



**INPI** INSTITUTO  
NACIONAL  
DA PROPRIEDADE  
INDUSTRIAL  
Assinado  
Digitalmente

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

## CARTA PATENTE Nº BR 102015021252-6

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, 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:** BR 102015021252-6

**(22) Data do Depósito:** 01/09/2015

**(43) Data da Publicação do Pedido:** 07/03/2017

**(51) Classificação Internacional:** B02C 4/32.

**(54) Título:** PRENSA DE ROLOS PARA MINÉRIOS E MÉTODO PARA OBTENÇÃO DE MÁXIMA EFICIÊNCIA DE UMA PRENSA DE ROLOS

**(73) Titular:** VALE S/A. CGC/CPF: 33592510000154. Endereço: Torre Oscar Niemeyer, 186, sala 701 a sala 1901, Praia de Botafogo, Botafogo, RJ, BRASIL(BR), 22250-145

**(72) Inventor:** RENATO DRESCHER SUBTIL; LUIS HENRIQUE TORRES DANTAS.

**Prazo de Validade:** 20 (vinte) anos contados a partir de 01/09/2015, observadas as condições legais

**Expedida em:** 15/10/2019

Assinado digitalmente por:

**Liane Elizabeth Caldeira Lage**

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados



**“PRENSA DE ROLOS PARA MINÉRIOS E MÉTODO PARA OBTENÇÃO DE MÁXIMA EFICIÊNCIA PARA A PRENSA DE ROLOS”**

**Campo da Invenção**

[001] A presente invenção consiste em uma prensa de rolos para minério de ferro e um método para maximizar a eficiência de uma prensa de rolos.

**Antecedentes da Invenção**

[002] A invenção refere-se a uma prensa de rolos para minério de ferro, dotada de um meio para controle de eficiência e um método configurado para maximizar a eficiência de uma prensa de rolos.

[003] A prensa de rolos é um equipamento de extrema importância no processo de pelletização de minérios. O processo de pelletização contém as etapas de cominuição, aglomeração e queima de pelotas. A etapa de cominuição é responsável pela fragmentação do minério, ao passo que, a etapa de aglomeração é responsável pela formação das pelotas. A prensa de rolos em questão é utilizada na primeira etapa, ou seja, na etapa de cominuição do minério.

[004] A prensa de rolos é um equipamento relativamente simples, que compreende: dois rolos apoiados por mancais de rolamentos, sendo um dos rolos fixo e o outro móvel; dois motores elétricos são responsáveis por transmitir torque aos rolos; cilindros hidráulicos são responsáveis por forçar o rolo móvel contra o rolo fixo; e uma coluna de alimentação, configurada para distribuir uniformemente o minério entre os rolos.

[005] A prensa de rolos funciona da seguinte maneira: o minério é direcionado na coluna de alimentação, que tem como função distribuir uniformemente o material entre os rolos. Os rolos giram em sentidos opostos, de modo a forçar o material a passar pela abertura definida entre as duas estruturas (GAP) até o momento em que o minério alcança a zona de compressão. A zona de compressão é a região onde o minério é recalçado ou comprimido. Tem seu início na parte superior entre os dois rolos e à medida que se aproxima do centro, a pressão vai aumentando até o ponto máximo na linha de centro de ambos os rolos. Os cilindros hidráulicos são responsáveis por forçar

o rolo móvel contra o rolo fixo, a fim de cominuir o material na zona de compressão (vide figuras 1 e 2 dos desenhos).

[006] No estado da técnica, visando um melhor aproveitamento da prensa de rolos, são executados ajustes em seus componentes para se alcançar a melhor performance da máquina para a dada condição de trabalho.

[007] Um batente físico é instalado na máquina para delimitar o grau de liberdade de movimentação do rolo móvel. O batente impede que um rolo se choque contra o outro, prevenindo a abrasão ou fratura desses componentes, o “GAP Zero”, que é a menor distância regulada entre os rolos, é definido através da regulagem manual do mesmo.

[008] Em uma primeira forma de ajuste são efetuados testes e, de posse das diversas variáveis e resultados, é definido um GAP Zero e uma pressão inicial de trabalho.

[009] Em condições normais, o operador da prensa não altera a pressão de trabalho nem o GAP, somente em causas especiais como baixa alimentação, baixa performance ou alguma restrição operacional do equipamento há a sua intervenção.

[010] O nível da coluna de minério, ou seja, o controle da altura que o minério apresenta sobre os rolos da prensa, é definido pelo engenheiro responsável pela área e deve ser o maior valor possível com menor desvio padrão. Uma vez definido o valor, esse permanece definitivamente durante a sua operação.

[011] A pressão durante o processo é mantida constante e o mais elevada possível, para que o torque dos rolos seja o maior atingível. Ocorre que, caso a pressão seja elevada excessivamente, o rolo móvel será conduzido ao batente e não contribuirá para a transferência de energia dos rolos para o trabalho de cominuição do minério. Em outras palavras, existe uma pressão hidráulica ótima de trabalho, um excesso fará com que o rolo permaneça parado no batente e, dependendo das condições, o material passa a ser extrudado ao invés de prensado. Uma pressão muito pequena faz com que o material atravesse os rolos sem ser prensado.

[012] A rotação dos rolos é variável de acordo com o nível da coluna de minério. Toda a lógica do PLC que comanda o inversor de frequência é programada de maneira a

manter o nível da coluna constante. Não obstante, como a rotação dos rolos sofre influência de outros fatores presentes no processo, ela se torna instável, exigindo ajustes constantes no equipamento.

[013] O operador tem em suas mãos o controle da pressão. Além do conhecimento da operação da prensa, é necessário que ele saiba as condições morfológicas do minério, grau de umidade, granulometria, desgaste dos rolos, pressão da mola pneumática, nível da coluna, rotação dos rolos e GAP zero. De posse de todas as informações, o operador pode ajustar corretamente a pressão hidráulica para aquela condição específica. Minutos depois, caso alguma das variáveis altere, o ajuste já não vai ser mais o ótimo e um novo ajuste será necessário. Ou seja, o controle também se mostra suscetível à falha humana, uma vez que os ajustes na máquina são realizados através de um operador.

[014] O estado da técnica compreende prensas de rolos dotadas de meios de controle automático da abertura entre rolos, contudo, nenhuma das prensas compreendidas pelo estado da técnica é capaz de analisar todas as variáveis, equacioná-las e tomar uma ação adequada para torná-la ao ponto ótimo novamente.

[015] No documento US5154364, depositado em 28 de setembro de 1990 é citada uma técnica configurada para cominuição de grãos alimentícios tais como: soja, trigo, milho, etc. Essa técnica permite um ajuste em relação à distância entre rolos para proteção e melhor eficiência de acordo com o trabalho que se deseja realizar. Esse ajuste é realizado através de um motor elétrico acoplado à prensa e um sensor responsável por medir a distância entre os rolos. O motor acoplado à prensa de rolos é configurado para aumentar e diminuir a distância entre rolos, para que se atinja o modo de trabalho necessário para o tipo de grão a ser cominuído. Grãos que precisam de maior quebra de partículas exigem uma distância entre rolos menor, ao passo que, grãos que precisam de menor quebra de partículas exigem uma distância entre rolos maior.

[016] Na técnica revelada em US5154364 também é possível realizar ajustes manuais na distância entre rolos. Tais ajustes são realizados através de uma manivela que

executa um movimento de rosca macho e fêmea, empurrando o rolo móvel contra o rolo fixo.

[017] Com a técnica revelada em US5154364 é possível evitar acidentes que danifiquem a prensa, uma vez que a distância entre rolos é ajustada através de um motor elétrico sempre que houver uma necessidade. A distância entre rolos também é ajustada para que se torne a mais adequada possível ao processo, alcançando assim uma melhora na segurança e na eficiência da prensa de rolos.

[018] Contudo, a técnica citada não é aplicável à prensa de rolos para minérios, pois não considera as variáveis envolvidas na cominuição de minérios, tais como: nível da coluna de alimentação, características morfológicas dos minérios, rotação dos rolos, dentre outros fatores inerentes ao processo de cominuição de minérios por prensa de rolos.

[019] Pode-se concluir, portanto, que não há no estado da técnica uma tecnologia de controle automático, configurada para maximizar a eficiência de uma prensa de rolos mediante controle de todas as variáveis presentes na operação de cominuição de minérios. Tampouco existe um método configurado para obtenção de uma máxima eficiência em uma prensa de rolos de minério.

#### **Objetivos da Invenção**

[020] A presente invenção tem por objetivo uma prensa de rolos para minério de ferro, dotada de um meio de controle que a mantenha em sua máxima eficiência durante todo o tempo de operação.

[021] A presente invenção também tem por objetivo uma prensa de rolos para minério de ferro que seja mais econômica, mais eficiente e menos suscetível a falhas humanas que as prensas convencionais.

[022] A invenção também tem por objetivo maximizar a entrega do produto final, dotado de qualidade superior à entregue pelas prensas de rolo com controles convencionais.

[023] Por fim, a invenção também objetiva um método de obtenção de máxima eficiência energética em uma prensa de rolos.

#### **Descrição Resumida da Invenção**

[024] Os objetivos da presente invenção são alcançados por uma prensa de rolos para minérios, que compreende: dois motores; um rolo fixo acoplado a um redutor e ao motor através de um eixo cardan; um rolo móvel disposto da mesma maneira, mas com um grau de liberdade para movimento radial; cilindros hidráulicos apoiados em caixas de mancais de rolamento, dispostos perpendicularmente à face radial do rolo móvel de modo a força-lo contra o rolo fixo; e uma coluna de alimentação disposta perpendicularmente aos dois rolos, logo acima do espaço definido entre ambas as estruturas; sendo que a prensa de rolos para minérios é dotada de um meio para controle de eficiência.

[025] Os objetivos da presente invenção também são alcançados por um método para obtenção de uma máxima eficiência para uma prensa de rolos. Esse método compreende as seguintes etapas: (i) determinação de um GAP zero; (ii) determinação de um *set point* igual ao ponto ótimo de trabalho da prensa; (iii) manipulação da pressão até que o *set point* seja alcançado.

#### **Breve Descrição dos Desenhos**

[026] A presente invenção é mais detalhadamente descrita com base nas respectivas figuras:

- A figura 1 é uma vista em perspectiva de uma prensa de rolos para minérios;
- A figura 2 é uma vista frontal dos rolos em operação;
- A figura 3 ilustra um gráfico relacionando a pressão exercida nos rolos com a abertura entre os rolos;
- A figura 4 ilustra um gráfico relacionando o torque exercido pelo motor e a pressão exercida nos rolos;
- A figura 5 ilustra um gráfico relacionando a rotação dos rolos e o torque exercido pelo motor;

- A figura 6 ilustra um gráfico relacionando o torque exercido pelo motor e a abertura entre rolos.

### **Descrição Detalhada da Invenção**

[027] A presente invenção refere-se a uma prensa de rolos para minérios de ferro 1, dotada de um meio para controle de eficiência. A presente invenção também se refere a um método para controle da eficiência de uma prensa de rolos para minérios 1.

[028] A prensa de rolos para minérios 1 consiste em uma máquina utilizada no processo de cominuição de minérios diversos (vide figura 1). A prensa de rolos 1 é composta por: dois rolos 2,3 apoiados por mancais de rolamentos, sendo um fixo 2 e o outro móvel 3; dois motores elétricos 6,6' responsáveis por transmitir torque aos rolos 2,3; cilindros hidráulicos 4 responsáveis por forçar o rolo móvel 3 contra o rolo fixo 2 triturando o minério que passa entre os dois; e uma coluna de alimentação 5 que distribui uniformemente o minério entre os rolos 2,3 (vide figuras 1 e 2).

[029] Os elementos citados são responsáveis pela eficiência da máquina e no resultado do produto final. Por esse motivo, faz-se necessário um monitoramento e ajuste automatizado desses componentes.

[030] No estado da técnica, são realizados dois tipos de controle. Uma primeira forma de controle é realizada em relação à definição da pressão e uma segunda forma de controle é realizada em relação à distância entre rolos 2,3. Porém, ambas as formas de controle não envolvem todos os componentes que têm influência na eficiência da máquina, e, além disso, a primeira forma de controle citada é executada através de um operador, sendo, portanto, suscetível a falhas humanas.

[031] A prensa de rolos 1 da invenção compreende um meio para controle de eficiência, que é responsável por ajustar e controlar automaticamente todos os componentes que exercem influência na eficiência da prensa de rolos 1 e que estão envolvidos no processo de cominuição. O meio para controle de eficiência é configurado

para controlar – direta ou indiretamente – praticamente todas as variáveis envolvidas no processo de cominuição.

[032] A primeira variável controlada é a menor distância permitida entre os rolos 2,3. Essa distância é chamada de GAP zero e consiste em um espaçamento de segurança estabelecido por um batente físico disposto no interior da máquina. O referido batente tem como única função, impedir que o rolo móvel 3 se choque contra o rolo fixo 2, causando danos à superfície dos rolos 2,3, ou avarias ainda mais graves à prensa de rolos 1.

[033] A segunda variável controlada é a distância operacional entre os rolos 2,3, ou seja, a distância entre rolos 2,3 durante a operação da máquina. Essa distância é chamada de GAP operacional e é regulada através da pressão exercida pelos cilindros hidráulicos 4, de modo que, pressões elevadas tendem a fechar o GAP operacional e pressões reduzidas tendem a abri-lo, vide figura 3. Por ser controlada mediante manipulação de uma terceira variável (a pressão hidráulica), o GAP operacional é uma variável indiretamente controlada pela prensa 1.

[034] A terceira variável controlada é o torque exercido pelos motores 6,6'. Torque, por definição, é o componente de uma força que se dispõe perpendicularmente ao eixo de rotação de determinado objeto, é a parte da força que efetivamente capacita o objeto a girar em torno de seu próprio eixo. O torque dos rolos 2,3 pode ser mensurado pela energia necessária ao realizar trabalho pelos motores 6,6' na tentativa de fragmentar o minério.

[035] O torque pode ser mensurado através da corrente elétrica consumida pelos motores 6,6', ou seja, quanto mais energia elétrica os motores 6,6' consomem, maior é a transferência de energia de cominuição do minério (a energia elétrica é transformada em trabalho mecânico, quanto maior a energia, mais trabalho realizado). Em outras palavras, um maior consumo de energia implica em uma maior taxa de cominuição. O controle do torque é dado por outras duas variáveis, são elas: a pressão exercida pelos cilindros hidráulicos 4 e a rotação dos rolos 2,3. Por depender do controle de outras

duas variáveis, para que seja alterado, o torque é uma variável indiretamente controlada pela prensa.

[036] A quarta variável controlada é a pressão exercida pelos cilindros hidráulicos 4. A pressão hidráulica aplicada sobre uma área é revertida na força que o rolo móvel 3 exerce sobre o rolo fixo 2. A pressão é regulada em função do GAP operacional que se deseja trabalhar, ou seja, um GAP operacional menor requer pressões elevadas, enquanto um GAP operacional maior requer pressões reduzidas.

[037] A quinta variável controlada é a rotação dos rolos 2,3, que tem como função, regular o fluxo de material que passa pelos rolos 2,3. A rotação dos rolos 2,3 é controlada pelos motores 6,6', e é regulada de acordo com a quantidade de material presente na coluna de alimentação 5 a um dado momento.

[038] A sexta variável controlada é o nível 8 da coluna de alimentação 5, ou seja, o volume de minério que se encontra na coluna de alimentação 5 em um determinado instante. O nível 8 sobe ou desce com base na diferença entre a vazão mássica de minério na entrada, na parte superior da coluna de alimentação 5 e a vazão de minério passando pela prensa 1. Busca-se que seu nível permaneça estável, pois o ponto de equilíbrio do sistema permanece o mesmo e não há variação no ponto ótimo de trabalho. Além disso, evita-se o risco da coluna 5 transbordar, a prensa 1 se sobrecarregar, ou ficar temporariamente inoperante, na eventualidade de faltar material no interior da coluna de alimentação 5.

[039] A única variável que não pode ser controlada pela prensa 1 é a umidade do minério, à qual é característica da matéria prima e dos processos anteriores, e é definida em termos percentuais em relação ao peso desse material. Quando o percentual de umidade do minério está muito elevado, o atrito entre a superfície dos rolos 2,3 e o material processado é diminuído, fazendo com que os rolos 2,3 deixem de prensar o material e passem a extrudá-lo, ou seja, o material “escorrega” pelo GAP ao invés de ser prensado. Em outras palavras, quando o minério está úmido, os rolos 2,3 não conseguem arrastar o material para a zona de compressão 9. Isso faz com que a rotação

dos rolos 2,3 seja aumentada para manter o nível da coluna e, além disso, também faz com que o GAP operacional diminua sob o efeito extrusivo do material na zona de compressão e a força de cominuição reduza, fazendo com que a potência do motor caia substancialmente. Além de todos os inconvenientes citados, a extrusão do material faz com que haja um desgaste prematuro dos rolos, pois passa a haver um movimento relativo entre a superfície dos pinos prisioneiros e o material, o que é indesejável. Marcas serrilhadas na superfície dos pinos semelhantes a “dente de tubarão” atestam esse movimento do minério.

[040] Essas são as variáveis controladas e não controladas encontradas no processo de cominuição por prensa de rolos 1. Sabe-se que essas variáveis interagem entre si, ou seja, a modificação de uma variável provoca alterações nas demais variáveis. Para que essa interação entre variáveis seja melhor compreendida, é exibida a seguir uma tabela que revela o efeito que cada alteração sobre uma determinada variável tem sobre as demais variáveis do processo.

Variável	Causa	Efeito			
		Torque	Rotação	Gap Operacional	Umidade
Umidade (%)	Aumenta	Diminui	Aumenta	Diminui	Nulo
Pressão (bar)	Aumenta	Aumenta *	Aumenta	Diminui	Nulo
Rotação (%)	Aumenta	Diminui **	Nulo	Diminui	Nulo
GAP Operacional (mm)	Aumenta	Diminui ***	Diminui	Nulo	Nulo
Nível da Coluna (%)	Aumenta	Diminui	Aumenta	Diminui	Nulo

\*Excluindo efeito rotação; \*\*Excluindo efeito pressão; \*\*\*Mesmo nível da coluna;

**Tabela 1 – Efeito e Causa das variáveis do processo**

\*o aumento da pressão causa o aumento do torque até determinado limite. Depois do ponto “ótimo”, o aumento da pressão faz com que o torque caia e, então, quando o rolo está fixo no batente, o torque permanece constante mesmo aumentando-se a pressão e a força excedente (que não é usada para processar o material) é transferida para o chassi da prensa. Uma vez no batente, o aumento da pressão não tem influência na rotação nem no GAP;

\*\* existe também na rotação um ponto ideal. A rotação mais baixa não necessariamente fará com que o torque seja mais alto;

\*\*\*a mesma coisa se aplica para o GAP operacional. É desejado que se alcance um ponto

de equilíbrio e, acima ou abaixo desse ponto, o torque reduzirá; observação: o aumento da coluna fará com que o torque aumente e o GAP operacional aumente também.

[041] A rotação dos rolos 2,3 controla a quantidade de minério que é prensado, ou seja, a massa de material que passa entre os rolos 2,3.

[042] A rotação dos rolos 2,3 é aumentada conforme o nível 8 da coluna de alimentação 5 aumenta, ou seja, um nível maior do que o *set point* da coluna de alimentação 5 requer uma rotação mais alta dos rolos 2,3, de maneira a aumentar o fluxo de material que é trabalhado pela prensa 1 a um dado momento. Por outro lado, um nível 8 menor do que o *set point* na coluna de alimentação 5 requer uma rotação dos rolos 2,3 menor, a fim de diminuir o fluxo mássico de material processado pela prensa 1 a um dado momento.

[043] O controle de eficiência reduz as perdas do sistema convencional ao mínimo, regulando continuamente os parâmetros de processo de maneira a transformar o máximo de energia elétrica em trabalho de cominuição.

[044] Como discutido anteriormente, o GAP operacional é estabelecido através da pressão exercida pelos cilindros hidráulicos 4. Em trabalho normal, uma pressão elevada tende a diminuir o GAP operacional, ao passo que, uma redução na pressão tende a aumentar o GAP operacional. A pressão exercida pelos cilindros hidráulicos 4 também influencia o torque, sendo o valor deste último, até certo limite, diretamente proporcional ao valor da pressão exercida pelos cilindros hidráulicos 4, vide figura 4.

[045] Entretanto, quando o GAP operacional é reduzido, também é diminuído o fluxo de material que passa pelos rolos 2,3, e quando isso acontece, a rotação dos rolos 2,3 é automaticamente elevada, para que o nível 8 na coluna de alimentação 5 se mantenha estável. Ocorre que, a elevação da rotação dos rolos 2,3, a partir de certo ponto tem influência negativa sobre o torque (vide tabela 1 e figura 5).

[046] Resumindo, dentro de valores determinados, quanto maior a pressão exercida pelos cilindros hidráulicos 4, menor o GAP operacional, e maior o torque da prensa. Paradoxalmente, quando o GAP operacional é reduzido, restringe-se o fluxo de material

trabalhado pela prensa 1 fazendo com que o nível 8 na coluna de alimentação 5 se eleve, e quando isso ocorre, a prensa 1 reage automaticamente, ordenando uma elevação na rotação dos rolos 2,3, que, por sua vez, a partir de certo ponto diminui o torque da prensa 1.

[047] Essa complexa relação entre variáveis é retratada na figura 6, que exibe uma equação de segundo grau que relaciona torque e GAP operacional (para uma mesma taxa de alimentação). O vértice da parábola exibida na figura 6 é o ponto onde a prensa 1 trabalha com o maior torque possível. Esse ponto é denominado “ponto ótimo de trabalho 15” e é encontrado entre as regiões A e B do gráfico.

[048] Na região A o torque é impactado pela alta rotação dos rolos 2,3, ao passo que, na região B o torque é impactado pela baixa pressão exercida pelos cilindros hidráulicos 4. No ponto ótimo de trabalho 15, o torque é máximo, o que implica em uma taxa de cominuição elevada. O ponto ótimo de trabalho 15 varia de acordo com as propriedades do material trabalhado, sendo influenciado, por exemplo, pela umidade e pelas qualidades naturais do minério trabalhado a um determinado momento.

[049] Com base na relação entre variáveis descrita acima, é objetivado um *set point* para o GAP operacional igual ao ponto ótimo de trabalho 15 revelado na figura 6. Em outras palavras, o GAP operacional é regulado para que o torque seja máximo. Cada taxa de alimentação, umidade, configuração da superfície do rolo, nível de coluna, pressão da mola hidropneumática, requer uma curva de eficiência, daí a dificuldade e complexidade em se encontrar o ponto de equilíbrio do sistema.

[050] O ponto ótimo de trabalho 15 é determinado da seguinte maneira: primeiramente deve-se implantar um controle de GAP Operacional em função da pressão, ou seja, é definido um *set point* de GAP operacional (recomenda-se a diferença entre mínimo e máximo em 1mm, (ex:Min.5mm e Max:6mm)), logo, a pressão é modulada para se atingir o objetivo. Posteriormente deve-se variar o GAP operacional, iniciando-se de uma abertura maior até a abertura mínima, lembrando que a alimentação deve ser constante, desta forma plota-se a curva 6.

[051] Quando o GAP de trabalho é menor do que o definido (*set point*), pode significar que o material aumentou a sua umidade, provocando o fechamento do GAP operacional através da diminuição do coeficiente de atrito entre o material e os rolos 2,3 e também da extrusão do material na zona de compressão, ocorrendo assim o comportamento citado acima. Desta forma, com a elevação da rotação, diminui-se o torque.

[052] Por outro lado, quando o inverso ocorre, o GAP de trabalho tende a ser maior que o definido (*set point*), assim a rotação diminuiu e os rolos se abrem, logo um incremento de pressão é necessário para que o torque se eleve.

[053] Depois que o ponto ótimo de trabalho 15 é determinado, o meio de controle de eficiência altera a pressão do sistema de maneira a manter o *set point* do GAP operacional de acordo com a regulagem determinada.

[054] Dentro de uma mesma faixa de alimentação, para atingir o *set point* estabelecido, a prensa 1 realiza automaticamente ajustes na pressão provida pelos cilindros hidráulicos 4.

[055] Quando o *set point* é encontrado, a pressão é mantida constante.

[056] Assim, a prensa de rolos 1 alcança um sistema de controle eficiente, que visa maximizar a transferência de energia para o processo de cominuição e maior volume de material processado por período de tempo.

[057] Note-se que, para que o GAP operacional opere em diferentes *set points*, dentro do limite de liberdade definido, é necessário que o GAP zero tenha o menor valor possível, do contrário, os batentes da prensa poderiam limitar os rolos 2,3, de operarem a um ponto ótimo de trabalho 15 definido em um GAP operacional muito pequeno.

[058] Em sua configuração preferencial, a prensa de rolos para minérios 1 trabalha com os seguintes valores: um GAP zero bem próximo de zero, um GAP operacional entre 3 e 12 mm e um torque entre 75 e 98% de sua máxima potência.

[059] Tendo em vista as considerações ora descritas, além da prensa de rolos 1, a invenção também consiste em um método para obtenção de uma máxima eficiência de uma prensa de rolos 1. Esse método compreende as seguintes etapas:

- i) estabelecer uma distância mínima entre o rolo móvel 3 e o rolo fixo 2 através de um batente físico;
- ii) determinar um *set point* para o GAP operacional, esse *set point* coincidindo com o ponto ótimo de trabalho 15;
- iii) controlar a pressão exercida pelos cilindros hidráulicos 4 até que o *set point* do GAP operacional seja atingido;

[060] Alternativamente, esse método pode compreender uma quarta etapa, que consiste em incrementar a pressão exercida pelos cilindros hidráulicos 4, até que o GAP operacional esteja na iminência de se tornar menor que o *set point* determinado na etapa ii.

[061] Nesse caso, o método pode ser definido do seguinte modo:

- i) determinar uma distância mínima entre o rolo móvel 3 e o rolo fixo 2 através de um batente físico;
- ii) determinar um *set point* para o GAP operacional, esse *set point* coincidindo com o ponto ótimo de trabalho 15;
- iii) controlar a pressão exercida pelos cilindros hidráulicos 4 até que o *set point* do GAP operacional seja atingido;
- iv) Assim que o GAP operacional atinge o *set point*, a pressão não é mais alterada.

[062] Assim, conclui-se que, a invenção alcança os objetivos que se propõe alcançar, sendo mais econômica, eficiente e menos suscetível a falhas humanas que as prensas convencionais e proporcionando um produto final dotado de maior qualidade.

[063] Uma maior economia é alcançada através do menor consumo específico de energia pela máquina, e também pela automação do sistema, que não requer um operador em tempo integral para realização de ajustes na rotação e torque da prensa 1. A maior eficiência é alcançada através de um controle automatizado, que garante a maior cominuição possível para um determinado momento.

[064] A maior qualidade do produto final da prensa da invenção, por sua vez, advém do fato de que a prensa de rolos 1 da presente invenção é capaz de entregar um produto final com uma granulometria mais fina que a granulometria necessária ao pelotamento do minério.

[065] Tendo sido descritos alguns exemplos de concretização preferidos da invenção, vale ressaltar que, o escopo de proteção conferido pelo presente documento engloba todas as demais formas alternativas cabíveis à execução da invenção, sendo este, definido e limitado apenas pelo teor do quadro reivindicatório em anexo.

## REIVINDICAÇÕES

1. Prensa de rolos para minérios (1), que compreende:

dois motores (6, 6'); um rolo fixo (2) acoplado a um redutor e ao motor (6) através de um primeiro eixo cardan; um rolo móvel (3) acoplado a um redutor e ao motor (6') através de um segundo eixo cardan e sendo dotado de um grau de liberdade para movimentação radial; cilindros hidráulicos (4) apoiados em caixas de mancais de rolamento, dispostos perpendicularmente à face radial do rolo móvel (3), configurados para força-lo contra o rolo fixo (2); e uma coluna de alimentação (5) disposta perpendicularmente aos dois rolos (2, 3), logo acima do espaço definido entre ambas as estruturas, caracterizada pelo fato de que a prensa de rolos (1) é dotada de um meio para controle de eficiência através do controle de, pelo menos, seis variáveis do processo de cominuição, sendo elas:

menor distância permitida entre os rolos (2, 3);

distância operacional entre os rolos (2, 3);

torque exercido pelos motores (6, 6');

pressão exercida pelos cilindros hidráulicos (4);

rotação dos rolos (2, 3); e

nível (8) da coluna de alimentação (5).

2. Prensa de rolos para minérios (1), de acordo com reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o meio para controle de eficiência é configurado para executar medições constantes na distância entre rolos (2, 3) e efetuar ajustes automáticos capazes de corrigir a distância entre rolos (2, 3), mantendo esta igual a um valor métrico pré-ajustado.

3. Prensa de rolos para minérios (1), de acordo com reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o meio para controle de eficiência é configurado para maximizar o torque exercido pelos motores (6, 6').

4. Prensa de rolos para minérios (1), de acordo com reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o meio para controle de eficiência é configurado para manter o nível de minério (8) na coluna de alimentação (5) constante; esse controle sendo realizado mediante manipulação da rotação dos rolos (2, 3).

5. Prensa de rolos para minérios (1), de acordo com reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que os ajustes automáticos na distância entre rolos (2, 3) são executados através de ajustes na pressão exercida pelos cilindros hidráulicos (4).

6. Prensa de rolos para minérios (1), de acordo com reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o valor métrico da distância entre os rolos (2, 3) varia de 3 a 12 mm.

7. Prensa de rolos para minérios (1), de acordo com reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que a potência exercida pelos motores (6,6') varia de 75% a 98% de sua máxima potência.

8. Prensa de rolos para minérios (1), de acordo com reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que os ajustes automáticos repercutem no torque exercido pelos motores (6,6') e são executados através de ajustes na pressão exercida pelos cilindros hidráulicos (4).

9. Prensa de rolos para minérios (1), de acordo com reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que os ajustes automáticos repercutem no torque exercido pelos motores (6,6') e são executados através de ajustes na rotação de rolos (2,3).

10. Prensa de rolos para minérios (1), de acordo com reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que os ajustes automáticos repercutem no torque exercido pelos motores (6,6') e são executados através de ajustes simultâneos na rotação dos rolos (2,3) e na pressão exercida pelos cilindros hidráulicos (4).

11. Método para obtenção de máxima eficiência para a prensa de rolos (1) definida na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de executar as seguintes etapas:

- i) estabelecer uma distância mínima entre o rolo móvel (3) e o rolo fixo (2) através de um batente físico;
- ii) determinar um *set point* para a distância permitida entre os rolos (GAP) operacional, esse *set point* coincidindo com o ponto ótimo de trabalho (15) da prensa (1); e
- iii) controlar automaticamente a pressão exercida pelos cilindros hidráulicos (4) até que o *set point* do GAP operacional seja atingido;
- iv) manter constante a pressão exercida pelos cilindros hidráulicos (4) assim que o GAP operacional atingir o *set point*.

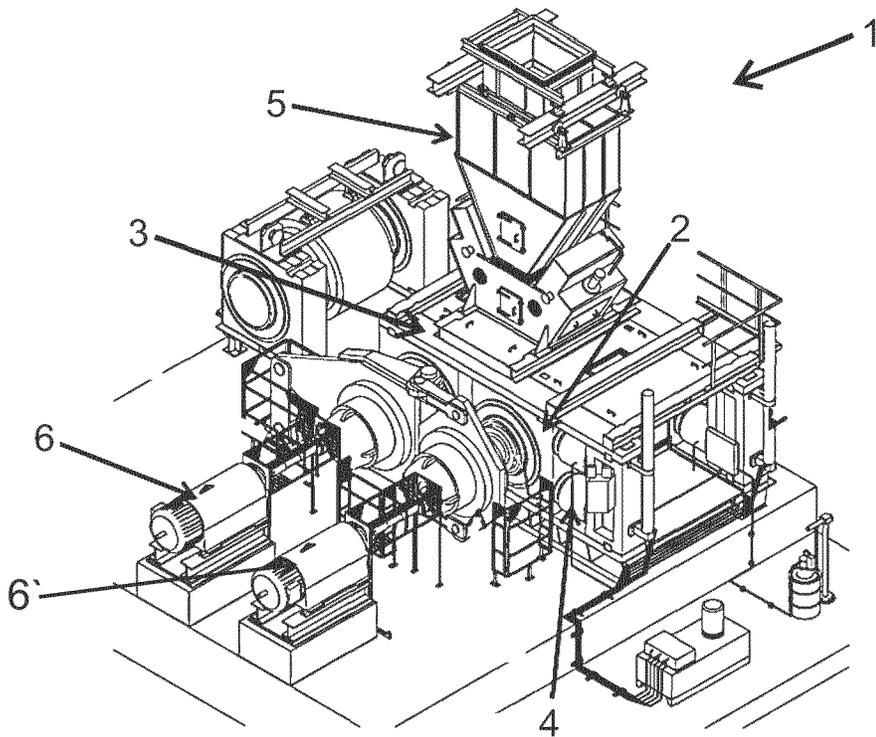


Figura 1

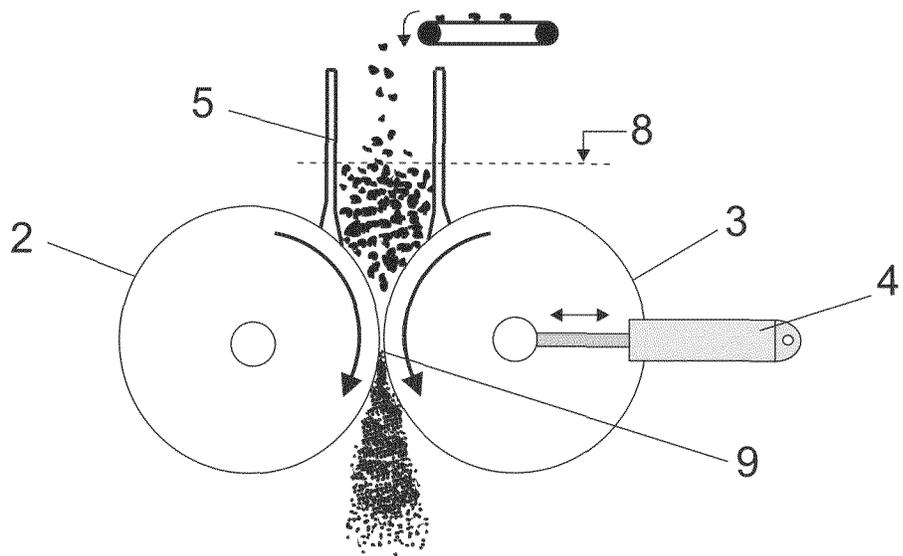


Figura 2

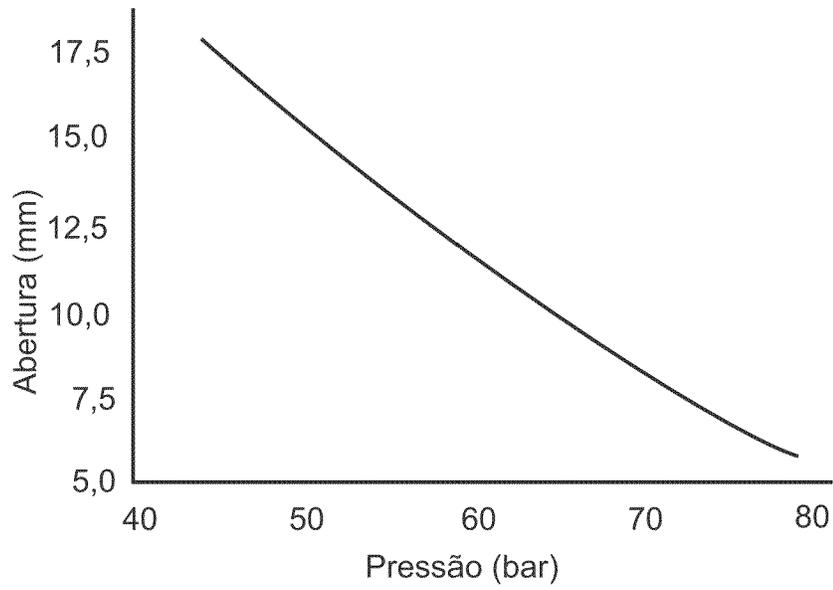


Figura 3

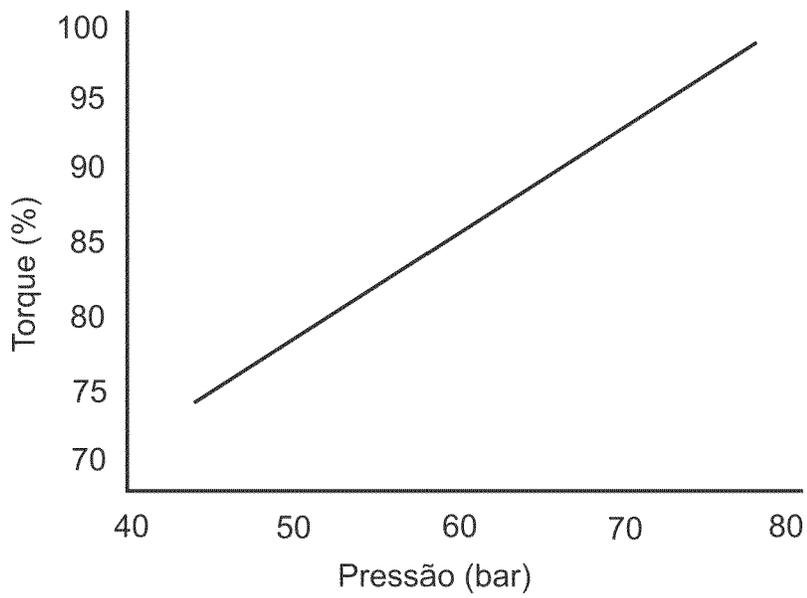


Figura 4

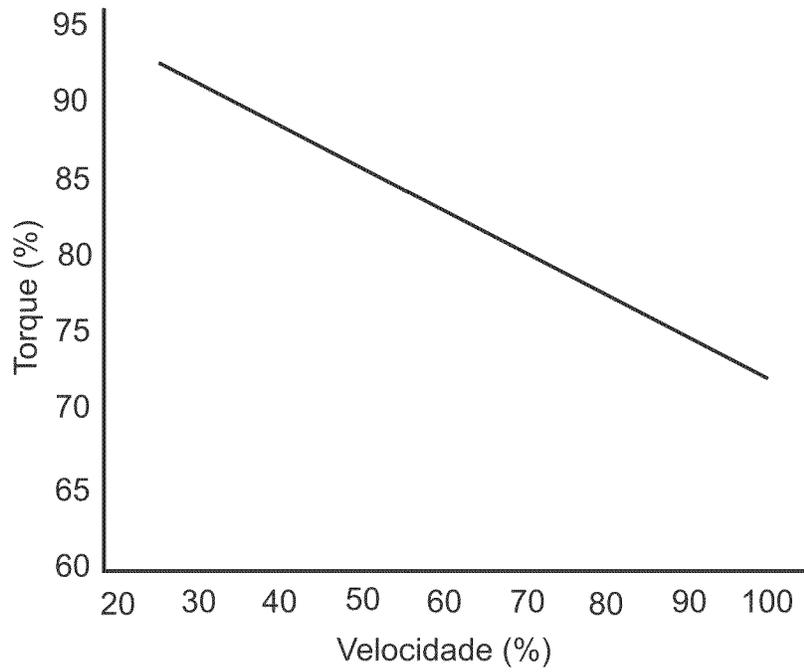


Figura 5

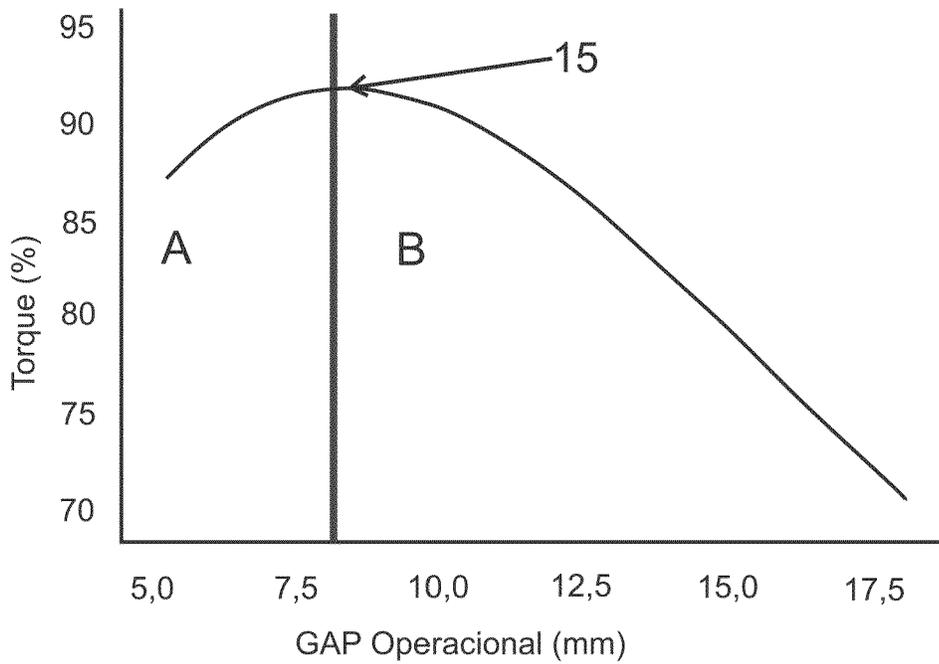


Figura 6