corrosão adicional por íon. Essa barreira é composta de fases cálcio e outras fases podem ser a cristalina ou amorfa.

Preferivelmente, os pigmentos ativos ou de primeira classificação possuem ambas as primeira e segunda porções de CaO , que fornecem as propriedades de anticorrosão por um longo tempo. Especificamente, isso provê a resistência necessária a um pigmento antiincrustação.

A classificação quimicamente ativa pode oferecer uma resistência mais longa à corrosão se comparado aos grades revestidos, como os últimos dependem muito mais dos hidróxidos presentes na camada revestida.

C) Proteção Passiva

Os pigmentos passivos de ferrita contêm menos de 4% em peso de cálcio e oferecem proteção primariamente pela provisão de uma barreira física ao ambiente ao invés de uma camada reativa associada às partículas de ferrita ou ao substrato. A tabela 14 mostra a análise química parcial de um pigmento de ferrita de quinta classificação. A concentração de cálcio é de 0,68% em peso. Os pigmentos passivos de ferrita são quimicamente inertes e formam uma barreira de proteção em uma camada embalada. Os pigmentos de ferrita de segunda, terceira e quarta classificações descritas aqui são também usadas como pigmentos passivos de anticorrosão.

Tabela 14: Análise Química Pigmentar de um Pigmento Passivo de Ferrita

Elementos		%
Principais	Fe	48,8
	Zn	16,8
	Ca	0,68
	Mg	8,41
	Mn	4,36
Traços		PPM
	Pb	660
	Cr	2640
	Cd	30
	Cu	1510
	Ni	n.d.
	V	n.d.

15 D) Misturas de ferrita ativa/passiva

Os pigmentos ativos de ferrita podem ser misturados com pigmentos passivos de ferrita para formar pigmentos

híbridos. Os pigmentos passivos de ferrita podem também ser revestidos com fase cálcio contendo soluções (tais como, o lixiviado de algumas etapas de lixívia do processo descrito aqui). O desempenho de anticorrosão dos pigmentos de ferrita pode assim ser melhorado. Os pigmentos híbridos podem também ser fabricados diretamente por mistura dos pigmentos ativos e passivos de ferrita, de modo que os pigmentos de ferrita resultantes contenham uma concentração de cálcio total de 4% em peso ou mais.

10 **Propriedades Pigmentares de Alguns Pigmentos de Ferrita**

As propriedades pigmentares para os pigmentos de ferrita são mostradas nas Tabelas 15A a 15C juntamente com pigmentos comerciais reconhecidos como ferritas. Essas ferritas comerciais são obtidas por mistura de óxidos de acordo com uma formulação específica da companhia e então calcinando em temperatura alta. A tabela mostra propriedades pigmentares quantitativas importantes e diferentes, tais como, pH, umidade, absorção "óleo longo", cor seca do pigmento, cor da tinta, brilho, dispersão na medida Hegman, tempo de incorporação da resina.

Tabela 15A: Propriedades Pigmentares dos Pigmentos de Ferrita

Número FM	1000	1017	1323	1275	1224
Classificação	Brun 10	130BM	B-HS4	B-HS	B-PE
Observação	Shepherd	Bayer	(terceira classificação) pH 1,5 0,3% NaMP	(segunda classificação) PH 1,0	(primeira classificação) MS com agente tensoativo WG normal
Dispersão:			Com moagem a úmido (WG)		
	STM1/020	STM1/020	STM1/020	STM1/020	STM1/020
	1 ½	1 ½	45 segundos	45 segundos	6 ½

	-	6 - 5 ½ LNO	-	-	
	5 ½ - 7 N 5 ½	Cisalhamento s completos	6 ¾ N 5 ½	6 ¾ N 5	5 ¾ N 4

Tabela 15B: Propriedades Pigmentares dos Pigmentos de Ferrita da Terceira Classificação

Tinta	10%	20%	10%	20%	10%	20%	10%	20%	10%	20%
acabada		15,63		22,47	13,74	14,71	13,20	12,74	15,17	15,47
:		8,76		25,04	3,29	3,00	3,30	3,21	3,37	3,20
		7,22		12,21	5,53	5,16	5,47	5,25	6,43	6,25
Propriedades pigmentares:		80,6		47,3	75,3	73,4	69,4	63,7	82,0	86,2
		93,3		81,1	23,2	22,2				
					99,0	98,2	100,0	100,0	100,0	100,0
					1,89	2,15	1,74	1,89	2,30	2,39
					1,91	2,19	1,73	1,89	2,29	2,39
pH	8,9		7,4		6,3		5,7		11,7	
Umidade	0,17		0,26		0,75		0,45		1,47	

Tabela 15C: Propriedades Pigmentares dos Pigmentos de Ferrita da Terceira Classificação

Absorção de óleo	9,2	18,5	12,0	12,0	20,3
Sais solúveis	0,12	0,14		0,23	0,41
Resíduos malha 325	0,022	0,853	0,039	0,059	0,098
Densidade de volume				0,83	0,43
				1,20	0,64
Cor seca:	27,56	31,80	27,07	24,61	29,70
	9,04	25,41	2,65	2,83	2,20
	7,95	12,13	8,03	7,40	8,05
Umidade MP					

Outra vantagem do pigmento de ferrita da terceira classificação é sua estabilidade de cor em temperaturas

excedendo 300°C. A tabela 16 mostra os parâmetros de cor para uma ferrita antes e após o aquecimento a 300°C.

Tabela 16: Correção do Parâmetro de Cor para Pigmento de Ferrita HS4 (Terceira Classificação) Antes e Após Aquecimento a 300°C

FM número	Classificação	Temp. °C	Tempo, minutos	Cor	
				L	a
1257	B99-HS4	300	0	26,37	1,88
	(terceira		60	26,82	2,53
	classificação) pH				
	1,50				

Outra propriedade vantajosa dos pigmentos de acordo com a presente invenção é que, durante o processamento, a polpa possui propriedades de auto preservação. Não há necessidade de adicionar preservantes a polpa que é mantida ou armazenada para processamento ulterior. Isso contrasta com o óxido de titânio, que deve incluir um preservante quando armazenado, a fim de evitar o aparecimento de fogo, fungos ou outras causas de putrefação.

Testes de Névoa de Sal

Os testes de névoa de sal para os pigmentos, as propriedades dos quais foram apresentadas na seção precedente, são fornecidos na Tabela 17 para tempos de exposição de 500, 1.000 e 1.500 horas em uma câmara projetada para teste de corrosão acelerada.

Tabela 17: Testes de Corrosão Acelerada em Névoa de Sal para Ferritas

Desempenho dos revestimentos após 1.512 horas

Zona de Ranhura					Zona de Ranhura		
Sistemas de	Corro- são	Forma- ção de	Intu- mesci-	DIC*	Ferru- gem na	Formação de	Observa- ções

Revestimen to/Produto s	ASTM D1654/1 0	bolhas ASTM D714	mento ASTM D1654	Descascam ento ASTM D1654/10	Largura máxima, Mm	superfí cie ASTM D610/10	Bolhas ASTM D714/10	
FM# 1000-2 B-PE (primeira classifica ção)	7,5	7G, 8M 1P	8	8,5	4	10	0	56,6 visual: 7
FM# 1017-3 B-PE (primeira classifica ção)	7,5	4G, 1M 6P	8,5	8,5	10	10	0	63,4 visual: 6
FM# 1174-4 B-PE (primeira classifica ção)	8	0G, 3M 0P	8	7,5	6	10	0	59,2 visual: 3
FM# 1267-1 B-PE Cromato de zinco	8,5	0G, 1M 1P	8,5	9	5	10	0	62,2 visual: 2
FM#1276-4	8,5	0G, 0M	8,5	9,5	3	10	0	40,2 visual: 1
Cromato de estrôncio		1P						
FM#1341-3 S-HS4 (terceira classifica ção) pH 1,5	8,5	1G, 1M 2P	8,5	8,5	10	10	0	54,4 visual: 4
FM#1364-1 S-HS4 (terceira classifica ção) pH 0,5	8	1G, 5M	8	8	9	10	0	53,3 visual: 5
Código aceitável	7 à 10		7 à 10	6 à 10		8 à 10		

*DIC: perda de aderência induzida por corrosão

**ND: não determinável

Posição: 1.512 horas

FM# 1000 Brun 10 da Shpepherd	6
FM# 1017 130 MB da Bayferrox	7
FM# 1174 Be-PE	3
FM# 1267 Cromato de Zinco Básico 233	2
FM# 1276 Cromato de Estrôncio 177	1
FM 1341 S-HS4 pH 2,5 (0,3% NaMP em grânulos)	4
FM# 1364 S-HS4 pH 0,5 (0,3% Na MP)	5
	/7

4.2) Características de Alguns Pigmentos de Magnetita

A produção de magnetita utiliza as mesmas unidades de tratamento com a exceção de um moedor de impacto e uma peneira de 6 μm . Normalmente, a magnetita não requer lixívia com ácido e suas características de superfície são mais constantes.

Duas magnetitas sofrem moagem a úmido: (1) a fração de magnetita após moagem por impacto, entre 38 e 6 μm e (2) a fração $\leq 6 \mu\text{m}$ após a purificação com os agentes tensoativos. Em ambos os casos, as partículas são muito grossas ou de diâmetro grande para serem classificadas como pigmentos e necessitam de atrito. As microesferas de zircônio de 0,4 a 0,6 ou 0,8 mm foram usadas para obter um tamanho de partícula médio de 0,3 μm . A concentração inicial da polpa foi de 350 g/L e a moagem foi realizada continuamente, até a granulometria desejada ser obtida.

A magnetita requer purificação por colocação das ferritas e outros contaminantes, tais como, cálcio e sílica em suspensão. Essa suspensão é realizada com o auxílio de um agente tensoativo aniônico, tal como metafosfato de sódio ou saratano. A dosagem necessária, a fim de otimizar

a suspensão, é obtida após titulação da polpa com o agente tensoativo.

Os resultados para as propriedades pigmentares da magnetita da presente invenção e as propriedades dos pigmentos competidores são mostradas nas Tabelas 18A a 18C.

Tabela 18A: Propriedades Pigmentares dos Pigmentos de Magnetita

FM#	1335	1336	1239	1280
Classificação	B-Mag-PE	B-Mag-HS4	Shepherd	Bayferro
Observações:	(M1) WG: SM 1,5/2 horas	(M2) WG: SM 1,5/2 horas	Black 376 Magnetita	x 303T
Dispersão:				
Fórmula usada:	SPTM1/020	SPTM1/020	SPTM1/020	SPTM1/020
Incorporação: (min) Hegman: (N.S) de 0-8	21	15	40 segundos	30 segundos
De 4-8	N 3	N 1	6 ¾ N 4 ½	8

Tabela 18B: Propriedades Pigmentares dos Pigmentos de Magnetita

Tinta								
Acabada: 10-20%	10%	20%	10%	20%	10%	20%	10%	20%
PVC								
Cor: L	10,52	15,44	10,81	14,02	7,00	7,71	8,65	10,06
A	0,87	0,02	0,70	0,20	0,64	0,49	1,02	0,69
B	2,17	1,70	2,19	2,19	1,88	0,82	0,22	0,22
Brilho 20°	8,0	0,9	2,7	1,2	1,2	92,2	79,0	37,8
60	52,4	15,9	28,7	23,3	23,3	95,3	89,9	56,2
Opacidade %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,3	98,7	100,0

Yn	1,18	3,14	1,24	2,15	0,49	0,59	0,75	1,01
Yb	1,03	1,09	1,03	1,79	0,49	0,60	0,76	0,96
Propriedades Pigmentares:								
PH	11,9		8,4		8,2		8,4	
Umidade (%)	2,51		2,77		0,29		0,27	

Tabela 18C:Propriedades Pigmentares dos Pigmentos de Magnetita

Absorção de óleo (%)		23,1	21,3	12,0	14,8
Sais solúveis (%)		0,14	0,13	0,15	0,23
Resíduo malha 325 (%)		0,059	0,024	0,007	0,0194
Densidade em volume	não compactado	0,38	0,43	0,69	0,94
	compactado	0,63	0,71	1,24	1,33
Cor seca: MP	L	24,55	23,61	18,41	19,71
	a	0,07	-0,10	-1,03	-0,99
	b	3,86	3,99	1,00	0,21
	L				
	a				
	b				
Umidade (%)					

Os testes de névoa de sal são também representados nessa tabela para as magnetitas.

- 5 Os pigmentos de magnetita também podem ser modificados de modo a exibir características anticorrosão passiva e ativa. O pigmento será ativo, quando ele é revestido usando lixiviado selecionado do processo hidrometalúrgico, preferivelmente com o licor de lixívia de
- 10 HNO₃ da ferrita. O lixiviado contém pelo menos parcialmente características à base de cálcio-zinco que podem ajudar a proteger o substrato contra corrosão. O cálcio no lixiviado

adicionado se associa aos pigmentos de magnetita maiores, revestindo os mesmos e protegendo o substrato.

A figura 19 mostra a análise química parcial do pigmento de magnetita. A concentração de cálcio é de 1,25% em peso.

Tabela 19: Análise Química Pigmentar de Pigmento de Magnetita

Metal	%
Alumínio (Al)	0,95
Cálcio (Ca)	1,25
Ferro (Fe)	50,16
Magnésio (Mg)	2,37
Manganês (Mn)	2,63
Zinco (Zn)	2,98
Cádmio (Cd)	<d/1
Cromo (Cr)	0,33
Cobre (Cu)	0,11
Chumbo (Pb)	0,09

Também deve ser observado que a magnetita que vem da poeira do EAF pelo processo hidrometalúrgico possui outros aspectos distintos. Conforme foi explicado acima, a poeira do EAF contém óxidos de metal condensado incluindo magnetita Fe_3O_4 . As esferas pretas de magnetita na poeira do EAF não são apenas revestidas pelas partículas de ferrita absorvidas, porém também contém alguma ferrita e outros compostos. Mais especificamente, parece que as esferas de magnetita formadas no recipiente do EAF englobam outros compostos, de modo que, quando as esferas de magnetita são fraturadas e abertas por rompimento, existe uma liberação de ferritas, óxido de cálcio e outros

compostos. Assim, dependendo das etapas de moagem realizadas na magnetita, estruturas e constituições diferentes podem ser possíveis. Conforme foi ensinado anteriormente, pensa-se de modo razoável que esse fenômeno observado com magnetita na escala maior ocorra abaixo do tamanho de μm com as ferritas. Consequentemente, as ferritas aprisionariam fisicamente a poeira fina dos óxidos de cálcio e suspensão com o vapor metálico, o que constituiria a segunda porção de CaO disponível para reação e proteção contra corrosão. Esse processo é único e não pode ser duplicado por um processo de calcinação. Adicionalmente, o CaO fisicamente aprisionado enfraquece a estrutura cristalográfica e ajuda a aumentar a disponibilidade de elementos, tais como, Zn, Mg, Mn e Fe.

15 **5) Formulações de Tinta Contendo o Pigmento à Base de Ferrita ou à Base de Magnetita: exemplos**

O potencial anticorrosão e as vantagens dos pigmentos "ativo" e "passivo" à base de ferrita foram demonstrados nos exemplos que se seguem.

20 Tintas contendo diferentes classificações de pigmentos ativos ou passivos de ferrita ou pigmentos de magnetita foram preparadas nas formulações de tinta e então comparadas às várias tintas comercialmente disponíveis contendo pigmentos anticorrosão. Exemplos de uma formulação de látex interior integrando o pigmento de ferrita e uma formulação epóxi de dois componentes integrando o pigmento são mostrados nas Tabelas 20 e 21. A Tabela 22 mostra uma formulação de primeira demão. O pigmento, integrado em uma formulação de tinta, foi aplicado a uma placa de substrato.

30 A placa era uma placa de aço Q laminada a frio e tinha um

perfil de 20 micra. A placa foi arranhada no meio, de modo a expor o substrato através de uma "linha de risco" e então a placa de amostra foi submetida a uma aspersão de sal por 1.500, 1.000 ou 500 horas. A corrosão resultante ao redor da linha de risco foi então observada e analisada.

Tabela 20: Formulação de Tinta de Látex Interior

Integrando Pigmentos

Componente	Massa (g)
Água	176,0
Natrasol plus	6,0
Tektamer	0,64
KTPP	1,8
Colóide 226	5,0
Colóide 643	2,0
A2M2P1	0,80
Água	176,0
Pigmento	200,0
Misturado com um dispersante de alta velocidade por 30 minutos para obter uma dispersão de 5 no calibre Hegmen	
Camelcal	150,0
Propileno glicol	30,0
Etileno glicol	6,0
Texanol	6,0
Resina	400,0
Água	24,0
Colóide 643	2,0
Amônia	1,2
Total	1.186,44

Tabela 21: Formulação Epóxi de Dois Componentes Integrando Pigmentos

Componente A	Massa (g)
D.E.R. 671 x 75	363,3
Texaphor 963 (657)	4,0
Wolastonita	257,3
Heucophos ZPA	112,8
Misturado com um dispersante de alta velocidade por 30 minutos para obter uma dispersão de 5 na medida Hegmen	
Texaphor se.	5,0
Xileno	27,2
Tolueno	68,1
M.I.B.K	94,0
Isopropanol	68,1
TOTAL	1.128,7
Componente (B) (poliamida)	
Versamid 115 * 70	78,4
M.I.B.K.	45,0
Tolueno	50,0
Xileno	15,0
Total	188,4

Tabela 22: Formulação de Primeira Demão

Componente	Massa (lb)
Aroplaz 2636M50	255,0
Antiterra 204	4,0
Bentone SD-3	4,7
Pigmento (ferrita)	182,0
Artic Mist	80,0

Butrol 22	50,0
Zecospheres 200	100,0
Xileno	131,0
Dispersar para 5,5 Hegman - Enfraquecimento	
Aroplaz 2636M50	96,0
Xileno	94,6
Naftenato de cobalto a 6%	0,8
LTD Nuxtra 18%	1,0
Duskin número 2	0,9
Total	1.000

Foram feitas fotografias e observações para comparar os resultados anticorrosivos (nos testes de aspersão com sal) dos pigmentos de ferrita ou magnetita da invenção e pigmentos encontrados no mercado. Foi evidente
5 que os pigmentos anticorrosivos de ferrita possuem um efeito anticorrosivo igual ou maior. Também, os pigmentos de ferrita são facilmente adicionados às formulações de tinta para revestir uma variedade de superfícies.

Exemplo I

10 Foi realizada comparação entre os pigmentos encontrados na técnica anterior e os pigmentos de acordo com a presente invenção em um teste de aspersão com sal. Os pigmentos de acordo com a presente invenção são iguais se não melhores na proteção do substrato contra corrosão de
15 aspersão com sal. Isso é evidente em razão da quantidade de orifícios de corrosão ao redor da linha de risco nas placas.

Os testes conduzidos foram:

- um teste de aspersão de sal de 1.500 horas para um pigmento de ferrita de primeira classificação, cromato de zinco e cromato de estrôncio.

5 - um teste de aspersão de sal de 1.500 horas para um pigmento de ferrita de primeira classificação, cromato de zinco e composto de zinco.

- um teste de aspersão de sal de 1.500 horas para um pigmento de ferrita de primeira classificação, bem como para pigmentos comercialmente disponíveis.

10 - um teste de aspersão de sal de 1.500 horas para um pigmento de ferrita de quarta classificação, bem como para pigmentos comercialmente disponíveis.

Exemplo II

15 Foi realizada comparação entre um pigmento da primeira classificação de acordo com a invenção e um óxido de titânio, bem como misturas diferentes do pigmento de ferrita da primeira classificação com óxido de titânio. O efeito de inibição aperfeiçoado na corrosão é digno de nota, especialmente em uma mistura a 50%;

20 Os testes conduzidos foram:

- um teste de aspersão com sal de 1.000 horas para um pigmento de ferrita de primeira classificação em níveis de diluição diferentes no dióxido de titânio.

25 - resultados do teste de aspersão com sal de 500 horas para um pigmento de ferrita da primeira classificação em níveis de diluição diferentes no dióxido de titânio.

Exemplo III

30 Foi realizada comparação entre os pigmentos de ferrita revestidos e não revestidos. Fica claro que os pigmentos revestidos exibem uma resistência à corrosão

maior. O revestimento dos pigmentos passivos da quarta classificação aumentou a quantidade de cálcio lá e resultou em propriedades anticorrosão aperfeiçoadas.

Os testes conduzidos foram:

5 - um teste de aspersão com sal de 1.000 horas para o pigmento de ferrita revestido e não revestido da quarta classificação.

 - resultados de um teste de aspersão com sal de 500 horas para um pigmento de ferrita revestido e não revestido
10 da quarta classificação.

Exemplo IV

Um procedimento semelhante foi realizado como no exemplo III, exceto que foi utilizada uma mistura de classificações diferentes de ferrita. Os resultados
15 demonstraram que os pigmentos à base de ferrita tiveram um desempenho tão bom ou superior aos outros.

O teste conduzido foi:

 - resultados de um teste de aspersão com sal de 500 horas para um pigmento de ferrita misturado compreendendo
20 pigmentos de ferrita da primeira e da quarta classificações.

Exemplo V

Foi realizado um procedimento semelhante ao do exemplo III, exceto que foi utilizado um pigmento de
25 magnetita. Os resultados demonstraram que os pigmentos à base de ferrita tiveram um desempenho tão bom ou superior aos outros.

O teste conduzido foi:

- um teste de aspersão com sal de 1.500 horas para pigmentos de ferrita, bem com um pigmento disponível comercialmente.

Exemplo IV

5 Foi realizado um teste de adesão, de modo a verificar a capacidade da formulação contendo pigmento de aderir ao metal em determinadas condições de teste. Foi observado que o pigmento possui excelentes propriedades de adesão, uma vez que não existe virtualmente qualquer
10 descascamento ou ruptura no revestimento de tinta ao longo das ranhuras. Em comparação, embora o TiO_2 não tenha aderido a um revestimento da primeira demão de pigmento, foi observada a presença de algumas rupturas ao longo das ranhuras.

15 Os testes conduzidos foram:

- um teste de adesão do pigmento de ferrita da primeira classificação sobre o metal.

- um teste de adesão de dióxido de titânio na parte superior da primeira demão de pigmento de ferrita.

20 Exemplo VII

Testes de resistência ao ácido foram também conduzidos e os resultados mostraram que o pigmento de ferrita resiste aos ataques ácidos, uma vez que nenhum metal é exposto. Uma linha branca no meio da placa foi
25 observada e indicou o aro reativo incluindo sulfato de cálcio. Foi realizada uma comparação com a superfície de metal revestida com um pigmento de óxido de ferro Bayer™ e foi observado que o último não foi tão resistente ao ácido, como o ácido sulfúrico, como o pigmento de ferrita. Isso

ficou evidente em razão da presença do metal exposto na amostra do Bayer™.

Os testes conduzidos foram:

- um teste com ácido sulfúrico concentrado sobre o pigmento da ferrita.

- um teste com ácido sulfúrico concentrado sobre o óxido de ferro.

Exemplo VIII

Uma formação contendo 10% de pigmento da primeira classificação foi aplicada sobre uma placa e uma formulação contendo 10% de pigmento revestido da terceira classificação foi aplicado a outra placa. Essas placas revestidas foram submetidas a 500 horas de aspersão com sal e comparadas às formulações de fosfato de Zn convencional e Y-805K. Foi observado que ambas as formulações contendo pigmentos da presente invenção possuem prevenção à corrosão superior.

6) Pigmentos Revestidos com Solução de Lixiviado

Conforme mencionado acima, era desejável revestir os pigmentos à base de ferrita (ou de magnetita) com um revestimento inorgânico ou orgânico. Quando tal revestimento é usado é especificamente preferível empregar uma solução de lixiviado derivada do processo de purificação hidrometalúrgica da poeira do EAF.

Mais especificamente, a solução de revestimento de lixiviado é produzida da terceira variante de processo na etapa de lixívia com ácido nítrico. É especificamente preferido que a poeira do EAF possua um teor baixo de CaO e outros compostos de cálcio, por exemplo, abaixo de cerca de 4% em peso, e possui uma alta concentração de zinco de

cerca de 30% em peso. A etapa de lixívia do segundo tratamento pode ser realizada em um pH de 0,5 com ácido nítrico, o que resulta em uma concentração de chumbo de cerca de 600 ppm em comparação à outras variantes, o que
5 rende concentrações de chumbo de cerca de 1.200 ppm ou mais. Os pigmentos à base de ferrita obtidos da poeira do EAF com baixa concentração de chumbo conterão propriamente níveis baixos de chumbo, que oferecem vantagens significativas uma vez que o chumbo é um elemento
10 indesejável devido a sua toxicidade. Esses pigmentos também apresentam alta resistividade térmica e outras propriedades desejáveis para pigmentos. Esse pigmento pode ser revestido com a solução de lixiviado para aperfeiçoar significativamente sua resistência à corrosão.

15 A solução de revestimento líquido é produzida da maneira que se segue. O efluente do tratamento de lixívia é um licor rico em zinco, cálcio, magnésio e manganês com alguma concentração menor de chumbo. O chumbo pode ser seletivamente precipitado tanto por adição de ácido H_2SO_4
20 concentrado que se propõe ao sulfato de chumbo ou por elevação do pH com uma base, tal como, hidróxido de sódio. Quando se eleva o pH para 5,2 o chumbo precipita e o líquido pode ser filtrado e usado com muito pouca adição de metal para revestir o pigmento ou sua pasta equivalente.
25 Esse revestimento de lixiviado aumenta o teor de cálcio e desencadeia o revestimento na superfície do pigmento. Esse fenômeno pode ser associado à atração de carga entre o pigmento (negativo) e o material em suspensão (positivo).

Para se obter o pigmento revestido, a pasta ou
30 polpa de pigmento (por exemplo das terceira ou quarta

classificações ou magnetita M2 após purificação) é preferivelmente adicionada ao líquido para render um líquido concentrado - preferivelmente com sólidos a 10%, porém podendo também ser de 20% ou 30% dependendo da produção necessária e também da eficiência que se espera da linha de produção. Esse procedimento depende das características de tamanho de pigmento acabado que precisam ser alcançadas e da quantidade de carga que pode ser tolerada para resistência ótima à corrosão.

Após iniciar o revestimento com cal, o procedimento mais freqüentemente seguido é o de elevar lentamente o pH com a adição de NaOH e o sistema é então impulsionado por um tampão encontrado em um pH de cerca de 6,5 e até a um pH de cerca de 12,6, conforme possa ser o caso. O revestimento resultante possui, preferivelmente, similaridades de superfície com relação ao pigmento da primeira classificação, devido à presença elevada das fases de cálcio e zinco. Como resultado, esse revestimento fornece propriedades de resistência à corrosão e características físicas e químicas notáveis.

A tabela 23 mostra a composição da solução em pHs diferentes.

Tabela 23: Composição da Solução em pHs Diferentes

Metal	Solução em pH 6,0 (mg/L)	Solução em pH 12,0 (com NaOH) (mg/L)
Al	< 5	0,17
Cd	12	< 0,01
Ca	19.000	750
Cr	< 0,01	< 0,01
Cu	0,18	< 0,009

Fe	0,1	< 0,1
Pb	6,8	0,26
Mg	3.600	0,1
Mn	840	0,08
Na	3.800	6.500
Zn	16.000	6,4

O licor usado para revestir os pigmentos de ferrita e magnetita da presente invenção também seria usado para revestir outros pigmentos comercialmente disponíveis, tais como, óxido férrico ou magnetita natural e mesmo TiO_2 para
5 tornar o mesmo mais resistente à corrosão.

6.1) Características dos pigmentos revestidos

Os pigmentos à base de ferrita possuindo menos de 4% em peso de cálcio foram revestidos com a solução de lixiviado para produzir pigmentos revestidos, que foram
10 então analisados usando várias técnicas.

A) Revestimento em pH 9

A textura total do pigmento revestido em pH de 9 é ilustrada por uma foto SEM na figura 26. O pigmento sólido revestido exhibe esferas revestidas que são grandes, bem
15 como algum material de carga. Para a carga, algumas partículas possuem uma morfologia regular de formas semelhantes a cristal (octaédrica ou colunar). Outros exibem uma morfologia fibrosa que parece formar massas irregulares ou remendos.

20 A figura 27 representa uma fotografia SEM que ilustra um cristal tubular prismático, que parece ter incorporadas algumas esferas de pigmento pequenas para formar um agregado. A tabela 24 mostra a composição dessa partícula. O teor de Ca é baixo, considerando-se que

existem quantidades relativamente altas de Mg e Mn. O sólido também exibe um alto teor de Zn e Fe.

Tabela 24: Composição de uma Partícula de Pigmento Revestida

Elemento	% em peso	% At
O	35,21	63,04
Mg	7,34	8,65
Ca	0,55	0,39
Cr	1,08	0,6
Mn	7,2	3,75
Fe	30,29	15,53
Zn	18,34	8,04
Matriz	Correção	ZAF

5 A figura 28 representa uma fotografia SEM que ilustra esferas de pigmento revestidas de 0,5 μm , que são abundantes e possuem uma concentração de Ca de cerca de 0,6% em peso, quantidades de Mg e Mn relativamente baixas e quantidades de Zn e Fe relativamente maiores. A Tabela 25
10 mostra a composição dessa partícula.

Tabela 25: Composição de uma Esfera de Pigmento Revestida

Elemento	% em peso	% At
O	31,71	61,43
Mg	1,87	2,39
Al	0,67	0,77
Si	1,09	1,2
Ca	0,59	0,46
Mn	2,92	1,65
Fe	38,46	21,35
Zn	22,69	10,76

Matriz	Correção	ZAF
--------	----------	-----

A figura 29 representa uma fotografia SEM que ilustra uma esfera de pigmento revestida pequena de 0,2 μm , que parece ter mantido a composição de pigmento original produzida em pH de 0,5 da quarta classificação. A
 5 composição e o tamanho tenderiam a sustentar a conclusão de que o grão (isto é, esfera) não foi revestido ou recebido em um revestimento relativamente fino, uma vez que as concentrações de Ca, Zn e Fe estão mais próximas das concentrações de classificação não revestidas originais. A
 10 tabela 26 mostra a composição dessa partícula.

Tabela 26: Composição de uma Esfera de Pigmento Revestida

Elemento	% em peso	% At
O	40,04	66,82
Mg	9,26	10,17
Ca	0,43	0,29
Mn	5,63	2,73
Fe	25,32	12,10
Zn	19,32	7,89
Matriz	Correção	ZAF

A figura 30 representa uma fotografia SEM que ilustra uma estrutura semelhante à bastão, colunar, que
 15 está associada a um material de tipo de carga possuindo uma composição correspondente contendo alto teor de Zn e baixo teor de Ca, com quantidades comuns de Mg, Mn e Fe. A tabela 27 mostra a composição dessa partícula.

Tabela 27: Composição de uma Coluna de Pigmento Revestida

Elemento	% em peso	% At
----------	-----------	------

O	36,19	67,12
Mg	2,95	3,6
Ca	0,47	0,35
Mn	2,32	1,25
Fe	17,0	9,03
Zn	41,06	18,64
Matriz	Correção	ZAF

O pigmento revestido em pH 9 foi também caracterizado por difração de raio x. A figura 31A é um gráfico mostrando as diferentes estruturas contidas nesse pigmento, incluindo franklinita e hidrato hidróxido de cálcio-zinco (isto é, $\text{Ca}(\text{Zn}(\text{OH})_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

B) Revestimento em pH a 12,5

Quando o pH da pasta é aumentado de 9 para cerca de 12,6, o pigmento resultante mostra textura e morfologia significativamente diferentes. Na figura 32, que representa uma fotografia SEM, a morfologia é vista como sendo os maiores cristais do tipo romboédrico de eletrogalvanização de 10 a 20 μm , nos quais os pigmentos semelhantes a esfera mais comuns são anexados ou aglomerados. O número maior dessas estruturas em comparação aos pigmentos indica que em um pH superior a 9 as massas irregulares já descritas para o caso do pH 9, continuam a crescer e finalmente incorporam a maior parte do material pigmentar nesses cristais tubulares.

Na figura 33, a estrutura de eletrogalvanização é vista de perfil, com as partículas de pigmento anexado. Quando do exame mais próximo, parece que algum pigmento foi incorporado ao cristal maior. Conforme visto na Tabela 28, a composição possui valores altos de Ca e Zn com

quantidades menores de Fe, Mg e Mn. Essa composição indicaria que a análise representa o material de carga.

Tabela 28: Composição de uma Estrutura de Eletrogalvanização Revestida

Elemento	% em peso	% At
O	42,88	72,52
Mg	1,34	1,49
Ca	9,62	6,5
Mn	0,55	0,27
Fe	4,78	2,32
Zn	40,83	16,9
Matriz	Correção	ZAF

5 A figura 34 é uma fotografia SEM que ilustra uma esfera pequena de pigmento revestida de cerca de 0,1 μm . Essa esfera contém quantidades de Fe, Mg e Mn que estão muito próximas daquelas encontradas em um pigmento, porém possui um teor de Zn relativamente baixo e possui uma

10 concentração de Ca aumentada de 1,5%. A tabela 29 mostra em detalhes a composição dessa partícula esférica pequena.

Tabela 29: Composição de uma Esfera Pequena Revestida

Elemento	% em peso	% At
O	36,25	64,49
Mg	5,8	6,79
Ca	1,52	1,08
Mn	2,27	1,18
Fe	38,79	19,77
Zn	15,37	6,69
Matriz	Correção	ZAF

A figura 35 é uma fotografia SEM que ilustra uma esfera de pigmento pequena revestida de cerca de 0,75 a 1,5 μm . A Tabela 30 indica que o último material precipitando do licor revestido é relativamente pobre em zinco (entre 14% e 17%) e relativamente rico em cálcio (entre 0,7 e 3%). (Esses são resultados semelhantes aos mostrados na figura 34 e Tabela 29).

Tabela 30: Composição de Esferas Pequenas Revestidas

Elemento	Esfera I		Esfera II	
	% em peso	% At	% em peso	% At
O	37,97	67,87	35,95	64,32
Mg	2,31	2,72	4,99	5,87
Ca	0,72	0,51	3,01	2,15
Mn	2,49	1,3	2,53	1,32
Fe	38,65	19,79	38,86	19,92
Zn	17,85	7,81	14,67	6,42
Matriz	Correção	ZAF	Correção	ZAF

Se o pigmento da figura 35 for micronizado, todos os cristais de eletrogalvanização grandes são moídos e o material exibe todas as propriedades necessárias a um pigmento. Isso é ilustrado na figura 36, bem como na Tabela 31. Esse pigmento possui uma composição muito semelhante a poeira inicialmente tratada, com a exceção de metais pesados, que foram removidos.

Tabela 31: Composição de Pigmento Micronizado

Elemento	% em peso	% At
O	23,92	51,42
Mg	2,69	3,81

Al	0,54	0,68
Si	0,64	0,78
Ca	5,92	5,08
Mn	3,6	2,25
Fe	33,29	20,5
Zn	29,41	15,47
Matriz	Correção	ZAF

Com a finalidade de comparação, pode-se comparar o pigmento revestido (terceira classificação) da figura 37 e a Tabela 30 em relação ao pigmento revestido da figura 36.

Tabela 32: Composição de Pigmento Não Revestido

Elemento	% em peso	% At
O	25,03	53,07
Mg	2,88	4,01
Si	0,98	1,18
Ca	0,57	0,48
Mn	4,77	2,94
Fe	47,38	28,77
Zn	18,4	9,54
Matriz	Correção	ZAF

5 Adicionalmente, o pigmento revestido no pH 12,5 foi também caracterizado por difração de raio x. A figura 38A é um gráfico mostrando as estruturas diferentes contidas nesse pigmento, incluindo franklinita e hidrato hidróxido de cálcio-zinco (isto é, $\text{Ca}(\text{Zn}(\text{OH})_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Esse pigmento
10 foi também caracterizado por um gráfico DTA e TGA, mostrado na figura 38B.

7) Aplicações de Pigmentos

Naturalmente, os pigmentos possuem várias aplicações em inúmeras indústrias. Contudo, alguns dos usos preferidos dos pigmentos são descritos a seguir.

7.1) Para Pigmentos à Base de Ferrita

5 A antiincrustação é um assim que envolve indústrias navais, de manutenção de tubulações, ar condicionado e estrutura marítima. O acúmulo de organismos nos cascos dos navios e outras estruturas marítimas, tais como, desembarcadouros, muros de contenção, instrumentos
10 submersos, defesas de mares e outras estrutura submersas artificiais, é problemático nas indústrias marítimas. O combate a formação de organismos, se microincrustações (biopelículas) ou macroincrustações (crutáceos, lapas, algas), normalmente envolve a raspagem ou pintura com
15 tintas resistentes. As bioincrustações são freqüentemente suscetíveis ao pH e possui dificuldade em se desenvolver em ambientes básicos. O pigmento ativo assim seria usado em uma tinta antiincrustações. Uma superfície revestida com uma tinta contendo o pigmento ativo de ferrita não apenas
20 protegeria fisicamente contra o ar e umidade, porém estaria presente em pH alcalino devido a sua atividade e desencorajaria a incrustação.

Exemplos

Placas de metal foram revestidas com uma formulação
25 de tinta contendo pigmentos à base de ferrita da primeira classificação. Outras placas de metal foram revestidas com TiO_2 para prover resultados comparativos. Todas as placas de metal revestido foram submersas em um rio a uma profundidade onde o acesso da luz era mínimo. Um
30 microscópio foi então usado para observar a superfície das

placas de mais perto. Após 98 dias, as placas revestidas foram removidas e observadas. As figuras 39A a 39E são vistas em perfil das placas revestidas com TiO_2 , e fica evidente que vários organismos com carapaças estavam presentes no revestimento. Ao contrário, a figura 40 é uma vista em perfil da placa revestida onde o pigmento à base de ferrita estava presente na tinta. Apenas um tipo de organismo semelhante a alga foi observado na placa e os organismos de concha estavam ausentes.

Outras aplicações incluem tintas anticorrosão para metais e outros substratos suscetíveis à penetração e degradação por íons.

7.2) Para Pigmentos à Base de Magnetita

O pigmento de magnetita possui propriedades morfológicas e magnéticas que permitem que o mesmo seja usado em tintas (Toner) para fotocópias. O pigmento de magnetita pode também ser revestido e usado como uma primeira demão preta ou tintas de acabamento para aplicações anticorrosivas.

Embora concretizações preferidas para realização da invenção tenham sido descritas em detalhes acima e ilustradas nos desenhos anexos, a invenção não está limitada aquelas concretizações preferidas e muitas alterações e modificações podem ser feitas por um versado na técnica, sem com isso fugir da estrutura do que foi realmente inventado.

REIVINDICAÇÕES

1. Pigmento à base de ferrita anticorrosão, para emprego em uma tinta para revestimento de substrato, caracterizado pelo fato de que o pigmento é derivado de um
5 processo hidrometalúrgico para purificação de poeira EAF, a poeira EAF sendo gerada:

em um forno de arco voltaico ou semelhante para produção de aço carbono por processamento de materiais de fonte escolhidos do grupo compreendendo refugo de metais,
10 ferro diretamente reduzido e hematita pré-reduzida e uso de uma escória rica em CaO; e

a partir de uma reação de condensação de vapores de metal de Fe, de Zn e de metais escolhidos do grupo consistindo em Mn, Mg, Si e Al e partículas à base de CaO
15 suspensas e oxigênio;

o pigmento contendo uma quantidade não tóxica de chumbo devido ao processo hidrometalúrgico para purificação, o pigmento compreendendo:

óxidos de metal condensados, compreendendo várias
20 ferritas diferentes da fórmula geral $MOFe_2O_3$, onde M compreende Zn, Fe, Mn, Mg e complexos dos mesmos para as ferritas diferentes e possuindo ferrita ou estruturas semelhantes a ferrita substancialmente preservadas da poeira de EAF, e formando agregados de ferrita ou
25 estruturas semelhantes a ferrita; e

CaO aprisionado pela ferrita ou estruturas semelhantes a ferrita e estando pelo menos parcialmente disponível para reagir com ar úmido e/ou água para proteger o substrato contra corrosão.

30 2. Pigmento, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de que os materiais de fonte compreendem sucata de metal.

3. Pigmento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que M é primariamente Zn e as
5 ferritas são à base de franklinita.

4. Pigmento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pigmento possui baixa atividade magnética, devido às baixas quantidades de Fe_3O_4 .

5. Pigmento, de acordo com a reivindicação 1,
10 caracterizado pelo fato de que o pigmento possui cerca de 0,5% a cerca de 20% em peso de cálcio.

6. Pigmento, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o pigmento possui cerca de 4% a cerca de 12% em peso de cálcio.

15 7. Pigmento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pigmento possui cerca de 20% a cerca de 60% em peso de Fe.

8. Pigmento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pigmento possui cerca de
20 5% a cerca de 40% em peso de Zn.

9. Pigmento, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o pigmento possui cerca de 30% a cerca de 35% em peso de Zn.

10. Pigmento, de acordo com a reivindicação 1,
25 caracterizado pelo fato de que uma primeira porção de CaO é fisicamente aprisionada dentro dos agregados.

11. Pigmento, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que uma segunda porção de CaO é fisicamente aprisionada dentro da ferrita ou estrutura
30 semelhante a ferrita.

12. Pigmento, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a primeira porção de CaO está disponível como uma fonte de cálcio sacrificial para reagir com ar úmido e/ou água, de modo a produzir Ca(OH)_2 e
5 aumentar de forma local o pH.

13. Pigmento, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a segunda porção de CaO está no interior dos agregados e assim, se torna altamente disponível, uma vez que a primeira porção de CaO se esgota,
10 como uma fonte de cálcio sacrificial.

14. Pigmento, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o Ca(OH)_2 mantém de modo local o pH em ou acima de 12.

15. Pigmento, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o cálcio sacrificial desencadeia a formação de pelo menos uma fase hidróxido de
15 proteção.

16. Pigmento, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma fase
20 hidróxido de proteção é selecionada das fases hidróxido de cálcio amorfo e portlandita cristalina.

17. Pigmento, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma fase hidróxido de proteção compreende Zn(OH)_2 .

25 18. Pigmento, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma fase hidróxido de proteção compreende um hidróxido de cálcio-zinco.

19. Pigmento, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o hidróxido de cálcio-zinco
30

é uma fase cristalográfica do hidrato de $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6$.

20. Pigmento, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma fase hidróxido de proteção forma uma camada de proteção física
5 no substrato de metal.

21. Pigmento, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que a camada de proteção compreende de 25% a 70% em peso de Zn de $\text{Zn}(\text{OH})_2$.

22. Pigmento, de acordo com a reivindicação 20,
10 caracterizado pelo fato de que a camada de proteção compreende de 35% a 55% em peso de Zn de $\text{Zn}(\text{OH})_2$.

23. Pigmento, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma fase hidróxido de proteção apresenta uma impressão digital de
15 DTA, conforme mostrado no gráfico da figura 21.

24. Pigmento, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma fase hidróxido de proteção apresenta uma impressão digital de TGA, conforme mostrado no gráfico da figura 21.

20 25. Pigmento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que possui granulometria apresentando uma curva de sino semelhante à distribuição com uma média entre 0,2 μm e 1,2 μm .

25 26. Pigmento, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que possui uma granulometria apresentando uma curva em sino semelhante à distribuição com uma média entre 0,3 μm e 0,8 μm .

27. Pigmento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente,
30 um revestimento de agregados, o revestimento sendo à base

de cálcio e/ou zinco e depositado no pigmento.

28. Pigmento, de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que o revestimento é precipitado como uma fase de cálcio-hidróxido de zinco.

5 29. Pigmento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o substrato é fabricado de metal suscetível à corrosão.

30. Pigmento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pigmento sofreu lixívia
10 com um solvente durante o processo hidrometalúrgico para purificação.

31. Pigmento, de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que o solvente é água e o pigmento produzido é um pigmento de ferrita de uma primeira
15 classificação.

32. Pigmento, de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que o solvente é ácido sulfúrico, a lixívia é realizada em um pH de 0,5 a 3 e o pigmento produzido é um pigmento de ferrita de uma segunda
20 classificação.

33. Pigmento, de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que o solvente é ácido nítrico, a lixívia é realizada em um pH de 0,5 a 3 e o pigmento produzido é um pigmento de ferrita de uma terceira
25 classificação.

34. Pigmento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pigmento possui uma resistividade de cor térmica a cerca de 250°C.

35. Pigmento, de acordo com a reivindicação 34,
30 caracterizado pelo fato de que o pigmento possui uma

resistividade de cor térmica a cerca de 300°C.

36. Uso de um pigmento da reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ser como um aditivo nas formulações de tinta, primeira-demão ou revestimento, para
5 produzir uma formulação anticorrosiva.

37. Uso do pigmento da reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ser como um aditivo em uma formulação antifuligem.

38. Uso, de acordo com a reivindicação 37,
10 caracterizado pelo fato de que a formulação antifuligem é aplicada a uma estrutura parcial ou completamente submersa, para antifuligem contra organismos selecionados.

FIG. 1

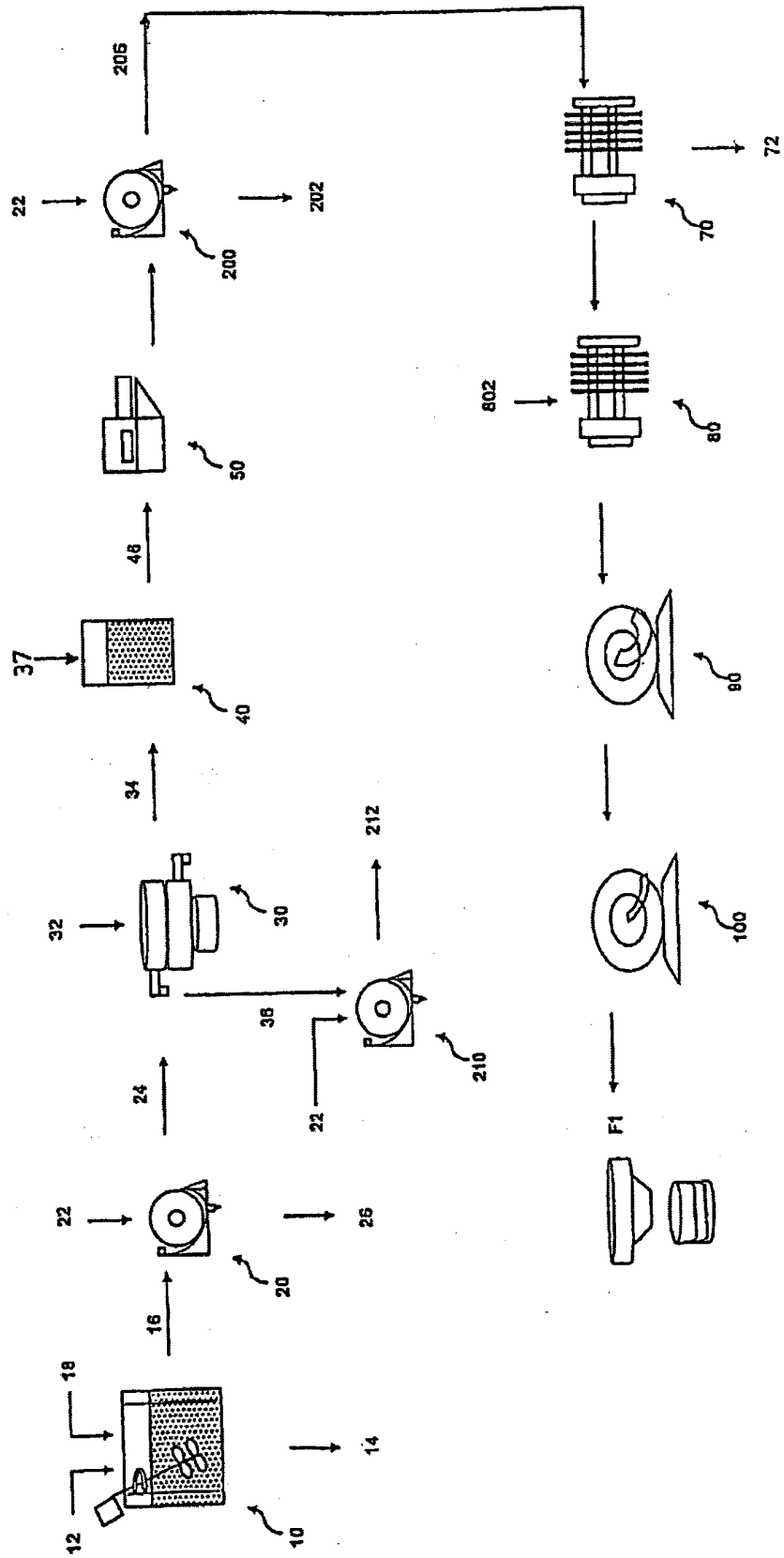


FIG. 2

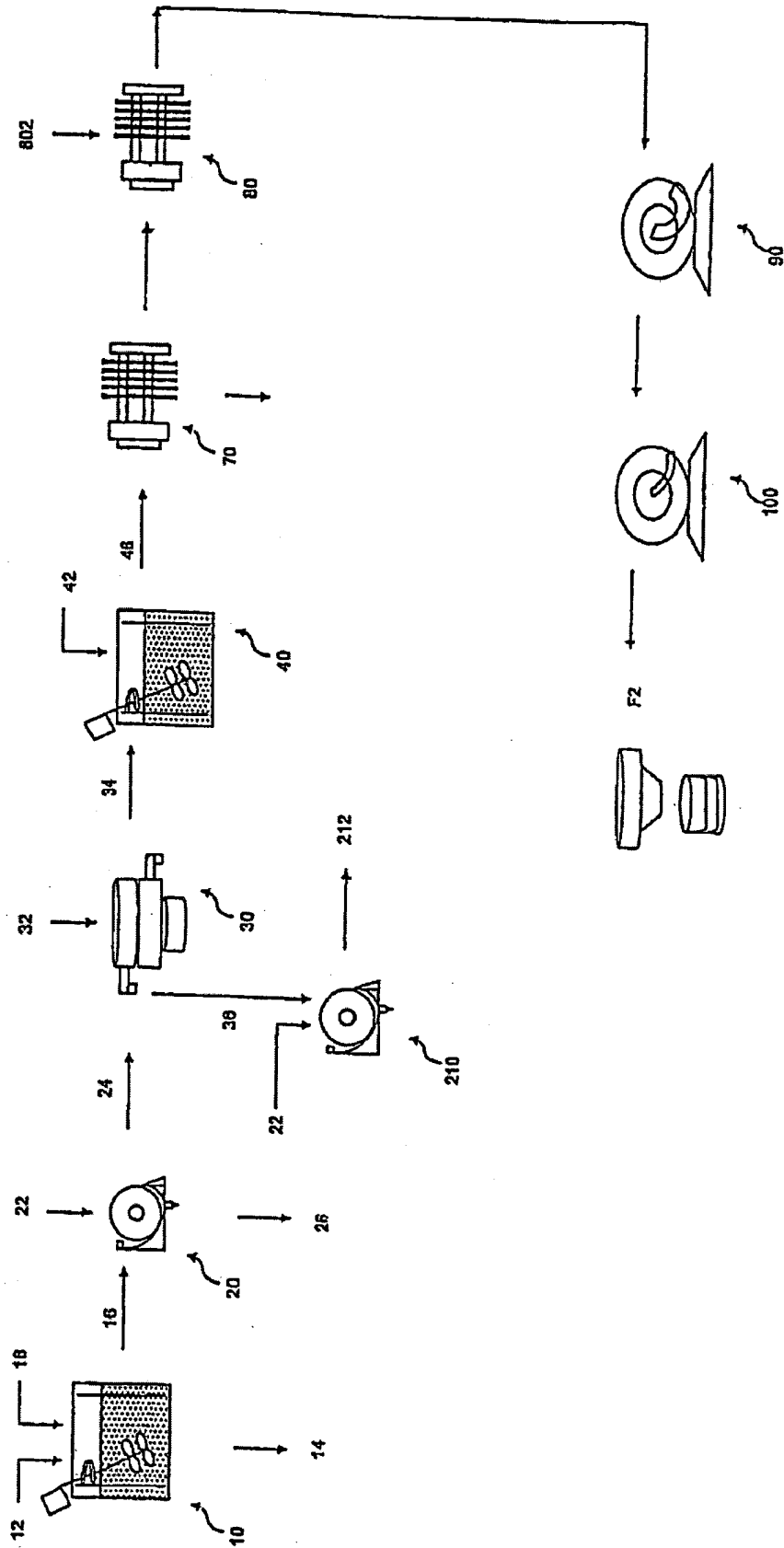


FIG. 3

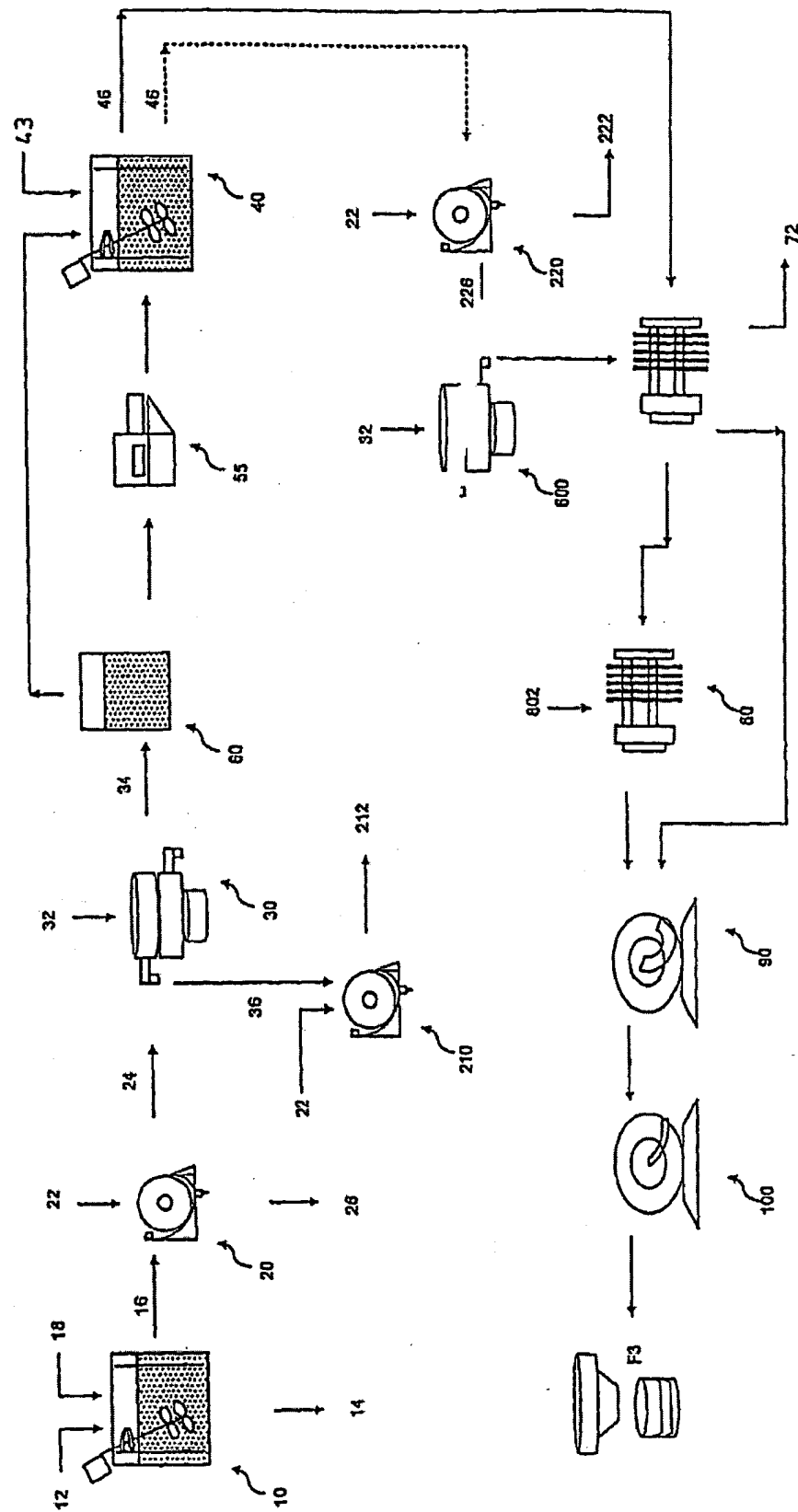


FIG. 4

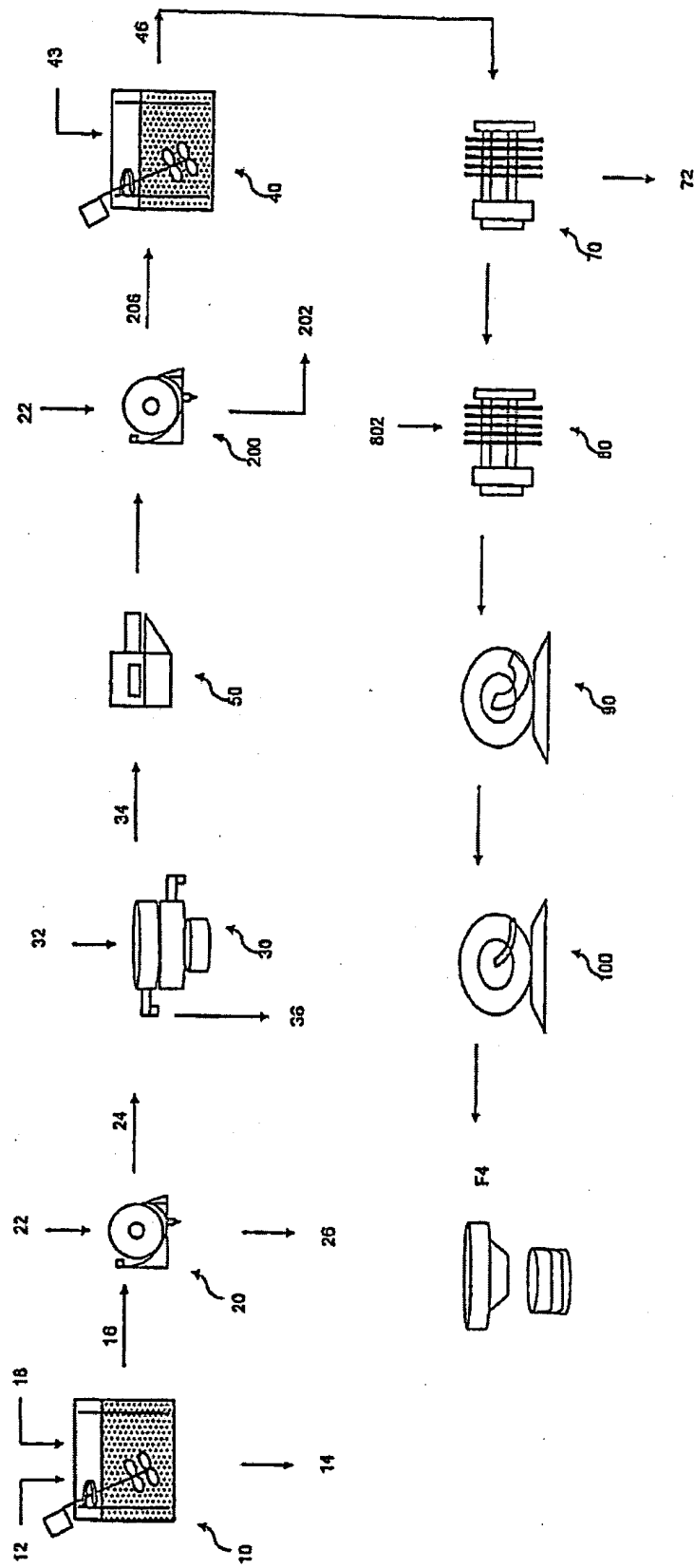
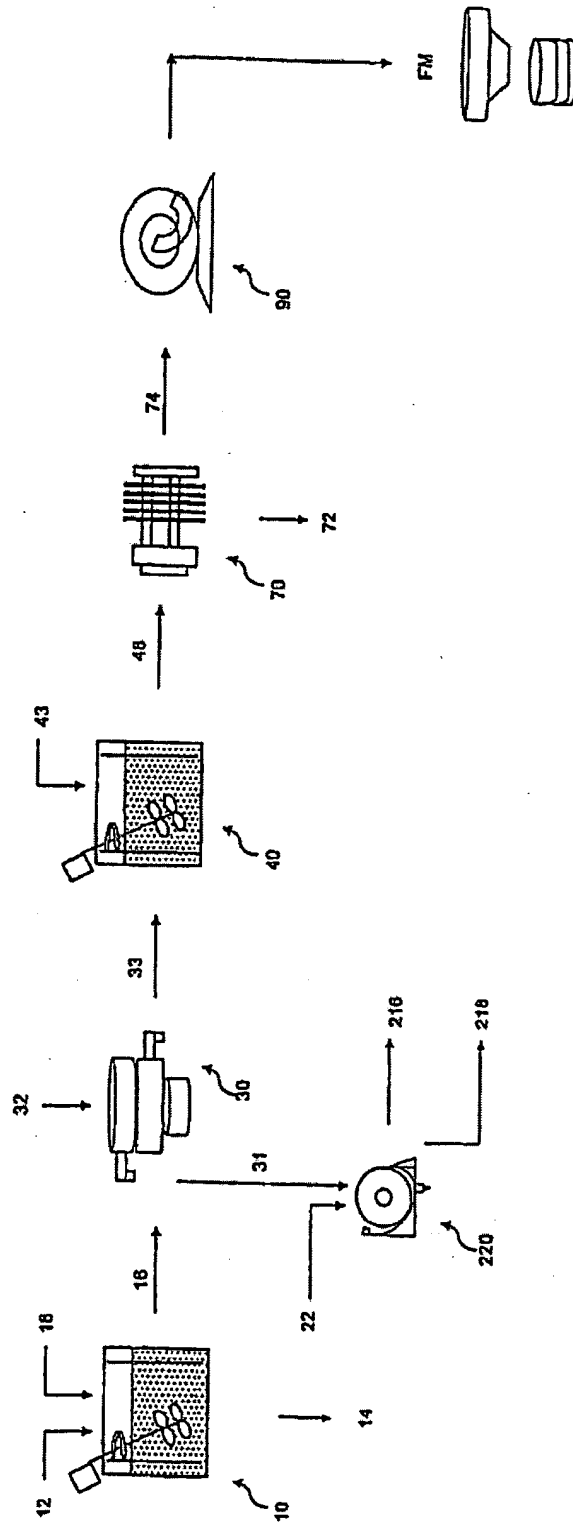
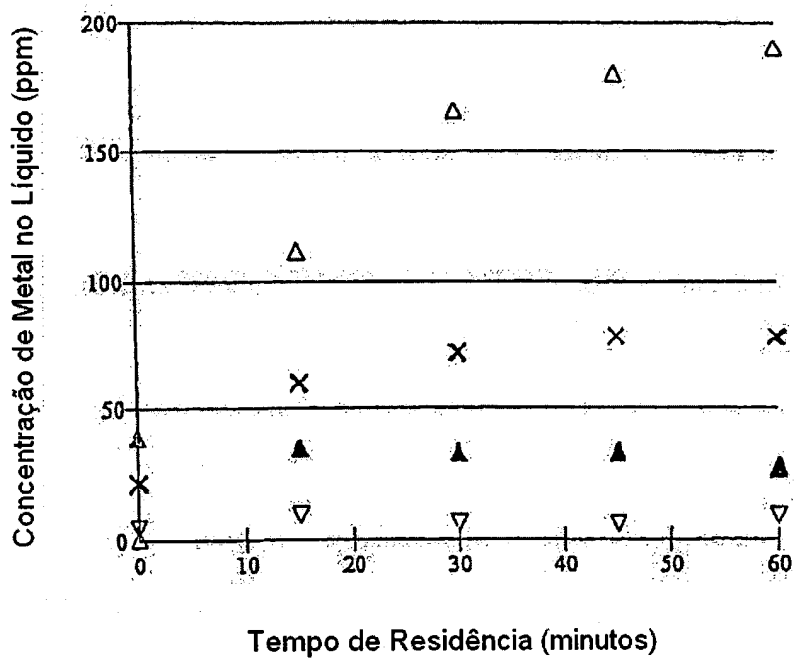


FIG. 6

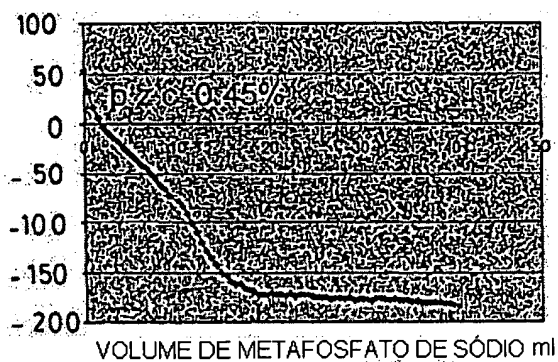


Extração de Metais versus Tempo de Residência para Impulsor de Hidrofólio

FIG. 7

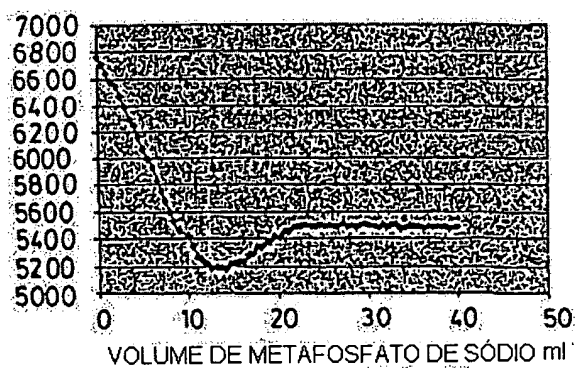
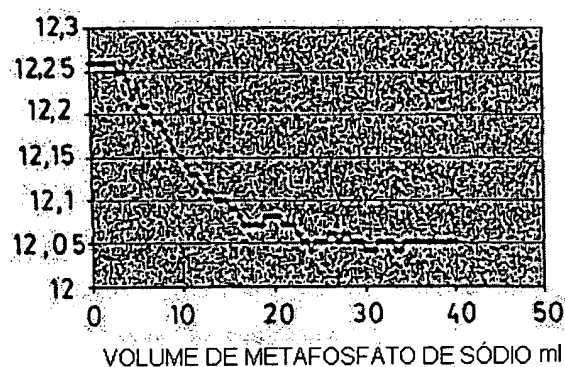
X Pb
Δ Ca
▲ Cr
▽ Zn

Variação
de Potencial Zeta, pH e Condutividade versus Concentração de
Metafosfato de Sódio para uma Pasta de Pó Parcialmente Lavada

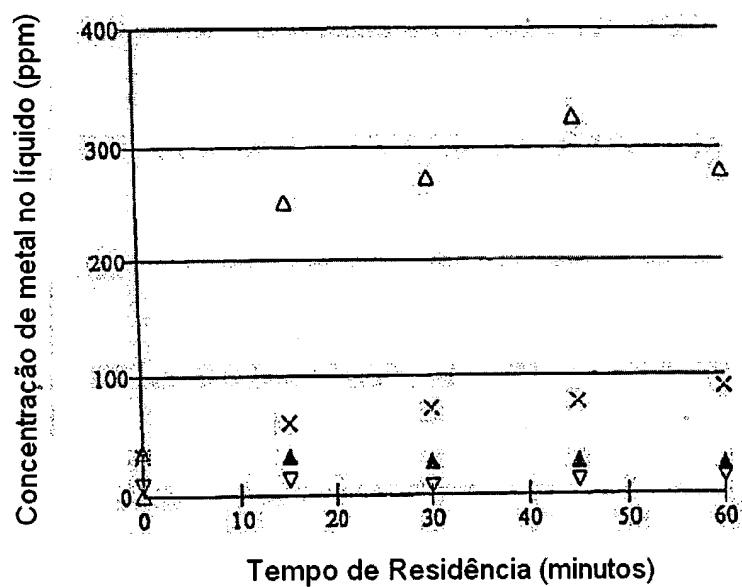


p.z.c - carga de ponto zero (ponto isoeletrico)

FIG. 8



Extração de Metais Versus Tempo de Residência para Impulsor de Cisalhamento Alto

FIG.9

x Pb
Δ Ca
▲ Cr
▽ Zn

MATRIZ ☐ C:\DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS\MATRIZES DE APS\ÓXIDO DE FERRO EM ÁGUA PARA 30 um.MATRIZ

VERSÃO

IMPEDÂNCIA ACÚSTICA gm/cm/s

VELOCIDADE DO SOM m/s

pH

PORCENTAGEM DE SÓLIDOS, VOLUME

SOLVENTE ☐ C:\DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS\CALVÁGUA

CONDUTIVIDADE $\mu\text{S/cm}$

TEMPERATURA DEG. C

PERDA FIXA dB

DENSIDADE gm/cm³

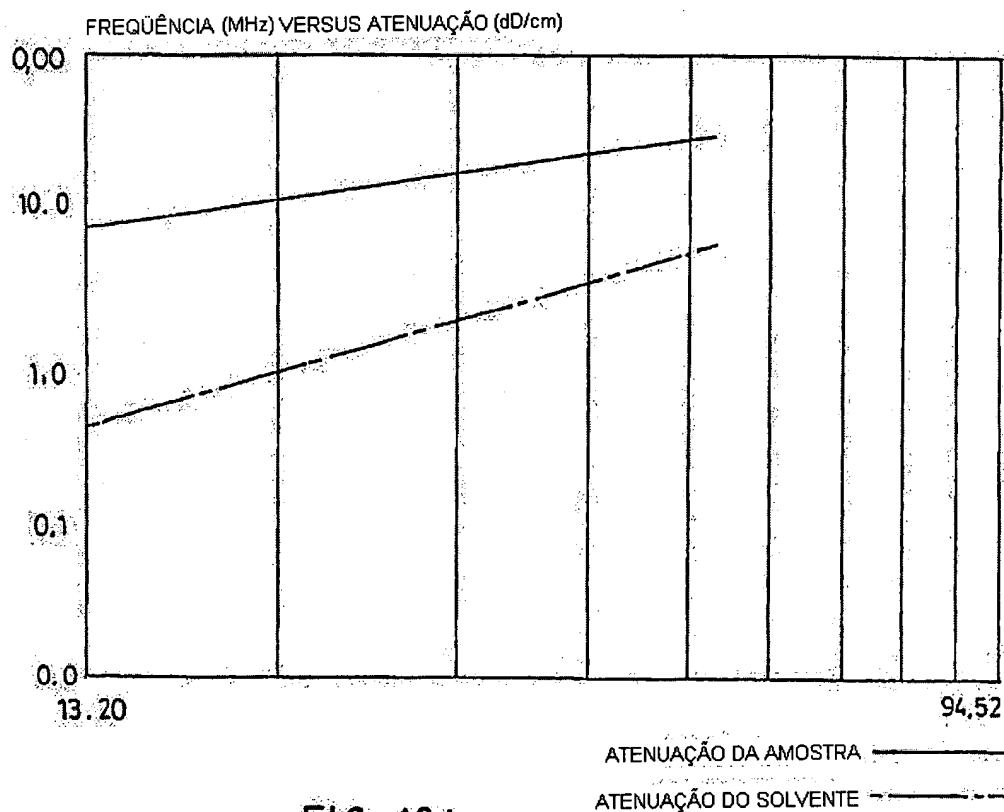
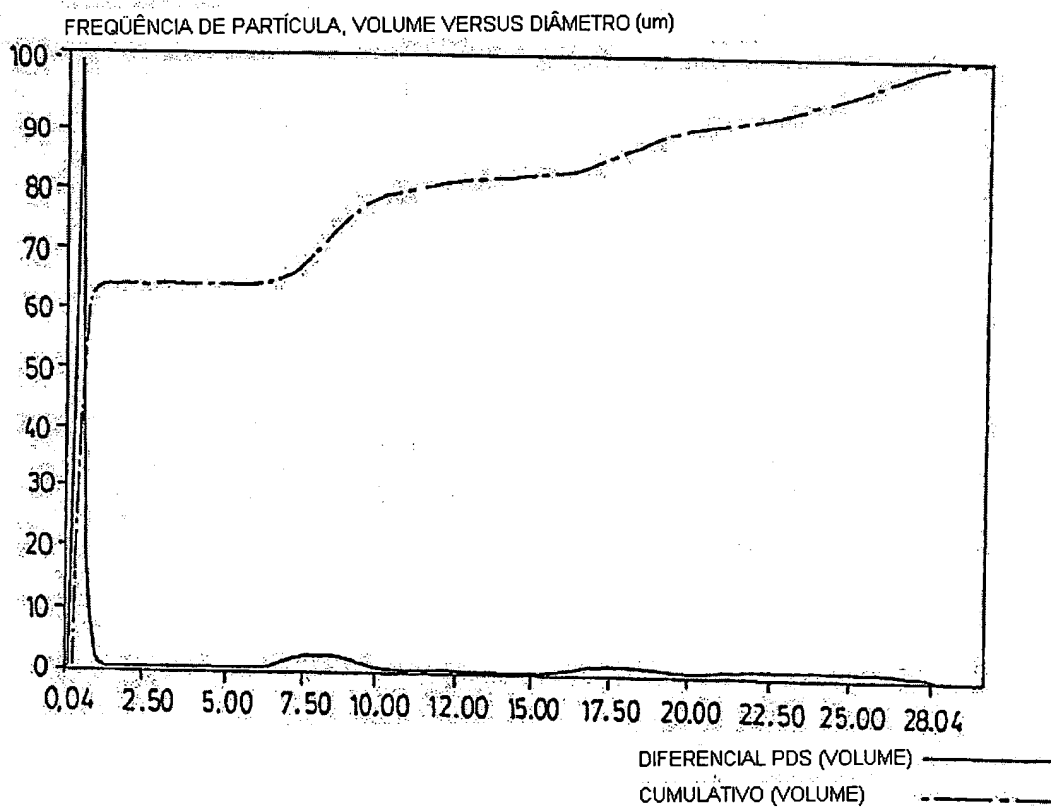


FIG. 10A

MATRIZ	C:\DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTICULAS\MATRIZES DE APS\ÓXIDO DE FERRO EM ÁGUA PARA 30.um\MATRIZ	
VERSÃO	4.4	
IMPEDÂNCIA ACÚSTICA	1.65	gm/cm/s
VELOCIDADE DO SOM	149658.57	m/s
pH	11.24	
PORCENTAGEM DE SÓLIDOS, VOLUME	0.58	

SOLVENTE	C:\DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTICULAS\CALVAGUA	
CONDUTIVIDADE	625.75	$\mu S / Cm$
TEMPERATURA	24.28	DEG. C
PERDA FIXA	7.19	dB
DENSIDADE	1.10	gm / Cm3

**FIG. 10B**

MATRIZ ☐ C:\DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS\MATRIZES DE APS\ÓXIDO DE FERRO EM ÁGUA PARA 30.um.MATRIZ

VERSÃO

IMPEDÂNCIA ACÚSTICA gm/cm/s

VELOCIDADE DO SOM m/s

pH

PORCENTAGEM DE SÓLIDOS, VOLUME

SOLVENTE ☐ C:\DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS\ÁGUA

CONDUTIVIDADE $\mu\text{S} / \text{Cm}$

TEMPERATURA DEG. C

PERDA FIXA dB

DENSIDADE gm / Cm³

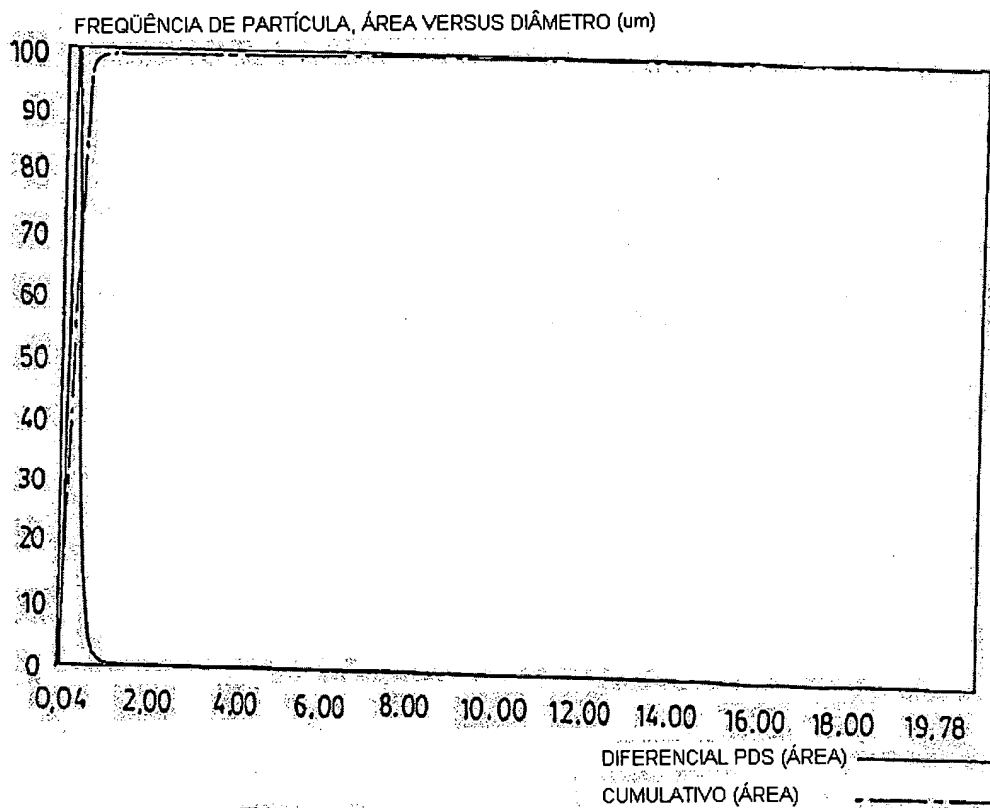


FIG. 10C

MATRIZ



C:\DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE
PARTÍCULAS\MATRIZES DE APSIÓXIDO
DE FERRO EM ÁGUA PARA
30,um.MATRIZ

VERSÃO

4.4

IMPEDÂNCIA ACÚSTICA

1.65

gm/cm/s

VELOCIDADE DO SOM

149658.57

m/s

pH

11.26

PORCENTAGEM DE SÓLIDOS, VOLUME

0.58

SOLVENTE



C:\DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS\ALVAGUA

CONDUTIVIDADE

625.75

 $\mu S / Cm$

TEMPERATURA

24.28

DEG. C

PERDA FIXA

7.19

dB

DENSIDADE

1.10

gm / Cm³

FREQÜÊNCIA DE PARTÍCULA, NÚMERO VERSUS DIÂMETRO (um)

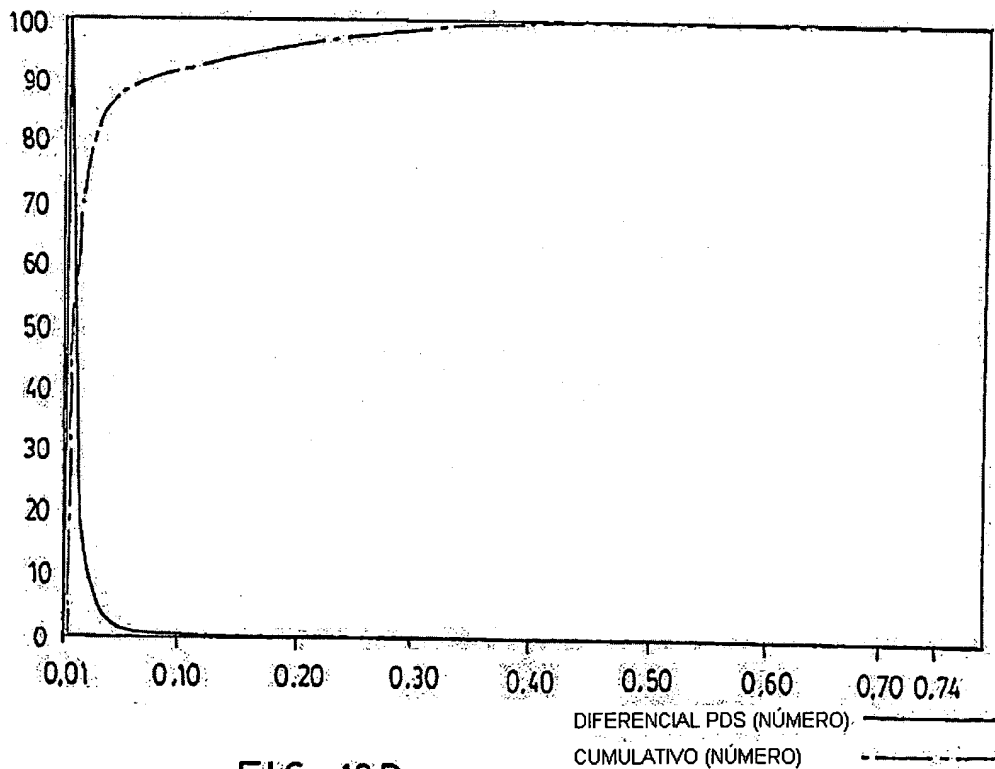


FIG. 10D

MATRIZ	C: DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS MATRIZES DE APSÓXIDO DE FERRO EM ÁGUA PARA 30 µm MATRIZ	
VERSÃO	4.4	
IMPEDÂNCIA ACÚSTICA	1.75	gm / cm / s
VELOCIDADE DO SOM	148998.63	m / s
pH	11.33	
PORCÊNTAGEM DE SÓLIDOS, VOLUME	0.69	

SOLVENTE	C: DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS CALVÁGUA	
CONDUTIVIDADE	701.44	µS / Cm
TEMPERATURA	24.44	DEG. C
PERDA FIXA	7.20	dB
DENSIDADE	1.18	gm / Cm ³

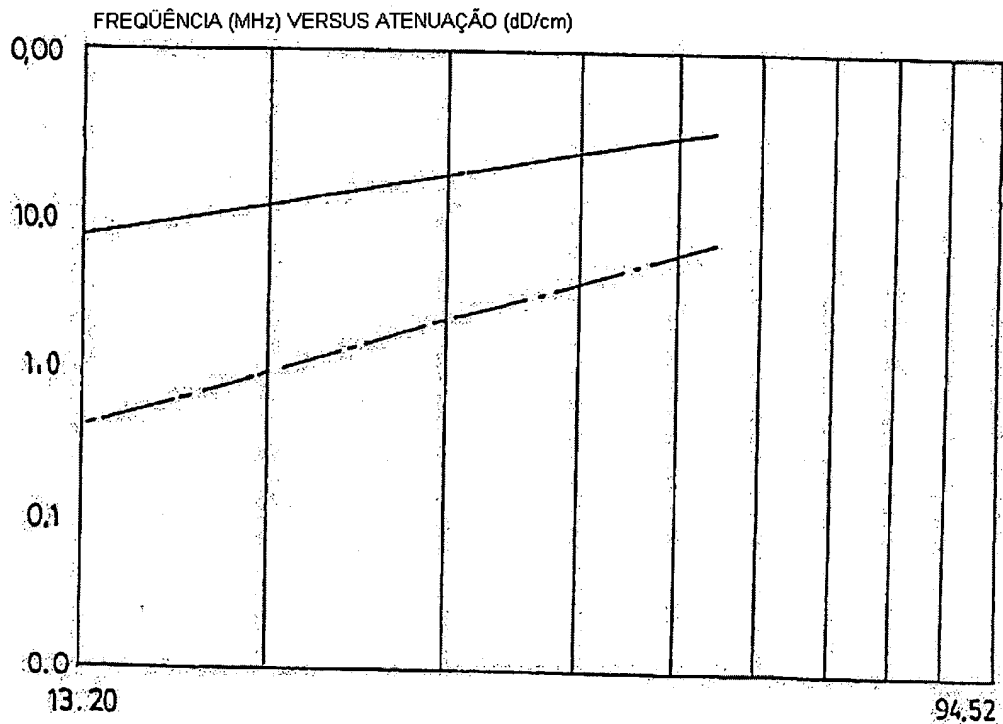


FIG. 11A

ATENUAÇÃO DA MOSTRA —————

ATENUAÇÃO DO SOLVENTE - - - - -

MATRIZ ☐ C: DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS MATRIZES DE APSÍOXIDO DE FERRO EM ÁGUA PARA 30 µm MATRIZ

VERSÃO

IMPEDÂNCIA ACÚSTICA gm/cm/s

VELOCIDADE DO SOM m/s

pH

PORCENTAGEM DE SÓLIDOS, VOLUME

SOLVENTE ☐ C: DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS CALVÁGUA

CONDUTIVIDADE µS/cm

TEMPERATURA DEG. C

PERDA FIXA dB

DENSIDADE gm/cm³

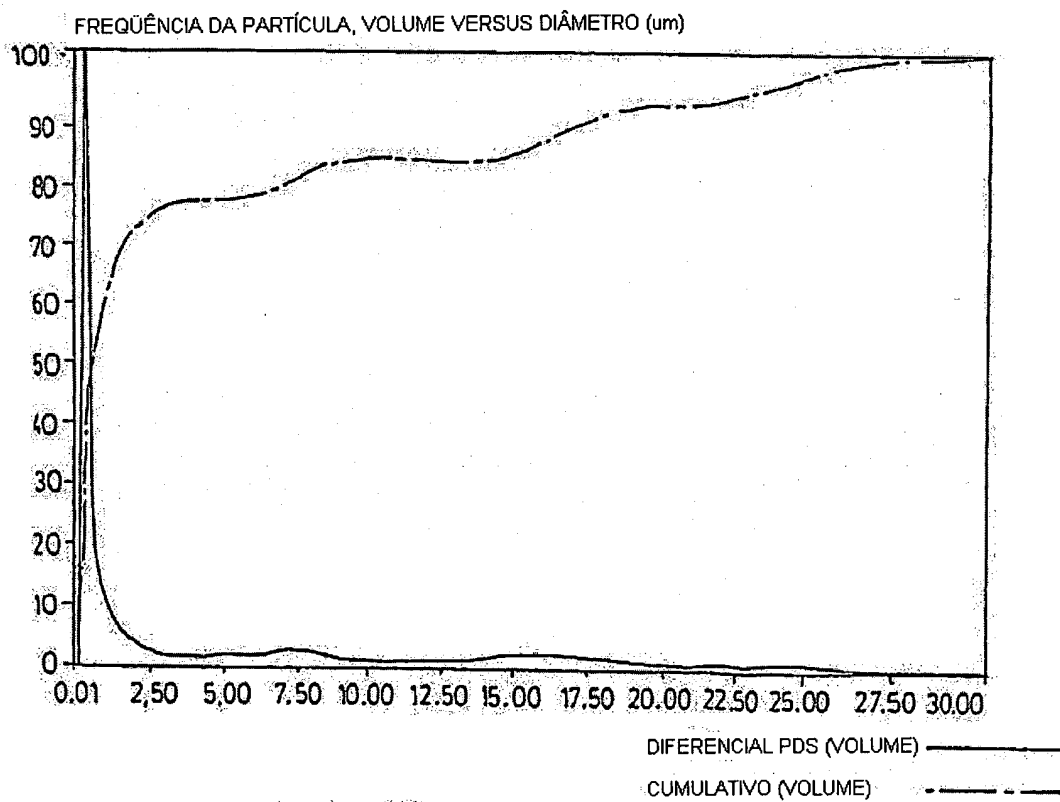


FIG. 11B

MATRIZ 

C: DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE
PARTÍCULAS MATRIZES DE APSÍOXIDO
DE FERRO EM ÁGUA PARA
30 μm MATRIZ

VERSÃO

IMPEDÂNCIA ACÚSTICA gm / cm / s

VELOCIDADE DO SOM m / s

pH

PORCENTAGEM DE SÓLIDOS, VOLUME

SOLVENTE 

C: DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS CALVÁGUA

CONDUTIVIDADE $\mu\text{S} / \text{Cm}$

TEMPERATURA DEG. C

PERDA FIXA dB

DENSIDADE gm / Cm³

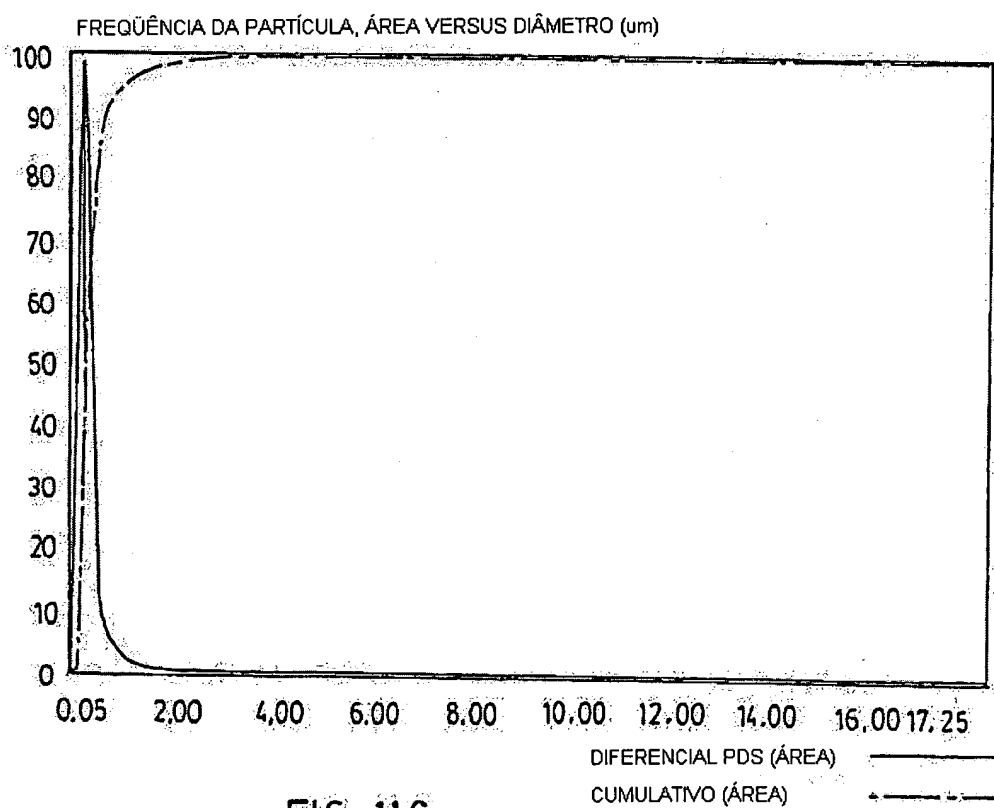


FIG. 11C

MATRIZ	C: DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS MATRIZES DE APSÓXIDO DE FERRO EM ÁGUA PARA 30 um. MATRIZ	
VERSÃO	4.4	
IMPEDÂNCIA ACÚSTICA	1.75	gm / cm / s
VELOCIDADE DO SOM	148998.63	m / s
pH	11.33	
PORCENTAGEM DE SÓLIDOS, VOLUME	0.69	

SOLVENTE	C: DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS CALVÁGUA	
CONDUTIVIDADE	701.44	$\mu\text{S} / \text{Cm}$
TEMPERATURA	24.44	DEG. C
PERDA FIXA	7.20	dB
DENSIDADE	1.18	gm / Cm ³

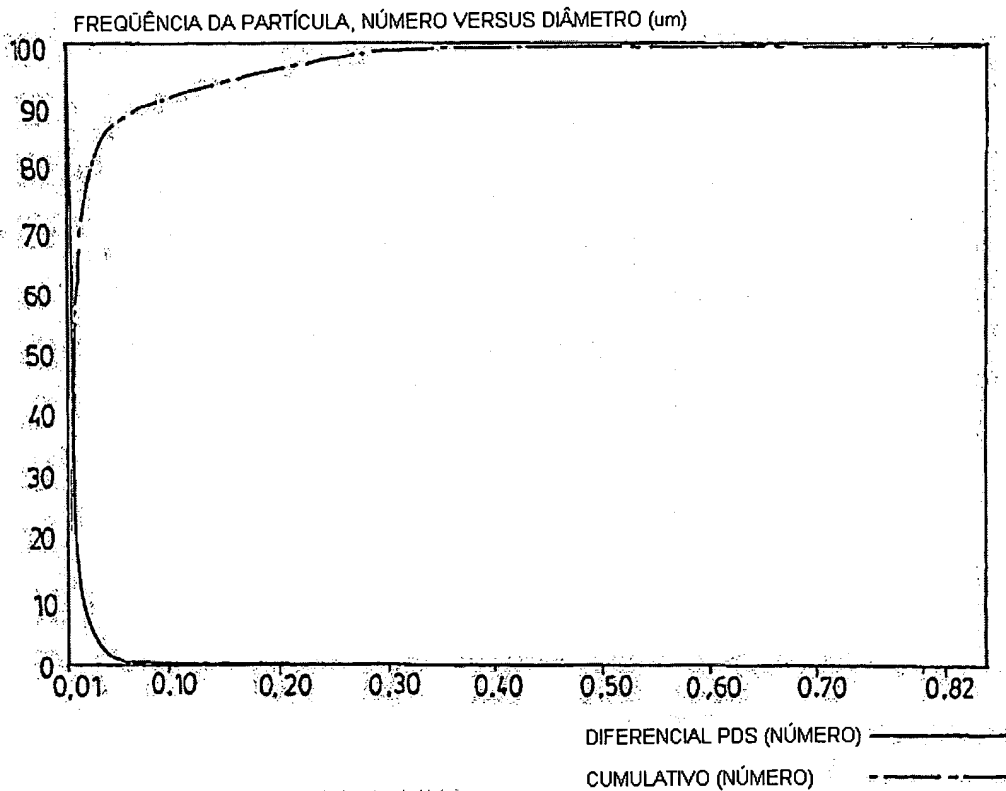


FIG. 11D

MATRIZ

C: DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE
PARTÍCULAS MATRIZES DE APSÍOXIDO
DE FERRO EM ÁGUA PARA
30 µm: MATRIZ

VERSÃO

4.4

IMPEDÂNCIA ACÚSTICA

1.75

gm/cm/s

VELOCIDADE DO SOM

148658.25

m/s

pH

11.26

PORCENTAGEM DE SÓLIDOS, VOLUME

1.54

SOLVENTE

C: DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS CALVÁGUA

CONDUTIVIDADE

748.67

µS / Cm

TEMPERATURA

22.68

DEG. C

PERDA FIXA

7.17

dB

DENSIDADE

1.18

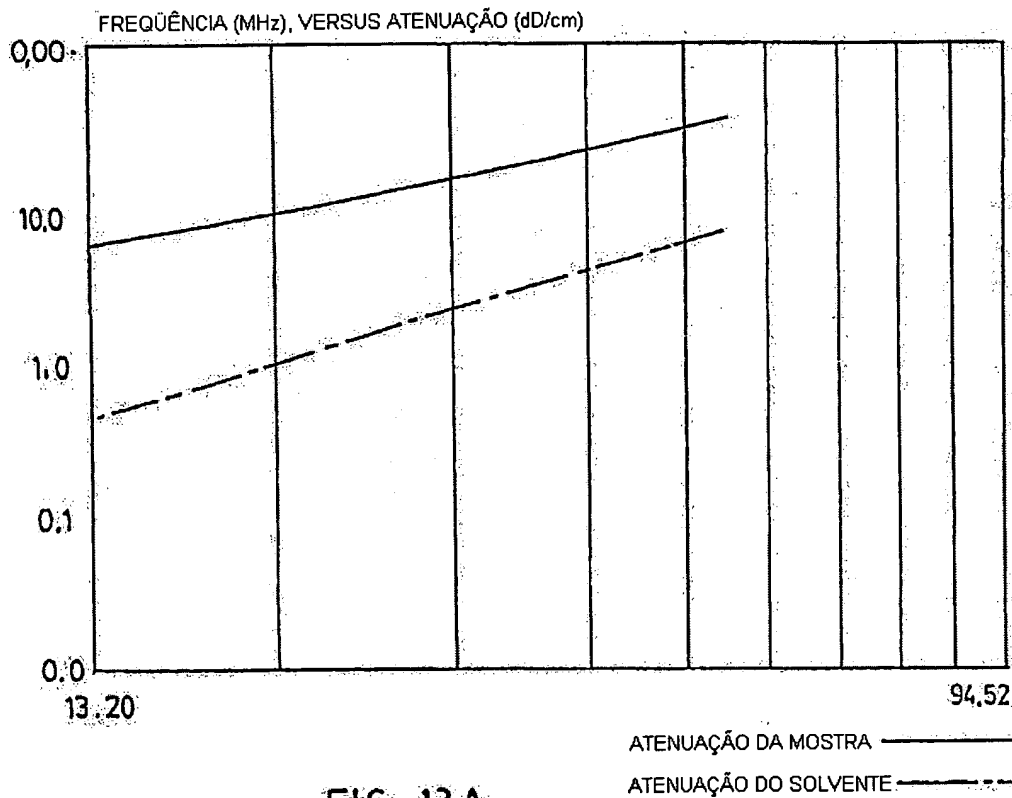
gm / Cm³

FIG. 12A

MATRIZ	C: DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS MATRIZES DE APSÓXIDO DE FERRO EM ÁGUA PARA 30 um MATRIZ	
VERSÃO	4.4	
IMPEDÂNCIA ACÚSTICA	1.75	gm/cm/s
VELOCIDADE DO SOM	148658.25	m/s
pH	11.26	
PORCENTAGEM DE SÓLIDOS, VOLUME	1.54	

SOLVENTE	C: DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS CALVAGUA	
CONDUTIVIDADE	748.67	$\mu S / cm$
TEMPERATURA	22.68	DEG. C
PERDA FIXA	7.17	dB
DENSIDADE	1.18	gm / cm ³

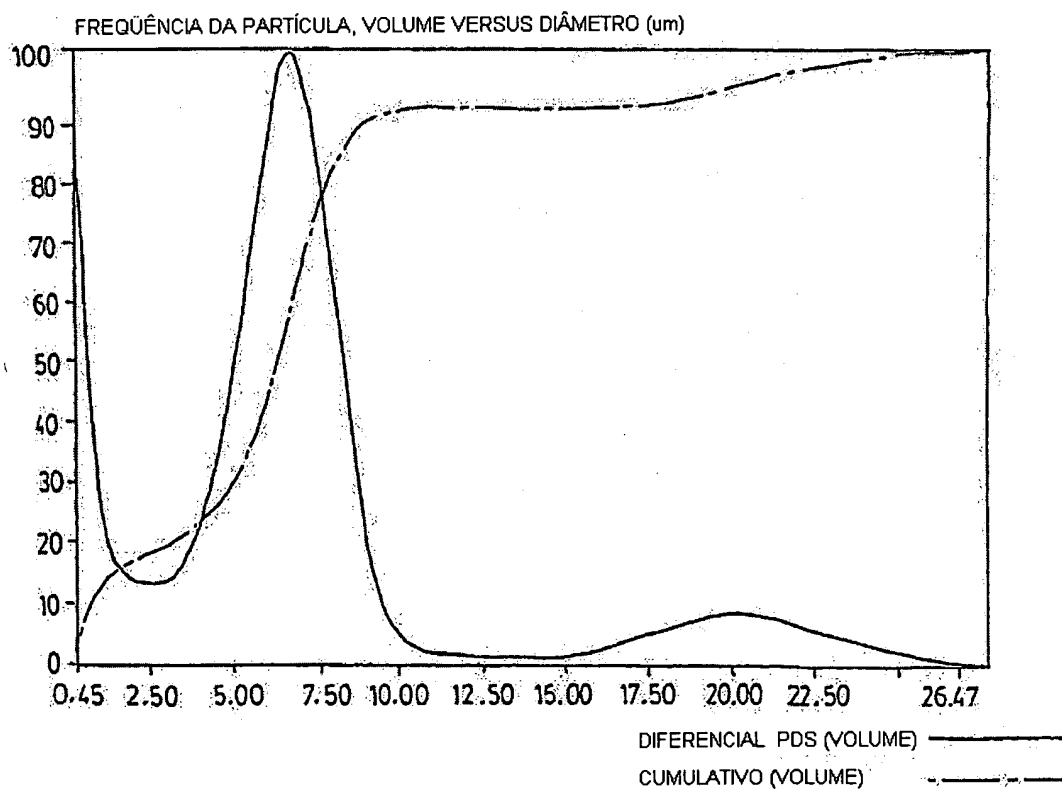


FIG. 12.B

MATRIZ 

C:\DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTICULAS\MATRIZES DE APS\ÓXIDO DE FERRO EM ÁGUA PARA 30 um\MATRIZ

VERSÃO

IMPEDÂNCIA ACÚSTICA gm/cm/s

VELOCIDADE DO SOM m/s

pH

PORCENTAGEM DE SÓLIDOS, VOLUME

SOLVENTE 

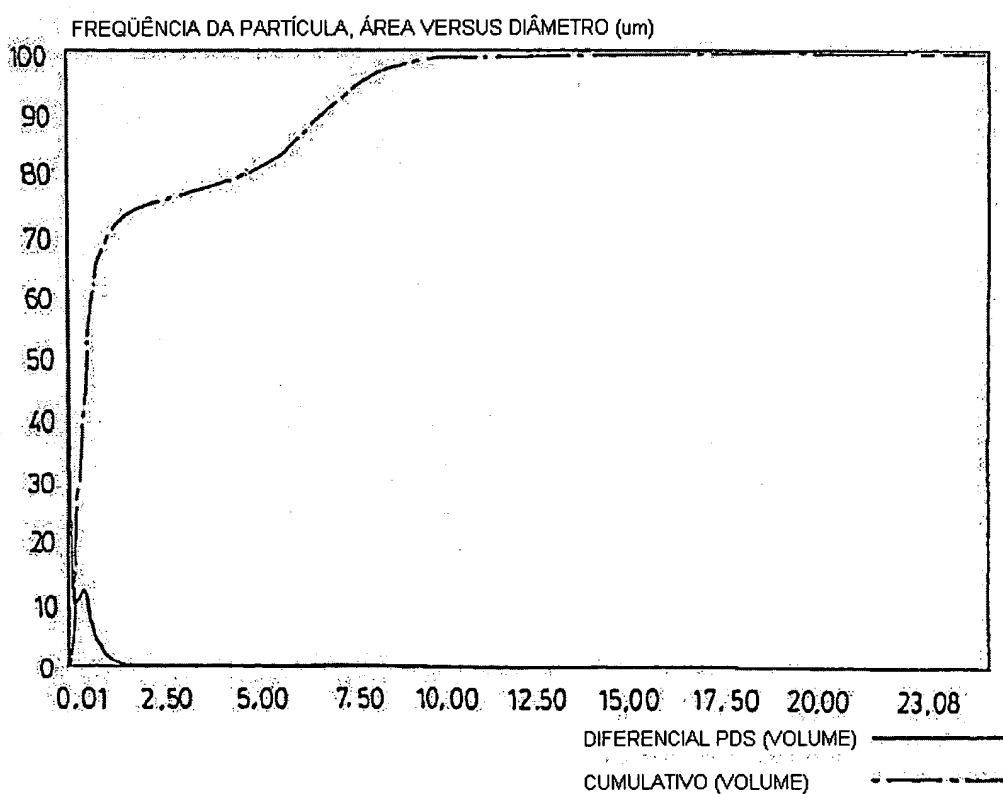
C:\DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTICULAS\ALVAGUA

CONDUTIVIDADE $\mu S / Cm$

TEMPERATURA DEG. C

PERDA FIXA dB

DENSIDADE gm / Cm³

FIG. 12 C

MATRIZ	C:\DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS\MATRIZES DE APS\ÓXIDO DE FERRO EM ÁGUA PARA 30 um MATRIZ	
VERSÃO	4.4	
IMPEDÂNCIA ACÚSTICA	1.75	gm / cm / s
VELOCIDADE DO SOM	148658.25	m / s
pH	11.26	
PORCENTAGEM DE SÓLIDOS, VOLUME	1.54	

SOLVENTE	C:\DIMENSIONADOR ACÚSTICO DE PARTÍCULAS\ALVAGUA	
CONDUTIVIDADE	748.67	$\mu S / Cm$
TEMPERATURA	22.68	DEG. C
PERDA FIXA	7.17	dB
DENSIDADE	1.18	gm / Cm ³

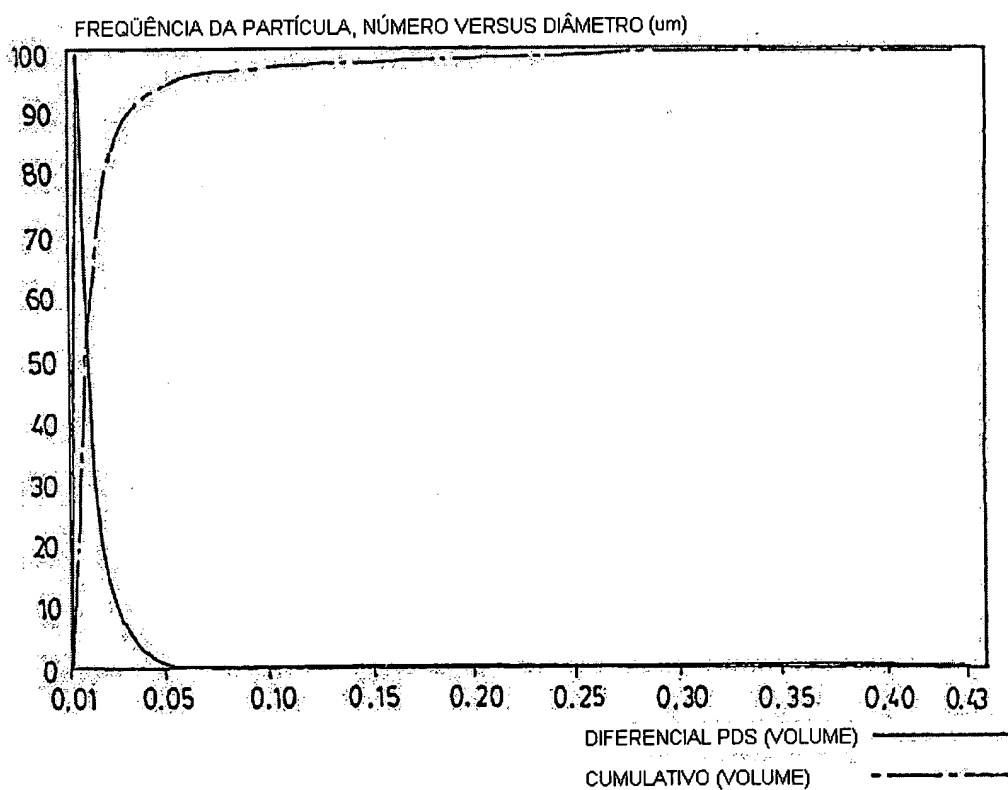


FIG. 12D

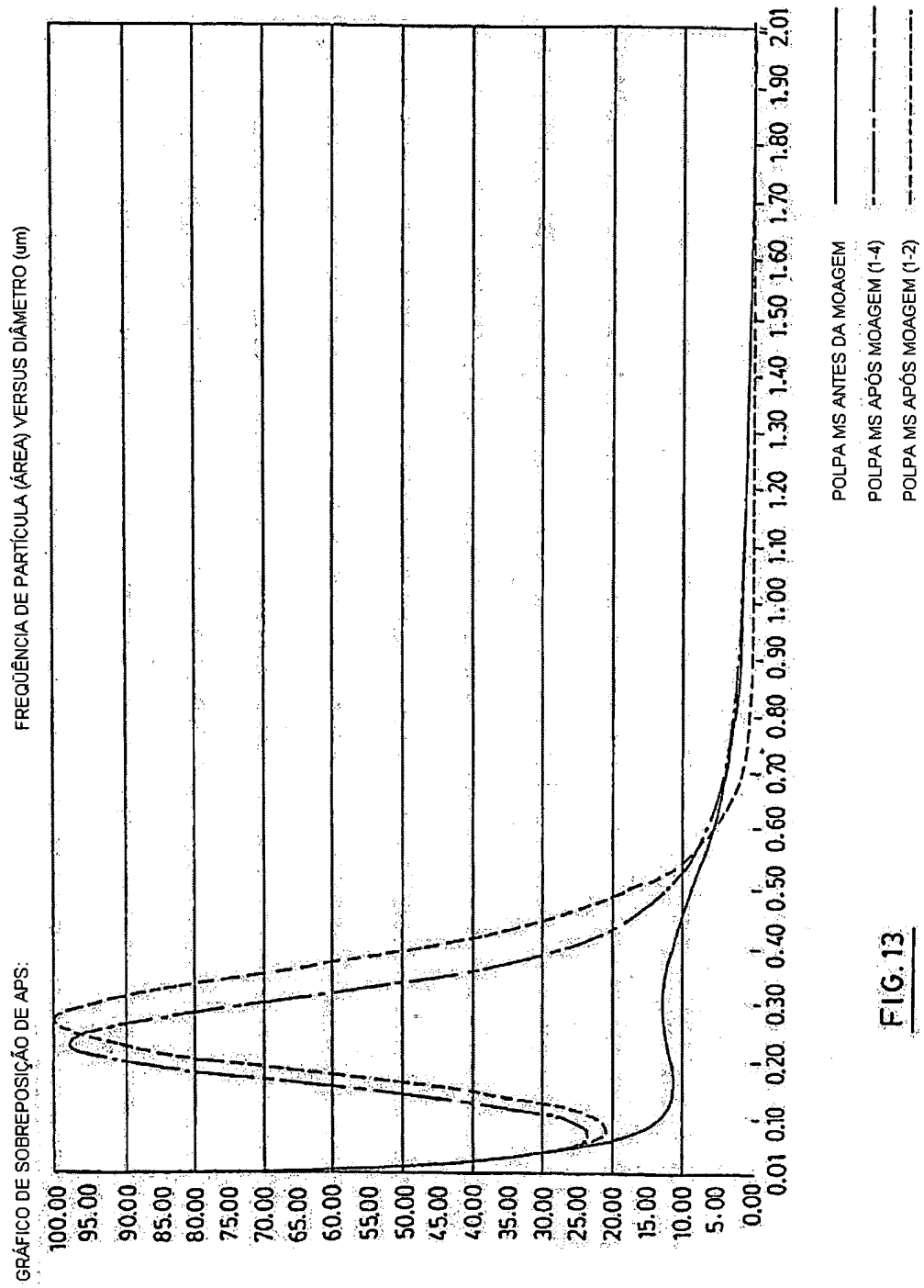


FIG. 13

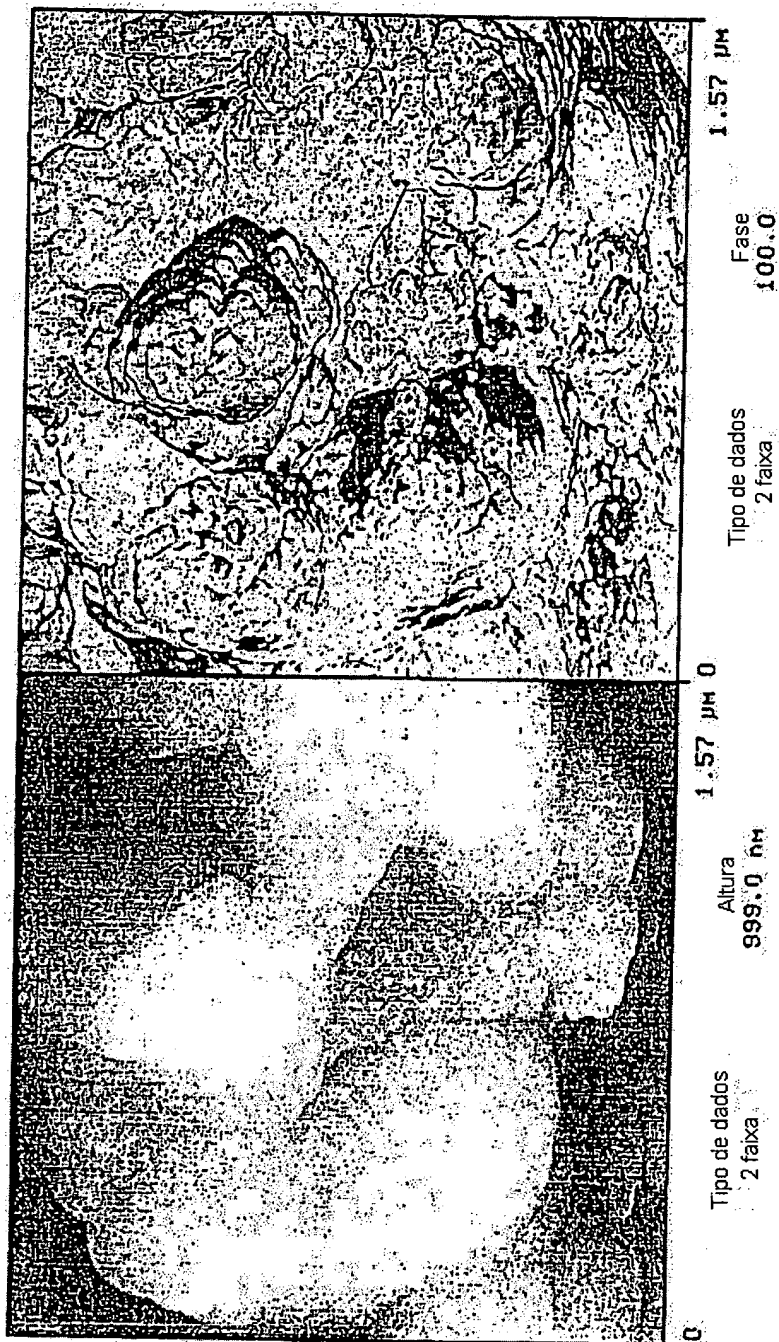
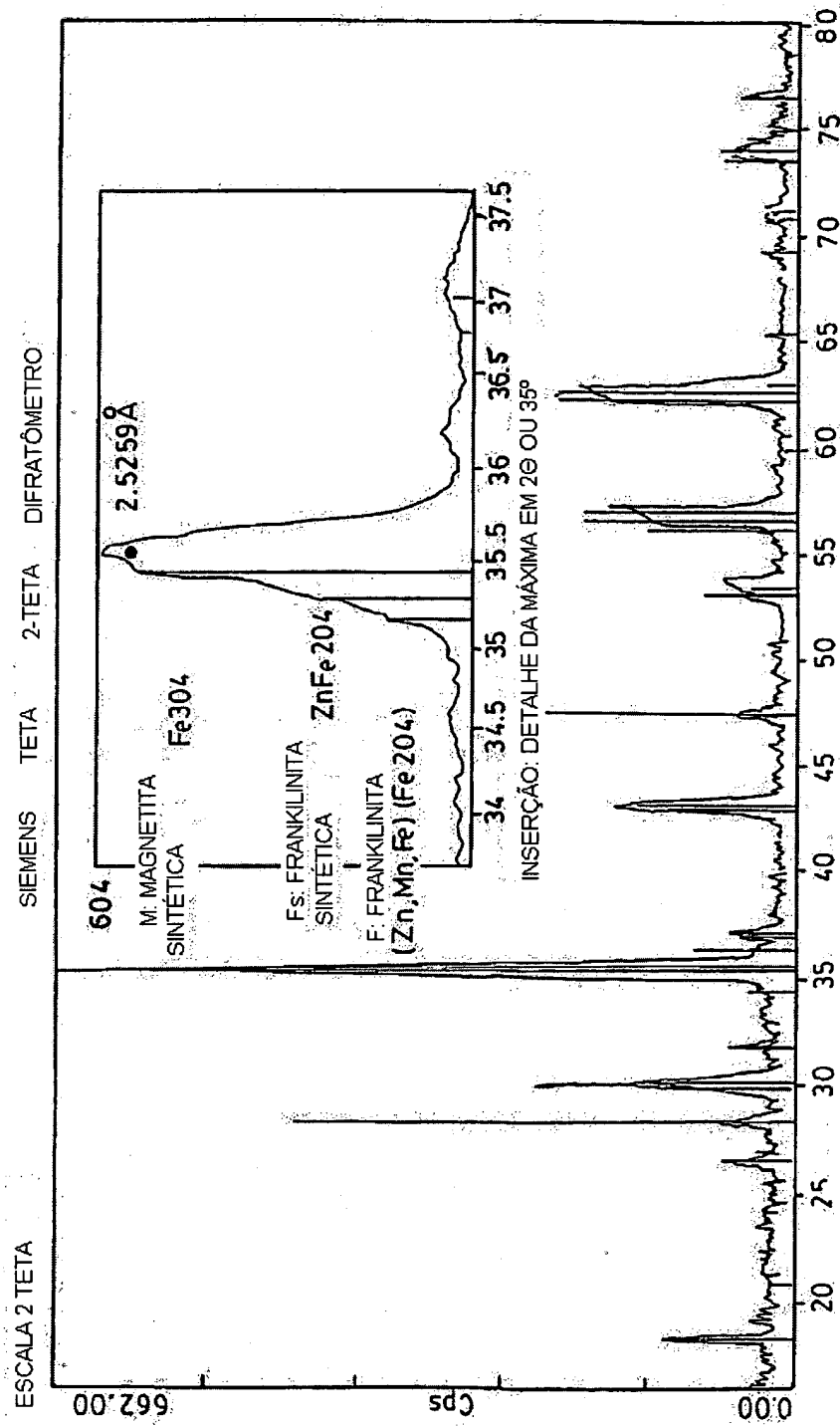


FIG: 14



C:\D5000\QUEB\FERRO-5 FERRO BAW-5 (CT: 1.0s, SS: 0.020dg, WL: 1.5406Ao)

22-1012 | ZnFe204 Franklinita sintética (WL: 1.5406Ao)

19-0629 Fe304 Magnetita sintética (WL: 1.5406 Ao)

36-1451 * ZnO Zinca sintética (WL: 1.5406Ao)

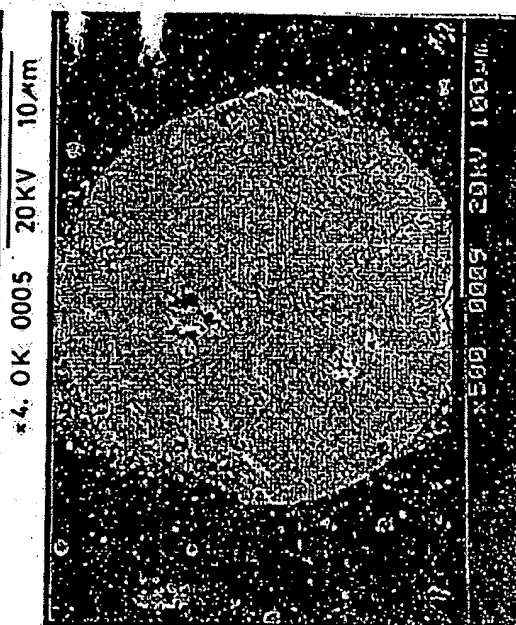
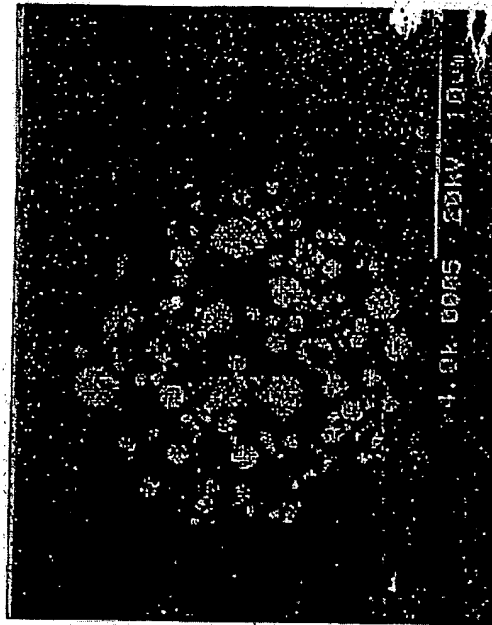
27-1402 * Si Silício sintético HR (WL: 1.5406Ao)

33-1161 * SiO2 Quartzo sintético (WL: 1.5406Ao)

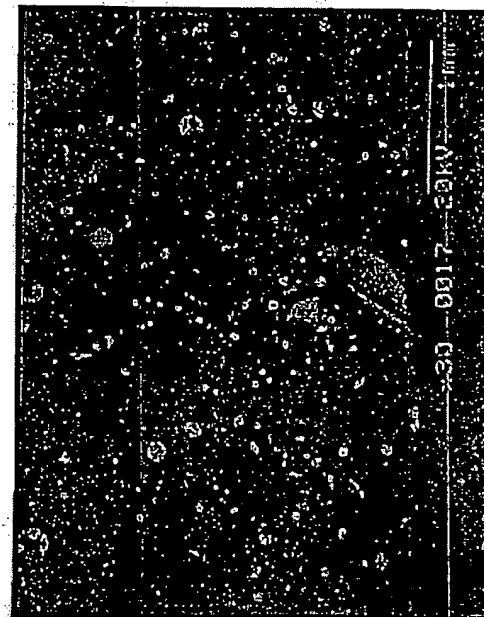
DIFRAÇÃO DE RAIO X PARA IDENTIFICAÇÃO DE FASE MINERAL EQUIVALENTE

FIG. 15A

FIG. 15B



*500 0009 20KV 100um



*30 0017 20KV 1mm

TEMPO DE EXECUÇÃO = 4 SEGUNDOS

VERTICAL = 2000 CONTAGENS

DISPERSÃO = 1

PRÉ-AJUSTE = 50 SEGUNDOS
DECORRIDOS = 50 SEGUNDOS

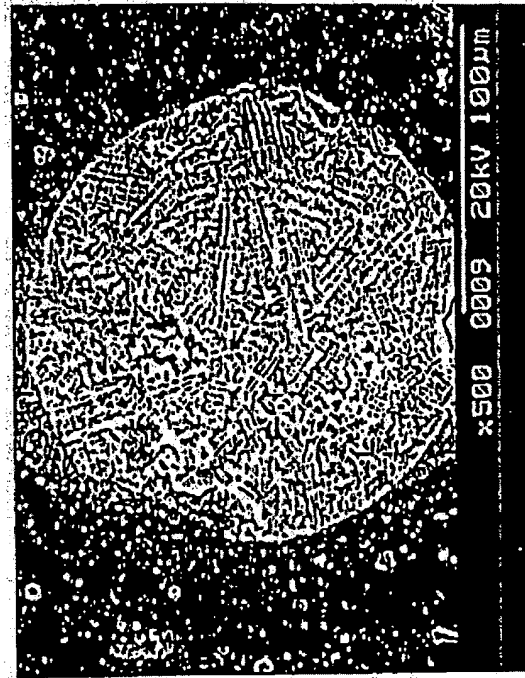
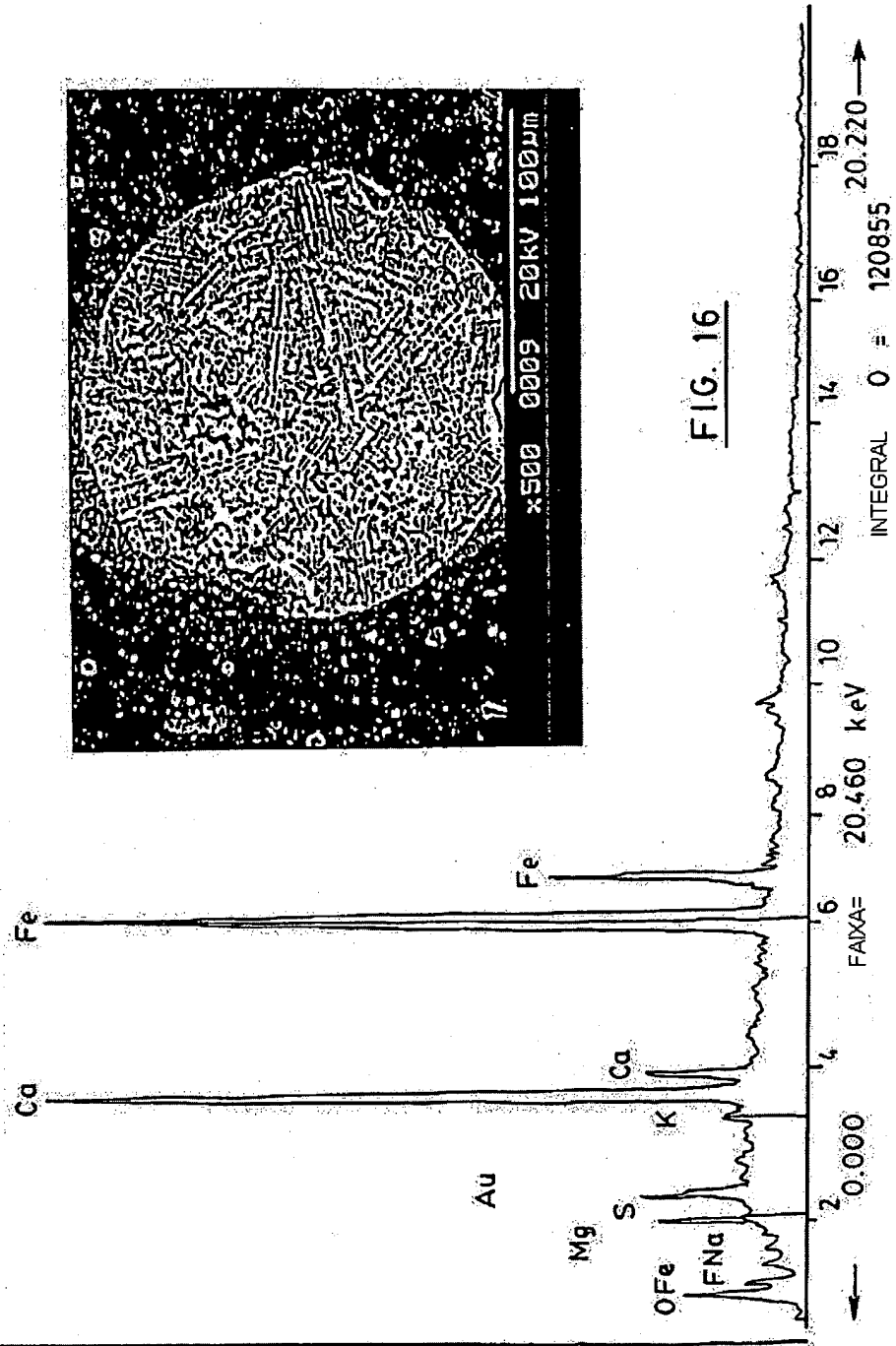


FIG. 16



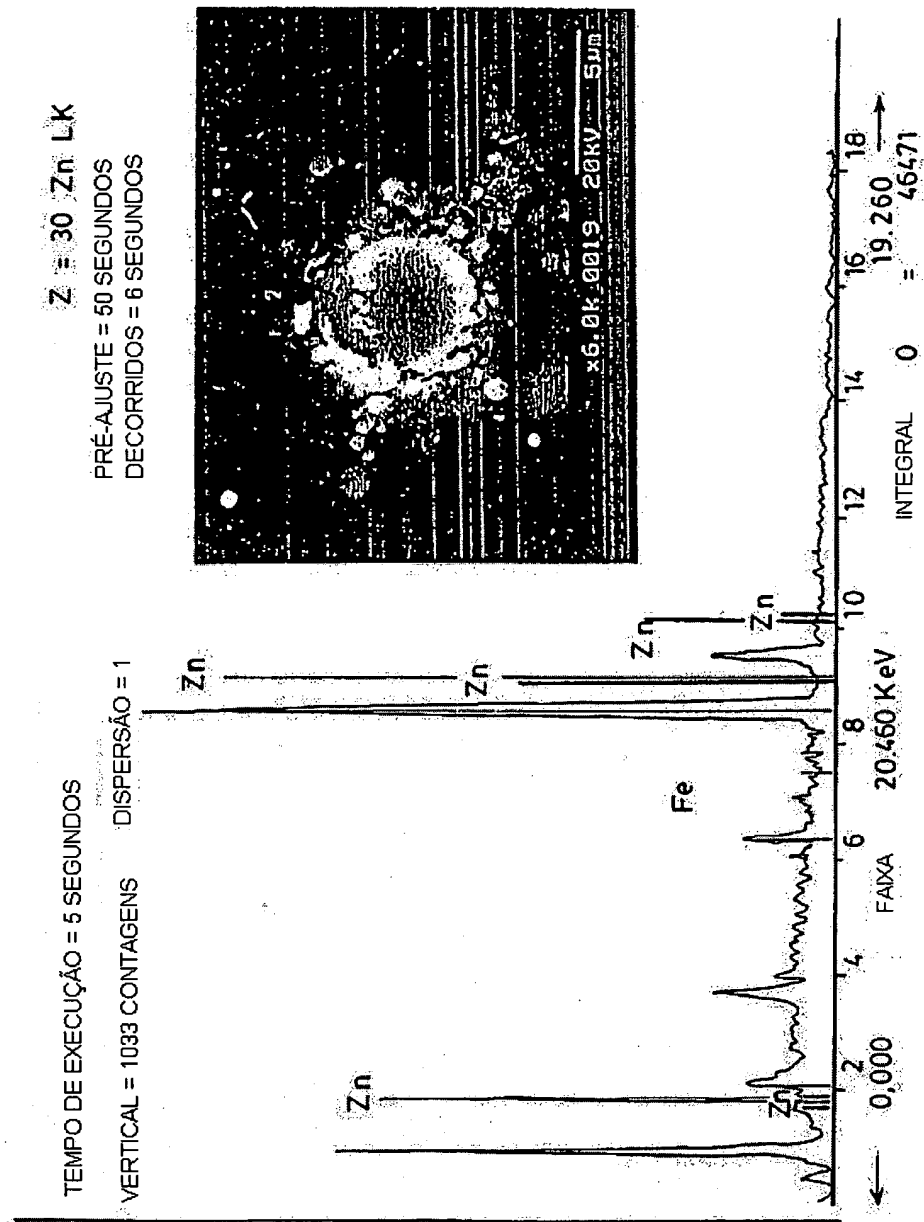


FIG. 17

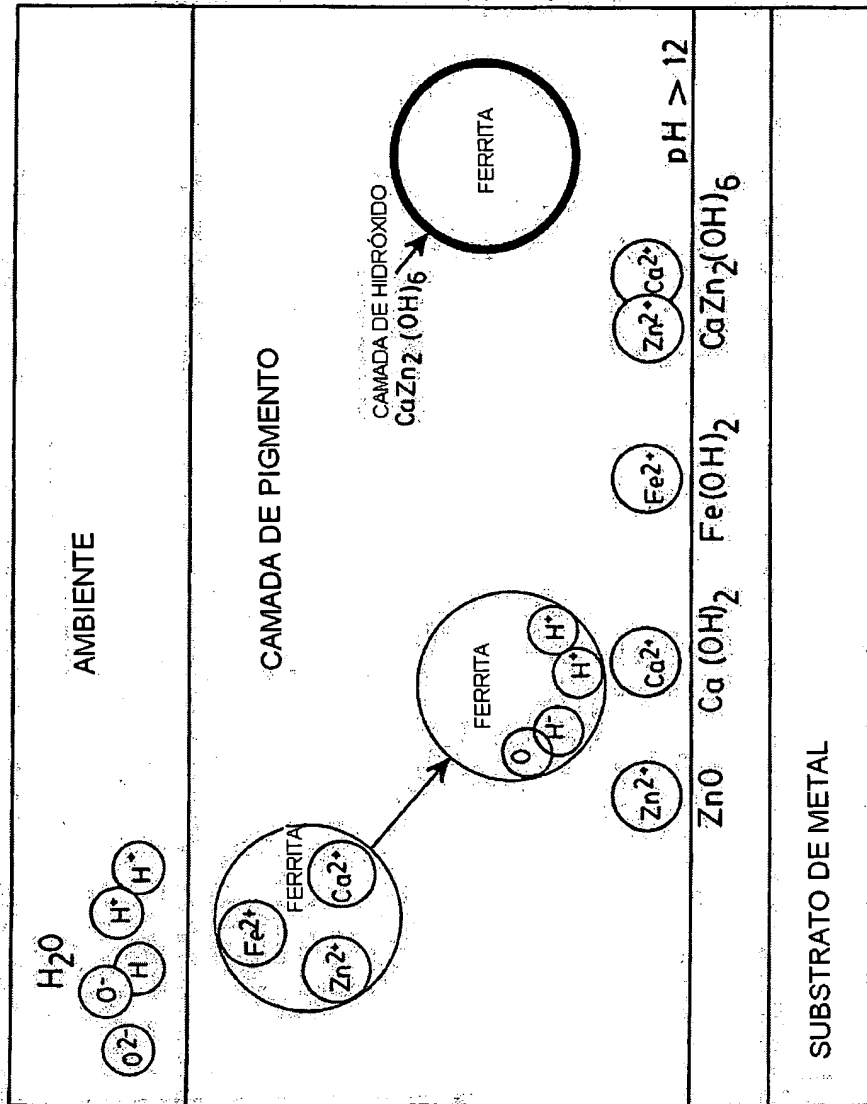


FIG. 18

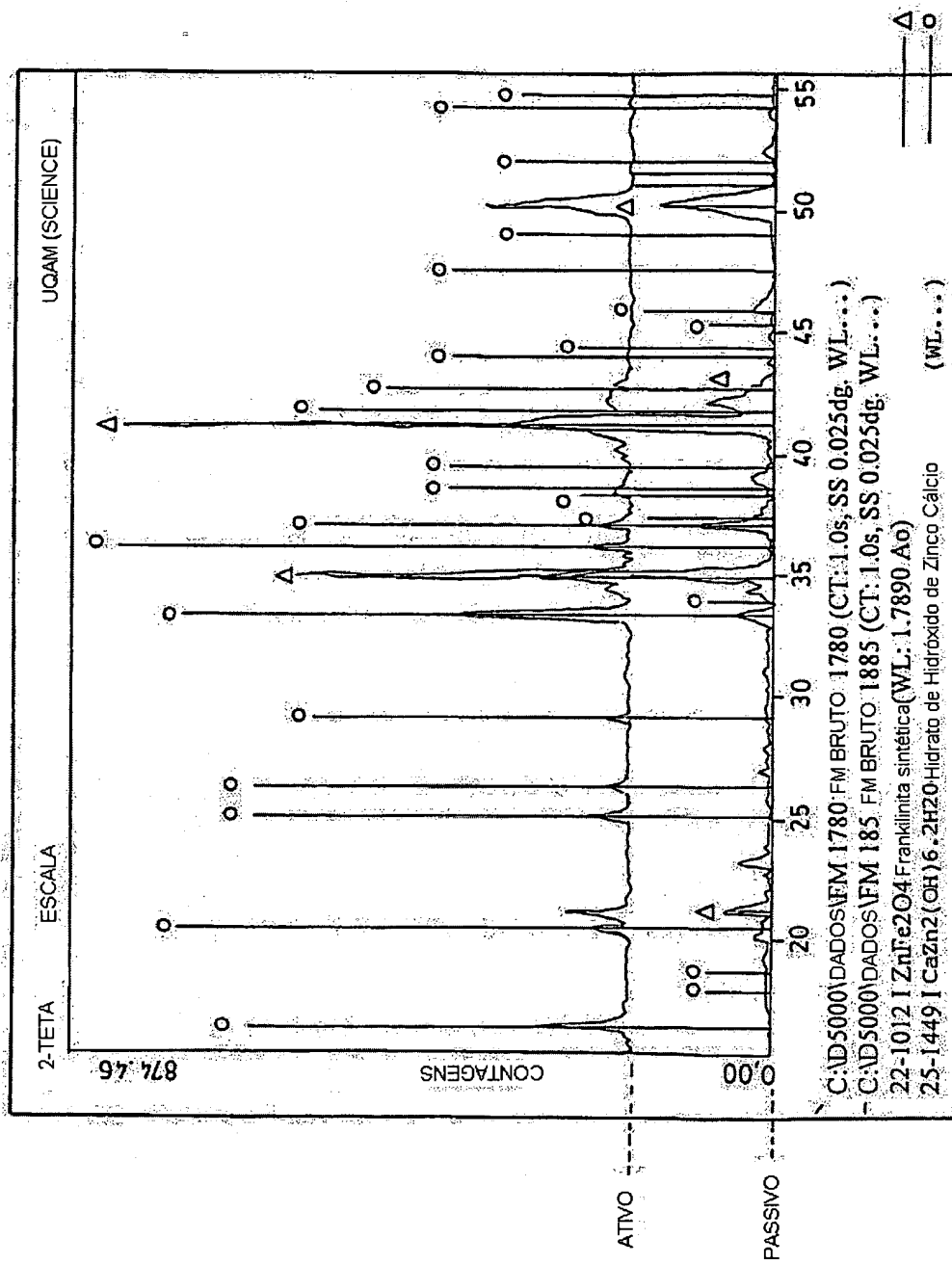


FIG. 19

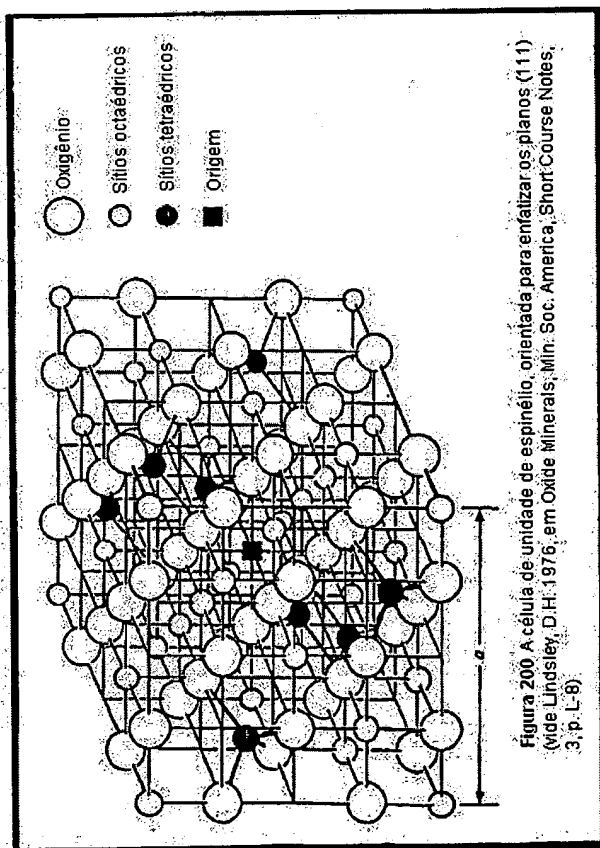


FIG. 20A

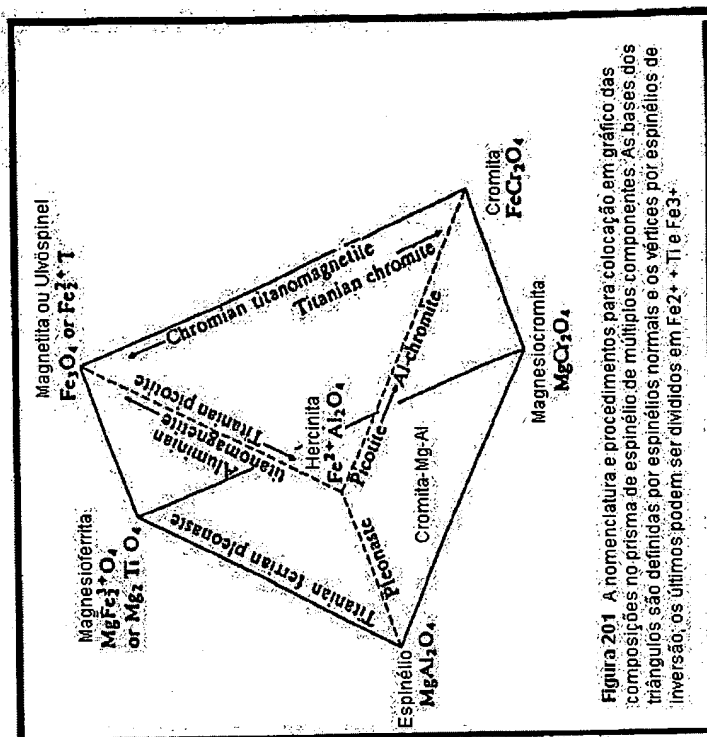


FIG. 20B

Pleonasto de titânio ferroso Titanomagnetita de alumínio
 Picotita de titânio Pleonasto
 Picotita -> Cromita-Al Titanomagnetita de cromo
 Cromita de titânio

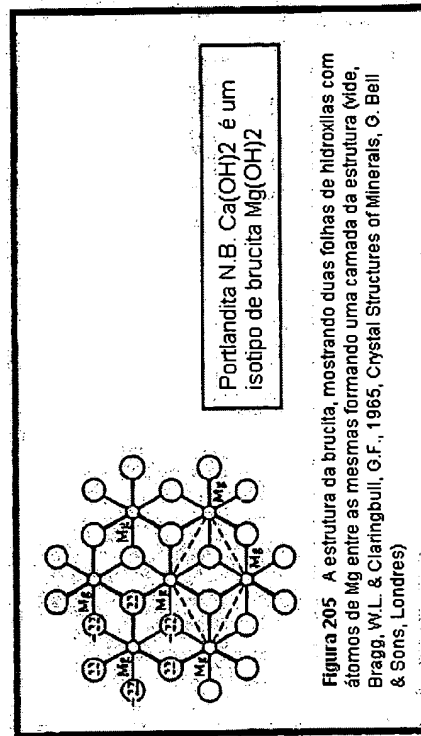


FIG. 20C

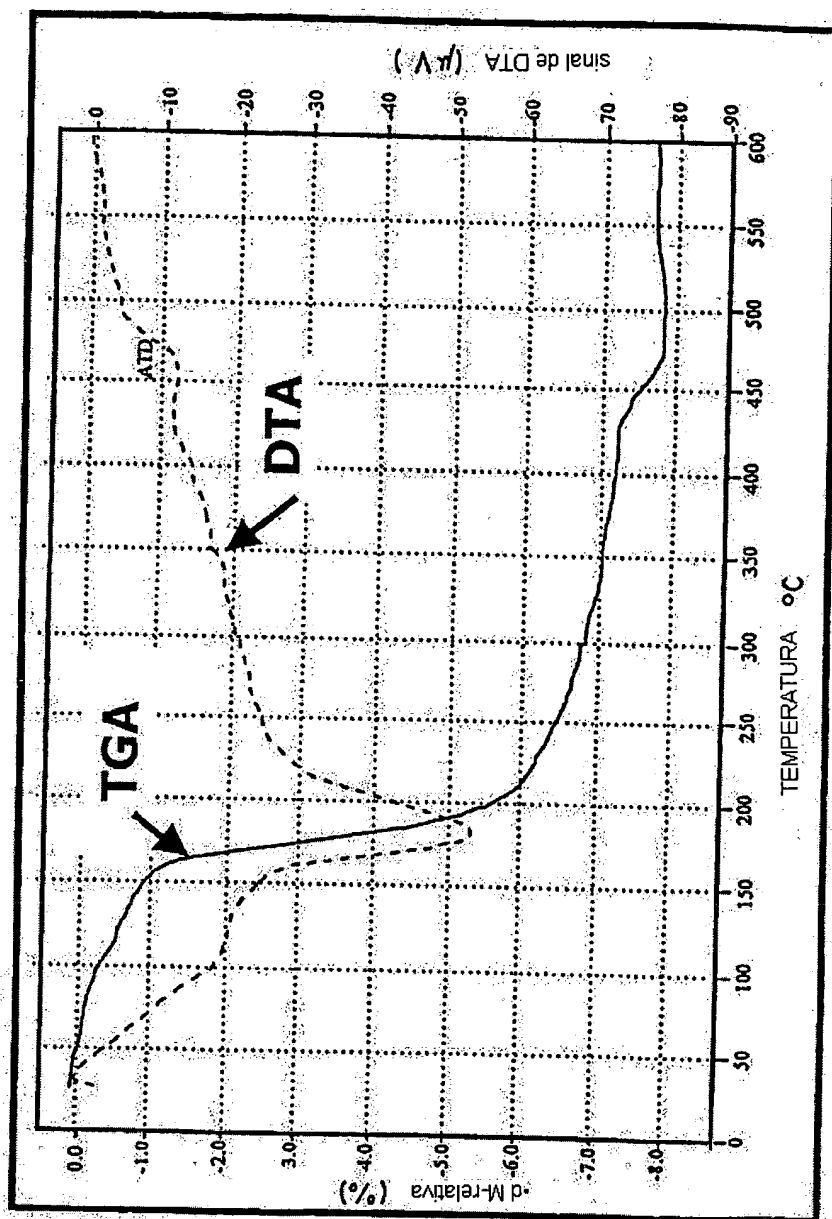


FIG. 21

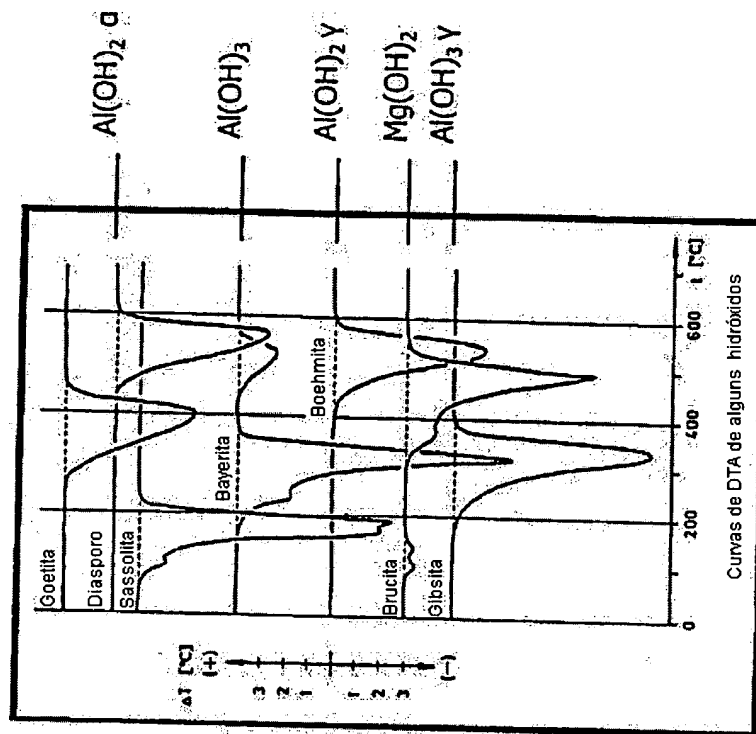


FIG. 22

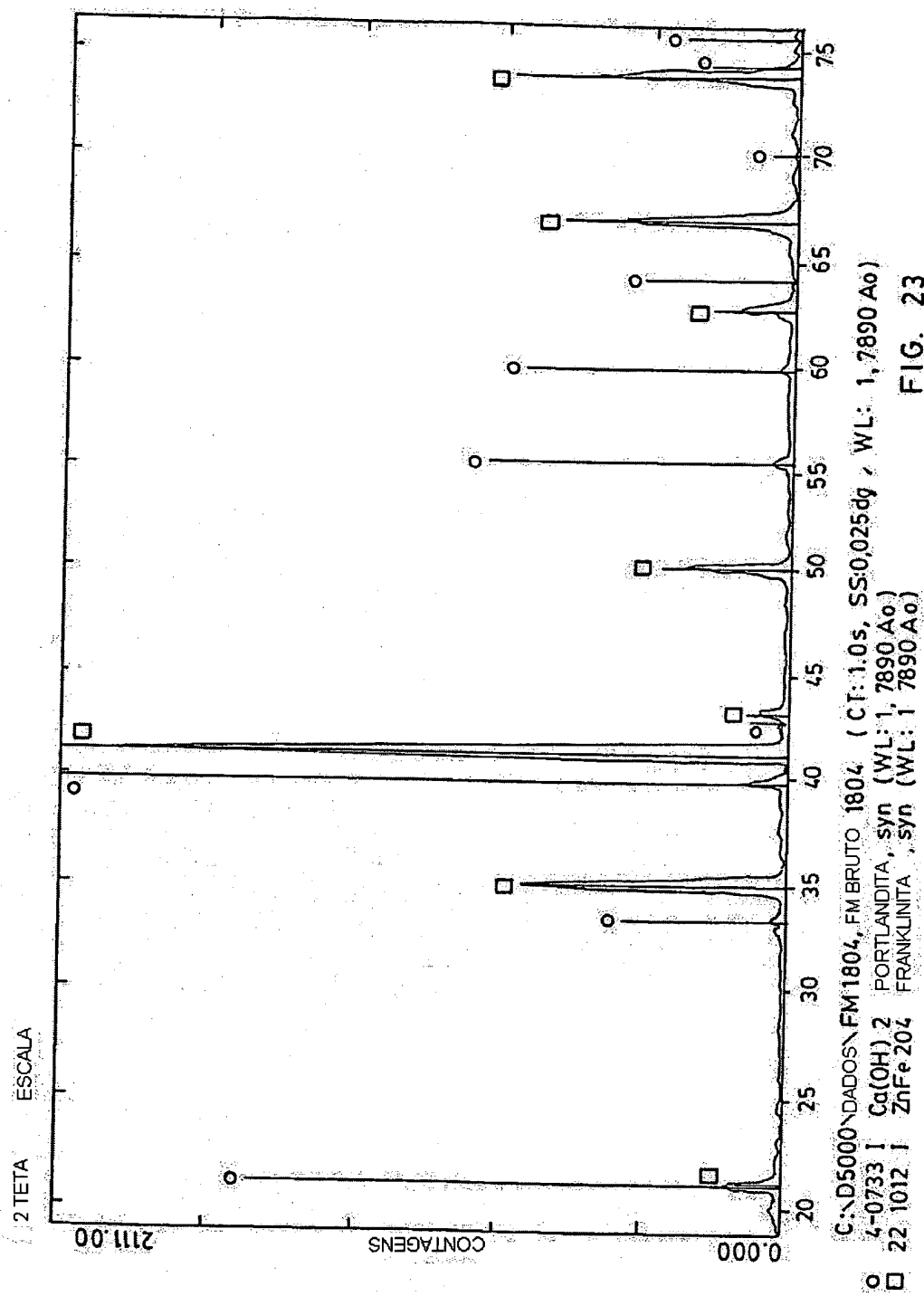


FIG. 23

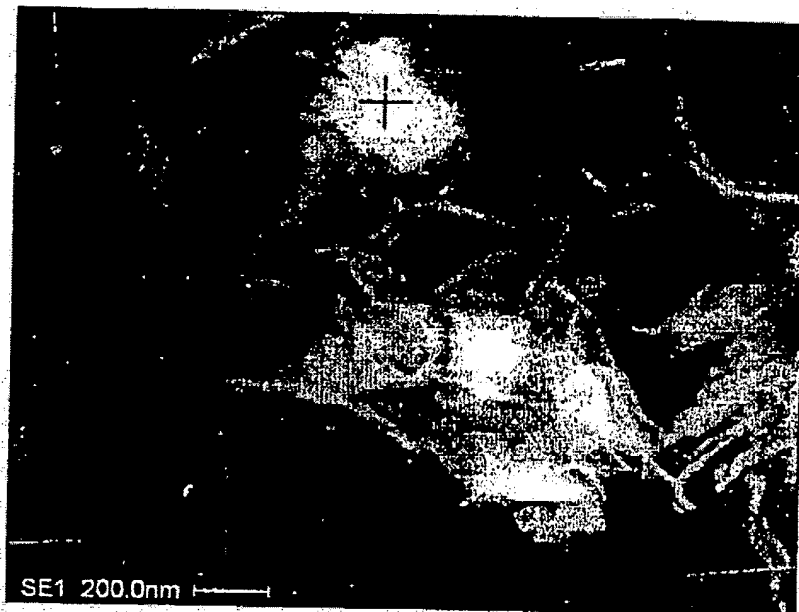


FIG. 24A

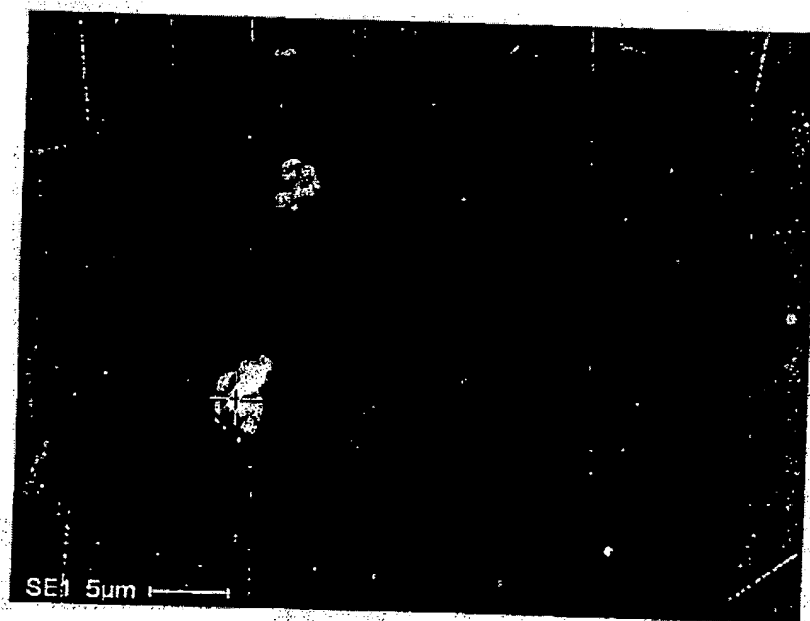


FIG. 24 B

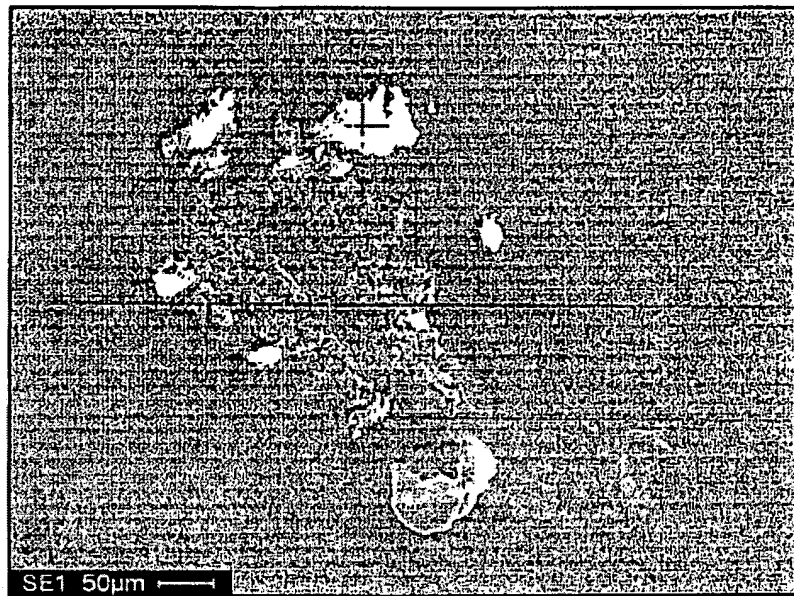


FIG. 24C

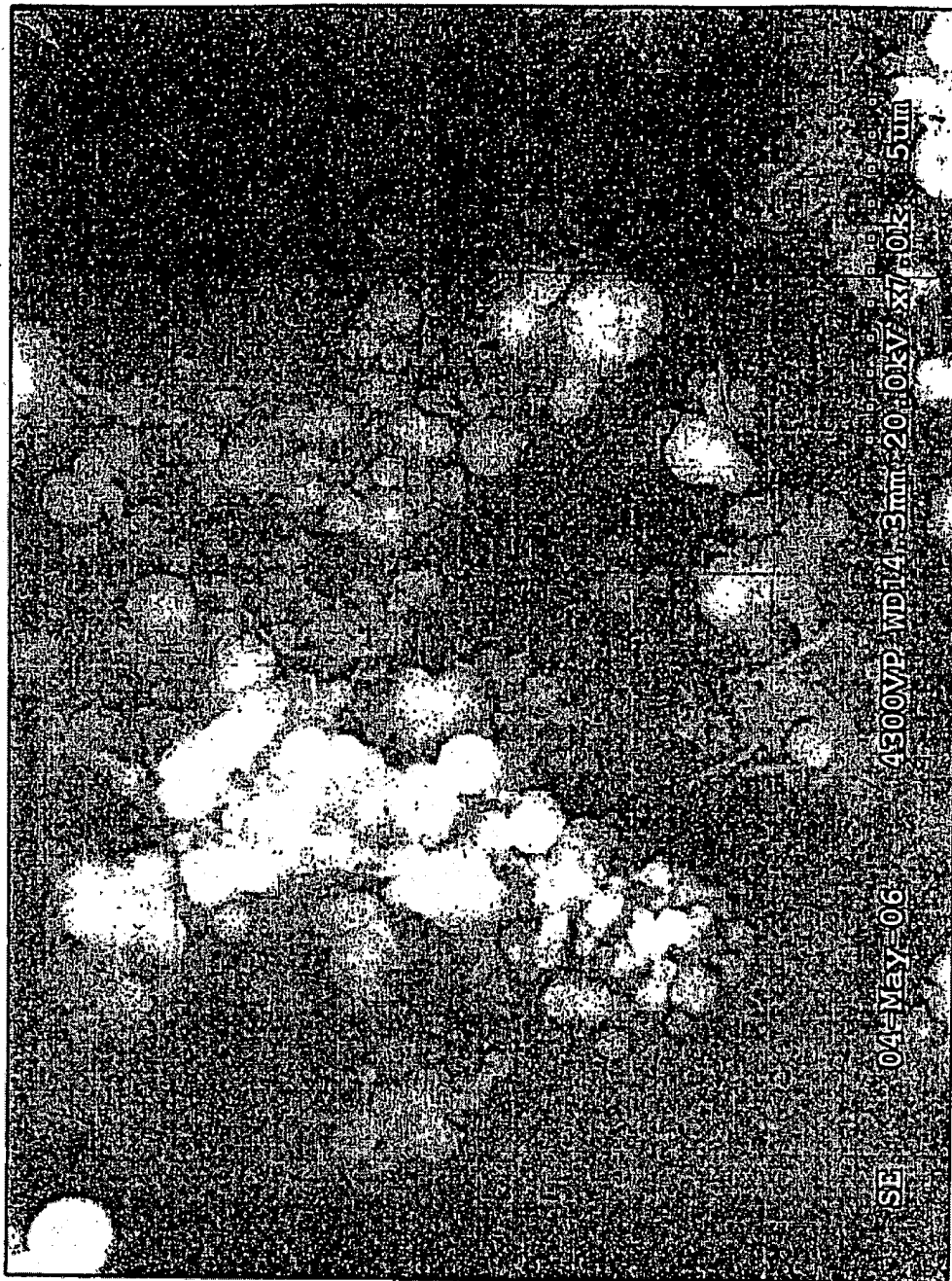


FIG. 26



FIG. 27

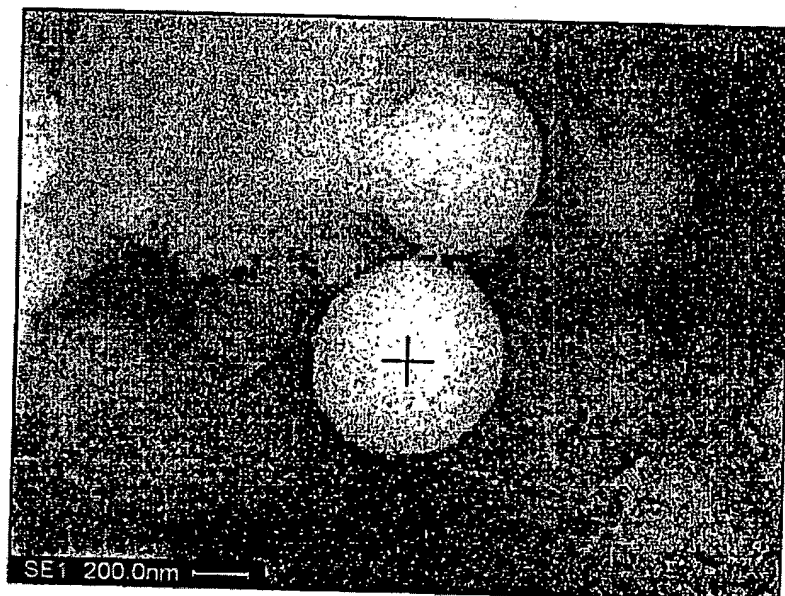


FIG. 28

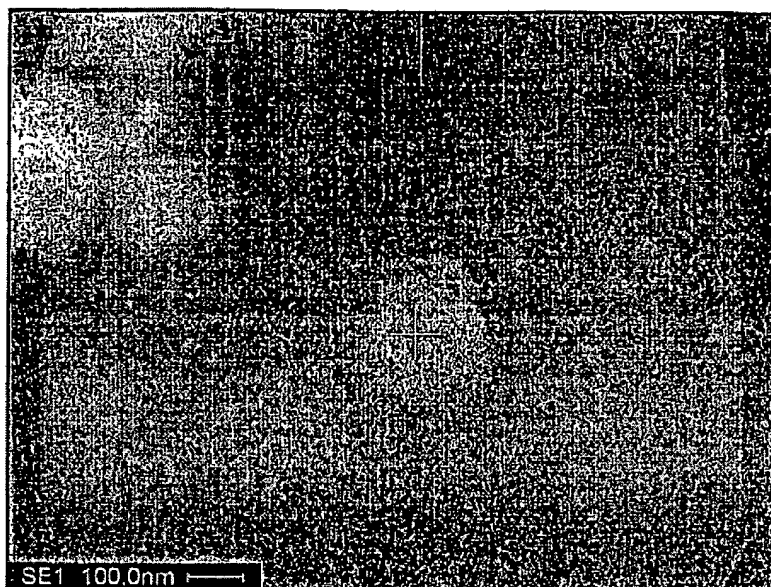


FIG. 29

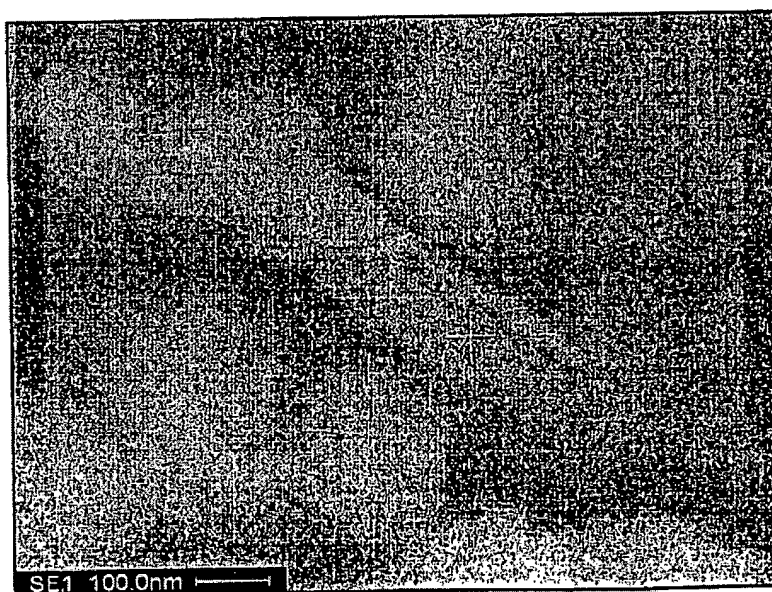


FIG. 30

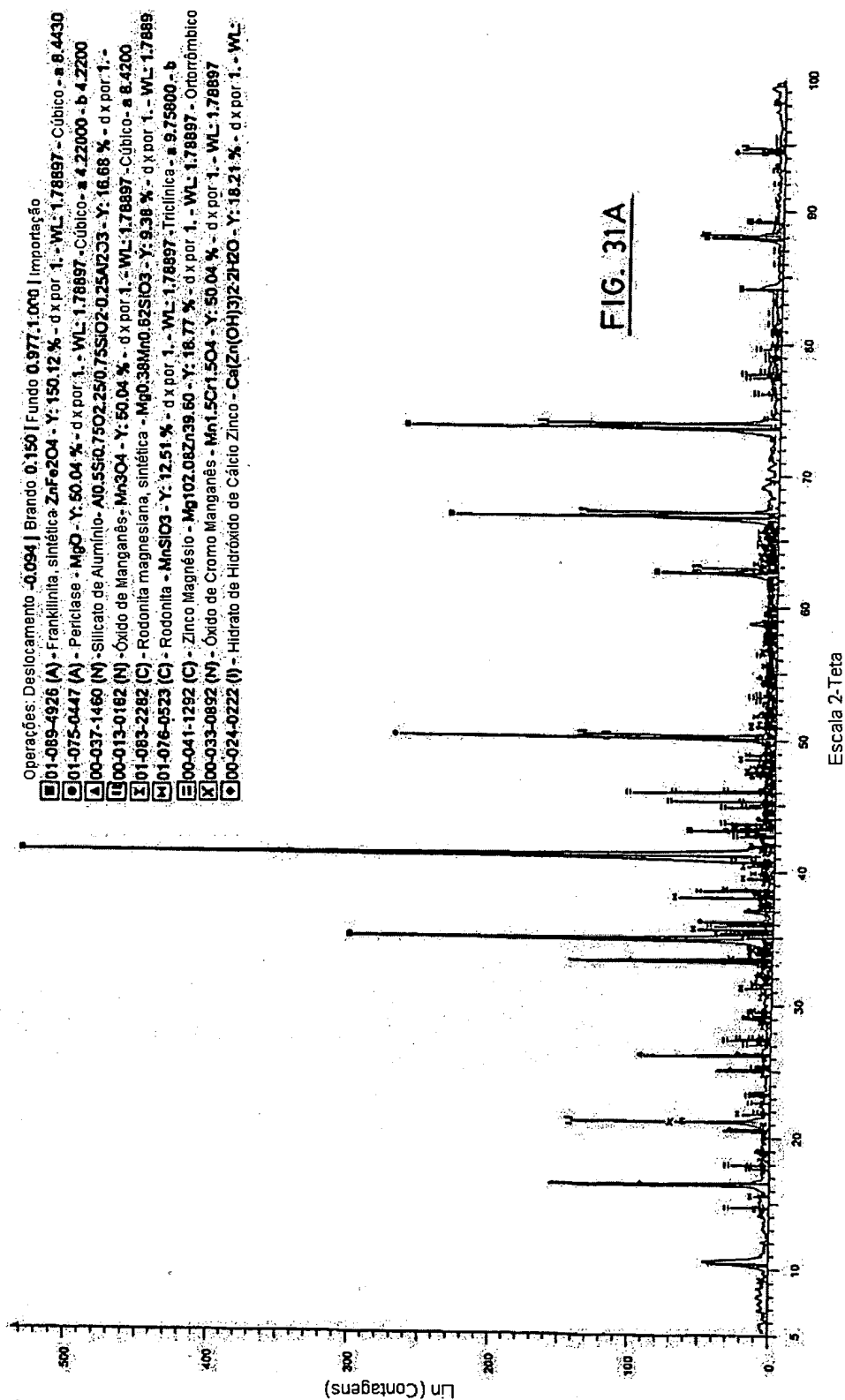




FIG. 32

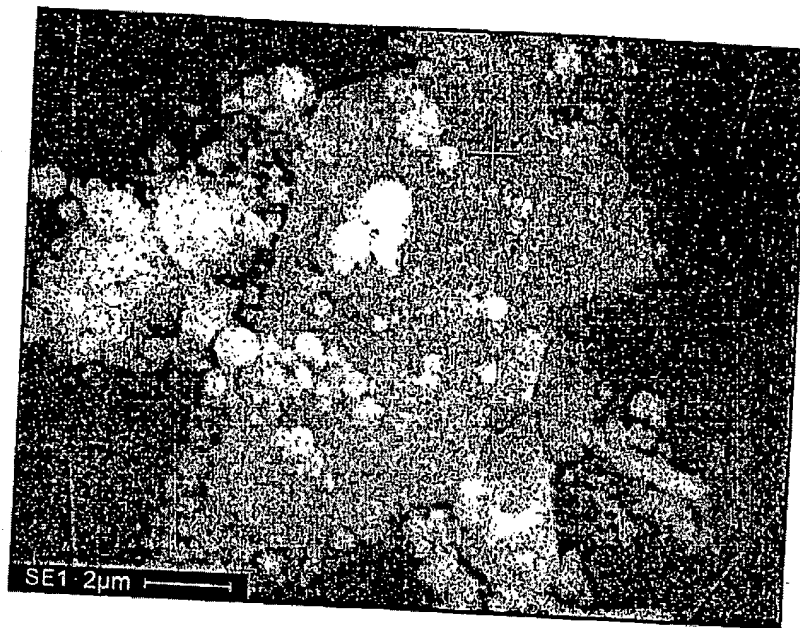


FIG. 33

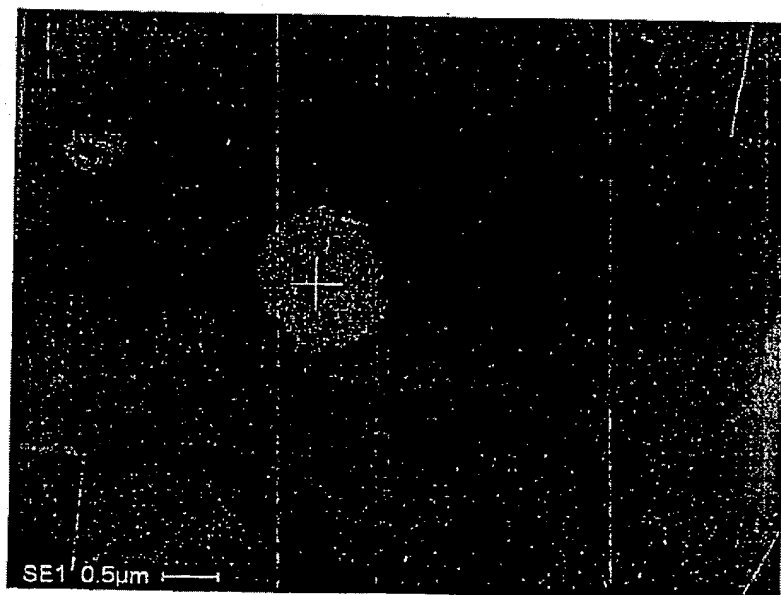


FIG. 34

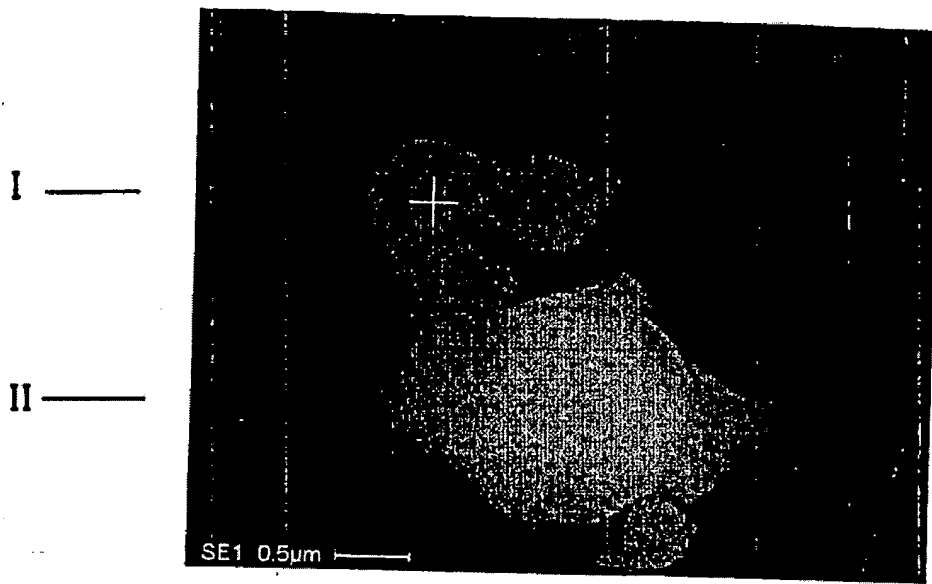


FIG. 35



FIG. 36

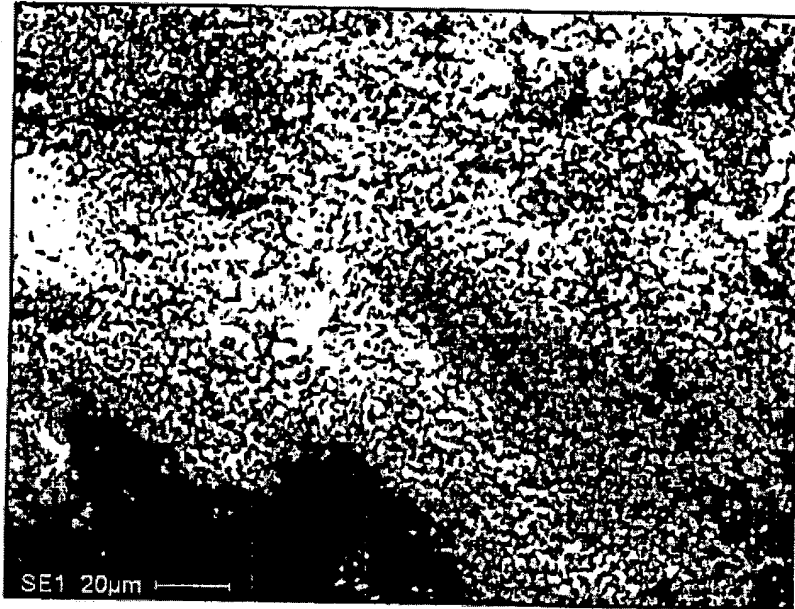
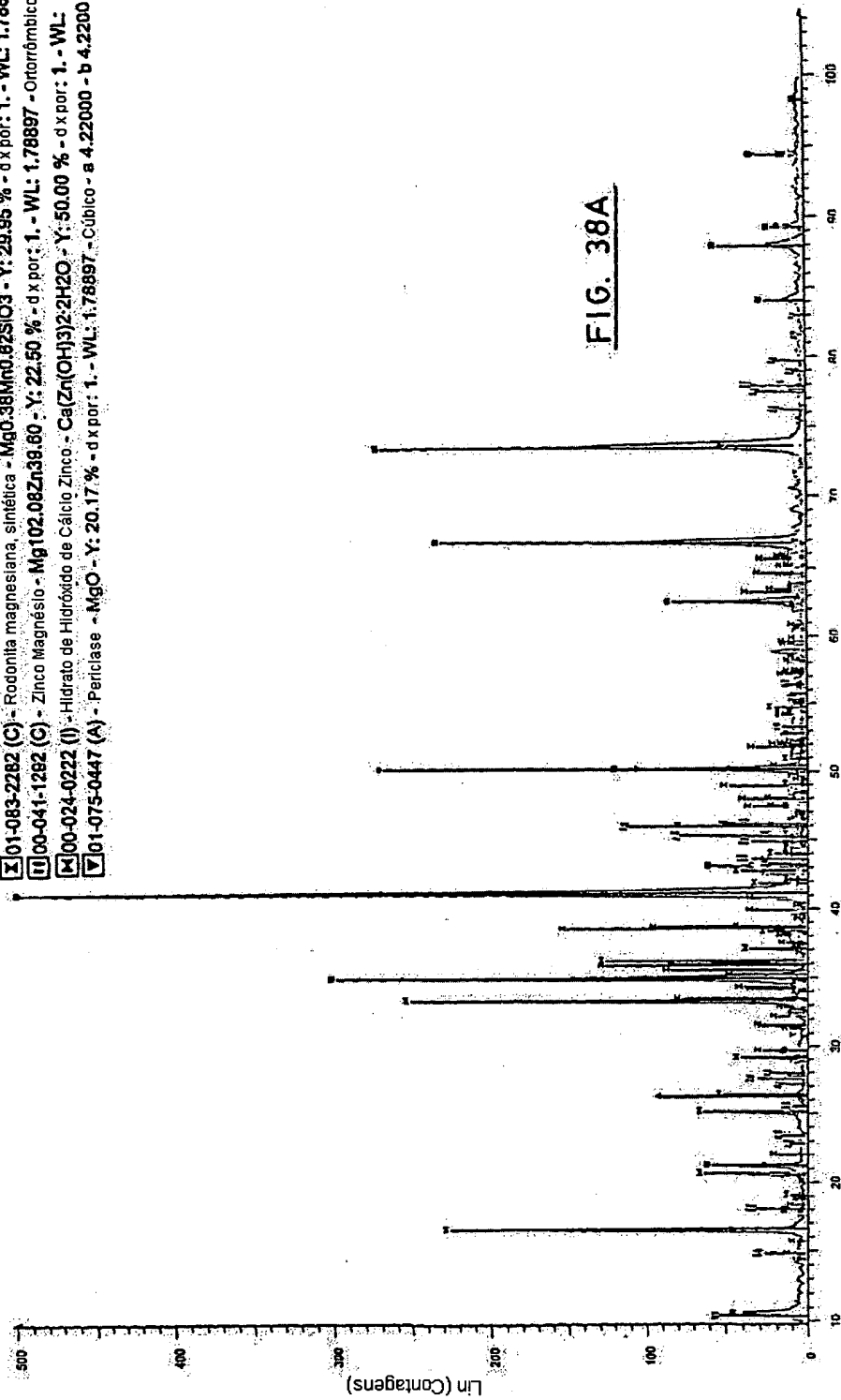


FIG. 37

☒ FM2065 D5MEAS - Programa: MOMO DQL D5MEAS - Programa: MOMO DQL - Arquivo: FM2
 Operações: Brando 0.150 | Fundo 0.977 | 1.000 | Importação
☒ 01-089-4926 (A) - Franklinita, sintética - ZnFe_2O_4 - Y: 159.91 % - d x por: 1. - WL: 1.78897 - Cúbico - a 8.4430
☒ 01-089-7554 (C) - Franklinita - $(\text{Zn,Mn,Fe})(\text{Mn,Fe})_2\text{O}_4$ - Y: 53.30 % - d x por: 1. - WL: 1.78897 - Cúbico - a
☒ 01-075-0447 (A) - Periclase - MgO - Y: 53.30 % - d x por: 1. - WL: 1.78897 - Cúbico - a 4.22000 - b 4.2200
☒ 00-037-1460 (N) - Silicato de Alumínio - $\text{Al}_0.5\text{Si}_0.75\text{O}_2.25\text{O}_2.0.25\text{Al}_2\text{O}_3$ - Y: 17.77 % - d x por: 1. -
☒ 01-083-2282 (C) - Rodonita magnesiana, sintética - $\text{Mg}_0.38\text{Mn}_0.92\text{SiO}_3$ - Y: 29.95 % - d x por: 1. - WL: 1.788
☒ 00-041-1282 (C) - Zinco Magnésio - $\text{Mg}_{102.08}\text{Zn}_{39.60}$ - Y: 22.50 % - d x por: 1. - WL: 1.78897 - Ortorrômbico
☒ 00-024-0222 (I) - Hidrato de Hidróxido de Cálcio Zinco - $\text{Ca}(\text{Zn}(\text{OH})_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - Y: 50.00 % - d x por: 1. - WL:
☒ 01-075-0447 (A) - Periclase - MgO - Y: 20.17 % - d x por: 1. - WL: 1.78897 - Cúbico - a 4.22000 - b 4.2200



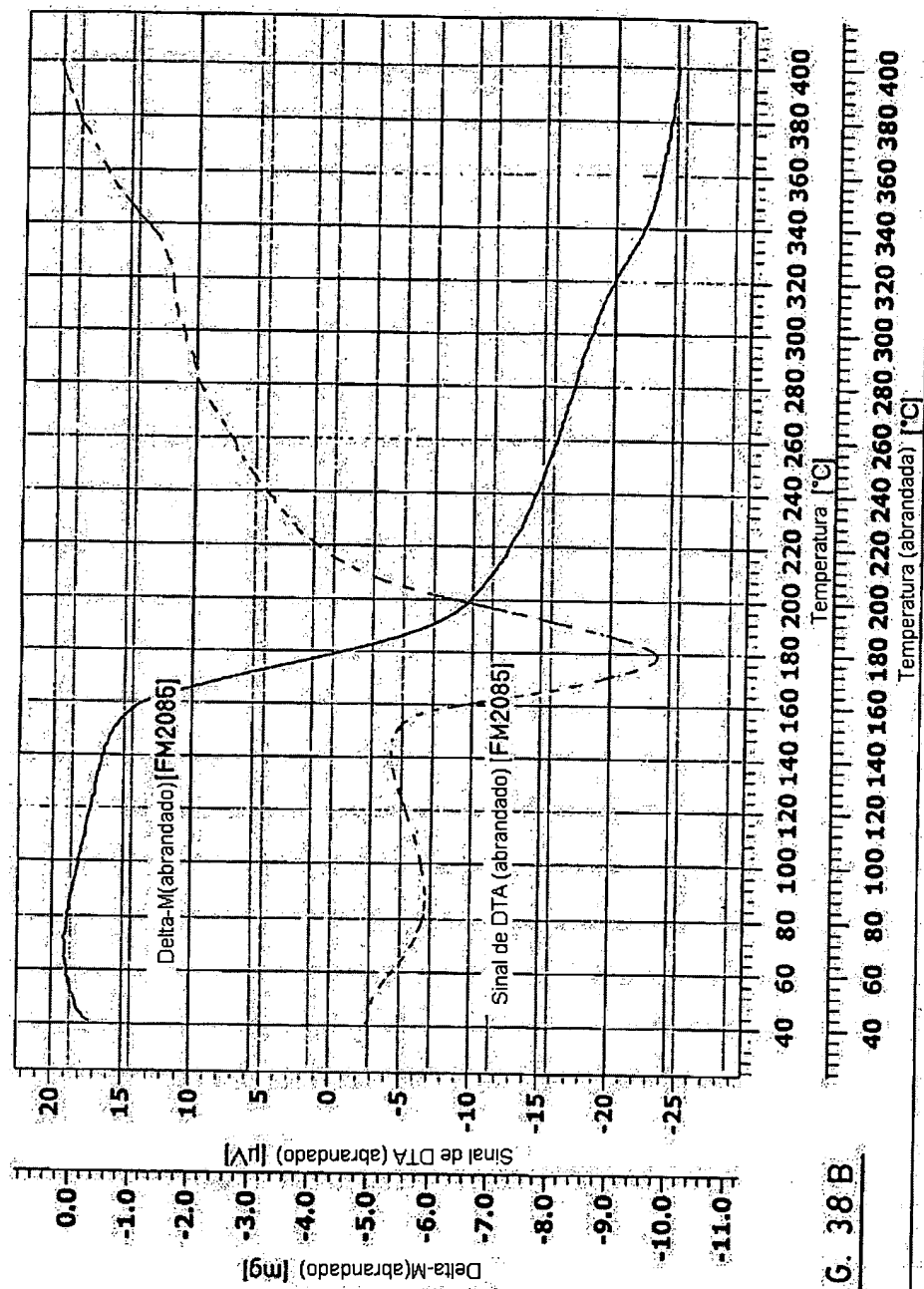


FIG. 38 B

Amostra:	165.4 mg
Atmosfera: Ar	0.0 l/min
Arquivo Zero:	22-5-006

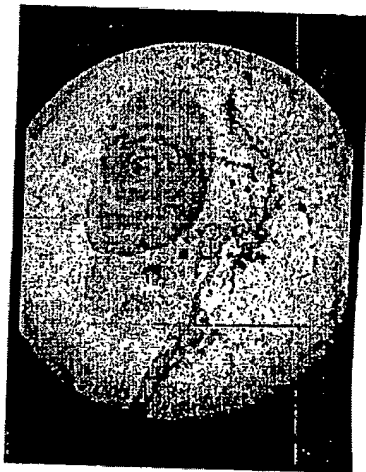


FIG. 39A

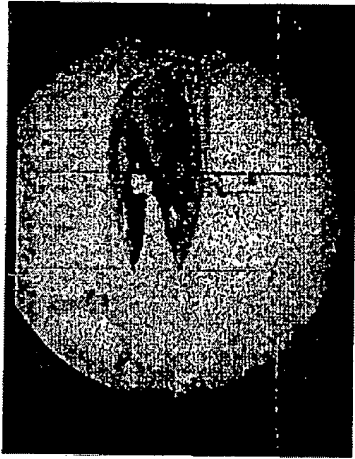


FIG. 39B



FIG. 39C

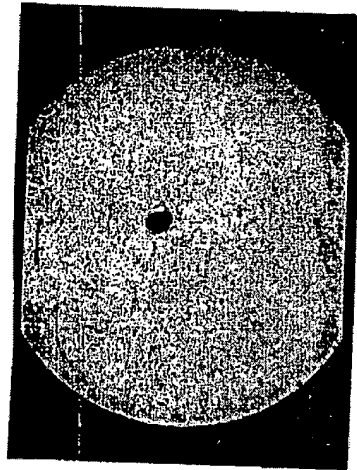


FIG. 39D



FIG. 39E

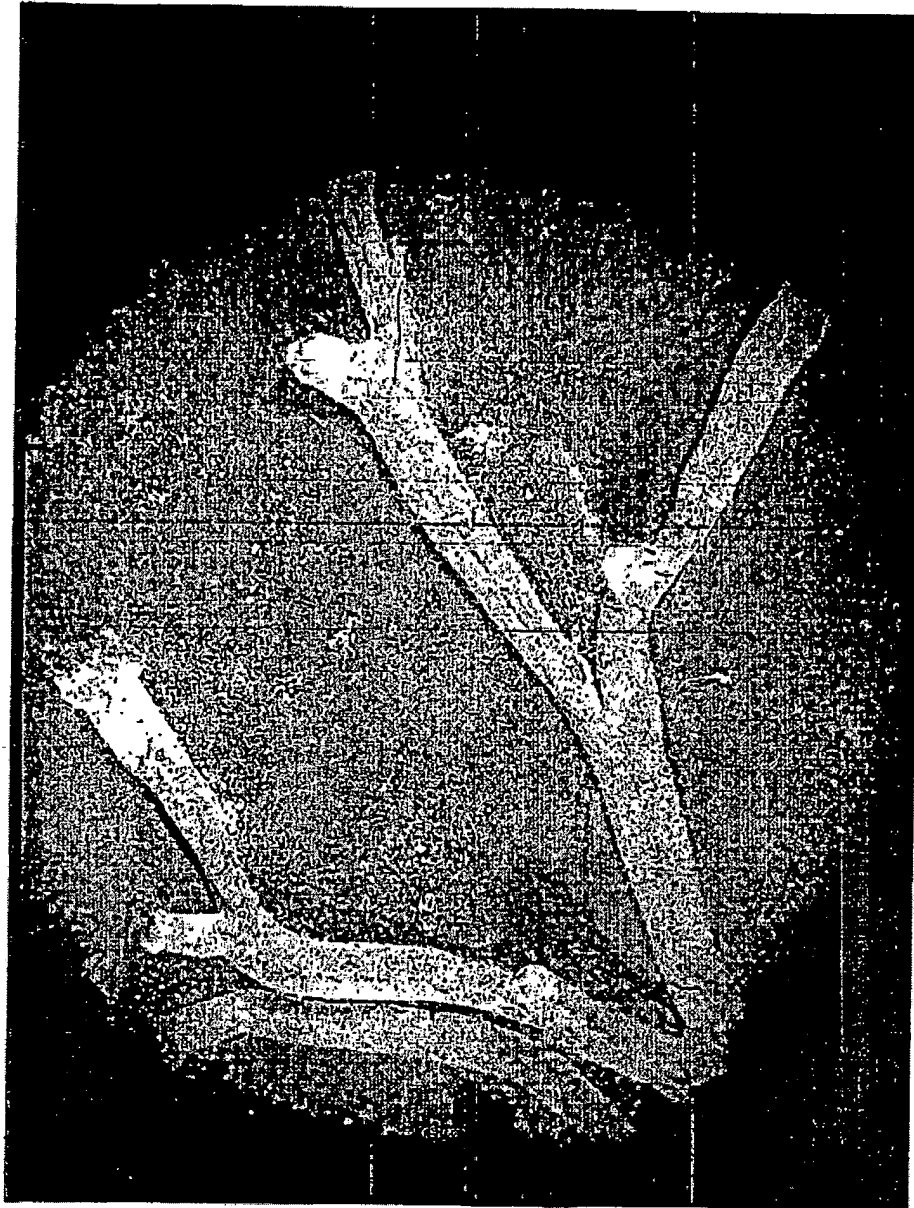


FIG. 40

PIGMENTOS ANTICORROSÃO DERIVADOS DA POEIRA DE UM FORNO DE
ARCO VOLTAICO E CONTENDO CÁLCIO SACRIFICIAL

Um pigmento à base de ferrita anticorrosão, derivado de um processo hidrometalúrgico para purificação de poeira EAF. A poeira EAF é gerada em um forno de arco voltaico para produção de aço carbono, pelo processamento de sucata de metal, ferro diretamente reduzido e/ou hematita pré-reduzida e usando uma escória rica em CaO; a partir da reação de condensação de vapores de metal de Fe ou Zn e de Mn, Mg, Si e/ou Al, e partículas suspensas de CaO e oxigênio. O pigmento contém uma quantidade não tóxica de chumbo e inclui óxidos de metal condensado, compreendendo ferritas $MOFe_2O_3$, M sendo Zn, Fe, Mn e Mg e combinações dos mesmos. Os óxidos condensados possuem estruturas preservadas de poeira EAF e de agregados das mesmas. O pigmento inclui CaO aprisionado pelas estruturas de ferrita e sendo parcialmente disponível para reagir com ar úmido e/ou água para proteger o substrato contra corrosão. Os pigmentos são revestidos ou não. Eles são usados para formulações antifuligem ou pintura.