



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

**(11) PI 0408203-6 B1**

**(22) Data do Depósito:** 03/09/2004

**(45) Data de Concessão:** 27/10/2015

**(RPI 2338)**



---

**(54) Título:** EQUIPAMENTO DE PICOTAGEM OU DE TRITURAÇÃO, E PICOTADOR PARA SER USADO PPAR PICOTAR MADEIRA

**(51) Int.Cl.:** B27L 11/00; G01L 3/00

**(30) Prioridade Unionista:** 26/09/2003 FI 20031392

**(73) Titular(es):** METSO PAPER INC.

**(72) Inventor(es):** ARVO JONKKA

EQUIPAMENTO DE PICOTAGEM OU DE TRITURAÇÃO, E PICOTADOR PARA  
SER USADO PARA PICOTAR MADEIRA

Cavacos de madeira para a indústria de produção de polpa é produzida principalmente por meio de discos picotadores, os quais são desenvolvidos para a picotagem de grandes quantidades de peças de madeira. As toras a serem picotadas especialmente na Europa são de diversos tamanhos, e devido às toras de grandes, uma grande boca de alimentação e um grande disco de picotagem são requeridos para o picotador. Para conseguir um alto volume de produção, em adição ao exposto, os presentes picotadores são equipados com uma grande quantidade de facas, de a partir de 12 a 15 peças.

A velocidade nominal de rotação típica para um picotador para produção em alta escala é de 300 rpm. Embora a velocidade de um picotador pertinente não seja ajustável, a real velocidade de um picotador varia na faixa de 200 a 400 rpm dependendo do tamanho e da qualidade da tora. Com um comprimento de cavaco de cerca de 18 a 30 mm, uma taxa de alimentação de toros de a partir de 0,8 a 2 m/s pode ser conseguida.

Os cavacos referidos acima operam bem e consomem de 1,5 a 2 kWh/m<sup>3</sup> de energia de picotagem, aproximadamente. De modo geral existem de a partir de 3 a 5 toras menores a serem picotadas no espaço de entreferro do picotador, que

proporcionam produção média adequada. Em adição a isso, um requisito básico para os picotadores a serem utilizados é a capacidade de picotar um tronco com um diâmetro de 600 a 800 mm e um comprimento de 3 a 6 metros. Energia variando na faixa de 3000 a 4000 kW é requerida para picotar esse tipo de toras. Esse tipo de uma performance máxima com duração de uns poucos segundos é conseguida mediante utilização de um ou vários motores de curto-circuito maiores projetados para um "fator de momento máximo" de cerca de 2. Como com os motores de alta capacidade o deslizamento do motor é pequeno, a energia cinética do disco de picotagem não pode ser utilizada de modo considerável. Uma utilização limitada (cerca de 20%) da energia cinética do disco de picotagem foi conseguida mediante utilização de um acoplamento fluido. Grandes acoplamentos fluidos, todavia, aumentam os custos de produção do picotador e provocam a necessidade de manutenção e perda de potência.

Um outro problema em conjunto com o referido acionador é a duração relativamente prolongada e os altos picos de correntes acumulados em conjunto com os picos de carga. Como um resultados disso, uma considerável capacidade de carga será demandada a partir da rede elétrica que supre o picotador. Tem sido freqüente a ocorrência, que é provocada pela partida do picotador e também como um resultado de grandes troncos que estão sendo

picotados, a existência de perturbações como um efeito resultante no âmbito da rede elétrica do transformador de distribuição em questão.

Um terceiro problema com a picotagem é o das propriedades variáveis da madeira a ser picotada. Isso resulta em variação de tamanhos de cavacos e em problemas associados com o posterior processamento deles. Nos moinhos de polpa para uso na indústria de papel a alteração no tamanho dos cavacos a partir de um tamanho ideal no sentido de uma direção indesejada é chamada "redução na qualidade do cavaco". A variação da qualidade é influenciada pelas estações, secagem da madeira, circunstâncias do crescimento e dimensões das árvores. A variação da qualidade do cavaco pode ser compensada mediante alteração dos componentes do cavaco ou mediante o ajustamento deles em diferentes posições. Nos países nórdicos diferentes comprimentos de cavacos são usados para compensar as alterações sazonais.

As medidas mencionadas são em muitos casos difíceis e utilizar de acordo com as rápidas mudanças das circunstâncias de processo. Também, a influência das alterações na velocidade da picotagem sobre o tamanho do cavaco é bem conhecida. Por exemplo, o controle da velocidade de grandes picotadores industriais é um tanto dispendiosa devido à alta energia aplicada, que não é utilizada. Atualmente, todavia, o uso de conversores de frequência tem se tornado generalizado e mais baratos, mas

ainda a utilização deles na faixa de potência de 3000 a 4000 kW é considerada ser muito dispendiosa com respeito ao benefício obtido.

Os aspectos característicos do equipamento de picotagem ou de trituração de acordo com a presente invenção são definidos na reivindicação 1 anexa. Os aspectos característicos do picotador a ser usado para picotar madeira são definidos na reivindicação 3 anexa.

Com o equipamento de acordo com a invenção, por exemplo, o acionador do picotador e o seu controle de velocidade serão providos com uma potência notadamente menor que os daqueles já existentes. Quando da operação do picotador de acordo com a presente invenção, a potência dos motores de acionamento é projetada para a produção média da linha de picotagem, considerando uma certa reserva, e a necessária potência de picotagem de curta duração requerida para a picotagem de toras maiores será recebida proveniente da massa inercial do sistema de acionamento do picotador. Uma parte importante da massa inercial pode ser utilizada na picotagem de toras de grandes dimensões mediante utilização em adição da potência do motor do picotador da energia cinética carregada ao sistema de acionamento mediante permitir a velocidade do sistema de acionamento se reduzir momentaneamente. A redução da velocidade é controlada tal que o aumento da corrente do motor provocado pela redução da velocidade de rotação do picotador controla

a frequência da corrente a ser fornecida ao motor de acionamento tal que, o torque produzido pelo motor de acionamento, após ter atingido um certo valor, seja constante com qualquer frequência da corrente. Para  
5 implementar a invenção, em adição ao disco de picotagem ou rotor triturador incluído já no sistema, uma massa inercial adicional é preferivelmente anexada ao sistema de acionamento, como na forma de um volante em separado.

As modalidades da presente invenção serão descritas  
10 como exemplos apenas com referência aos desenhos anexos, onde:

A Figura 1 mostra um picotador de acordo com a presente invenção.

A Figura 2 mostra uma vista lateral da alimentação  
15 de toras para dentro do picotador de disco.

A Figura 3 mostra a operação de um picotador de acordo com a presente invenção como um diagrama.

A Figura 4 também mostra a operação de um picotador de acordo com a presente invenção como um diagrama.

20 A Figura 5 mostra um desenho esquemático da operação de controle de um picotador de acordo com a presente invenção.

O picotador de disco de acordo com a presente invenção compreende, como mostrado na Figura 1, uma calha  
25 para toras, um disco picotador 2, uma cobertura 3 para o disco picotador, um eixo mecânico 4, uma caixa de

engrenagens 5, um volante 6 e seu alojamento 7 e um motor elétrico 8. O eixo mecânico 4 do disco de picotagem está equipado com dois mancais 9 e 10. Também sustentando o volante existem dois mancais 11 e 12. Entre o motor elétrico e o volante e entre o volante e a caixa de engrenagens respectivamente existe um acoplamento 13, 14. Entre o disco de picotagem e o volante existe um acoplamento 16 equipado com um disco de freio 15.

O raio do disco de picotagem 2 é  $R_t$  e a massa é  $G_t$ .  
 10 O raio do volante 6 é  $R_v$ , e a sua massa é  $G_v$ . Os respectivos momentos inerciais com uma razoável precisão são (efeitos das aberturas entre os cavacos e outros orifícios não são levados em conta):

Disco de picotagem  $J_t = \frac{1}{2} G_t (R_t)^2$  e

15 Volante  $J_v = \frac{1}{2} G_v (R_v)^2$ .

A cláusula seguinte é válida entre momentos inerciais, levadas em consideração a relação de transmissão  $i$  da engrenagem 5:

$$KJ_t = i^2 J_v$$

20 No método de acordo com a invenção o valor de  $k = 2 \dots 3$ .

Um disco picotador de acordo com a invenção será projetado mediante tomar sobre uma linha de picotagem com uma capacidade de picotagem de  $200 \text{ m}^3/\text{h}$ . O pico de produção  
 25 é de  $300 \text{ m}^3/\text{h}$ . A dimensão da tora maior é  $D=800 \text{ mm}$  e o comprimento da mesma é  $4,5 \text{ m}$ , através do que o volume da

tora é de cerca de  $2,25 \text{ m}^3$ . A capacidade do motor elétrico  
 $T = 600 \text{ kW}$ ,  $1500 \text{ rpm}$ .

A velocidade normal de rotação do picotador  $n_n =$   
 $300 \text{ rpm}$ .

5 O momento inercial do disco de picotagem  $J_t = 14000$   
 $\text{kgm}^2$ .

A mais baixa velocidade de rotação permissível  $n_a$   
para o picotador é de cerca de  $200 \text{ rpm}$ .

O tempo de picotagem  $t$  de uma tora que possui um  
10 comprimento de  $4,5 \text{ m}$  é de cerca de  $3 \text{ s}$ .

A potência de picotagem requerida para a tora é  $E_p$   
 $= 4,5 \text{ kWh}$ .

A energia de picotagem  $E_m$  dada pelo motor ( $T = 600$   
 $\text{kW}$ ) durante  $3$  segundos:

15 
$$E_m = Tt = 600 \text{ kW} \cdot 3/3600 \text{ h} = 0,5 \text{ kWh}$$

A energia  $W_h$  dada pelo disco de picotagem e o  
volante quando a velocidade de rotação cai de um valor  $n_n$   
até um valor  $n_a$ :

$$W_h = E_p - E_m$$

20 
$$= 4,5 \text{ kWh} - 0,5 \text{ kWh} = 4,0 \text{ kWh} = 14400 \text{ Nm}$$
.

A energia cinética total do disco de picotagem e do  
volante com uma velocidade de rotação de  $n_n$  é

$$W_k = \frac{1}{2} J (\omega_n)^2$$

E com uma velocidade de rotação de  $n_a$

25 
$$W_a = \frac{1}{2} J (\omega_a)^2$$
.

As relações entre as velocidades angulares e as

velocidades de rotação são as mesmas, isto é,

$$W_a = \frac{2}{3} \omega_n$$

Para calcular a energia cinética total, a fórmula seguinte pode ser escrita:

$$\begin{aligned} 5 \quad W_h &= W_k - W_a \\ &= \frac{1}{2} J (\omega_n)^2 - \frac{1}{2} J \left(\frac{2}{3} \omega_n\right)^2 = \frac{5}{9} \frac{1}{2} J (\omega_n)^2 = \frac{5}{9} W_k \\ \Rightarrow W_k &= \frac{9}{5} W_h = 26\,000\,000 \text{ Nm.} \end{aligned}$$

O momento inercial total  $J$  sobre o eixo mecânico principal pode ser calculado a partir da equação:

$$\begin{aligned} 10 \quad W_k &= \frac{1}{2} J (2\pi n_n/60)^2 \\ \Rightarrow J &= 52\,740 \text{ kgm}^2. \end{aligned}$$

O momento inercial do volante

$$\begin{aligned} J_v &= J - J_t \\ &= 38\,740 \text{ kgm}^2 \end{aligned}$$

15 Quando do posicionamento do volante no outro lado da caixa de engrenagens (taxa de transmissão  $i = 5:1$ ) o momento inercial requerido pode ser calculado a partir da equação:

$$\begin{aligned} W_v &= W_{v2} \\ 20 \quad \Rightarrow \frac{1}{2} J_v (\omega_n)^2 &= \frac{1}{2} J_{v2} (\omega_2)^2 \\ \Rightarrow J_{v2} &= J_v/25 = 1550 \text{ kgm}^2. \end{aligned}$$

Quando o diâmetro do volante é escolhido ser  $2R_2 = 1600$  mm, a massa será  $G_2 = 4844$  kg.

Essa massa será atingida com um volante feito de  
25 aço e possuindo uma espessura de 300 mm.

O tempo de partida do picotador sem carga é de pelo menos 90 segundos. Com conversores de frequência presentes é possível escolher um momento adequado de partida sem demandar a potência de projeto do motor.

5 A Figura 2 mostra o diâmetro  $d$  de uma única tora 17 a ser alimentada para dentro do picotador, produzindo a maior descarga de picotagem contínua do picotador  $Q = 300$   $m^3$  compacto/hora =  $0,083$   $m^3/s$ . Com uma velocidade de alimentação  $v = 1,5$  m/s o diâmetro  $d$  pode ser calculado:

$$10 \quad Q = (\pi/4)d^2v$$

$$\Rightarrow d = 266 \text{ mm}$$

A potência de picotagem é diretamente proporcional à área de picotagem e desse modo ao quadrado do diâmetro da tora. Quando o diâmetro de uma tora grande 18 é  $D = 2d =$   
 15  $532$  mm, ela requer uma potência de picotagem  $2^2T = 4*600$  kW =  $2400$  kW. Uma usual única tora de produção de polpa com um diâmetro de  $133$  mm demanda uma potência de apenas  $150$  kW. Desse modo, a potência de picotagem demandada por uma produção normal (2 a 3 toras) varia na faixa de a partir de  
 20  $300$  a  $450$  kW.

O diagrama da Figura 3 mostra operações de acordo com a presente invenção. O tempo usado é mostrado começando a partir da origem paralelo com o eixo-X e como valores proporcionais paralelos com o eixo-Y são mostrados a  
 25 potência  $W$  do motor elétrico, o torque  $M$  produzido pelo motor, a frequência  $f$  produzida pelo conversor de

frequência e como uma parte da escala, a velocidade de rotação  $n$ . A linha superior descreve o predeterminado valor de ajuste  $S_0$  da velocidade de rotação, que é alterada de acordo com a mudança da velocidade de rotação desejada do picotador.

O processo começa no início mediante o carregamento do picotador completamente até o momento  $a_1$ , por meio do que o equipamento é desacelerado em 0,8% da velocidade síncrona de rotação. Por exemplo, quando a velocidade síncrona de rotação é 1500 rpm, a velocidade típica de rotação que produz a potência nominal do motor é de 1488 rpm com um motor grande. Para esse momento o conversor de frequência fornece corrente nominal com uma frequência de 50 Hz, por meio do que a amperagem aumenta até o nível de 100% e também o torque  $M$  do motor atinge os nível de 100%. A desaceleração acima mencionada produz cerca de 1,6% da energia cinética total, que no caso de acordo com a modalidade escrita da invenção é de 416 000 Nm. Essa energia é suficiente para picotar madeira de 0,115 m<sup>3</sup> com um volante referido acima. Sem um volante a quantidade de energia liberada permanece muito pequena.

No exemplo da Figura 3, a carga do picotador aumenta no período de tempo de a partir de  $a_1$  a  $a_2$ , por meio do que a velocidade de rotação do picotador é no nível de 90% e conseqüentemente, a frequência  $f$  e a potência  $W$  produzida pelo motor são diminuídas de acordo com a

invenção. O torque  $M$  do motor permanece no mesmo nível durante o período de tempo de  $a_1$  a  $a_2$ .

A Figura 4 foi desenhada com base na Figura 3, mas o eixo-X descreve o tempo em segundos. No começo o picotador é carregado por 4 segundos tal eu a potência  $W$  e o torque  $M$  aumentam até o nível de 100%. Através disso a velocidade de rotação  $n$  do picotador diminui a partir do valor ajustado  $S_0$  por cerca de 0,8%. A desaceleração linear como mostrada na Figura 4 é muito excepcional, porque a potência dada pelo motor aumenta como um resultado da desaceleração. De acordo com a Figura 4, a carga do picotador se insere no período de tempo de 4 a 8 segundos, e o torque  $M$  e a potência  $W$  se reduzem.

No período de tempo de a partir de 8 a 10 segundos a carga é novamente aumentada, crescendo ainda mais no período de tempo de a partir de 10 a 14 segundos. Nesse momento a velocidade de rotação  $n$  do picotador se reduz abaixo de 80% do valor de ajuste predeterminado  $S_0$  e o conversor de frequência produz então 80% da frequência desejada. Desse modo, a velocidade de rotação  $n$  com um deslizamento de 0,8% é de cerca de 79,2% do valor desejado. A potência do motor  $W$  também diminui até o nível 80%. O torque que chega ao equipamento permanece constante contanto que o deslizamento do motor exceda seu específico deslizamento de potência estrutural de 0,8%.

A Figura 5 mostra um fluxograma de controle de um

sistema com um picotador, um motor elétrico e um conversor de frequência. De acordo com a tradicional engenharia elétrica, o conversor de frequência recebe a informação da velocidade de rotação do motor por meio de um tacômetro, e

5 o conversor de frequência reduz a frequência suprida ao motor quando o deslizamento do motor excede o valor de ajuste  $S_0$ . De modo alternativo um novo conversor de frequência mais desenvolvido pode ser construído tal que quando a corrente fornecida atinge o nível de ajuste,

10 conversor de frequência reduz a frequência tal que a corrente emitida para o motor permanece ao nível de ajuste levando em conta sua velocidade de rotação e seu nível de ajuste original.

O exemplo acima mencionado de um acionador de

15 picotador traz as seguintes vantagens:

- a rede elétrica não precisa ser sobrecarregada (partida fácil, as variações de voltagem serão eliminadas),
- motor de acionamento menor;
- controle de velocidade e controle da qualidade da

20 picotagem com preço razoável;

- controle automatizado da qualidade da picotagem é permitido.

As vantagens da presente invenção se revelam de melhor modo nos casos, onde o ajuste da velocidade de

25 picotagem é de proveito. Um benefício importante pode ser conseguido com os picotadores que possuem uma menor

capacidade de picotar e uma necessidade de picotar toras de tamanhos maiores.

O acionamento do picotador de acordo com a presente invenção pode ser também aplicado a picotadores sem um volante em separado. De modo similar a invenção pode ser usada em trituradores com alta velocidade de rotação que possuem cargas máximas temporárias. Nesses casos apenas uma parte das vantagens da invenção pode ser conseguida. Devido aos casos acima mencionados o momento inercial da massa do equipamento não é aumentado, as condições para utiliza-lo são consideravelmente menores. Uma vantagem, todavia, é o menor carregamento da rede elétrica em conjunto com a partida e sobrecargas. Com trituradores giratórios de alta velocidade com uma velocidade de rotação de um motor de curto-circuito a massa do rotor pode ser facilmente aumentada por meio de um volante que provê o triturador com aspectos melhores em uma aplicação de acordo com a invenção.

Quando o equipamento passa uma situação de carga máxima, os dispositivos de controle trazem novamente o equipamento às suas condições nominais de trabalho.

- REIVINDICAÇÕES -

1. EQUIPAMENTO DE PICOTAGEM OU DE TRITURAÇÃO, que possui uma velocidade de rotação importante e momento inercial de massa, suas partes principais compreendendo um disco de picotagem (2) ou um rotor, um motor de curto-circuito (8) e um conversor de frequência conectado ao circuito de corrente do motor, caracterizado por o dado da velocidade de rotação do disco de picotagem (2), respectivamente proveniente do rotor ou proveniente do motor (8) ser conectado ao conversor de frequência, que o conversor de frequência está disposto para controlar a frequência da corrente do motor por meio do referido dado, tal que nas situações de carga máxima, quando a carga do motor (torque M) atinge a carga nominal, o conversor de frequência mantém a carga do motor na carga nominal mediante reduzir a frequência da corrente do motor, por meio do que a energia cinética dos componentes giratórios será liberada para uso nas cargas máximas correspondentes à redução da velocidade de rotação.

2. EQUIPAMENTO DE PICOTAGEM OU DE TRITURAÇÃO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o equipamento estar equipado com um volante (6) em separado que aumenta a energia cinética do acionador.

3. PICOTADOR PARA SER USADO PARA PICOTAR MADEIRA, o referido picotador compreendendo um disco de picotagem (2), uma caixa de engrenagem de acionamento (5), um motor

de curto-circuito (8) e um volante (6) que gira com a mesma velocidade e que possui um momento inercial de grande massa, e um conversor de frequência conectado ao circuito de corrente do motor para controlar a velocidade de rotação

5 do motor a um valor selecionado ( $S_0$ ), caracterizado por o conversor de frequência estar disposto para manter a velocidade de rotação do motor no valor selecionado ( $S_0$ ), dentro da faixa de variação da área de deslizamento característica do motor elétrico, nas situações de carga

10 máxima até a carga nominal (para torque  $M$ ), e quando isso é excedido, reduzir a frequência da corrente do motor, tal que a velocidade de rotação do picotador será diminuída, por meio do que a energia adicional requerida será recebida a partir da energia cinética do disco de picotagem e do

15 volante, tal que o torque do motor de acionamento permanece no nível máximo nominal  $M$ .

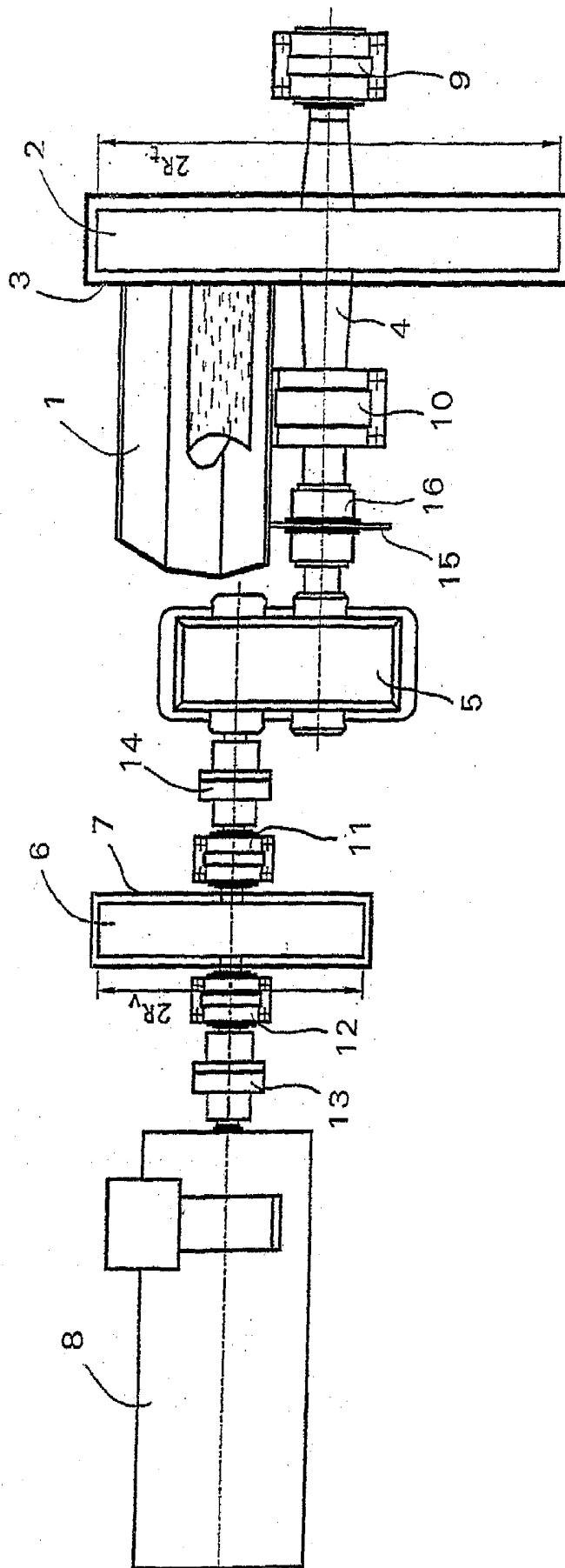


Fig. 1

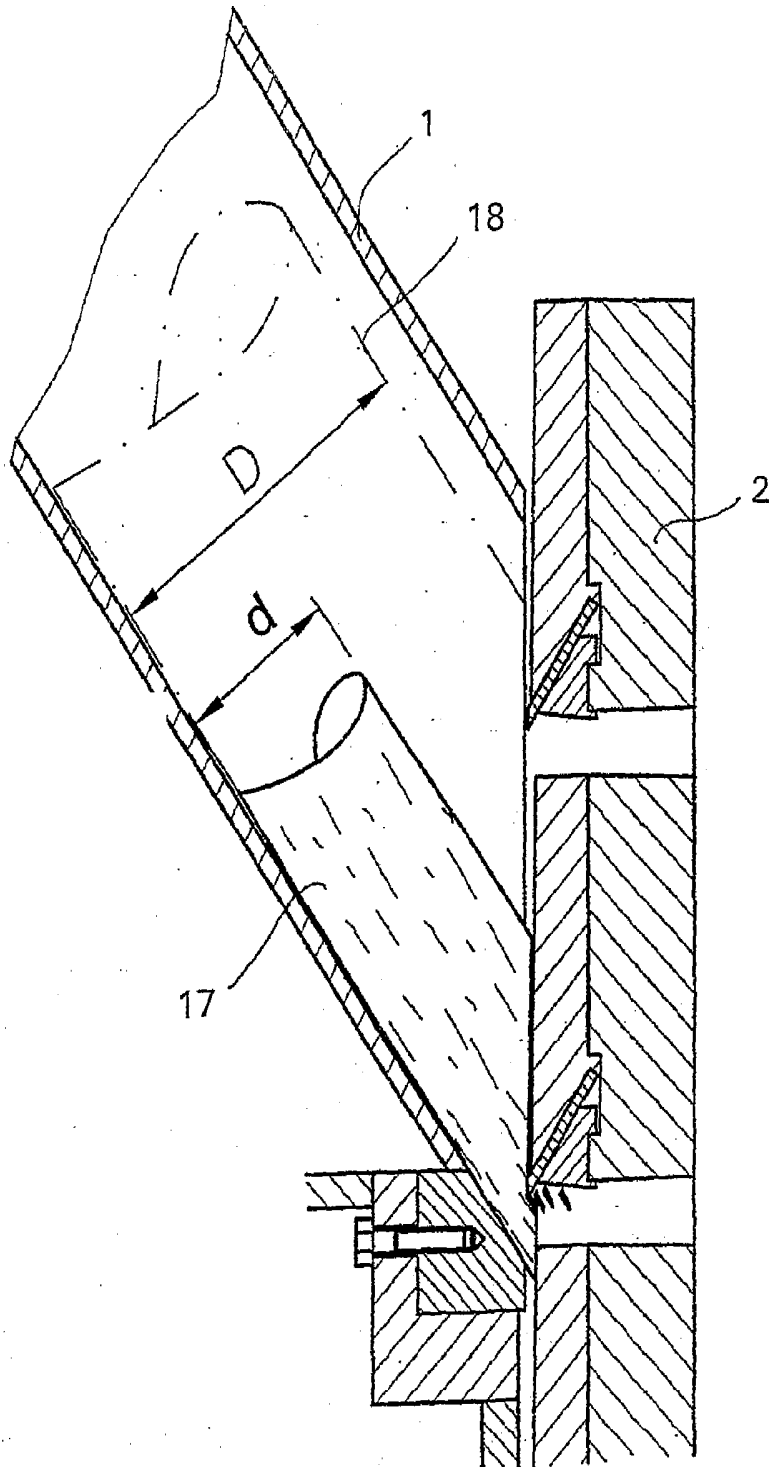


Fig. 2

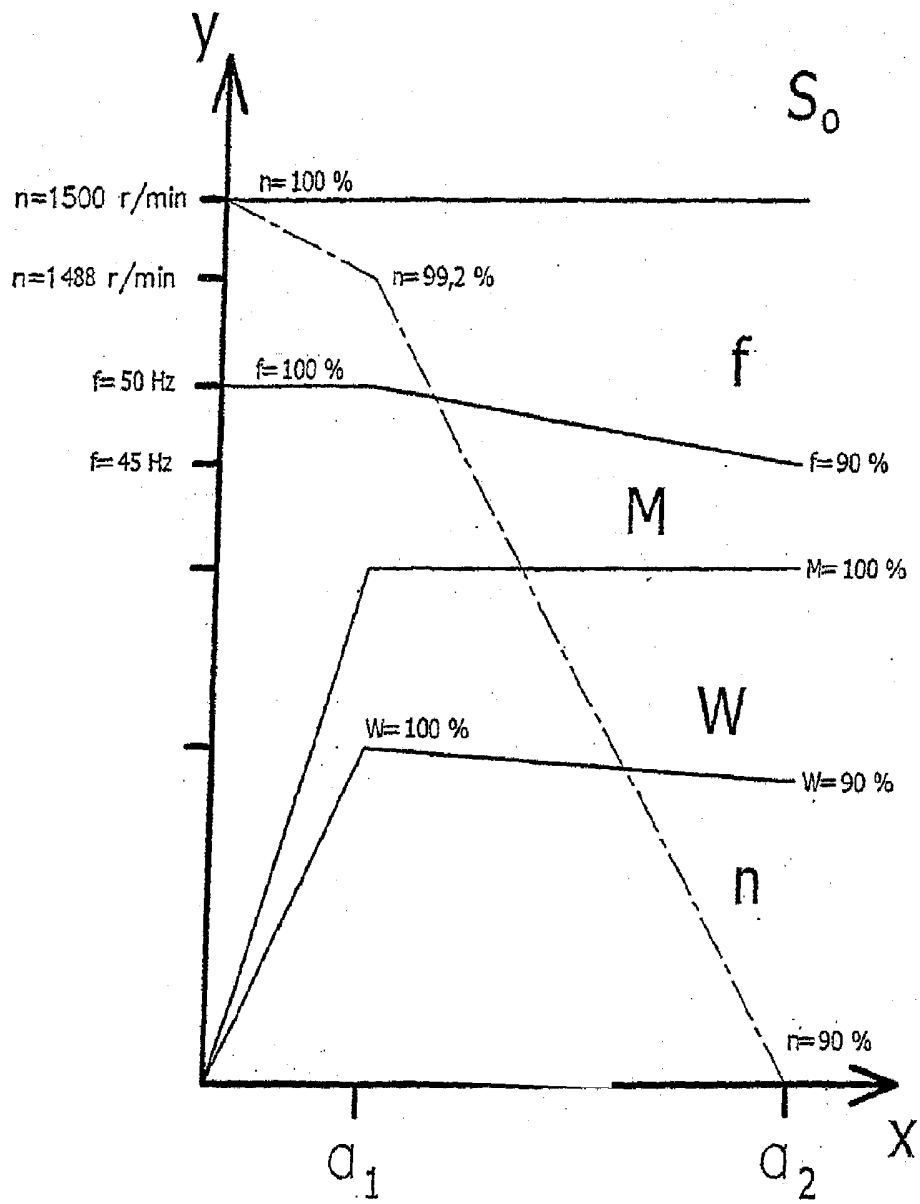


Fig. 3

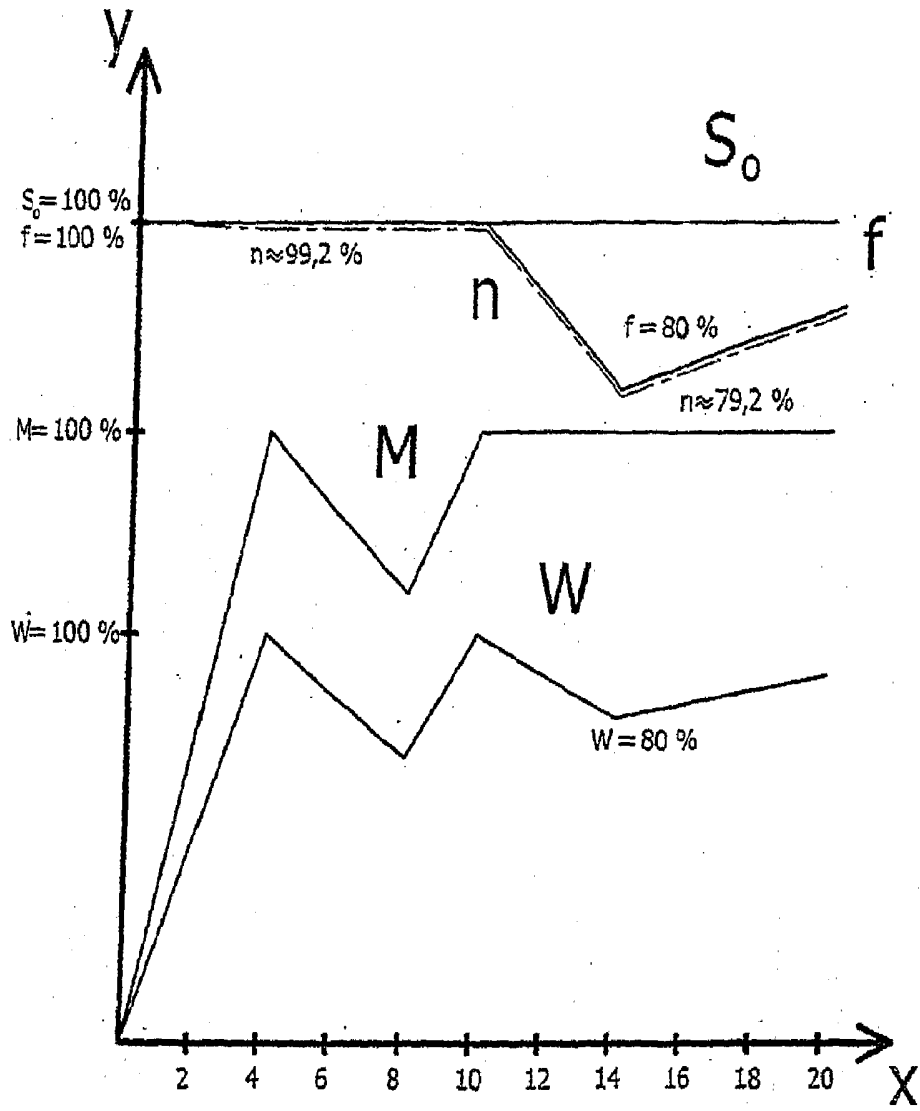


Fig. 4

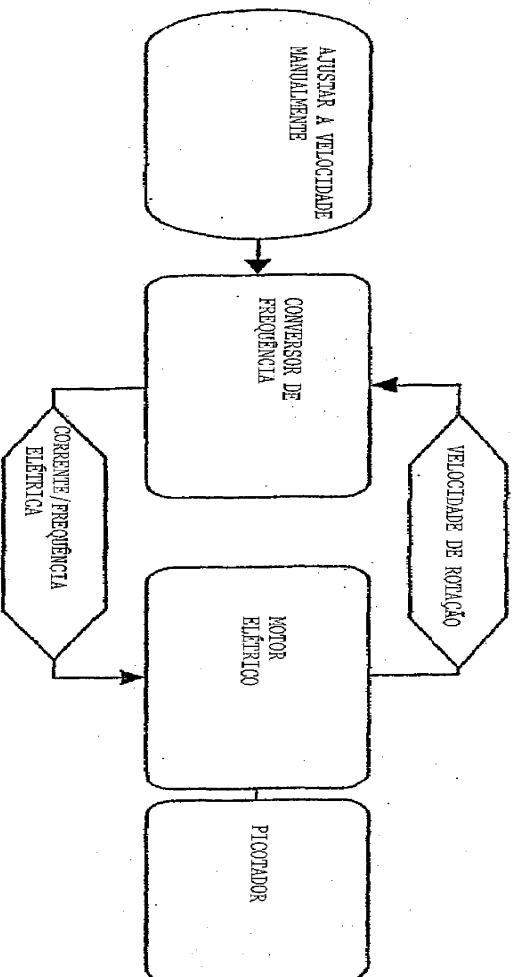


Fig. 5

## - RESUMO -

EQUIPAMENTO DE PICOTAGEM OU DE TRITURAÇÃO, E PICOTADOR PARA  
SER USADO PARA PICOTAR MADEIRA

Equipamento para picotagem ou trituração, com uma  
5 alta velocidade de rotação e momento inercial de massa,  
compreendendo um disco de picotagem ou um rotor, um motor  
de curto-circuito e um conversor de frequência conectado ao  
circuito de corrente do motor. O conversor de frequência  
está disposto para controlar a frequência da corrente do  
10 motor com base no dado da velocidade de rotação do disco de  
picotagem.