



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0901426-8 B1



(22) Data do Depósito: 04/03/2009

(45) Data de Concessão: 16/04/2019

(54) Título: MÉTODO DE MINERAÇÃO, SISTEMA PARA EXPLORAÇÃO DE UMA MINA, ESTAÇÃO DE PROCESSAMENTO DE DADOS E MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR

(51) Int.Cl.: G06T 7/00; G06T 7/60; G06T 15/00; G06T 17/00; E21C 39/00; (...).

(52) CPC: E21C 39/00; E21C 41/26; F42D 3/04; H04N 1/00827.

(30) Prioridade Unionista: 04/03/2008 AU 2008901043; 19/09/2008 AU 2008904896.

(73) Titular(es): TECHNOLOGICAL RESOURCES PTY. LIMITED.

(72) Inventor(es): JUAN NIETO; HUGH DURRANT-WHYTE; ALLAN BLAIR.

(57) Resumo: SISTEMA DE VARREDURA PARA MODELAGEM DE MINERALOGIA 3D. Um método de mineração compreendendo: usar um veículo adaptado com o módulo de varredura para fazer a varredura de uma face de banco de um banco de mina para informação geométrica e geológica; fazer avaliações de grau de minério de material na face de banco da informação fornecida pela varredura da face de banco; remover o material do banco; e transportar o material removido para processamento. Pelo menos um dos referidos remoção, transporte, e processamento é realizado pelo menos parcialmente dependente das avaliações de grau de minério.

**MÉTODO DE MINERAÇÃO, SISTEMA PARA EXPLORAÇÃO DE UMA MINA,
ESTAÇÃO DE PROCESSAMENTO DE DADOS E MEIO LEGÍVEL POR
COMPUTADOR**

Campo da invenção

5 Esta invenção relaciona-se aos métodos e sistemas de varredura. Tem a aplicação particular à mineração a céu aberto em que o material é removido sucessivamente dos bancos após perfuração e explosão, porém não é limitado a essa aplicação.

10 **Fundamento da invenção**

A mineração a céu aberto convencional segue progressivamente um corpo de minério utilizando perfuração e explosão, seguido pela pá carregadora e caminhão extrator fora de uma cava. É conhecido minerar minério de ferro em
15 blocos grandes usando uma série de bancos de modo que várias atividades de mineração possam ser realizadas simultaneamente (com exceção em tempos reais de explosão).

Um banco de minério, por exemplo 40m comprimento x 20m profundidade x 10m altura e contendo 8.000 toneladas de
20 minério, é primeiramente perfurado para formar um padrão de furos de "explosão" e o resíduo dos mesmos, conhecido como de "cones explosão", é amostrado e analisado, por exemplo por análise química, para determinar se em média o minério
25 resíduo. O limite entre teores elevado e baixo é dependente de uma escala de fatores e pode variar de mina a mina e em várias seções de uma mina.

O banco de minério é explodido usando explosivos. Os primeiros explosivos usados são ANFO (nitrato de
30 amônio/óleo de combustível) baseados e dispensados em

caminhões distribuidores de volume especialmente projetados que podem regular a densidade explosiva antes de carregarem o furo. O material explodido é recolhido por pás de corda elétricas, escavadoras hidráulicas a diesel, ou retro 5 escavadeiras frontais e colocado em caminhões de transporte e transportado da cava aberta. O minério é processado fora da cava aberta dependendo da determinação/avaliação do teor. Por exemplo, o minério de resíduo é usado como preenchedor de mina, o minério de teor baixo é armazenado 10 ou usado para misturar com o minério de teor elevado, e o minério de teor elevado é processado adicionalmente como necessário para formar um produto comercial.

Na mineração convencional a céu aberto como descrita acima, as avaliações de teor de minério são feitas na base 15 de material em somente posições de ponto e o resultado da análise de material pode levar muitos dias o que pode atrasar o planeamento da recuperação de explosão e transporte do material de minério.

Nenhuma referência aqui à técnica anterior não deve 20 ser levada como uma admissão ao conhecimento geral comum de uma pessoa hábil na técnica.

Sumário da invenção

Em um aspecto da presente invenção fornece um método de mineração compreendendo: usando um veículo adaptado com 25 o módulo de varredura para fazer a varredura de uma face de banco de um banco de mina para a informação geométrica e geológica; fazendo avaliações de teor de minério de material na face de banco da informação fornecida pela varredura de face de banco; removendo o material do banco; 30 e transportando o material removido para processamento, em

que pelo menos um dos referidos remoção, transporte, e processamento é realizado pelo menos parcialmente dependente das avaliações de teor de minério.

O módulo de varredura pode compreender um captador de
5 imagem hiperespectral para gerar imagens hiperespectrais da face de banco, as imagens hiperespectrais contendo a informação geológica no material na face de banco.

O captador de imagem hiperespectral pode compreender um espectrômetro de imagem e/ou uma câmera hiperespectral.

10 O módulo de varredura pode adicionalmente compreender um captador de varredura de geometria para gerar a informação geométrica na face de banco o método compreendendo adicionalmente: fundir a informação geométrica gerada pelo captador de varredura a laser com a
15 informação geológica gerada pelo captador de imagem hiperespectral para produzir um modelo da informação geométrica e geológica na face de banco.

O captador de varredura de geometria pode ser um laser.

20 O veículo pode mover-se entre posições espaçadas ao longo do banco nas quais as posições de parada do veículo para a varredura do terreno circunvizinho pelo módulo de varredura.

O módulo de varredura pode fazer a varredura do
25 terreno circunvizinho enquanto o veículo se move ao longo da face de banco.

O método pode adicionalmente compreender: perfurar furos de explosão no banco e explodir o banco usando o explosivo colocado nos furos de explosão; analisando os
30 cortes de perfuração gerados pela perfuração dos furos de

explosão; e em que o resultado da análise dos cortes de perfuração é usado como um fator para fazer as avaliações de teor de minério.

5 A análise dos cortes de broca pode ser realizada pelo módulo de varredura.

A etapa de varredura da face de banco pelo módulo de varredura pode ser realizada antes da perfuração dos furos de explosão. Alternativamente, a etapa de varredura da face de banco é realizada após ter perfurado os furos de
10 explosão.

O método pode adicionalmente compreender a etapa de usar o módulo de varredura para fazer uma varredura adicional da face de banco depois que o banco foi explodido.

15 O resultado da varredura adicional pode ser usado para avaliar o movimento de material no banco durante a explosão.

O resultado da varredura adicional pode ser usado como um fator para fazer as avaliações de teor de minério.

20 O método pode adicionalmente compreender a etapa de usar o veículo de varredura para fazer uma varredura adicional da face de banco após a remoção parcial do material explodido do banco.

O resultado da varredura adicional pode ser usado como
25 um fator para fazer a avaliação de teor de minério.

O módulo de varredura pode incorporar um receptor para receber sinais de posição de GPS para o uso na geração da informação geométrica.

O método pode adicionalmente compreender a etapa de
30 normalização dos dados gerados pelo captador de imagem

hiperespectral.

O método pode adicionalmente compreender colocar um ou mais elementos espectrais de calibração de imagem em posições espaçadas na face de banco, e em que a etapa de
5 normalização dos dados gerados pelo captador de imagem hiperespectral compreende para fazer a varredura ou cada elemento espectral de calibração de imagem obtém os dados de radiância relacionando à radiância de luz incidente e usando os dados de radiância para normalizar os dados
10 gerados pelo captador de imagem hiperespectral.

Os referidos elementos podem compreender as placas de calibração tendo superfícies reflexivas do espectro conhecido.

Os dados do módulo de varredura podem ser transmitidos
15 do veículo a uma estação de processamento.

Os dados de módulo de varredura podem ser processados na estação de processamento para formar um mapa geológico.

Os dados de módulo de varredura podem ser usados como uma entrada para um modelo da geologia de mina.

20 O captador de varredura de geometria pode compreender uma câmera. A câmera pode ser uma câmera RGB. O captador de varredura de geometria pode adicionalmente compreender um captador de varredura de escala. O captador de varredura de escala pode ser um laser.

25 Em um segundo aspecto a presente invenção fornece um sistema para exploração de uma mina, compreendendo: uma estação de processamento de dados; e um veículo capaz de movimento ao longo de uma face de banco de mina e adaptado com um módulo de varredura, o módulo de varredura operável
30 para fazer a varredura da face de banco e para gerar a

informação geométrica e geológica relacionando ao banco; e um transmissor para transmitir a referida informação geométrica e geológica à estação de processamento.

A estação de processamento pode ser fornecida com um processador para fusão dos dados de informação geométrica e geológica do módulo de varredura em um mapa geológico.

O processador pode ser eficaz para formar ou atualizar um modelo geológico.

O módulo de varredura pode incluir um ou mais captadores de imagem hiperespectral para produzir a informação geológica hiperespectral relacionada ao banco.

O módulo de varredura pode adicionalmente compreender um captador de varredura a laser para capturar a informação geométrica.

Em um terceiro aspecto a presente invenção fornece estação de processamento de dados compreendendo: um módulo de recepção operável para receber os dados geológicos e geográficos associados com uma região de interesse; um módulo de processamento operável para processar os dados geológicos e geográficos para fazer uma avaliação de teor de minério de um depósito mineral presente dentro da região.

A estação de processamento de dados pode adicionalmente compreender um módulo instrutivo operável para emitir uma instrução de escavação dependente, pelo menos em parte, da avaliação de teor de minério.

Em um aspecto adicional a presente invenção fornece o código de programa de computador compreendendo pelo menos uma instrução que quando executada por um sistema computadorizado faz com que o sistema implemente o método

descrito nas indicações acima.

Em um aspecto adicional a presente invenção fornece um meio de leitura em computador fornecendo o código de programa de computador.

5 Em um aspecto adicional a presente invenção fornece um método de mineração compreendendo: recebendo os dados geológicos e geográficos associados com uma região de interesse; e processamento os dados geológicos e geográficos para fazer uma avaliação de teor de minério de
10 um depósito mineral presente dentro da área de interesse.

O método de mineração pode adicionalmente compreender a etapa de emitir uma instrução de escavação dependente, pelo menos em parte, da avaliação de teor de minério.

A região de interesse pode ser uma face de banco de um
15 banco de mina.

Breve descrição dos desenhos

As características e vantagens da presente invenção se tornarão aparentes da seguinte descrição das modalidades da mesma, por modo de exemplo somente, em referência aos
20 desenhos acompanhantes, em que:

A Figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A Figura 2 é um diagrama de bloco mostrando etapas de método para gerar um mapa geológico tridimensional
25 utilizando o sistema da Figura 1; e

A Figura 3 é um fluxograma mostrando as etapas de método para desenvolver um modelo tridimensional de acordo com uma modalidade adicional da invenção.

Descrição detalhada das modalidades

30 As técnicas de espectroscopia de refletância e emissão

podem ser usadas para obter a informação a respeito da composição química de um objeto ou material. Uma vantagem da espectroscopia é que pode ser usada na faixa próxima ou distante. Uma desvantagem da espectroscopia é que é
5 sensível às pequenas mudanças na química e/ou estrutura do objeto.

Um objeto que pode ser analisado usando a espectroscopia é um corpo de minério. Quando as variações no material de composição frequentemente causam o
10 deslocamento na posição e formato de características espectrais e as características espectrais a serem examinadas em um corpo de minério podem ser completamente complexas, a espectroscopia tem ainda o grande potencial de estimar e classificar as propriedades geológicas chaves,
15 tais como tipo e/ou teor de rocha.

As imagens hiperespectrais são produzidas por espectrômetros de imagem ou câmeras hiperespectrais. Os sensores hiperespectrais coletam dados nas centenas de faixas. Estas medidas produzem um espectro "contínuo" que,
20 após ajustes e correções, pode ser comparado com as bibliotecas de espectros de refletância. Tipicamente, as câmeras hiperespectrais coletam todos os espectros através de uma linha espacial na imagem e a varredura é requerida a fim de construir uma imagem espectral. Usando um
25 espectrômetro de imagem ou câmera hiperespectral conjuntamente com um captador de varredura de geometria (tal como um captador de varredura a laser usado para a Detecção de Luz e varredura variante (Lidar)) é possível construir um mapa e modelo geológico de um terreno feito a
30 varredura, tal como a face de um banco de mina.

Fundindo os dados geométricos (por exemplo, varredura Lidar) com os dados hiperespectrais, um modelo geológico tridimensional do ambiente pode ser gerado. O termo "fundindo" refere-se à combinação da informação das fontes múltiplas para criar um modelo de dados novo, ou combinar a nova informação com a informação já existente de um modelo de dados para atualizar um modelo de dados. As fontes múltiplas podem ser fontes homogêneas ou heterogêneas. A informação das fontes múltiplas teria tipicamente características diferentes, mas fornece informação sobre o mesmo parâmetro medido. Por exemplo, no presente pedido a informação da composição química (dos dados hiperespectrais) a respeito de uma região de interesse é fundida com a informação geométrica (por exemplo, da varredura de Lidar) da mesma região para criar um modelo tridimensional dessa região. A fusão de informação pode requerer o uso de algoritmos de fusão.

Como será descrito mais detalhadamente abaixo, tal modelo feito de uma escavação de mina (ou parte da mesma) pode vantajosamente ser usado para controle e classificação espacial de depósitos minerais dentro da escavação de mineração.

Em referência a Figura 1, é mostrado um sistema de acordo com uma modalidade da presente invenção que se relaciona à mineração.

O sistema compreende um módulo de varredura que, neste caso, inclui duas câmeras hiperespectrais arranjadas para tirar medidas que se relacionam às características químicas de uma área de interesse (na modalidade presentemente descrita, uma "face de banco" de

um banco de mina).

O módulo de varredura 12 inclui também um captador de varredura de geometria 14 para tirar medidas relacionadas às características geométricas da região de interesse. O
5 captador de varredura de geometria 14 pode incluir uma câmera RGB 23 e um captador de varredura de escala 25. Por exemplo, e como notado abaixo, um captador de varredura de geometria 14 possível é o captador de varredura a laser Riegl LMS-Z420i que é fornecido com um captador de
10 varredura de escala (na forma de um laser) e a câmera RGB co-montada. O captador de varredura de geometria 14 neste exemplo é usado para a varredura de Lidar.

Os captadores de varredura alternativos de geometria e as técnicas de varredura são possíveis, tais como os
15 radares e sonares (dependendo, naturalmente, das características da área de interesse). Alternativamente, as técnicas de sensores/detecção passivas podem ser usadas, por exemplo, uma câmera para medir a luz refletida por um objeto na região de interesse a fim de obter uma
20 representação espacial de um espectro de objeto. Enquanto uma câmera somente der uma representação 2D, a informação tridimensional pode ser obtida fazendo diversos retratos dos pontos de vantagem diferentes e usando métodos de triangulação (isto é, estereoscopia).

25 Para permitir a informação posicional absoluta ser fornecida como parte da informação geométrica o veículo 18 é também fornecido com um receptor (não mostrado) recebendo sinais de GPS.

O módulo de varredura 12 é acoplado a um veículo móvel
30 18 que pode ser um veículo automotor ou pode ser um reboque

ou similar para ser rebocado atrás de um motor primário. O veículo ou motor primário pode ser diretamente controlado por um motorista, sob o controle remoto robótico, ou pode ser uma unidade autônoma (isto é, artificialmente
5 inteligente). O veículo 18 carrega um transmissor 19 para transmitir dados de medida das câmeras hiperespectrais 16 e do captador de varredura de geometria 14 a uma estação de processamento 20. Em uma modalidade os dados de medida são transmitidos usando o protocolo de frequência de rádio
10 padrão.

A estação de processamento 20 está na forma de um sistema de computação remotamente localizado acoplado a um receptor 22. Como descrito previamente, o sistema de computação 20 é operável para processar os dados de medida
15 recolhidos por ambas câmeras hiperespectrais 14 e captador de varredura de geometria 16 de modo a produzir dados de verificação geológicos e gerar um modelo de terreno tridimensional fornecendo cobertura espacial e espectral elevada da face de banco. Os dados de verificação geológica
20 e mapa terreno podem subsequentemente ser utilizados pelo sistema 20 para fazer as avaliações de teor de minério de material através de toda a face de banco e, de acordo com essas avaliações (unicamente ou em combinação com a entrada adicional) para classificar o material para extração e
25 tratamento adicional de acordo com o teor.

Uma avaliação inicial pode ser obtida de uma primeira varredura da face de banco tirada antes ou após a perfuração, mas antes da explosão. A avaliação inicial pode, então ser refinada para permitir a geração de uma
30 classificação final de teores de minério no banco pela

combinação da avaliação inicial com os dados tirados de uma ou mais varreduras subsequentes da face de banco, e/ou com os dados obtidos pela inspeção de cortes de perfuração. A determinação/avaliação e classificação finais de teores de minério podem então ser usadas para determinar o tratamento do material minado.

Comparando com um modelo pré-explosão inicial (construído pelo uso de uma varredura/avaliação pré-explosão) com um modelo pós-explosão (construído pelo uso de uma varredura/avaliação pós-explosão) pode também ser usado para avaliar o movimento de material no banco durante a explosão.

O sistema de computação 20 pode também armazenar um modelo de recursos de minério na mina e usar os dados hiperespectrais e/ou de Lidar para atualizar o modelo.

A Figura 2 fornece um diagrama de bloco dos processos envolvidos no uso de dados do módulo de varredura 12 para fornecer um mapa/modelo geológico tridimensional.

No processo 32 os dados do captador de varredura de escala 25 são usados pela estação de processamento 20 para gerar os dados de escala (ou uma imagem de escala) em relação ao banco.

No processo 34 os dados da câmera RGB 23 são usados pela estação de processamento 20 para gerar dados de RGB (ou uma imagem de RGB) do banco. A geração dos dados de RGB pode requerer processamento real por si, ou dados de RGB usáveis podem ser fornecidos diretamente à estação de processamento 20 pela câmera RGB 23.

No processo 36 a estação de processamento 20 gera uma representação geométrica do banco pelo registro (fusão) dos

dados de escala de processo 32 com os dados de RGB de processo 34. Este registro pode ser conseguido em várias maneiras. Por exemplo, se o captador de varredura Riegl LMS-Z420i for usado, o captador de varredura é disposto e
5 calibrado, tal que a câmera RGB 23 (fornecendo dados de RGB) e o captador de varredura a laser 14 (fornecendo dados de escala) tenham eixos de coordenada alinhados que possam ser usados para registrar os dados de escala com o retrato de RGB. O software é fornecido com o captador de varredura
10 Riegl LMS-Z420i que pode ser usado para este registro.

No processo 38 os dados das câmeras hiperespectrais 16 são usados pela estação de processamento 20 para gerar os dados hiperespectrais (ou uma imagem hiperespectral) relacionada ao banco.

15 No processo 40 o mapeamento temático é usado para analisar os dados hiperespectrais gerados no processo 38 e classificar substâncias no banco. Como é conhecido na técnica, o mapeamento temático envolve olhar as faixas de absorção mostradas na imagem hiperespectral e regiões de
20 mapeamento (ou, se desejado, pixels individuais) dos dados para substâncias combinando faixas de absorção de substâncias conhecidas (por exemplo, ferro ou hematita) com essas substâncias.

No processo 42 a estação de processamento 20 gera o
25 mapa geológico tridimensional registrando (ou fundindo) os dados de classificação de processo 40 com os dados geométricos de processo 36 (isto é, os dados geométricos e de RGB já registrados). O registro aqui pode, por exemplo, ser conseguido aplicando técnicas de processamento de
30 imagem padrões (tal como detecção de borda) aos dados de

RGB e aos dados de classificação. Alternativamente, e como notado abaixo, as placas de calibração podem ser usadas para registrar os dados de classificação com os dados geométricos.

5 Será apreciado que os processos descritos acima podem ser realizados em série ou em paralelo (exceto, naturalmente, onde um processo requer a entrada de um processo precedente). Por exemplo, os processos 38 a 40 podem funcionar em paralelo com processos 32 a 36.

10 Para conseguir a funcionalidade acima, a estação de processamento 20 pode empregar o hardware de computador padrão, tal como uma placa-mãe 110, uma unidade de processador central 112, uma memória de acesso aleatório 114, um HD 116, e hardware de rede 118. Adicionalmente ao
15 hardware, o sistema 20 inclui um sistema operacional (tal como o Sistema Operacional da Microsoft Windows TM XP, que é feito pela Microsoft Corporation) que reside no HD e que coopera com o hardware para fornecer um ambiente em que as aplicações de software podem ser realizadas. Nesta
20 consideração, o HD 116 do servidor 14 é carregado com um módulo de processamento que opera para gerar os dados de verificação geológica e modelo de terreno, como descrito previamente e fazer avaliações de teor de minério associadas.

25 Um módulo instrutivo pode também ser fornecido emitindo uma instrução de escavação dependente, pelo menos em parte, em avaliações de teor de minério resultando do módulo de processamento. Uma unidade de exposição visual
120 é também fornecida para exibir graficamente o mapa de
30 terreno a um usuário. O sistema de computação 20 é acoplado

a uma base de dados 122 para armazenar os dados de medida acima mencionados, dados de verificação geológica, dados de mapa de terreno e dados de modelo.

Mais detalhadamente, um módulo de varredura 12 pode utilizar câmeras hiperespectrais e captadores de varredura a laser comercialmente disponíveis. Por exemplo, para a 5
examinação de corpos de minério de ferro descobriu-se que as câmeras Neo HySpex VNIR e SWIR tendo as seguintes características são apropriadas.

Sensor	VNIR 1600	SWIR 320m
Faixa espectral	0,4-1 μm	1,3-2,5 μm
Pixels espaciais	1600x1200	320x256
# faixas	160	256
Digitalização	12 bit	14 bit

10 A câmara VNIR pode ser usada para detectar o minério de ferro enquanto os minerais de argila podem ser detectados por imagens de SWIR. As câmeras diferentes podem ser usadas sozinhas ou em combinação dependendo da natureza dos dados desejados.

15 Um captador de varredura de geometria apropriado (se as técnicas de Lidar forem usadas) é um captador de varredura a laser 3D, tal como o captador de varredura Riegl LMS-Z420i que é fornecido com um laser e a câmara RGB e tem as seguintes características.

Sensor	LMS Z420i
Faixa de medida	1000 m
Faixa mínima	2 m
Precisão	10 mm
Comprimento de onda do laser	Próximo ao infravermelho
Faixa vertical de varredura	0-80 graus

Faixa horizontal de varredura	0-360 graus
Resolução angular	0,002 graus

As câmeras hiperespectrais e o captador de varredura de geometria tem movimentos internos de varredura permitindo serem montados ao veículo móvel 18 para a operação de varredura da paisagem circunvizinha. As câmeras e o captador de varredura podem ser configurados para fazer a varredura continuamente da paisagem circunvizinha enquanto o veículo se move, ou podem fazer medidas periódicas das posições selecionadas (durante o movimento do veículo ou enquanto o veículo está estacionário).

Uma imagem hiperespectral crua consiste em um conjunto de números digitais (DNs) sem unidades físicas. Usando os parâmetros de câmera, estes valores digitais são convertidos à radiância em-sensor [$W.nm^{-1}.sr^{-1}.m^{-2}$]. A radiância é em parte dependente da intensidade de espectro da energia solar fornecida e portanto não é útil para a comparação com bibliotecas ou trabalho com dados multi-temporais ou multi-sensores. Para normalizar os dados, a radiância de pixel é dividida pela radiância de luz incidente. Este processo dá a refletância.

Há diferentes métodos para calcular a refletância. Várias técnicas empíricas foram desenvolvidas que não fazem o uso explícito de dados e modelos atmosféricos. Por esta razão são geralmente referidos como técnicas de normalização. Uma técnica de normalização que pode ser empregada é usar uma placa de calibração tendo um espectro conhecido e do qual é possível calcular a radiância da luz de incidente para permitir a imagem ser convertida à refletância. Uma série de placas de calibração pode ser

colocada nas posições espacial através/ao longo da face de banco para esta finalidade.

Se usadas, as placas de calibração podem também ser usadas para o registro de dados hiperespectrais com dados
5 de geometria (como descrito no processo 42 acima).

O sistema 10 como descrito acima pode ser usado em uma mina a céu aberto como segue:

1. Obtendo a informação da mina como escavada, antes da perfuração e explosão. Isto pode estabelecer um ponto de
10 início para o registro de mineralização, comparação e atualização de um modelo de recurso. O revestimento de poeira em superfícies de rocha pode ser um problema e assim pode haver uma necessidade para identificar as diferenças entre as varreduras secas e molhadas seguindo a lavagem
15 usando um caminhão de água ou chuva.

2. Obtendo a informação pós-perfuração por varredura hiperespectral das faces e cortes de perfuração (cones de perfuração). Isto pode destacar a mineralização e geometria grosseira do material encontrado dentro do banco.

20 3. Obtendo a informação pós-explosão para avaliar o movimento de mineralização. Novamente, o efeito de revestimento de poeira pode, se necessário, ser resolvido lavando a área a fim de obter estimativas exatas.

25 4. Obtendo a informação durante a escavação para fornecer uma avaliação contínua de exatamente o que está sendo minado. Isto permitirá a reconciliação e ajuste dinâmico de instruções de escavação, isto é, o que do material escavado é minério e o que é resíduo. Isto permite também um modelo de recurso a ser dinamicamente atualizado
30 usando técnicas de fusão de dados.

5. Processamento dos dados para extrapolar a geometria, continuidade de mineralização e teor abaixo do banco e lateralmente atualizar o modelo de recurso.

Será compreendido por pessoas hábeis na técnica que o veículo e sistema de processamento podem se comunicar usando qualquer técnica apropriada de comunicação e não é limitada à técnica de comunicação atual descrita acima. Por exemplo, a comunicação pode ser feita sobre qualquer rede sem fio ou com fio incluindo as redes de rádio, redes infravermelhas, redes de área local e similares.

Igualmente, o sistema de processamento acima mencionado poderia ser implementado por qualquer software e hardware de computador apropriados e não é limitado à arquitetura particular mostrada nos desenhos e modalidade descrita. Qualquer arquitetura particular poderia ser usada incluindo arranjos de servidor de cliente, mainframes, computadores autônomos ou em rede, e similares. Por exemplo, o sistema poderia ser inteiramente incorporado em uma configuração única autônoma por meio de que o computador pessoal inclui todos os módulos operáveis para implementar as modalidades acima mencionadas. Por exemplo, a estação de processamento poderia ser fornecida "on-board" do veículo tal que todos os módulos estão integrados em uma única unidade.

Enquanto a invenção, para finalidades de ilustração, foi descrita acima com relação a uma aplicação de mineração, será apreciado que aplicações alternativas da invenção são possíveis. Em termos gerais, e referindo a figura 3, a invenção pode ser usada para desenvolver um modelo tridimensional de uma região de interesse, o modelo

incluindo a informação geométrica e informação de composição química.

Na etapa 52 o veículo 18 com o módulo de varredura 12 atravessa uma região de interesse para fazer uma varredura 5 inicial dessa região com câmeras hiperespectrais 16 (fornecendo a informação de composição química) e o captador de varredura geométrico 14 (fornecendo a informação geométrica). Dependendo do terreno, o veículo 18 pode ser adaptado para atravessar a região por voo, 10 transporte por rodas, ou transporte sob/sobre a água.

Na etapa 54 os dados de varredura inicial são fornecidos à estação de processamento 20. Como discutido acima, os dados podem ser enviados à estação de processamento 20 através de um protocolo de comunicação sem 15 fio. Alternativamente, a estação de processamento 20 pode ser carregada pelo veículo 18 e os dados fornecidos a ela por um protocolo de comunicação com fio.

Na etapa 56 a estação de processamento 20 funde a informação de composição química e a informação geométrica 20 a fim de produzir um modelo tridimensional da região de interesse, o modelo fornecendo a informação na geometria e na composição química da região de interesse.

Na etapa 58, e se desejado/requerido, o veículo 18 puder novamente atravessar toda ou parte da região de 25 interesse para fazer uma varredura adicional e obter informação de composição química e geométrica adicional.

Na etapa 60 os dados da varredura adicional são fornecidos à estação de processamento 20, e na etapa 62 a estação de processamento de dados 20 usa os dados da 30 varredura adicional para uma atualização do modelo da etapa

56 e/ou criar um novo modelo. Atualizar o modelo gerado na etapa 56 pode ser apropriado onde uma exatidão adicional é requerida. A criação de um modelo adicional da região pode ser de uso quando uma comparação entre a região no momento da varredura inicial e a região no momento da varredura adicional é desejada.

As etapas 58 a 62 podem ser repetidas como é requerido ou desejado ou, se somente uma varredura for requerida, omitidas inteiramente.

10 Na etapa 64 os modelos gerados na etapa 58 e/ou na etapa 62 são usados. Como será apreciado, o uso atual do(s) modelo(s) dependerá da aplicação.

Por exemplo, na modalidade de mineração descrita acima os modelos podem ser usados para determinar as posições de perfuração mais apropriadas, classificar e processar o minério, e/ou determinar o movimento dentro da mina após explosão.

20 O termo "compreende" (e seus variantes gramaticais) como usado aqui é equivalente ao termo "inclui" e não deve ser considerado como excluindo a existência de características, etapas ou inteiros adicionais.

Será compreendido que a invenção divulgada e definida neste relatório descritivo estende a todas as combinações alternativas de duas ou mais das características individuais mencionadas ou evidentes do texto ou desenhos. Todas estas combinações diferentes constituem vários aspectos alternativos da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de mineração caracterizado pelo fato de compreender:

5 usar um veículo (18) adaptado com um módulo de varredura (12) para simultaneamente fazer a varredura (52) de uma face de banco de um banco de mina para ambas as informações geométrica e geológica;

processar (54) a informação geológica para determinar uma classificação geológica;

10 fundir (56) a informação geométrica e a classificação geológica para produzir um modelo da informação geométrica e geológica incluindo informação de teor de minério da face de banco;

remover (64) material do banco; e

15 transportar (64) o material removido para processamento, em que

pelo menos um dos referidos remoção, transporte, e processamento de material do banco é realizado pelo menos parcialmente dependente da avaliação do modelo em termos da
20 informação de teor de minério.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o módulo de varredura (12) compreende um captador de imagem hiperespectral (16) para gerar imagens hiperespectrais da face de banco, as imagens
25 hiperespectrais contendo a informação geológica no material na face de banco.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o captador de imagem hiperespectral (16) compreende um espectrômetro de imagem
30 e/ou uma câmera hiperespectral.

4. Método, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, **caracterizado** pelo fato de que o módulo de varredura (12) adicionalmente compreende um captador de varredura de geometria (14) para gerar a informação geométrica na face do banco, em que fundir (56) compreende:

fundir a informação geométrica gerada pelo captador de varredura de geometria (14) com a informação geológica gerada pelo captador de imagem hiperespectral (16) , para produzir, assim, o modelo da informação geométrica e geológica na face de banco.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que o captador de varredura de geometria (14) é um laser.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado** pelo fato de que o veículo (18) se move entre posições espaçadas ao longo do banco nas quais as referidas o veículo (18) para, para a varredura da face de banco pelo módulo de varredura (12).

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado** pelo fato de que o módulo de varredura (12) faz a varredura da face de banco enquanto o veículo (18) se move ao longo da face de banco.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente:

perfurar furos de explosão no banco e explodir o banco usando o explosivo colocado nos furos de explosão;

analisar os cortes de perfuração gerados pela perfuração dos furos de explosão; e em que

um resultado da análise dos cortes de perfuração é

usado como um fator na produção do modelo da informação geométrica e geológica da face de banco.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que a análise dos cortes de perfuração é realizada pelo módulo de varredura (12).

10. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de fazer a varredura da face de banco pelo módulo de varredura (12) é realizada antes de perfurar os furos de explosão.

11. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de fazer a varredura (52) da face de banco é realizada após perfurar os furos de explosão.

12. Método, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que ainda compreende a etapa de usar o módulo de varredura (12) para fazer uma varredura adicional (58) da face de banco depois que o banco foi explodido.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que o resultado da varredura adicional (58) é usado (64) para avaliar o movimento de material no banco durante a explosão.

14. Método, de acordo com a reivindicação 12 ou 13, **caracterizado** pelo fato de que o resultado da varredura adicional (58) é usado (64) como um fator na produção do modelo da informação geométrica e geológica da face de banco.

15. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, **caracterizado** pelo fato de que ainda compreende a etapa de usar o veículo de varredura (18) para

fazer uma varredura adicional da face de banco após a remoção parcial do material explodido do banco.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que o resultado da varredura
5 adicional é usado como um fator na produção do modelo da informação geométrica e geológica do banco.

17. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 16, **caracterizado** pelo fato de que o
módulo de varredura (12) incorpora um receptor para receber
10 sinais de posição de GPS para o uso na geração da informação geométrica.

18. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que ainda compreende a etapa de
normalização dos dados gerados pelo captador de imagem
15 hiperespectral (16).

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado** pelo fato de que compreende ainda colocar um
ou mais elementos de calibração de imagem espectral em
posições espaçadas na face de banco, e em que a etapa de
20 normalização dos dados gerados pelo captador de imagem hiperespectral (16) compreende:

fazer a varredura do ou de cada elemento de
calibração de imagem espectral para obter os dados de
radiância relacionados à radiância de luz incidente; e

25 usar os dados de radiância para normalizar os dados gerados pelo captador de imagem hiperespectral (16).

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado** pelo fato de que os referidos elementos
compreendem placas de calibração tendo superfícies
30 reflexivas de um espectro conhecido.

21. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 20, **caracterizado** pelo fato de que os dados do módulo de varredura (12) são transmitidos do veículo (18) a uma estação de processamento (20).

5 22. Método, de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado** pelo fato de que o modelo da informação geométrica e geológica é usado como uma entrada para um modelo da geologia de mina.

10 23. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que o captador de varredura de geometria (14) compreende uma câmera (23).

24. Sistema para exploração de uma mina (10) **caracterizado** pelo fato de compreender:

uma estação de processamento de dados (20); e

15 um veículo (18) capaz de movimento ao longo de uma face de banco de mina e adaptado com um módulo de varredura (12), o módulo de varredura (12) operável para fazer a varredura da face de banco e gerar simultaneamente ambas as informações geométrica e geológica relacionadas à face de
20 banco; e

um transmissor (19) para transmitir a referida informação geométrica e geológica à estação de processamento (20) para:

25 processar (54) a informação geológica para determinar uma classificação geológica;

fundir (56) a informação geométrica e a classificação geológica para produzir um modelo da informação geométrica e geológica incluindo informação de teor de minério da face de banco; e

30 fornecer instruções que são pelo menos parcialmente

dependentes da avaliação do modelo em termos da informação de teor de minério para pelo menos um de remover, transportar e processar material do banco.

25. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 24, **caracterizado** pelo fato de que o processador é eficaz para formar ou atualizar um modelo geológico da geologia de mina.

26. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 24 ou 25, **caracterizado** pelo fato de que o módulo de varredura (12) inclui um ou mais captadores de imagem hiperespectral (16) para produzir informação geológica hiperespectral relacionada ao banco.

27. Sistema (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 26, **caracterizado** pelo fato de que o módulo de varredura (12) adicionalmente compreende um captador de varredura a laser para capturar informação geométrica.

28. Estação de processamento de dados (20) **caracterizada** pelo fato de compreender:

um módulo de recepção operável para receber dados geológicos e geográficos associados com uma região de interesse;

um módulo de processamento operável para:

a) processar a informação geológica para determinar uma classificação geológica, e

b) fundir a informação geométrica e a classificação geográfica para produzir um modelo da informação geométrica e geológica incluindo informação de teor de minério associado com uma região de interesse; e

um módulo instrutivo operável para emitir uma

instrução de escavação dependente, pelo menos em parte, da avaliação em termos da informação de teor de minério.

29. Meio legível por computador **caracterizado** pelo fato de compreender instruções para implementar o método, 5 conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 23.

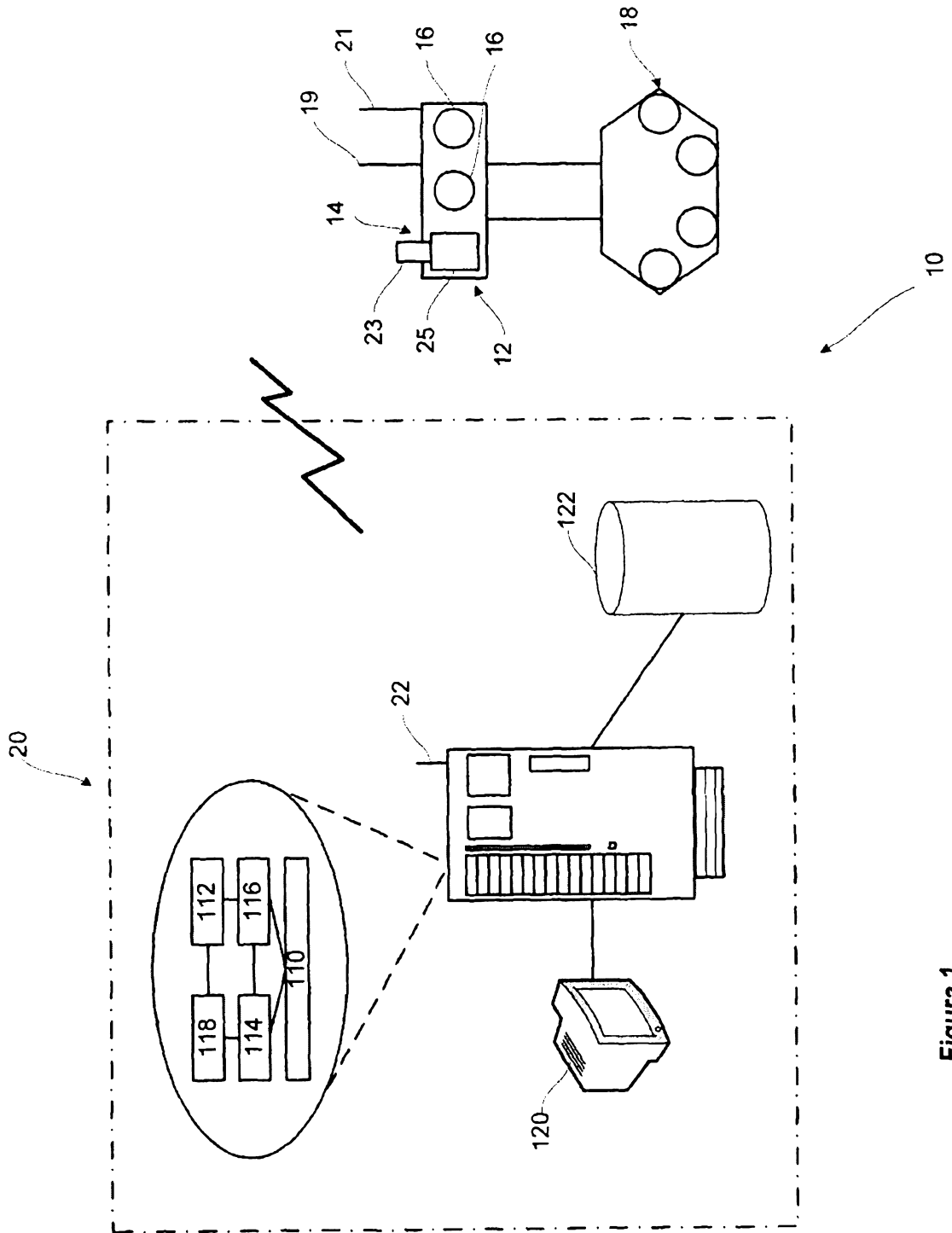


Figure 1

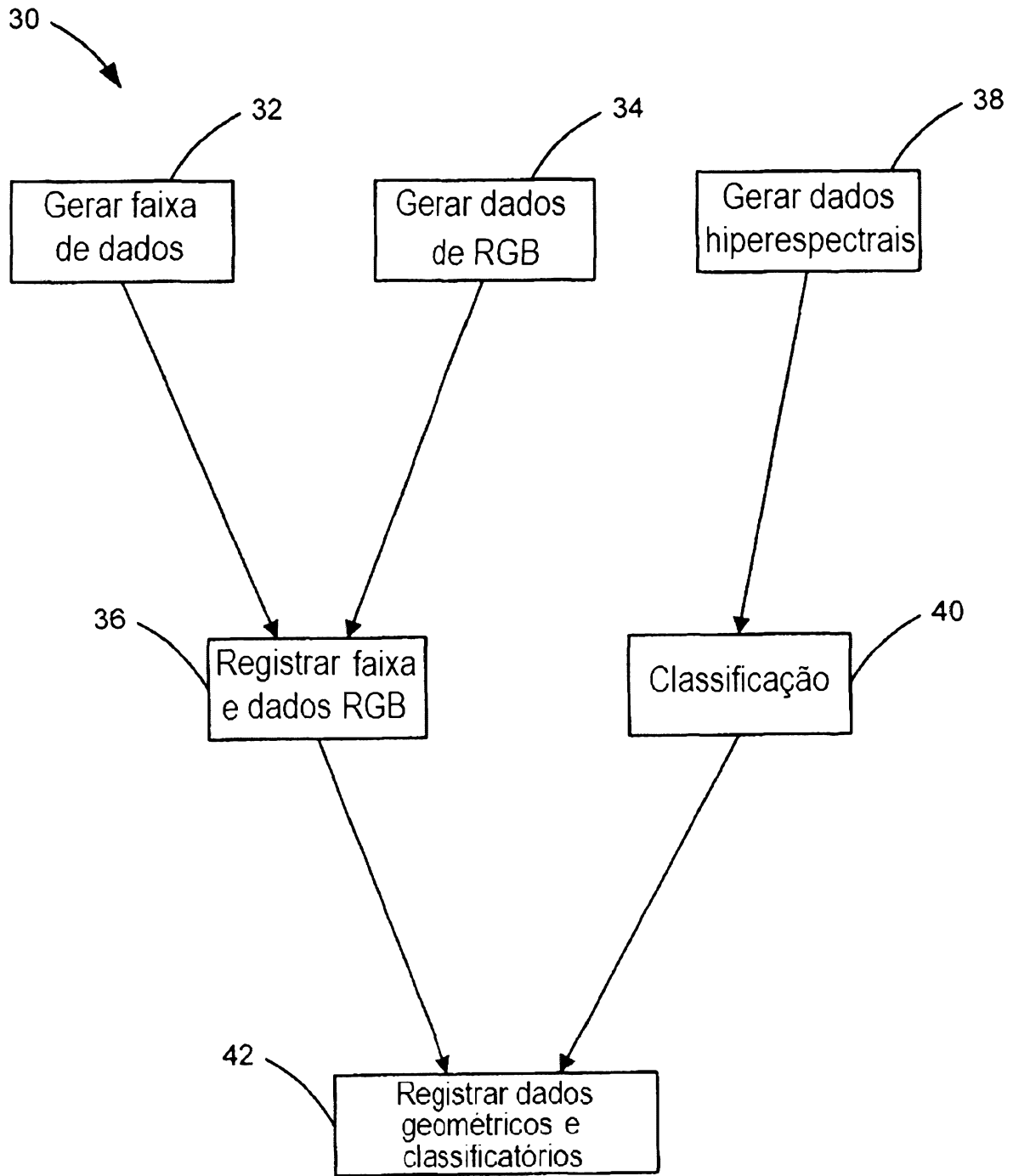


Figura 2

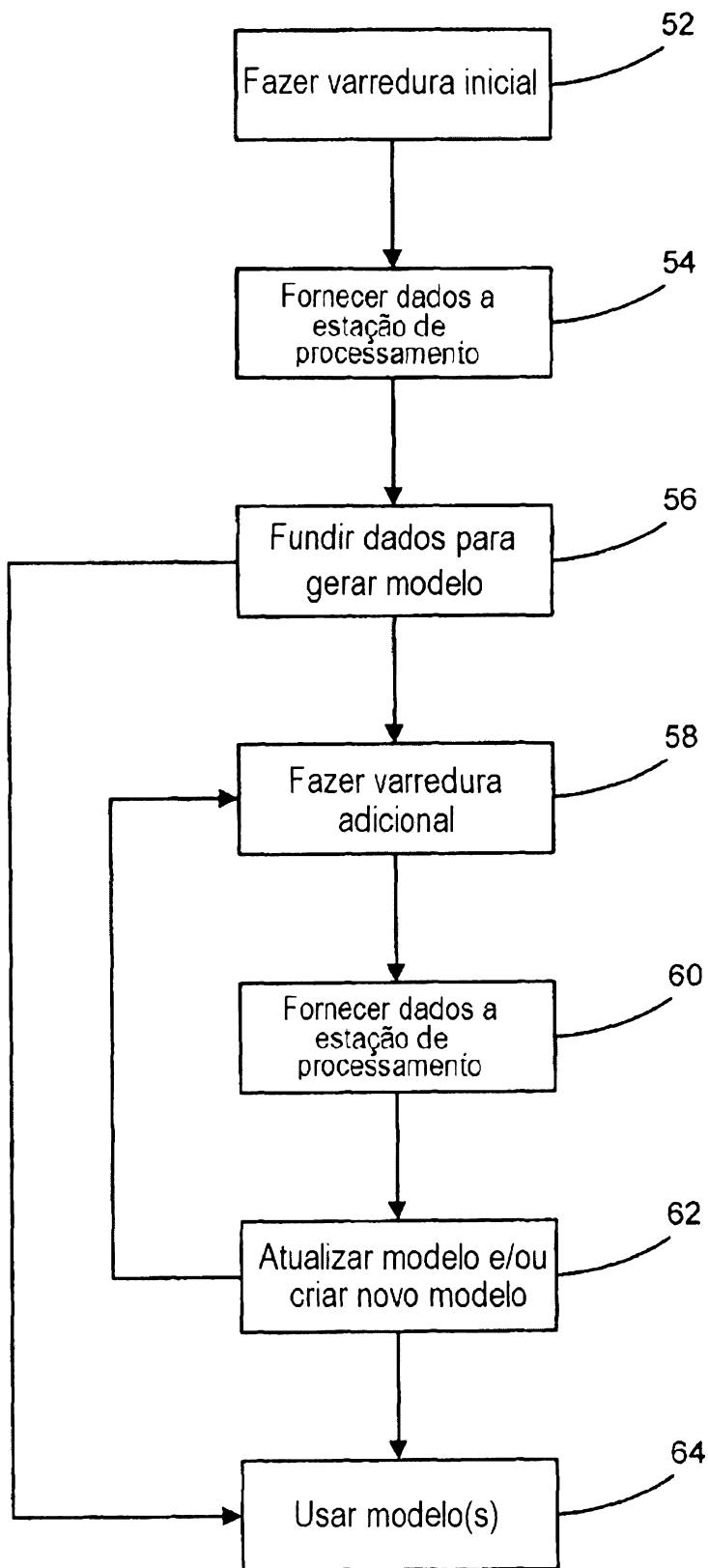


Figura 3