



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL



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

CARTA PATENTE N.º PI 0501005-5

Patente de Invenção

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito : PI 0501005-5

(22) Data do Depósito : 29/03/2005

(43) Data da Publicação do Pedido : 21/11/2006

(51) Classificação Internacional : C22B 1/24

(54) Título : PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PELOTAS DE MINÉRIO DE FERRO

(73) Titular : SAMARCO MINERAÇÃO S.A., Empresa Brasileira, CGC/CPF: 16628281000161. Endereço: Rua Paraíba, nº 1122 - 9º e 10º Andar, Funcionários, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil (BR/MG), CEP: 30130-918.

(72) Inventor : Cláudio Luis Goulart, Engenheiro Óptico. Endereço: Avenida Alberto Ramalhete Coutinho, 2094 Apt. 502, Guarapari, Espírito Santo, Brasil, CEP: 29200-000.; Joaquim Donizetti Donda, Engenheiro(a), CGC/CPF: 78499216820. Endereço: Rua Francisco Pignatário, 419, Bauxita, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, CEP: 35400-000. Cidadania: Brasileira.

Prazo de Validade : 20 (vinte) anos contados a partir de 29/03/2005, observadas as condições legais.

Expedida em : 18 de Fevereiro de 2014.

Assinado digitalmente por
Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patentes



“PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PELOTAS DE MINÉRIO DE FERRO”

A presente invenção se refere às pelotas de minério de ferro que utilizam concentrados compostos basicamente por minerais de ferro, da ordem de 97 a 98% em peso e cerca de 3 a 2% de outros minerais.

5 ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Os minerais de ferro presentes nos concentrados ferríferos produzidos presentemente são a hematita, a goethita e a magnetita. A hematita, de composição química Fe_2O_3 , pode apresentar-se sob a forma de martita e hematita especular. A goethita apresenta composição química $FeO.OH$, ou seja, um óxido
 10 de ferro hidratado. A magnetita apresenta composição química Fe_3O_4 . Na tabela 1 é apresentada uma composição típica de um concentrado ferrífero.

Tabela 1. Composição típica do Concentrado Ferrífero

Caracterização Mineralógica - Minerais de Ferro - % em peso				Quartzo + outros
Hematita especular	Martita	Goethita	Magnetita	
30 a 97	30 a 97	10 a 97	2 a 30	3 a 2

15 O processo de pelotização, onde são formadas as pelotas de minério de ferro, tem a função de aglomerar as partículas finas com granulometria de 85 a 95 % passante em 0,045 mm, em uma primeira etapa de aglomeração ou pelotamento e promover o endurecimento do aglomerado, também chamado de pelota, em uma
 20 outra etapa de queima, adequando-as aos processos subseqüentes de redução em alto-fornos ou fornos de redução direta, dando origem aos ferros primários na forma de ferro gusa ou ferro esponja respectivamente.

A prática operacional nas plantas de pelotização, bem como vários estudos efetuados mostraram que o percentual em peso de goethita na caracterização mineralógica é de suma importância na produtividade dos fornos de pelotização.
 25 Por ser um óxido de ferro hidratado, o conhecimento até então estabelecido atribui a esta característica um efeito negativo deste mineral na produtividade dos fornos, ou seja, quanto menor o percentual de goethita no concentrado e em conseqüência, quanto maior os percentuais de hematita na forma de martita e principalmente na forma de hematita especular, maior a resistência mecânica das
 30 pelotas e maior a produtividade dos fornos. E, vice-versa, quanto maior o percentual de goethita, menor a resistência das pelotas e menor a produtividade

dos fornos.

O estado da técnica mostra que a goethita é tratada a partir de refugos da mineração e é vista como um contaminante do minério de ferro. Por exemplo, o documento de patente US200296476 em que o minério de goethita é processado
5 como um contaminante na indústria do alumínio, ou na melhor das hipóteses, um produto secundário que confere menor valor ao minério de ferro.

Tal condição explica porque o tratamento do minério não considera a goethita como um produto de principal interesse e a sua separação não prevê o reaproveitamento posterior, mas sim a formação de um refugo de onde pode se
10 extrair ferro de menor qualidade.

O documento de patente japonês JP9279260 refere-se a um processo para a formação de melhoramento da conversão térmica de minério sem a formação de resíduos que degradem o forno durante a queima em que um derivado de óxido de ferro de maior grau de hidratação é adicionado ao material de queima o qual se
15 associa preferencialmente com o refugo para formar um produto facilmente desintegrável e, portanto, de fácil remoção do forno. Esse é um exemplo de aplicação secundária do minério de goethita no processo de beneficiamento do minério de ferro, ou seja, a goethita - tida como menos nobre - é sacrificada durante a queima para formar um refugo mais tratável e menos danoso ao forno.

O documento de patente japonês JP3010027 refere-se a um processo para
20 reduzir a quantidade de coke no alto forno utilizando um minério de ferro com alto teor de goethita cuja granulometria deve ser grosseira, maior ou igual a 1mm de diâmetro, e substituído a temperaturas de 1200 a 1400°C.

O documento de patente GB1130897 refere-se a um processo para
25 tratamento de minério de ferro a partir de minérios de ferro de maior grau de hidratação para a conversão de um material não ferromagnético em um material ferromagnético. Com isso são descritos parâmetros de processo em condições extremamente rigorosas; nesse caso como nos anteriores, o minério de ferro com maior grau de hidratação é utilizado como produto de partida, mas também como
30 minério de sacrifício que preferencialmente reage com o refugo para formar um produto residual menos agressivo ao forno.

O ensinamento tirado do estado da técnica nos mostra que o minério de goethita tem participação secundária dentro da indústria de processamento do minério de ferro e assim suas propriedades não são aproveitadas de maneira

potencialmente oportunas.

DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

A presente invenção será melhor entendida e avaliada através dos desenhos anexos, representados por figuras descritas resumidamente a seguir.

5 Figura 1 representa o esquema de geração de novas superfícies ;

 Figura 2 representa a geração de novas superfícies na partícula de concentrado;

 Figura 3 representa o processo de obtenção de uma pelota ideal;

10 Figura 4 representa o processo de obtenção de uma pelota de menor resistência mecânica; e

 Figura 5 representa a curva do percentual de perda de massa – PPC versus temperatura;

 Figura 6 representa as curvas percentuais de perda de massa – PPC versus tempo para temperaturas de 300 e 600 Celsius;

15 DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Várias são as hipóteses para explicar o efeito negativo da goethita na pelotização, mas nunca foi identificado, comprovado e medido o seu real efeito de acordo com a presente invenção, que pode assim ser sintetizado: as pelotas, que têm goethita na sua composição, ao passarem pelas fases de secagem e pré-
20 queima (8) no forno de pelotização, atingem temperaturas que provocam o rompimento dos grãos de goethita (2) gerando partículas menores e em consequência superfícies novas (1), nas quais não há aglomerantes e fundentes (5). Desta forma as descontinuidades (11) geradas quando as partículas se rompem devido ao aquecimento tornam as pelotas mais fracas. Na figura 1 é
25 mostrado esquematicamente a geração de novas superfícies 1 através da quebra sucessiva da partícula “tal qual”.

 Como pode ser observado, a partícula denominada “tal qual” tem como superfície as faces do cubo original. Uma partícula sofrendo um rompimento segundo uma das faces, gerando duas partículas como está representado na
30 primeira quebra, tem um aumento de área superficial correspondente às duas novas superfícies (1). Na segunda quebra são geradas quatro partículas e duas novas faces com equivalente aumento de área superficial.

 Para uma partícula de goethita (2) pode ser também demonstrado o efeito da quebra, conforme mostrado na figura 2.

Na figura 4 é mostrada a seqüência em que é obtida uma pelota considerada ideal, de alta resistência mecânica. Neste caso o concentrado formado por grãos de hematita ou martita (3) são misturados aos aglomerantes e fundentes (5) adicionados, na etapa denominada mistura (4). Como visto nas figuras 3 e 4 após a etapa de mistura os aglomerantes e fundentes (5) se apresentam envolvendo os grãos de minério. Na etapa de pelotamento (6), os grãos se aglomeram em forma de pelotas, denominadas de pelotas cruas (7). Uma vez formada, as pelotas são submetidas às fases de secagem e pré-queima (8) e queima (9), resultando numa pelota resistente (10).

Na figura 5 é mostrado o que acontece quando a goethita (2) ou outros minerais hidratados estão presentes no concentrado de minerais de ferro. Neste caso, as partículas de goethita (2) ao se romperem nas fases de secagem e pré-queima (8) apresentam descontinuidades (11) que não são preenchidas pelas aglomerantes, pois estas descontinuidades se formaram após a adição destes e assim apresentam pontos de fraqueza. E após a fase de queima (9), resultam numa pelota de baixa resistência (12).

O conceito inovador da invenção se resume em antecipar o rompimento das partículas de goethita (2), antes da adição de aglomerantes e fundentes (5), permitindo que as superfícies geradas no rompimento sejam envolvidas pelos aglomerantes e fundentes (5), proporcionando a alta resistência mecânica características das pelotas formadas por minérios de ferro composto por Martita ou Hematita especular (3).

Foram conduzidos experimentos para comprovar o aumento de superfícies e estabelecer as condições de processo para obter rompimento das partículas de goethita.

Na tabela 2 são apresentados os resultados de medições de área superficial específica para vários compostos diários de concentrados produzidos. Estas medições foram efetuadas antes e depois do material ser submetido à temperatura de 600 graus Celsius no intervalo de tempo de 10 minutos.

Tabela 2: Resultado de medições de áreas superficial específica.

Amostras de concentrado – 2005				
Amostras	Natural	Submetido a 600°C por 10 minutos	Delta Blaine	Delta PPC (%)

	SE (cm ² /g)	PPC (%) em peso)	SE (cm ² /g)	PPC (%) em peso)		
PF 001	2307	2.35	2793	1.97	486	84
PF 002	2085	2.45	2652	2.06	567	84
PF 003	2295	2.70	2842	2.26	547	84
PF 004	2238	2.68	2579	2.32	341	87
PF 005	2230	2.60	3014	2.29	784	88
PF 006	2241	2.41	2599	2.09	358	87
PF 007	2014	2.45	2354	2.07	340	84
PF 008	2056	2.11	2347	1.78	291	84
PF 009	2267	2.49	2381	2.05	114	82
PF 010	2348	2.69	2715	2.29	367	85
PF 011	2395	2.49	2652	2.09	257	84
PF 012	2285	2.54	2827	2.12	542	83
PF 013	2032	2.53	2723	2.20	691	87
PF 014	2347	2.80	2848	2.17	501	78
PF 015	2227	2.88	2901	2.50	674	87
PF 016	2268	2.53	2841	2.07	573	82
PF 017	2246	2.55	2878	2.18	632	85
PF 018	2599	2.22	2875	2.03	276	91
PF 019	2547	2.42	3136	2.04	589	84
PF 020	2546	2.37	2818	1.98	272	84
PF 021	2473	2.25	2784	1.89	311	84
PF 022	2172	2.00	2402	1.70	230	85
PF 023	2335	2.12	2503	1.77	168	83
PF 024	2533	2.40	2785	1.96	252	82
PF 025	2452	2.50	2894	2.07	442	83
PF 026	2413	2.61	2748	2.09	335	80
PF 027	2325	2.45	2726	1.93	401	79
PF 028	2492	2.45	2889	2.06	397	84
PF 029	2217	2.30	2558	1.85	341	80
PF 030	2163	2.33	2449	1.82	286	78

MÉDIA	2305	2.46	2717	2.06	412	84
DESVIO PADRÃO	156	0.20	200	0.18	166	3
MÁXIMO	2599	2.88	3136	2.50	784	91
MÍNIMO	2014	2.00	2347	1.70	114	78
AMPLITUDE	585	0.88	789	0.80	670	14

Nas colunas "Natural" da Tabela 2, temos que:

- O índice SE é a área superficial específica determinada pelo método de "Blaine". Este índice é denominado de uma forma simplificada apenas de Blaine. O valor de 2056 determinado para a amostra PF 008 é a determinação usual. Significa que o material apresenta 2056 cm²/g de área superficial específica.
- O índice PPC, perda por calcinação, de 2,11 corresponde à perda de massa com o material submetido à 1000 graus Celsius durante 60 minutos, ou seja o método usual de determinação deste parâmetro.

As amostras foram submetidas durante 10 minutos à temperatura de 600 graus Celsius. Para a amostra PF 008 obteve-se PPC de 2,11 e Blaine de 2056. Nas colunas Delta Blaine o valor é de 291. Isto significa que houve uma geração de nova superfície de 291 cm²/g.

Na tabela 03 são apresentados os resultados para uma amostra de concentrado de baixo teor de Goethita.

Tabela 3. Resultado de uma amostra com baixo teor de goethita.

Natural		600°C, 10 minutos	
PPC	SE	PPC	SE
0,25	1265	0,09	1270

Como pode ser observado, o PPC é de 0,25% demonstrando que o material apresenta baixo conteúdo de Goethita. O conteúdo de hematita especular é alto e não deve ocorrer aumento significativo de área superficial específica. Após a submissão da amostra à temperatura de 600 graus Celsius durante 10 minutos, há um aumento de apenas 5 unidades na área superficial específica ou Blaine. Este é um dos fatores que explicam a maior resistência mecânica das pelotas feitas com concentrados de baixo teor de goethita.

Para estabelecer os parâmetros do processo foi estudado o comportamento

do material quando submetido a diferentes temperaturas em diferentes intervalos. Pois como observado na Tabela 2, a geração média de Blaine ocorreu quando obtivemos 84 % de perda de massa por calcinação.

Na figura 5 é mostrado o comportamento de um concentrado de minerais de ferro, com goethita, quando submetido a diferentes temperaturas no intervalo de tempo de 10 minutos.

Em ordenada está representada a perda de massa em porcentagem do peso inicial, ou seja, a perda por calcinação, ou PPC. O último ponto correspondente ao tempo de 60 minutos, na temperatura de 1000 graus Celsius é o próprio procedimento de determinação deste parâmetro através do método de laboratório. O concentrado quando submetido à temperatura de 600 graus Celsius por 10 minutos libera cerca de 80% da água de desidratação. Estas condições sinalizam para uma boa possibilidade de aplicação do processo industrialmente.

Na figura 6 é mostrado o comportamento do Concentrado submetido às temperaturas de 300 e 600 graus Celsius em diferentes tempos.

É notório que na temperatura de 600 graus Celsius o fenômeno ocorre em tempo muito pequeno, favorecendo ainda mais uma possível aplicação do método industrialmente, pois isto pode ser feito com investimentos relativamente baixos a um custo operacional também baixo. Atinge-se cerca de 80% de perda de massa com o material submetido à temperatura de 600 graus Celsius no tempo de 3 minutos.

Na tabela 4 é apresentada a caracterização mineralógica e física de três amostras de concentrado utilizadas para a produção de pelotas queimadas. A amostra PF 101 corresponde a um minério de ferro com alto teor de hematita especular e as amostras PF 102 e 103 correspondem a um minério de ferro com alto teor de goethita. Sendo que a amostra PF 103 foi submetida a temperatura de 600°C por 10 minutos, antes de ser misturada com os fundentes e aglomerantes, necessários ao processo de pelotamento e adequação da composição química das pelotas.

Tabela 4. Caracterização mineralógica e física de alimentação (*pellet feed*)

Análise Mineralógica e Física do Pellet Feed	AMOSTRAS		
	PF 101	PF 102	PF 103
Hematita Especular (% em peso)	80.0	21.0	21.0

Goethita (% em peso)	2.0	28.5	28.5
PPC (% em peso)	0.50	3.29	3.29
Peso Especifico (g/cm ³)	5.10	4.85	4.85

As amostras de concentrado foram utilizadas para a produção de pelotas em disco de pelotização e a queima foi realizada em usina piloto do tipo *pot grate*.

Na tabela 5 é apresentado o resultado das principais características físicas das pelotas produzidas.

Tabela 5. Caracterização física de pelota queimada

Análise Física de Pelota Queimada	AMOSTRAS		
	PQ 101	PQ 102	PQ 103
Tamboramento (%)	95.0	92.5	94.5
Abrasão (%)	5.0	7.5	5.5
Compressão (kg/pelota)	420	250	380
% - 6.3 mm	0.5	2.0	0.8

Como apresentado na tabela 5, as pelotas produzidas com o concentrado submetido a 600°C por 10 minutos antes da mistura com aglomerantes e fundentes (PQ 203) apresentaram características físicas similares às pelotas produzidas com o concentrado com alto teor de hematita especular (PQ 201). As produtividades obtidas em escala de *pot grate* são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados de produtividade da grelha

Análise de Produtividade	AMOSTRAS		
	PQ 201	PQ 202	PQ 203
Produtividade da Grelha (TSM/m ² /dia)	29.4	25.6	28.2

Com base nas informações expostas até o momento, conclui-se que a produção de pelotas de minério de ferro fabricadas a partir de concentrado com teores de goethita acima de 10 % em peso realiza-se, na sua melhor forma, através inclusão do tratamento deste concentrado a temperaturas acima de 200°C com tempo de residência de 3 a 30 minutos para promover a quebra e a geração de novas superfícies antes da mistura com aglomerantes e fundentes.

REIVINDICAÇÕES

01. Processo de produção de pelotas de minério de ferro fabricadas a partir de concentrados com teor de goethita, acima de 10% em peso caracterizado pelo fato de que inclui uma etapa de exposição do concentrado que compreende 5 temperaturas entre 200°C e 600°C com um tempo de residência entre 3 a 30 minutos antes da mistura com aglomerantes e fundentes.

02. Pelotas de minério de ferro, obtidas pelo processo conforme definido na reivindicação 1, caracterizado por compreenderem concentrados de minério de ferro com teores de goethita acima de 10% em peso.

10 03. Pelotas de minério de ferro, de acordo com a reivindicação 2, caracterizadas pelo fato de apresentar características físicas de tamboramento na faixa de 94 a 96%, abrasão na faixa de 4 a 6%, compressão na faixa de 350 a 450 Kg/pelota e percentual granulométrico menor que 6,3 mm na faixa de 0,2 a 1,0%.

15

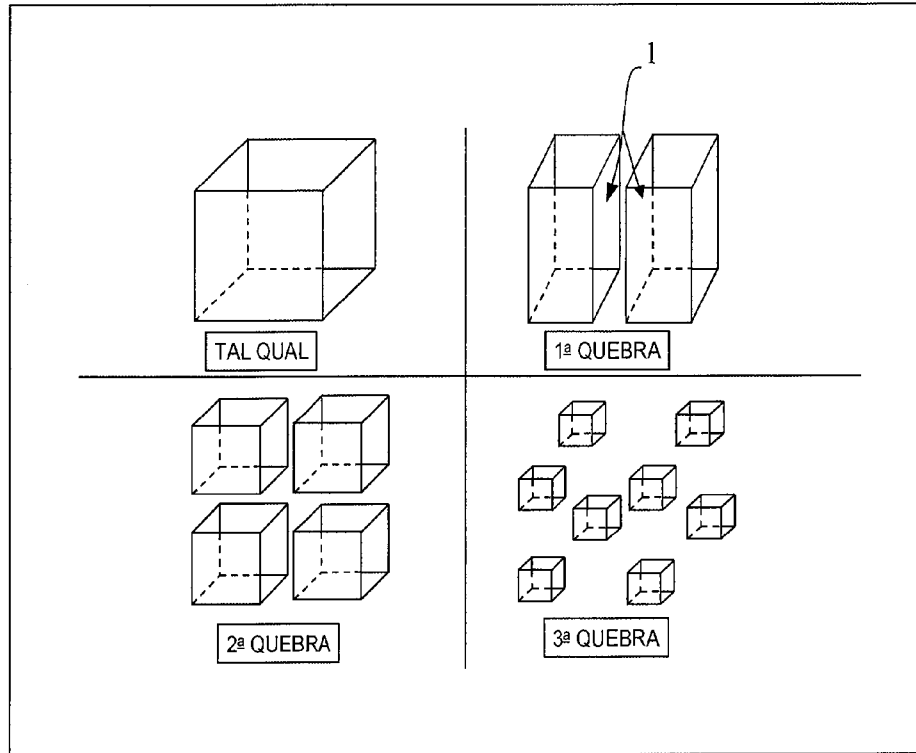


FIG. 1

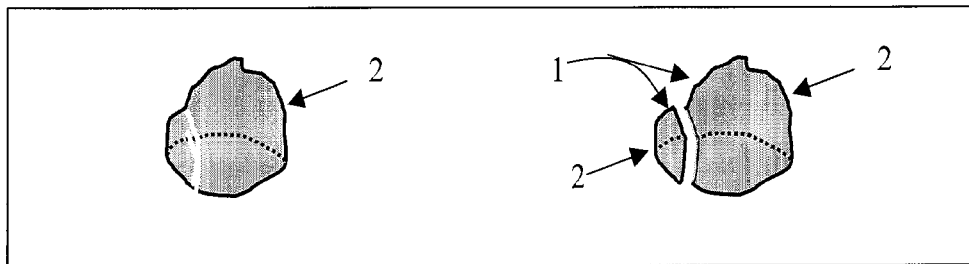
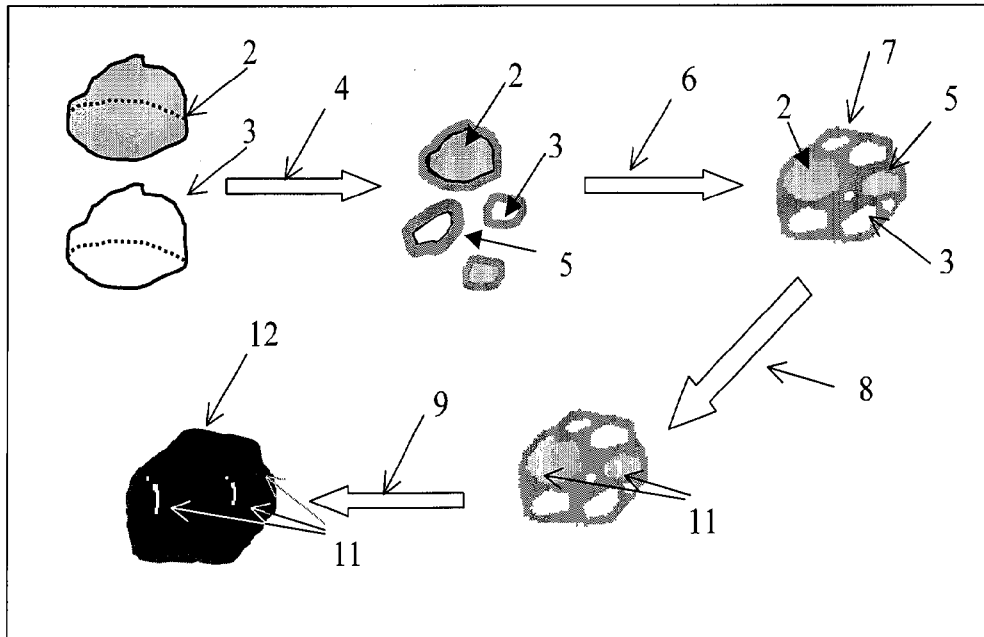
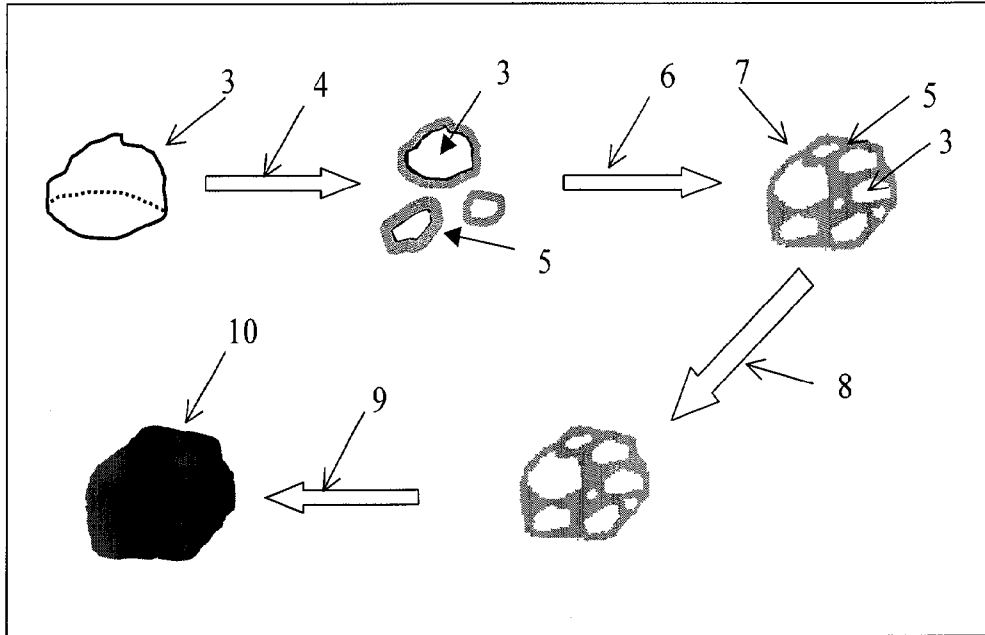


FIG. 2



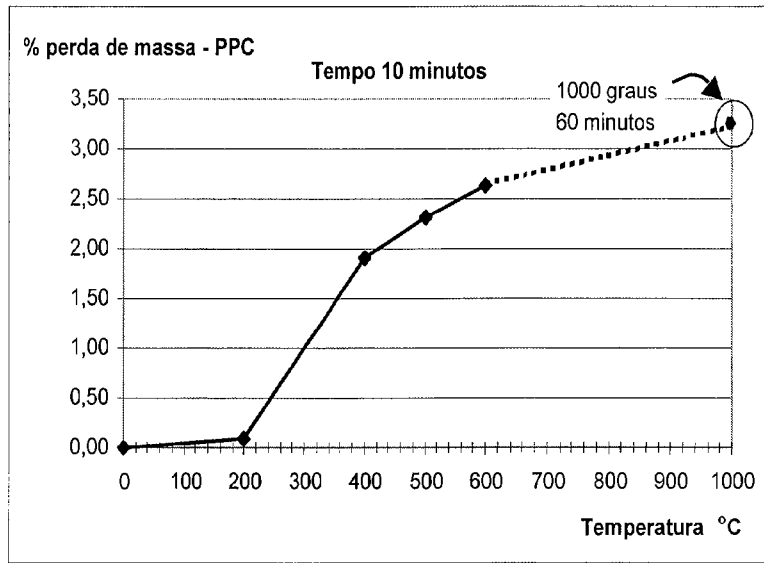


FIG. 5

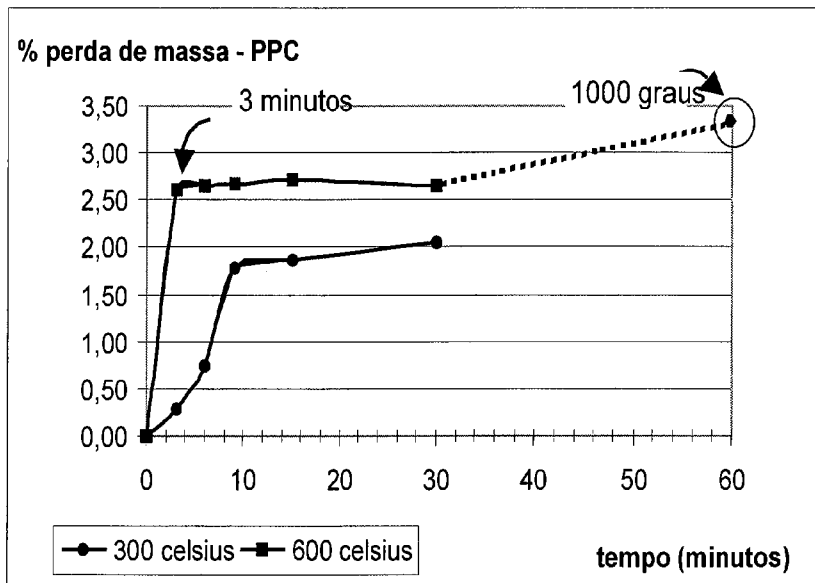


FIG. 6

RESUMO**“PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PELOTAS DE MINÉRIO DE FERRO”**

As pelotas de minério de ferro são produzidas por processo no qual o concentrado de minério de ferro é misturado com os aglomerantes e fundentes, sendo, a seguir, pelletizado em disco rotativos; os elementos resultantes são pelotas formadas que são transportadas para um forno de grelha móvel, onde passam por um processo de queima. A utilização de concentrados de minério em temperaturas acima de 200°C com tempo de residência de 3 a 30 minutos para promover a quebra e a geração de novas superfícies antes da mistura com aglomerantes e fundentes.