

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

(21) PI 1102849-1 A2



\* B R P I 1 1 0 2 8 4 9 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 20/06/2011

(43) Data da Publicação: 16/07/2013  
(RPI 2219)

(51) Int.Cl.:

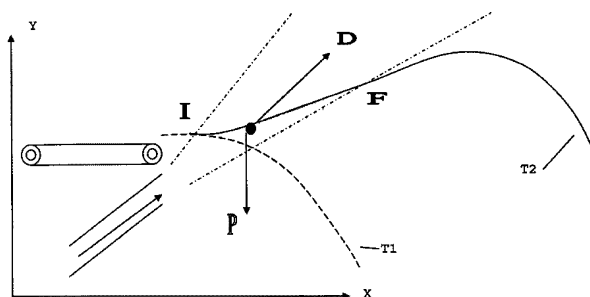
A01F 12/30

**(54) Título:** PROCESSO E EQUIPAMENTO PARA LIMPEZA A SECO DE CANA-DE-AÇÚCAR, COLHIDA EM TOLETES E CONTENDO PALHA E OUTRAS IMPUREZAS

**(73) Titular(es):** DEDINI S/A INDÚSTRIAS DE BASE

**(72) Inventor(es):** FERNANDO CÉSAR BOSCARIOL, JOSÉ LUIZ OLIVÉRIO, MARCILIO DO AMARAL GURGEL, PAULO EDUARDO MANTELATTO

**(57) Resumo:** PROCESSO E EQUIPAMENTO PARA LIMPEZA A SECO DE CANA-DE-AÇÚCAR, COLHIDA EM TOLETES E CONTENDO PALHA E OUTRAS IMPUREZAS. O processo compreende as etapas de: distribuir uma carga de cana-de-açúcar, com impurezas minerais e vegetais, sobre uma esteira transportadora (12), aí formando um colchão de cana e impurezas; submeter o colchão a uma operação de dosagem e espalhamento, formando uma cortina fina e dispersa, em deslocamento gravitacional em uma primeira porção de câmara (15); submeter a cortina de cana e impurezas, a um fluxo de ar forçado, transversal e ascendente, deslocando as impurezas para fora da cortina e para o interior de um primeiro compartimento coletor (21) e de uma segunda e de uma terceira porção de câmara (22 e 27); defletir a fração de fluxo de ar forçado; recebida na terceira porção de câmara (27), obtusamente em uma pluralidade de persianas ajustáveis (28), descomprimindo o fluxo de ar; descarregar a carga de cana limpa e as impurezas através respectivas saídas inferiores de cana limpa (19) e de impurezas (21a, 23a e 26a).



"PROCESSO E EQUIPAMENTO PARA LIMPEZA A SECO DE CANA-DE-AÇÚCAR, COLHIDA EM TOLETES E CONTENDO PALHA E OUTRAS IMPUREZAS"

Campo da invenção

5 A invenção em questão está relacionada a uma solução construtiva, compacta e eficiente, para limpeza a seco, de cana-de-açúcar colhida em toletes e contendo uma parte ou a totalidade da palha e de outras impurezas vegetais e minerais. A invenção diz respeito, mais especificamente, 10 a um processo e a um equipamento para separar, mecânica e pneumáticamente e de modo eficiente, em uma instalação compacta e com consumo de energia relativamente baixo, as impurezas vegetais e minerais, contidas em um fluxo ou em uma carga de cana-de-açúcar colhida com os colmos 15 cortados em toletes. A invenção proposta permite ainda a separação das impurezas vegetais para queima em fornalhas de caldeiras para geração de vapor em usinas de processamento de cana-de-açúcar

Antecedentes da invenção

20 A cana-de-açúcar colhida na lavoura, na sua forma bruta, é basicamente constituída de colmos, parte onde se concentram os açúcares e o bagaço, e de impurezas vegetais e impurezas minerais. As impurezas minerais são compostas de material constituinte do solo, como areia, 25 argila e pedras que se agregam às outras partes.

As impurezas vegetais são partes constituintes da cana-de-açúcar, como folhas secas e verdes, ponteiro e fragmentos de raízes.

Na indústria, objetiva-se separar, o máximo possível, as 30 impurezas minerais e vegetais dos colmos, parte onde se concentram os açúcares utilizados para produção de açúcar e/ou etanol e o bagaço para geração de vapor e energia elétrica. As impurezas vegetais também devem ser separadas das impurezas minerais, para que possam ser 35 utilizadas para queima em fornalhas, juntamente com o bagaço.

Na maioria das usinas processadoras de cana-de-açúcar, a

cana é descarregada, do caminhão, numa mesa alimentadora (ou esteira alimentadora), seguindo para outra esteira, para ser conduzida até os dispositivos de preparo (picadores e trituradores) e, em seguida, para a fase de  
5 extração do caldo. A descarga de cana do caminhão, normalmente, é efetuada através do basculamento da carga diretamente na mesa alimentadora, em alguns casos diretamente no "esteirão" (esteira instalada num nível inferior ao descarregamento da carga do caminhão). A  
10 função da mesa alimentadora é uniformizar a alimentação de cana num sistema de transporte inclinado e ascendente ( $45^\circ$  ou  $60^\circ$ ), na forma de uma esteira de cana, a qual é geralmente definida por um transportador de correntes e taliscas.

15 Os sistemas utilizados para limpeza da cana ou são sistemas de lavagem de cana (somente para cana colhida inteira) ou são sistemas mecânicos-pneumáticos, de limpeza a seco.

~~No sistema de limpeza de cana mediante lavagem, a água é~~  
20 aspergida sobre a camada de cana disposta na mesa alimentadora e coletada sob a mesma, sendo, em seguida, enviada para tratamento físico-químico. Este sistema consome grandes volumes de água e gera significativas perdas de açúcar, além de expressivos volumes de  
25 efluentes com alta carga de demanda química de oxigênio (DQO), necessitando, portanto, de um adequado tratamento antes da disposição final. São cada vez menos utilizados, principalmente em locais com escassez de água e nas plantas processadoras de cana que têm interesse na  
30 cogeração de energia a partir do aproveitamento da palha, pois esse tipo de limpeza não contempla a separação entre palha e colmo.

O sistema de limpeza de cana a seco vem, cada vez mais, recebendo adeptos, devido, principalmente, à progressiva  
35 eliminação da queimada da cana e ainda ao progressivo aumento da colheita mecanizada de cana e à escassez de água. Em função dessas mudanças na lavoura, cada vez mais

a cana, recebida na indústria, vem sofrendo alterações na sua qualidade. Maior quantidade de terra e impurezas é trazida para a indústria, requerendo a introdução de novos sistemas de tratamento e/ou remodelação nos processos existentes.

O objetivo do sistema de limpeza de cana a seco é separar o máximo possível de palha e impurezas minerais dos colmos cortados em toletes a serem processados. As principais razões, para se buscar uma máxima eficiência de separação das impurezas, podem ser assim resumidas:

- Aumento de desgaste no sistema de preparo da cana e de extração de caldo, pela presença da palha e de impurezas minerais, e nas caldeiras, principalmente pela erosão causada por areia;
- Aumento no tamanho dos equipamentos de preparo, extração (móenda ou difusores) e tratamento de caldo (decantadores e filtros);
- Maior consumo de potência para o sistema de preparo e extração de caldo;
- Menor eficiência de extração, advinda da absorção de açúcares pela palha alimentada no sistema de extração.

São conhecidos processos e equipamentos para prover uma limpeza pneumática de uma carga de cana de açúcar colhida cortada em toletes. De acordo com essas soluções conhecidas, a carga de cana de açúcar é submetida a um fluxo de ar forçado, geralmente em uma direção transversal à do fluxo de cana de açúcar colhida, que é alimentada superiormente a um dispositivo de separação de palha, compreendendo uma câmara separadora. O fluxo de ar forçado remove parcialmente as impurezas vegetais e minerais do fluxo de cana-de-açúcar, remetendo-as em direção a um elemento coletor, inferiormente provido de uma saída de impurezas. Essa solução da técnica anterior encontra-se descrita nos documentos de patente: US3384233, US3976499, US38554585 e PI0200136-5.

Na técnica anterior, referenciada no documento de patente PI0200136-5, o colchão de cana e palha, alimentado na

região superior de uma câmara separadora, não é submetido a nenhuma operação de homogeneização durante seu transporte ascendente a partir da mesa alimentadora, permitindo variação dos volumes da carga de cana e palha alimentada no interior da câmara separadora, para ser submetida a um fluxo de ar forçado transversal e ascendente. O fluxo irregular e a espessa largura do colchão de cana e palha, alimentado na câmara separadora, afetam sensivelmente a eficiência de separação pneumática da palha do fluxo de cana a ser dirigido às operações de preparo e posterior extração do caldo da cana.

No pedido de patente PI0805436-3 é reivindicada, como novidade, a adoção de um dispositivo nivelador/homogeneizador do colchão de cana na alimentação da câmara separadora. No entanto, este fato já é mencionado na técnica anterior, nas patentes US 3384233 (1968) e US 3854585 (1974), não constituindo, portanto, uma novidade.

~~Também é conhecido da técnica anterior submeter a carga de cana-de-açúcar em deslocamento descendente, a pelo menos um fluxo de ar forçado, transversal e descendente, para o deslocamento das impurezas vegetais e minerais para fora da carga de cana-de-açúcar, conforme descrevem as patentes US 3384233 (1968) e US 3854585 (1974). O fluxo de ar descendente, descrito no documento anterior PI0200136-5, representa uma desvantagem em relação ao fluxo ascendente aqui proposto, uma vez que, nesse último, a força de atrito, entre as impurezas aderidas aos toletes de cana de açúcar e as correntes em fluxo cruzado, é maior, requerendo menor potência aplicada ao dispositivo gerador de fluxo de ar forçado.~~

Outra desvantagem da técnica anterior, apresentada nos documentos PI0200136-5 e PI0805436-3, é a necessidade de provisão de um triturador de palha coletada na câmara de separação de impurezas. Esses dispositivos necessitam de grande potência no seu acionamento e os dispositivos disponíveis no mercado requerem a utilização de lâminas

que desgastam rapidamente, necessitando de constante manutenção e reposição frequente.

Outros fatores de grande relevância no sistema de limpeza de cana-de-açúcar a seco estão associados à disposição e forma dos defletores de cana, de palha (seca e verde) e do fluxo de ar, à velocidade mínima e ao ângulo de aplicação do fluxo de ar em relação ao fluxo de cana-de-açúcar descendente, e também ao sistema de descompressão, fatores esses que têm peso significativo na eficiência e tamanho do sistema.

Para melhor explicitar as colocações anteriormente expostas, a figura 1 dos desenhos anexos define, pela linha tracejada, identificada por T1, a trajetória descendente das partículas de impurezas sem fluxo de ar, e a linha cheia, identificada por T2, representa a trajetória modificada das partículas de impurezas devido à sua interação com um jato de ar, cujos limites laterais são marcados pelas linhas tracejadas, com origem no duto de ar colocado logo abaixo da esteira transportadora que lança o fluxo de cana, com as partículas de impurezas, com velocidade  $V_p$ , no fluxo de ar, no interior da câmara separadora.

De acordo com o representado na figura 1, as forças que agem sobre a partícula são o peso  $P$  e o arrasto  $D$ , esse último tendo direção e sentido aproximadamente coincidentes com aqueles do fluxo de ar admitido no interior da câmara separadora.

Neste ponto, fica claro que a mudança da trajetória das partículas de impurezas, pelo fluxo de ar, vai depender do ângulo entre o duto e a direção na qual as partículas de impurezas são lançadas pela esteira transportadora. Para facilitar a análise, a esteira transportadora foi esquematizada na direção horizontal. Porém, devido à força peso, que atua sempre na direção vertical, fica claro que o ângulo que a esteira faz com a horizontal também é um parâmetro importante, que deve ser considerado.

No modelo simplificado, as partículas de impurezas são consideradas como pontos materiais que possuem uma massa  $m$ , uma área de referência  $A_r$  e um coeficiente de arrasto  $C_d$ .

- 5 De fato, pode ser verificado, pelos entendidos da técnica que os parâmetros mais relevantes, para efetiva separação das impurezas com formatos e características físicas diferenciadas, podem ser resumidos em:
- 1.Velocidade em que as partículas são admitidas no
  - 10 dispositivo de separação;
  - 2.Ângulo em que as partículas de impurezas são admitidas na câmara separadora do dispositivo de separação;
  - 3.Posição da seção de saída do jato de ar, usado para a realização da limpeza a seco;
  - 15 4.Velocidade do jato de ar quando de sua saída do tubo de ar;
  - 5.Largura da seção de saída do jato de ar (os parâmetros 3 e 4 definem a vazão requerida pelo ventilador usado no dispositivo de separação).
  - 20 Esses importantes parâmetros estão relacionados com a potência  $P$  do ventilador, de acordo com a seguinte expressão:

Equação 1

$$P = \rho \cdot L_v \cdot V_j \cdot \frac{I \cdot V_p}{C}$$

25

Onde:

$P$ : é a potência líquida fornecida ao escoamento de ar (equação 1);

$\rho$ : é a densidade do ar;

30  $L_v$  é a largura da esteira alimentadora;

$V_j$ : é a velocidade do fluxo de ar no duto de saída do ventilador (vazão de ar/área do duto de saída de ar)

$I$  é o impulso do material liberado pela esteira alimentadora (ver definição abaixo);

$V_p$ : é a velocidade da esteira alimentadora, de acordo com a configuração do dispositivo de limpeza, na região onde ocorre a admissão da mistura de cana e palha; e

$C$  é uma constante definida conforme a seguir (Equação 3).

5 Para que ocorra a separação das partículas de impurezas, é necessário fornecer certo valor para o impulso  $I$  (Equação 2), o qual é dependente da configuração do dispositivo de separação. Desta forma, definida a geometria deste dispositivo e, portanto, especificado o  
10 valor do impulso  $I$ , pode-se verificar, pela equação acima, que a potência será minimizada se a velocidade  $V_j$  do jato de ar for reduzida. Deve ser enfatizado que a velocidade  $V_j$  do jato de ar não pode ter valor nulo, pois isto acarretaria impulso nulo. A velocidade  $V_j$  do jato de  
15 ar deve ser diminuída e a largura de jato  $b$  deve ser aumentada, de maneira que o impulso tenha um valor suficientemente alto para que o processo de separação de partículas seja eficiente. Na prática, o valor da largura de jato  $b$  é limitado por questões geométricas, de maneira  
20 a evitar-se um dispositivo separador com dimensões muito elevadas, que poderia acarretar no aumento do impulso requerido.

O impulso  $I$ , do material liberado pela esteira alimentadora, é dado por:

25

Equação 2

$$I = C \cdot \frac{V_j^2 \cdot b}{V_p}$$

Onde  $C$  é dado por:

Equação 3

$$C = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_r \cdot C_d \cdot \frac{f_1(L_i)}{f_2^2(L_i)}$$

30

Onde  $f_1$  e  $f_2$  são funções conhecidas da distância entre a

seção de saída do dispositivo de ventilação e a região de interação,  $Li$  e  $Cd$  é o coeficiente de arrasto das partículas de impurezas.

As técnicas anteriores, de uma forma geral, apresentam equipamentos que, na prática, têm baixa eficiência de separação das impurezas vegetais e minerais da cana de açúcar. Por conta disso, constituem-se em equipamentos de volumes bastante elevados e dotados de ventiladores de alta potência, requerendo um alto investimento para a separação da palha e seu aproveitamento para geração de vapor e energia na usinas de açúcar e etanol.

#### Objetivos da invenção

Em razão do acima exposto e relacionado com as técnicas de separação conhecidas, a presente invenção tem o objetivo de prover um processo e um equipamento de limpeza a seco de cana-de-açúcar colhida com palha e em toletes, para prover a separação das impurezas minerais e vegetais dos toletes de cana, por meio de uma construção compacta, requerendo baixa potência em sua operação e resultando em uma alta eficiência de separação em função de um maior espalhamento dos diferentes tipos de elementos (colmo, palha seca, folhas ou palhas verdes e impurezas minerais), da ação da alimentação da carga de cana de açúcar e do fluxo de ar.

O referido espalhamento dos elementos, lançados no interior de uma câmara de separação, resulta das diferentes trajetórias dos toletes de cana, da mistura colmos de cana mais palha, da palha seca e da palha verde, sendo que essa última representa o caso mais crítico entre os diversos tipos de palha que podem ser admitidos no interior da câmara de separação do dispositivo.

Como mencionado anteriormente, o valor do impulso requerido, para realizar a separação entre a cana e a palha, depende da configuração geométrica e das dimensões da câmara separadora do dispositivo separador.

A presente invenção tem o objetivo de prover uma solução

construtiva que maximize o espalhamento dos diferentes componentes do fluxo de toletes de cana lançados na câmara separadora e que minimize o impulso necessário para produzir a separação entre ditos componentes, 5  
reduzindo a potência requerida nos ventiladores do dispositivo separador e também o seu tamanho e conduzindo a uma maior eficiência. A potência requerida nos ventiladores pode ser reduzida para cerca de 1/3 daquela requerida nos dispositivos separadores da técnica 10 anterior. O volume do dispositivo separador e do equipamento de limpeza, como um todo, pode ser reduzido de dez à treze vezes e seu peso total reduzido de quatro a cinco vezes em relação às construções conhecidas.

O processo e o equipamento da presente invenção permitem 15 que a palha, separada dos colmos de cana, seja conduzida, na sua forma integral, à fornalha de uma caldeira, passando por um dispositivo dosador-alimentador de palha, conforme descrito no pedido de patente MU9001282-8, do mesmo requerente.

#### 20 Sumário da invenção

Para superar as deficiências apresentadas pelas técnicas anteriores, é objetivo da presente invenção prover um processo e um equipamento para limpeza a seco de cana-de-açúcar colhida com palha, compacto, de baixo consumo de 25 potência, permitindo assim a separação eficiente das impurezas vegetais contida na carga de cana e também sua posterior queima nas fornalhas das caldeiras produtoras de vapor.

Os resultados acima enumerados são atingidos a partir de 30 um processo para limpeza a seco de cana-de-açúcar colhida em toletes, com impurezas minerais e vegetais, dito processo compreendendo as etapas de:

i- distribuir, em velocidade controlada, uma carga de cana de açúcar, contendo impurezas minerais e vegetais, 35 por sobre uma esteira transportadora, de modo a imprimir à dita carga a forma de um colchão de cana e impurezas com altura controlada;

ii- submeter o colchão de cana e impurezas a uma operação de dosagem e espalhamento, de modo a formar, com o colchão de cana e impurezas, uma cortina fina e dispersa, em deslocamento gravitacional no interior de uma primeira porção de câmara;

iii- submeter a cortina de cana e impurezas, em deslocamento descendente no interior da primeira porção de câmara, a um fluxo de ar forçado, transversal e ascendente, deslocando as impurezas vegetais e minerais para fora da cortina e para o interior de um primeiro compartimento coletor e para o interior de uma segunda e de uma terceira porção de câmara;

iv- defletir a fração de fluxo de ar forçado, recebida na terceira porção de câmara, obtusamente em uma pluralidade de aberturas superiores em forma de persianas ajustáveis e promover a descompressão do fluxo de ar em um terceiro compartimento coletor, disposto sob a terceira porção de câmara;

~~v- descarregar a carga de cana limpa através de uma saída inferior de cana, da primeira porção de câmara; e~~

vi- descarregar as impurezas vegetais e minerais através de saídas inferiores do primeiro compartimento coletor e da segunda e da terceira porção de câmara.

De acordo com o processo proposto, os toletes de cana-de-açúcar são gravitacionalmente descarregados, através da saída inferior de cana, da primeira porção de câmara, e conduzidos, por um dispositivo transportador, para dispositivos de extração de caldo, sendo as impurezas gravitacionalmente descarregadas, através das saídas de impurezas e conduzidas, por um dispositivo transportador de impurezas, a um separador mecânico, para serem separadas em impurezas vegetais e impurezas minerais.

O equipamento da presente invenção compreende:

i) uma estação de recepção para receber uma carga de toletes de cana-de-açúcar e impurezas minerais e vegetais;

ii) uma esteira de menor velocidade, para receber a carga

- de toletes de cana-de-açúcar contendo impurezas vegetais e minerais e formar um primeiro colchão com dita carga;
- 5     iii) uma esteira de maior velocidade, que recebe a carga de toletes e impurezas da esteira de menor velocidade e que forma, com dita carga, um segundo colchão com cerca de  $1/3$  a  $1/5$  da altura do dito primeiro colchão;
- 10    iv) uma câmara dosadora, de formato prismático de seção retangular alongada, superiormente aberta, para receber o segundo colchão de cana e impurezas da esteira de maior velocidade e sendo inferiormente provida de uma abertura de saída;
- 15    v) um dispositivo dosador-espalhador rotativo, recebendo o segundo colchão de cana e impurezas e dosando e espalhando a carga do dito segundo colchão de cana e impurezas no interior da câmara dosadora;
- 20    vi) uma primeira porção de câmara, superiormente aberta para abertura de saída da câmara dosadora, para dela receber uma cortina fina e dispersa da referida carga de cana e impurezas em deslocamento gravitacional, dita primeira porção de câmara sendo internamente provida de uma pluralidade de defletores posicionados de modo a conduzirem a cortina de cana e impurezas em direção a uma entrada de ar forçado, ascendente, e a uma saída inferior da cana, disposta imediatamente abaixo da entrada de ar forçado;
- 25    vii) um primeiro compartimento coletor, disposto lateral e adjacientemente à saída inferior de cana e superiormente comunicante com a primeira porção de câmara, na região da entrada de fluxo de ar forçado, para coletar parte das impurezas minerais e vegetais, separadas do fluxo de cana-de-açúcar, sendo o primeiro compartimento coletor inferiormente dotado de uma saída de impurezas;
- 30    viii) uma segunda porção de câmara tendo uma região inferior que define um segundo compartimento coletor inferiormente provido de uma saída de impurezas;
- 35    ix) uma terceira porção da câmara, superiormente comunicante com a primeira porção da câmara, recebendo

parte do fluxo de ar forçado que atravessa a cortina de cana e impurezas e sendo superiormente provida, tangencialmente ao fluxo de ar e impurezas arrastadas, de aberturas superiores em forma de persianas ajustáveis;

5 x) um terceiro compartimento coletor disposto sob uma região inferior da terceira porção de câmara, para receber, dessa última, as impurezas carregadas por parte do fluxo de ar forçado no interior da terceira porção de câmara, e sendo inferiormente provido de uma saída de  
10 impurezas; e

xi) um ventilador, produzindo o fluxo de ar forçado a ser expelido pela entrada de fluxo de ar forçado na primeira porção de câmara.

A solução proposta pela invenção dispensa a trituração das impurezas vegetais separadas, uma vez que adota um  
15 dispositivo de dosagem de palha integral, para as fornalhas das caldeiras, de acordo com pedido de patente MU9001282-8, do mesmo requerente. Os toletes de cana de açúcar, ~~lançados, juntamente com as impurezas vegetais e~~  
20 minerais, no interior da primeira porção de câmara, são deixados cair em queda livre, indo se chocar com a pluralidade de defletores, em pelo menos dois estágios, de modo a, com a sequência de choques, liberar impurezas minerais e vegetais aderidas aos toletes de cana de  
25 açúcar. Os toletes e as impurezas são, em seguida, direcionados para o fluxo de ar forçado substancialmente transversal e ascendente, onde as impurezas vegetais são separadas do fluxo de cana-de-açúcar e lançadas para a segunda e terceira porção de câmara onde são coletadas  
30 para formar uma carga de impurezas minerais e vegetais. Os toletes de cana-de-açúcar que passaram pelo fluxo forçado de ar são coletados no primeiro compartimento e as impurezas minerais e vegetais nos compartimentos subseqüentes, sendo esses liberados pelas respectivas  
35 saídas aos correspondentes destinos.

O processo e o equipamento, objeto da presente invenção, permitem obter uma eficiente separação de impurezas

minerais e vegetais da cana-de-açúcar dado, principalmente, aos seguintes fatores:

5 - redução da altura do colchão de cana-de-açúcar colhida pela ação da esteira alimentadora de maior velocidade, onde o colchão é diminuído de  $1/3$  a  $1/5$  do colchão de cana na esteira de menor velocidade. Normalmente a uma altura de cerca de 30-40 cm

10 - a reduzida altura do colchão de cana e impurezas na esteira alimentadora de cana de maior velocidade, associada à ação do elemento dosador-espalhador de toletes, espaçando os toletes na entrada da primeira porção de câmara e submetendo o colchão à sucessão de choques sofridos pelos toletes de cana em fluxo gravitacional, soltando facilmente as impurezas aderidas aos toletes, quando expostas ao fluxo de ar forçado;

15 - o posicionamento, ascendente, do fluxo forçado de ar em relação à fina cortina de toletes de cana de açúcar, deixada cair em fluxo gravitacional e submetida a uma sequência de choques em uma pluralidade de defletores  
20 estrategicamente posicionados, assegura eficiente separação das impurezas minerais e vegetais da cortina de toletes de cana de açúcar e impurezas, requerendo menor potência para a operação do equipamento.

O resultado conseguido com o arranjo apresentado na  
25 presente invenção permite que a potência do elemento gerador do fluxo de ar forçado seja reduzida a cerca de  $1/3$  dos conhecidos dispositivos das técnicas anteriores, o volume a cerca de  $1/10$  a  $1/13$  e o peso total do equipamento em cerca  $1/4$  a  $1/5$ .;

### 30 Breve descrição dos desenhos

A invenção será a seguir descrita, fazendo-se referência aos desenhos anexos, dados a título de exemplo de possíveis formas de realização da invenção e nos quais:

35 A figura 1 representa um esquema relativo à modificação da trajetória de uma partícula de impureza em deslocamento gravitacional, quando em queda livre e quando submetida a um fluxo de ar transversal e

ascendente;

A figura 2 representa um diagrama esquemático, mostrando as etapas envolvidas no processo de limpeza de cana-de-açúcar, a seco, de acordo com a presente invenção;

5 A figura 3 representa, esquematicamente, uma vista em planta de uma possível forma de construção de um equipamento compreendendo o dispositivo de limpeza a seco, de acordo com a presente invenção;

10 A figura 4 representa, esquematicamente, uma vista em elevação de uma possível forma de construção de um equipamento compreendendo o dispositivo de limpeza a seco da presente invenção; e

A figura 5 representa, esquematicamente, uma vista em elevação, e em escala ampliada, de parte do conjunto  
15 ilustrado na figura 4.

#### Descrição detalhada da invenção

Conforme ilustrado nas figuras de desenho, o equipamento de limpeza a seco em questão compreende, inicialmente, uma estação de recepção 10, para receber a cana-de-açúcar-  
20 colhida e carregando impurezas minerais e vegetais.

A estação de recepção 10 permite que a cana-de-açúcar, nela recebida, seja descarregada sobre uma primeira esteira 11, de menor velocidade, aí formando uma carga de cana-de-açúcar e impurezas na forma de um primeiro  
25 colchão de cana e impurezas, com cerca de 1 a 1,5 m de altura.

A primeira esteira 11, de menor velocidade, descarrega o primeiro colchão de cana, com impurezas, numa segunda esteira 12, de maior velocidade, sobre a qual é formado  
30 um segundo colchão de cana com impurezas, tendo cerca de 1/3 a 1/5 da altura do primeiro colchão de cana na primeira esteira 11. Geralmente, a altura do segundo colchão de cana na segunda esteira 12 é de cerca de 30-40 cm.

35 A segunda esteira 12, de maior velocidade, descarrega, continuamente e de forma uniforme, o segundo colchão, formado pela carga de cana-de-açúcar e impurezas, em um

dispositivo dosador-espalhador rotativo 13, de eixo horizontal e dotado de uma pluralidade de paletas radiais, arranjadas de modo a dosarem e a espalharem a carga de cana-de-açúcar e impurezas no interior de uma câmara dosadora 14, de formato prismático de seção retangular alongada e inferiormente provida de uma abertura de saída 14a, comunicando a câmara dosadora 14 com a região superior de uma primeira porção de câmara 15 do dispositivo separador D.

5  
10 A carga de cana-de-açúcar e impurezas minerais e vegetais, dosada e espalhada pelo dispositivo dosador-espalhador rotativo 13 e feita passar pela abertura de saída 14a da câmara dosadora 14, toma a forma de uma cortina fina e dispersa que é deslocada descendentemente, 15 por gravidade, no interior da primeira porção de câmara 15 do dispositivo separador D.

A primeira porção de câmara 15 é internamente dotada de um primeiro defletor 16, disposto mediana e superiormente, ~~acima de um segundo defletor 17,~~ sendo 20 esses dois defletores dispostos a montante de um conjunto de defletores adicionais 16a, 16b, 17a e 17b posicionados de modo a conduzirem a carga de cana-de-açúcar, em forma de cortina em deslocamento descendente, em direção a diferentes porções de câmara e a diferentes 25 compartimentos coletores de impurezas, conforme descrito mais adiante.

Em função dos referidos defletores, a cortina de carga de cana é conduzida em direção a uma entrada de fluxo de ar forçado 18, ascendente, e a uma saída inferior de cana 30 19, disposta imediatamente abaixo da entrada de fluxo de ar forçado 18.

A carga de cana-de-açúcar é limpa, ou seja, substancialmente separada das impurezas, pelo fluxo de ar forçado e ascendente e é descarregada, pela ação da 35 gravidade, através da saída inferior de cana limpa 19 da primeira porção de câmara 15, em um dispositivo transportador 20, que conduz a carga de cana limpa para

os dispositivos de extração de caldo 25, representados no diagrama da figura 2, mas que não constituem parte do equipamento de limpeza da presente invenção.

O dispositivo separador D compreende ainda um primeiro  
5 compartimento coletor 21, disposto lateral e  
adjacentemente à saída inferior de cana limpa 19 e  
superiormente comunicante com a primeira porção de câmara  
15, na região da entrada de fluxo de ar forçado 18, para  
coletar parte das impurezas minerais e vegetais,  
10 separadas do fluxo de cana-de-açúcar.

O primeiro compartimento coletor 21 é inferiormente  
dotado de uma saída de impurezas 21a, da qual as  
impurezas são descarregadas para um dispositivo  
transportador de impurezas 24.

15 O dispositivo separador D compreende, também, uma segunda  
porção de câmara 22, superiormente comunicante com a  
primeira porção de câmara 15, por meio de uma abertura de  
admissão 16c definida entre um par dos defletores  
adicionais, 16a e 16b, arranjados a montante e em um  
20 nível acima do primeiro compartimento coletor 21.

Assim, a segunda porção de câmara 22 pode receber parte  
do fluxo de ar forçado que atravessa o fluxo ou cortina  
de cana-de-açúcar em deslocamento gravitacional e parte  
das impurezas vegetais e minerais, colaborando para  
25 promover uma pré-descompressão do volume de ar admitido  
no interior do dispositivo separador D.

A segunda porção de câmara 22 é construída de modo a  
definir, em sua região inferior, um segundo compartimento  
coletor 23 que é, por sua vez, provido de uma saída de  
30 impurezas 23a, da qual as impurezas coletadas são  
descarregadas para o dispositivo transportador de  
impurezas 24.

O dispositivo separador D compreende também uma terceira  
porção da câmara 27, superiormente comunicante com a  
35 primeira porção da câmara 15, em um local disposto a  
jusante do primeiro e do segundo defletor 16,17 e acima  
do defletor adicional 16a, disposto imediatamente acima

da abertura de admissão 16c da segunda porção de câmara 22.

Como pode ser observado pela figura 5, o processo e o equipamento da presente invenção fazem com que a cortina de cana e impurezas, seja defletida, no interior da primeira porção de câmara 15, por um dos defletores adicionais 16a, para assumir uma trajetória descendente e ortogonal à direção da trajetória de referida cortina a montante da deflexão, ou seja, a montante do referido defletor adicional 16a.

A terceira porção de câmara 27 recebe parte do fluxo de ar forçado que atravessa o fluxo ou cortina de cana-de-açúcar em deslocamento gravitacional, sendo superiormente provida, tangencialmente ao fluxo de ar e impurezas arrastadas, de aberturas superiores em forma de persianas ajustáveis 28, cada uma delas tendo sua borda de fuga sobrepondo-se à borda de ataque da persiana imediatamente adjacente. Assim, uma parte do fluxo de ar forçado, substancialmente livre de impurezas, é liberada à atmosfera, através de referidas persianas ajustáveis 28.

O dispositivo separador D apresenta ainda um terceiro compartimento coletor 26 disposto sob uma região inferior da terceira porção de câmara 27, para receber, dessa última, as impurezas, carregadas por parte do fluxo de ar forçado no interior da terceira porção de câmara 27. As impurezas coletadas no terceiro compartimento coletor 26 são liberadas pela saída de impurezas 26a, da qual as impurezas são descarregadas diretamente sobre o dispositivo transportador de impurezas 24.

A fração do fluxo de ar forçado, percorrendo a segunda porção de câmara 22 e o segundo compartimento coletor 23, faz com que parte das impurezas, pneumáticamente retirada da cortina de cana descendente, seja descarregada, através da saída de impurezas 23a do segundo compartimento coletor 23, diretamente no transportador de impurezas 24.

O fluxo de ar residual, carregado de impurezas residuais,

continua sua trajetória em direção à segunda e à terceira porção de câmara 22 e 27 e ainda ao segundo e ao terceiro compartimento coletor 23 e 26, sendo que no interior do terceiro compartimento coletor 26 é realizada a

5 descompressão final do ar entrante no dispositivo de limpeza D.

Conforme já mencionado, as impurezas residuais finais, que chegam ao terceiro compartimento coletor 26, são descarregadas, através da saída de impurezas 26a, no

10 transportador 24.

O terceiro compartimento coletor 26 pode ser ainda provido de aberturas laterais inferiores 23b, dispostas imediatamente acima do transportador de impurezas 24, por onde o fluxo de ar residual é finalmente descarregado,

15 completando-se a descompressão total do sistema.

O fluxo de ar forçado, expelido pela entrada de fluxo de ar forçado 18 na primeira porção de câmara 15, é produzido por um ventilador 29, acionado por um motor propulsor 30.

O dispositivo de limpeza D é ainda preferivelmente associado a um separador mecânico 31, para separar as impurezas minerais das impurezas vegetais e que é alimentado pela carga de impurezas recebidas do dispositivo transportador 24. As impurezas minerais são

25 retornadas ao solo, enquanto que as impurezas vegetais são encaminhadas para queima nas fornalhas das caldeiras ou outra destinação desejada como, por exemplo, para produção de etanol de segunda geração, gás de síntese, entre outros.

O processo e o equipamento da invenção, por não exigirem o uso de água, permitem uma redução drástica no consumo de água da usina, redução das perdas de açúcar advindas do processo de lavagem da cana-de-açúcar e introdução de maior quantidade de biomassa para produção de energia

35 elétrica, sem prejuízo da qualidade do caldo de cana em processamento.

O resultado conseguido com a presente invenção permite,

ainda, que a potência requerida pelo elemento gerador do  
fluxo de ar forçado (ventilador 29) seja reduzida a cerca  
de 1/3 em relação àquela dos conhecidos dispositivos da  
técnica anterior. Além disso, o volume do equipamento de  
5 limpeza passa a ser de cerca de 1/10 a 1/13 do volume dos  
equipamentos conhecidos e o peso total do equipamento da  
invenção passa a ser de cerca 1/4 a 1/5 do peso dos  
equipamentos conhecidos. A invenção proposta dispensa  
ainda a necessidade de triturar ou moer a palha, processo  
10 tedioso e de elevado consumo de potência e elevada  
manutenção, principalmente, com a substituição frequente  
das lâminas de corte.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para limpeza a seco de cana-de-açúcar colhida em toletes, contendo palha e outras impurezas, minerais e vegetais, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

- 5
- i- distribuir, em velocidade controlada, uma carga de cana-de-açúcar, contendo impurezas minerais e vegetais, por sobre uma esteira transportadora (12), de modo a imprimir à dita carga a forma de um colchão de cana e
- 10 impurezas com altura controlada;
- ii- submeter o colchão de cana e impurezas a uma operação de dosagem e espalhamento, de modo a formar, com o colchão de cana e impurezas, uma cortina fina e dispersa, em deslocamento gravitacional no interior de uma primeira
- 15 porção de câmara (15);
- iii- ~~submeter a cortina de cana e impurezas, em deslocamento descendente no interior da primeira porção de câmara (15), a um fluxo de ar forçado, transversal e ascendente, deslocando as impurezas vegetais e minerais~~
- 20 para fora da cortina e para o interior de um primeiro compartimento coletor (21) e para o interior de uma segunda e de uma terceira porção de câmara (22 e 27);
- iv- defletir a fração de fluxo de ar forçado, recebida na terceira porção de câmara (27), obtusamente em uma
- 25 pluralidade de aberturas superiores em forma de persianas ajustáveis (28) e promover a descompressão final da fração restante do fluxo de ar em um terceiro compartimento coletor (26), disposto sob a terceira porção de câmara (27);
- 30 v- descarregar a carga de cana limpa através de uma saída inferior de cana (19), da primeira porção de câmara (15);
- e
- vi- descarregar as impurezas vegetais e minerais através de saídas inferiores (21a, 23a e 26a) do primeiro
- 35 compartimento coletor (21) e da segunda e da terceira porção de câmara (22 e 27).

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de os toletes de cana-de-açúcar serem gravitacionalmente descarregados, através da saída inferior de cana (19), da primeira porção de câmara (15), e conduzidos, por um dispositivo transportador (20), para dispositivos de extração de caldo (25).

3. Processo, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de as impurezas serem gravitacionalmente descarregadas, através das saídas de impurezas (21a, 23a e 26a) e conduzidas, por um dispositivo transportador de impurezas (24), a um separador mecânico (31), para serem separadas em impurezas vegetais e impurezas minerais.

4. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de a cortina de cana e impurezas, ser defletida, no interior da primeira porção de câmara (15), para assumir uma trajetória descendente e ortogonal à direção da trajetória da referida cortina, a montante da deflexão.

~~5. Processo, de acordo com a reivindicação 1,~~  
5. caracterizado pelo fato de a carga de cana e impurezas, para formação do colchão sobre a esteira transportadora (12), ser alimentada a essa última, por uma outra esteira transportadora (11) de menor velocidade que a primeira e carregando um respectivo colchão de cana e impurezas.

6. Processo, de acordo com a reivindicação 5, caracterizada pelo fato de a diferença de velocidade entre as duas esteiras transportadoras (11, 12) produzir um colchão sobre a esteira transportadora (12) de maior velocidade, com uma altura relativa de cerca de 1/3 a 1/5 da altura do colchão formado sobre a esteira de menor velocidade (11).

7. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de a operação de dosagem e espalhamento do colchão de cana e impurezas ser realizada por um dispositivo dosador espalhador rotativo (13), de eixo horizontal, e provido de palhetas radiais, lançando o colchão de cana e impurezas em deslocamento

gravitacional no interior de uma câmara dosadora (14), disposta acima da primeira porção de câmara (15).

8. Equipamento para limpeza a seco de cana-de-açúcar colhida em toletes, contendo palha e outras impurezas, minerais e vegetais, caracterizado pelo fato de compreender:

i) uma estação de recepção (10) para receber uma carga de toletes de cana-de-açúcar e impurezas minerais e vegetais;

ii) uma esteira de menor velocidade (11), para receber a carga de toletes de cana-de-açúcar contendo impurezas vegetais e minerais e formar um primeiro colchão com dita carga;

iii) uma esteira de maior velocidade (12), que recebe a carga de toletes e impurezas da esteira de menor velocidade (11) e que formã, com dita carga, um segundo colchão com cerca de 1/3 a 1/5 da altura do dito primeiro colchão;

~~iv) uma câmara dosadora (14), de formato prismático de~~ seção retangular alongada, superiormente aberta, para receber o segundo colchão de cana e impurezas da esteira de maior velocidade (12) e sendo inferiormente provida de uma abertura de saída (14a);

v) um dispositivo dosador-espalhador rotativo (13), recebendo o segundo colchão de cana e impurezas e dosando e espalhando a carga de dito segundo colchão de cana e impurezas no interior da câmara dosadora (14);

vi) uma primeira porção de câmara (15), superiormente aberta para abertura de saída (14a) da câmara dosadora (14), para dela receber uma cortina fina e dispersa da referida carga de cana e impurezas em deslocamento gravitacional, dita primeira porção de câmara (15) sendo internamente provida de uma pluralidade de defletores (16,16a,16b,17,17a,17b) posicionados de modo a conduzirem a cortina de cana e impurezas em direção a uma entrada de ar forçado (18), ascendente, e a uma saída inferior da cana-de-açúcar limpa (19), disposta imediatamente abaixo

da entrada de ar forçado (18);

vii) um primeiro compartimento coletor (21), disposto lateral e adjacientemente à saída inferior de cana (19) e superiormente comunicante com a primeira porção de câmara (15), na região da entrada de fluxo de ar forçado (18), para coletar parte das impurezas minerais e vegetais, separadas do fluxo de cana-de-açúcar, sendo o primeiro compartimento coletor (21) inferiormente dotado de uma saída de impurezas (21a);

viii) uma segunda porção de câmara (22) tendo uma região inferior que define um segundo compartimento coletor (23) inferiormente provido de uma saída de impurezas (23a);

ix) uma terceira porção da câmara (27), superiormente comunicante com a primeira porção da câmara (15), recebendo parte do fluxo de ar forçado que atravessa a cortina de cana e impurezas e sendo superiormente provida, tangencialmente ao fluxo de ar e impurezas arrastadas, de aberturas superiores em forma de persianas ajustáveis (28);

x) um terceiro compartimento coletor (26) disposto sob uma região inferior da terceira porção de câmara (27), para receber, dessa última, as impurezas carregadas por parte do fluxo de ar forçado no interior da terceira porção de câmara (27), e sendo inferiormente provido de uma saída de impurezas (26a); e

xi) um ventilador (29), produzindo o fluxo de ar forçado a ser expelido pela entrada de fluxo de ar forçado (18) na primeira porção de câmara (15).

9. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de os toletes de cana-de-açúcar serem gravitacionalmente descarregados, através da saída inferior de cana (19), da primeira porção de câmara (15), em um dispositivo transportador (20), conduzindo a carga de cana limpa a dispositivos de extração de caldo (25).

10. Equipamento, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de as impurezas serem gravitacionalmente descarregadas, através das saídas de

impurezas (21a, 23a e 26a) em um dispositivo transportador de impurezas (24), conduzindo as impurezas vegetais e minerais a um separador mecânico (31).

5 11. Equipamento, de acordo com a reivindicação 10,  
5 caracterizado pelo fato de o terceiro compartimento coletor (26) ser provido de aberturas laterais inferiores (23b), dispostas imediatamente acima do transportador de impurezas (24), por onde o fluxo de ar residual é finalmente descarregado, completando-se a descompressão  
10 do sistema.

12. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de o dispositivo dosador-espalhador rotativo (13) ter eixo horizontal e ser dotado de uma pluralidade de paletas radiais.

15 13. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de cada uma das persianas ajustáveis (28) ter sua borda de fuga sobrepondo-se à borda de ataque da persiana imediatamente adjacente.

~~14. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8,~~  
20 caracterizado pelo fato de a primeira porção de câmara (15) ser internamente dotada de um primeiro defletor (16), disposto medianamente e superiormente, acima de um segundo defletor (17), sendo esses dois defletores dispostos a montante de um conjunto de defletores  
25 adicionais (16a, 16b, 17a e 17b) posicionados de modo a conduzirem a carga de cana de açúcar, em forma de cortina em deslocamento descendente, em direção à saída inferior de cana (19), e a dirigirem as impurezas vegetais e minerais ao primeiro compartimento coletor (21) e à  
30 segunda e à terceira porção de câmara (22 e 27).

15. Equipamento, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de a segunda porção de câmara (22) ser superiormente comunicante com a primeira porção de câmara (15) por meio de uma abertura de admissão  
-35 (16c), definida entre um par dos defletores adicionais (16a e 16b), arranjados a montante e em um nível acima do primeiro compartimento coletor (21).

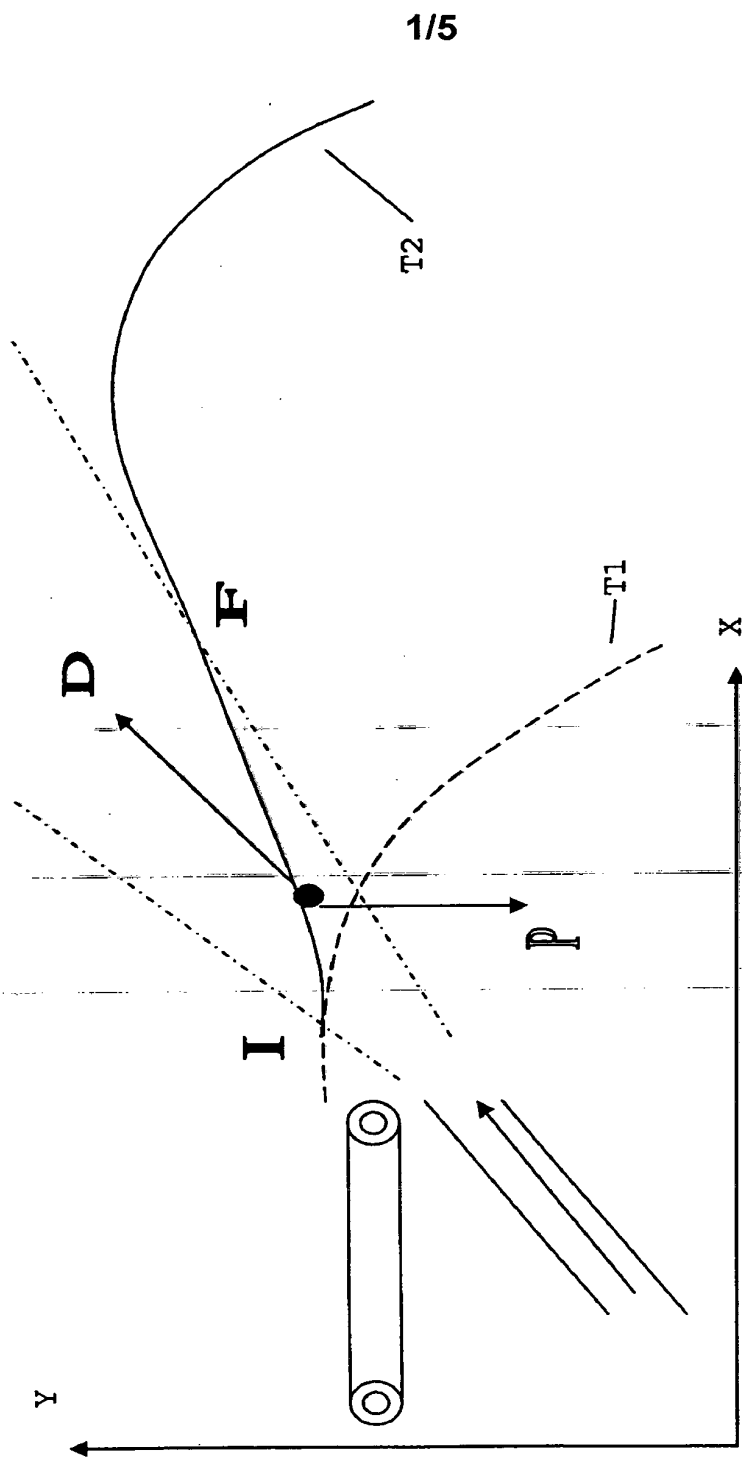
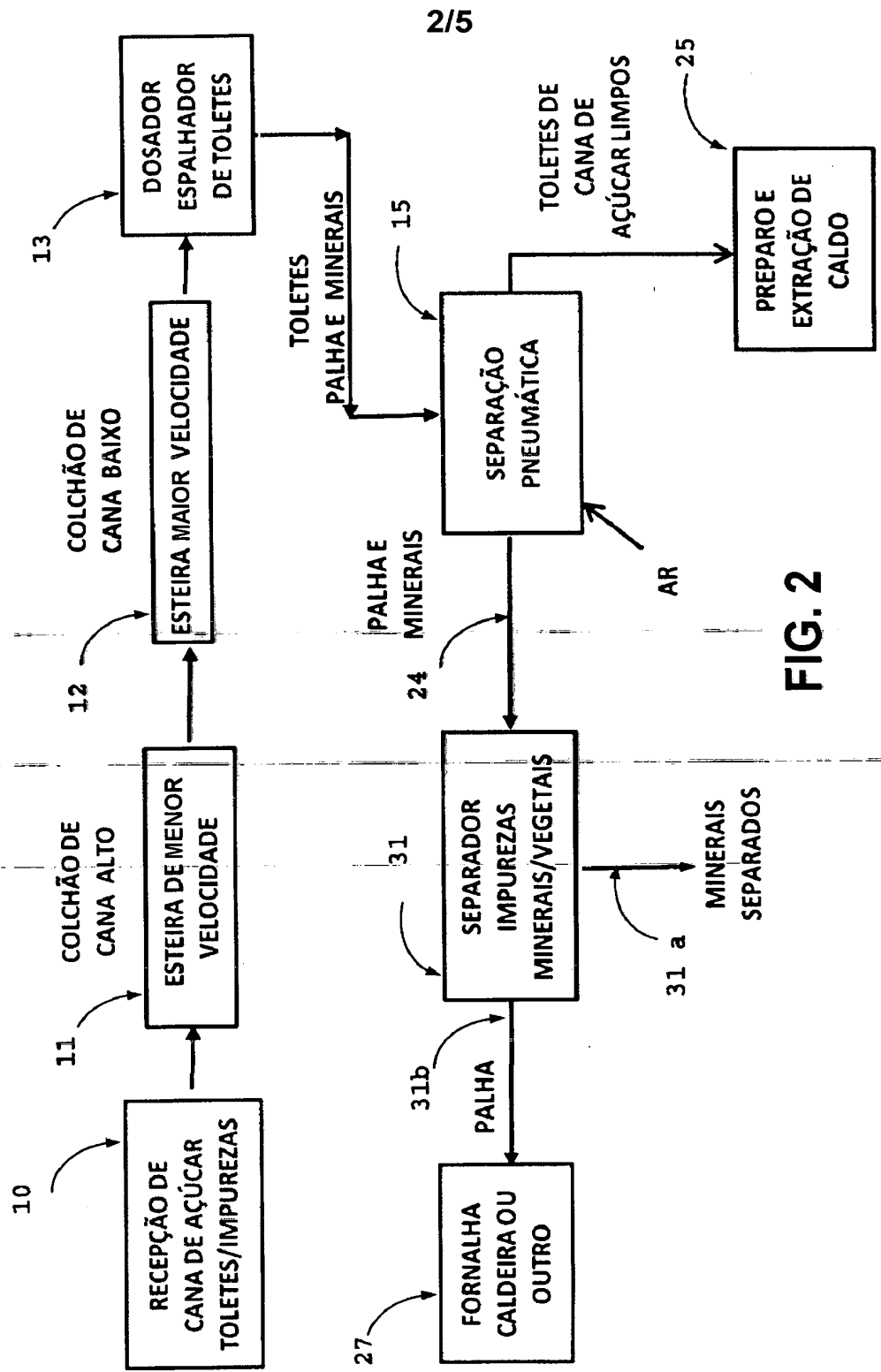


FIG. 1



**FIG. 2**

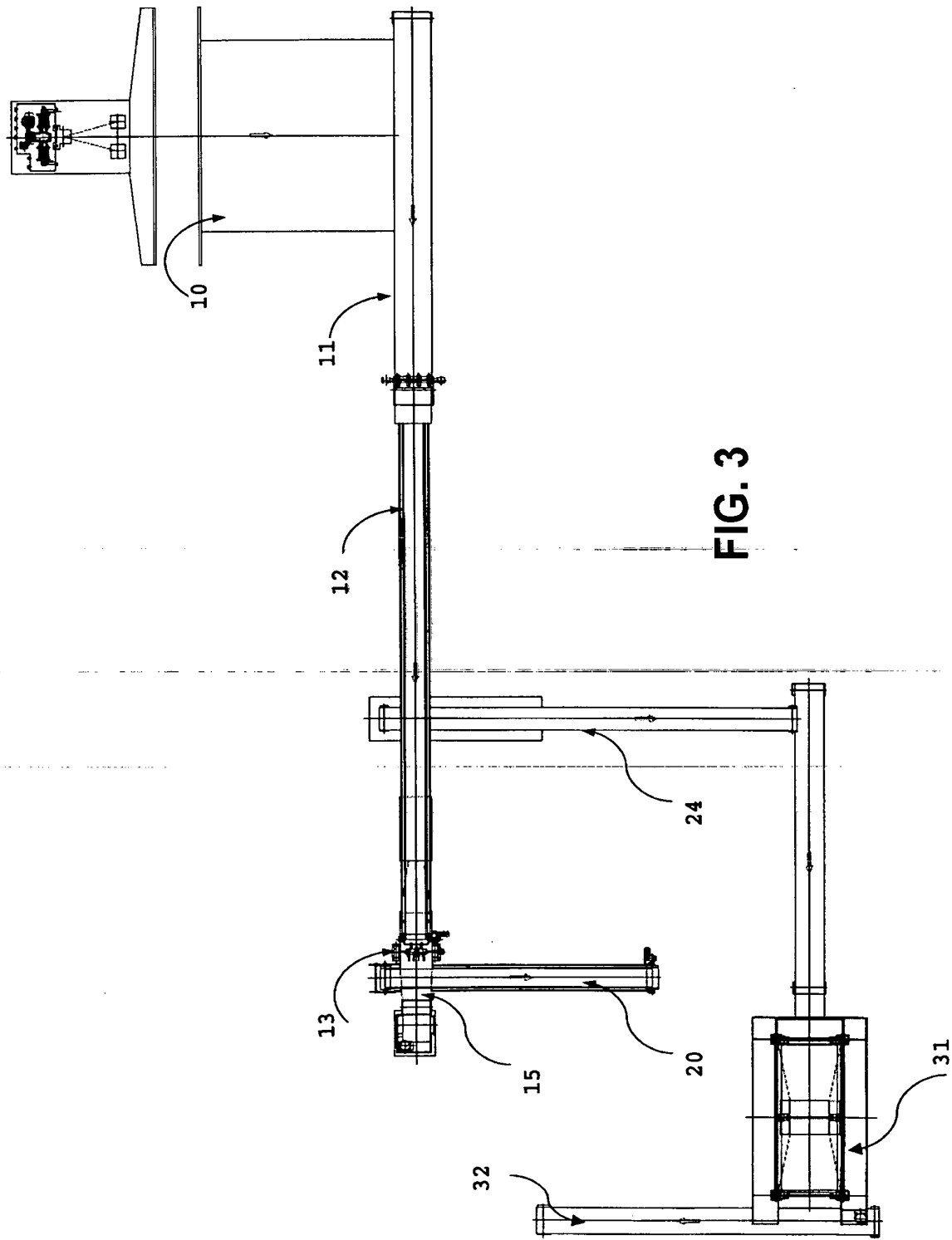
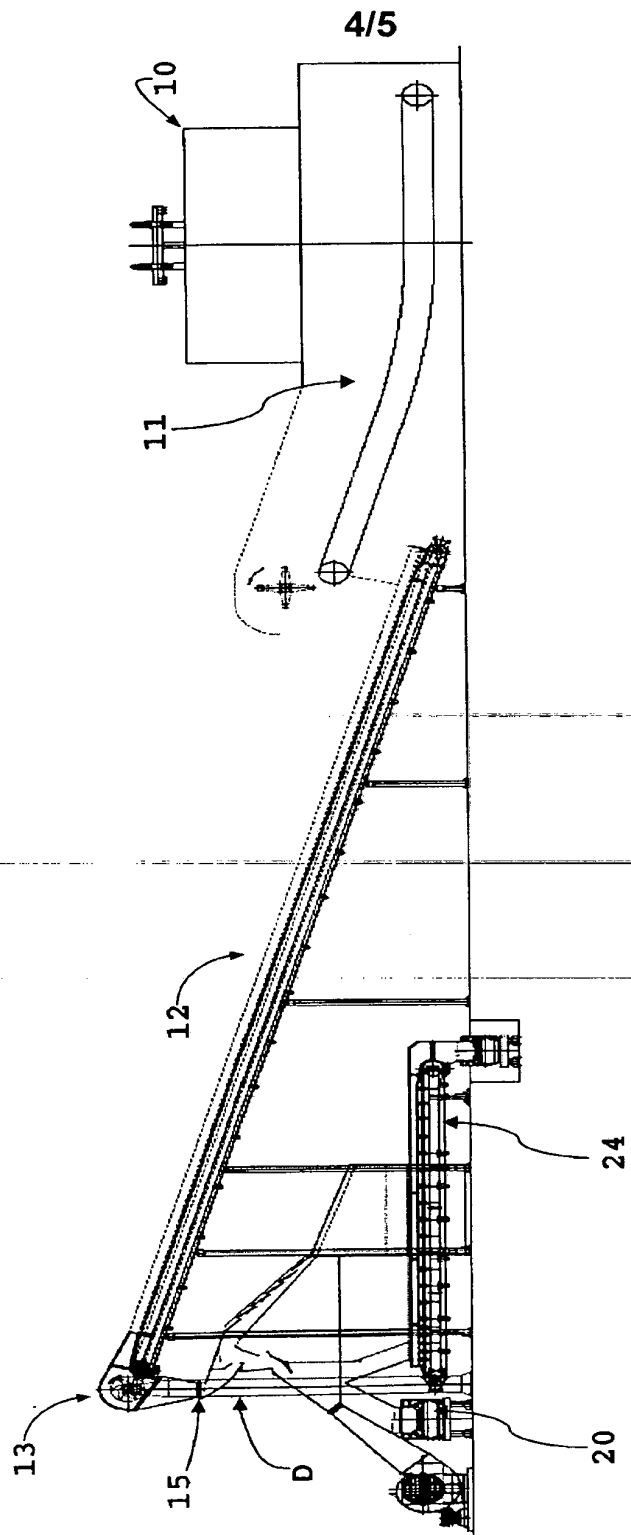


FIG. 3



**FIG. 4**

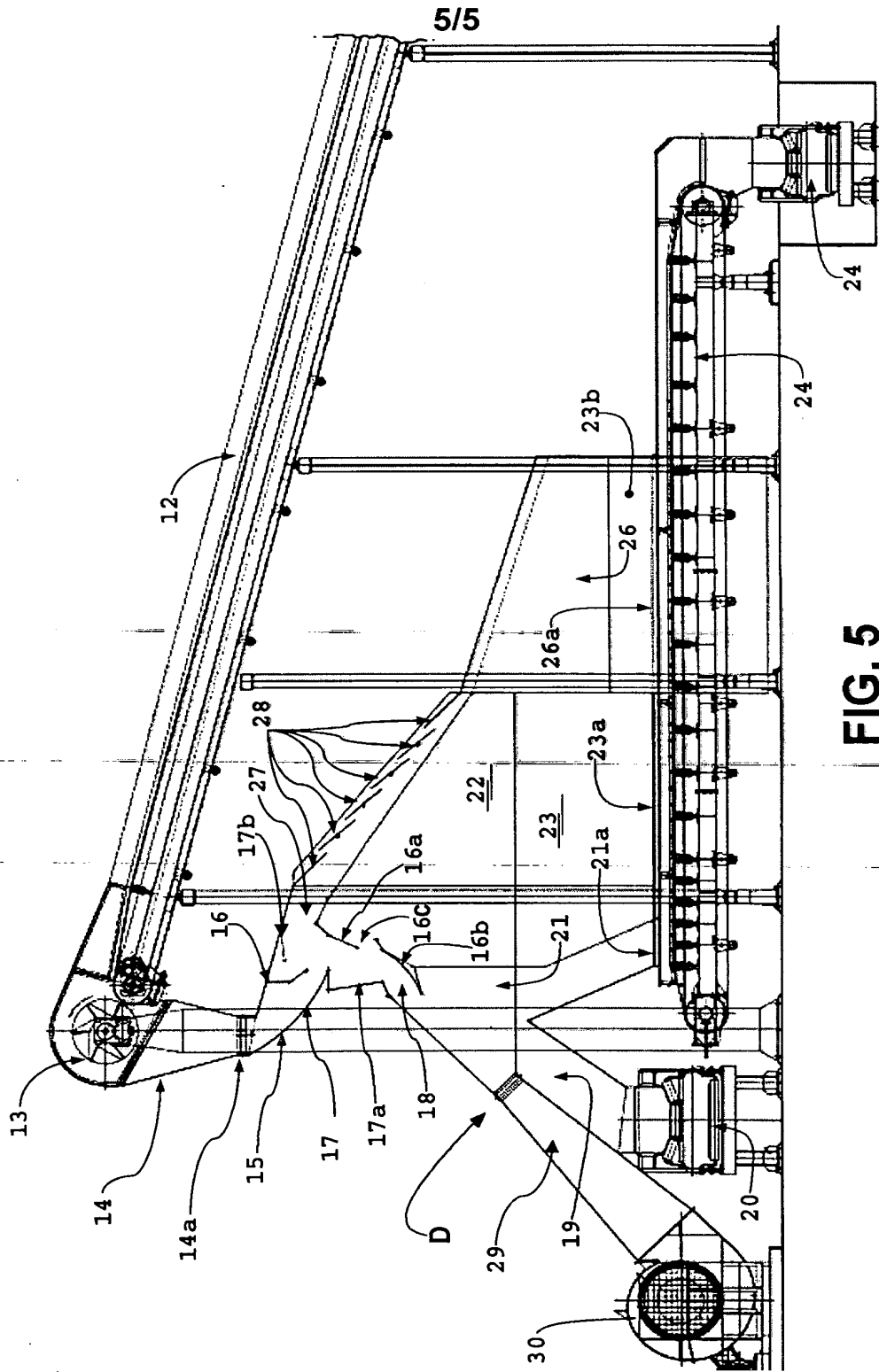


FIG. 5

RESUMO

"PROCESSO E EQUIPAMENTO PARA LIMPEZA A SECO DE CANA-DE-AÇÚCAR, COLHIDA EM TOLETES E CONTENDO PALHA E OUTRAS IMPUREZAS"

- 5 O processo compreende as etapas de: distribuir uma carga de cana-de-açúcar, com impurezas minerais e vegetais, sobre uma esteira transportadora (12), aí formando um colchão de cana e impurezas; submeter o colchão a uma operação de dosagem e espalhamento, formando uma cortina
- 10 fina e dispersa, em deslocamento gravitacional em uma primeira porção de câmara (15); submeter a cortina de cana e impurezas, a um fluxo de ar forçado, transversal e ascendente, deslocando as impurezas para fora da cortina e para o interior de um primeiro compartimento coletor
- 15 (21) e de uma segunda e de uma terceira porção de câmara (22 e 27); ~~defletir a fração de fluxo de ar forçado, recebida na terceira porção de câmara (27), obtusamente em uma pluralidade de persianas ajustáveis (28), descomprimindo o fluxo de ar; descarregar a carga de cana~~
- 20 limpa e as impurezas através respectivas saídas inferiores de cana limpa(19) e de impurezas (21a, 23a e 26a).