



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(11) BR 112020017937-0 B1

(22) Data do Depósito: 13/03/2019

(45) Data de Concessão: 13/08/2024

(54) Título: SISTEMA E MÉTODO DE IMAGEAMENTO DE SEMENTES

(51) Int.Cl.: A01C 1/02; B07C 5/342.

(30) Prioridade Unionista: 14/03/2018 US 62/642,684.

(73) Titular(es): MONSANTO TECHNOLOGY LLC.

(72) Inventor(es): ERIC L. BORROWMAN; GOVIND CHAUDHARY; HSIN-CHEN CHEN; JEFFREY L. KOHNE; JOHNNY J. KOTYK; LOUIS M. POMPE VAN MEERDERVOORT; RANDALL K. RADER; BRAD D. WHITE; CHI ZHANG.

(86) Pedido PCT: PCT US2019022065 de 13/03/2019

(87) Publicação PCT: WO 2019/178238 de 19/09/2019

(85) Data do Início da Fase Nacional: 02/09/2020

(57) Resumo: Um sistema de imageamento de semente para imagear sementes inclui uma estação de transferência de semente configurada para mover sementes através do sistema. Um conjunto de imageamento inclui uma primeira câmera montada em relação à estação de transferência de semente e configurada para adquirir imagens das sementes quando as sementes se movem através do sistema. Uma segunda câmera é montada em relação à estação de transferência de semente e é configurada para adquirir imagens das sementes quando as sementes se movem através do sistema. A segunda câmera tem uma modalidade de imageamento diferente de uma modalidade de imageamento da primeira câmera. A primeira e a segunda câmeras podem ser dispostas acima e abaixo das estações de transferência de sementes, tal como uma correia transparente.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SISTEMA E MÉTODO DE IMAGEAMENTO DE SEMENTES**".

[001] A presente divulgação se refere, em geral, a um sistema e método para processar sementes e, mais especificamente, um sistema de imageamento de semente e método para imagear e armazenar sementes.

FUNDAMENTOS

[002] Na indústria agrícola e, mais especificamente na indústria de reprodução de semente, é importante que os cientistas sejam capazes de analisar sementes com alto rendimento. Com isto queremos dizer que a análise das sementes ocorre, de preferência, não apenas rapidamente, mas também de forma confiável e com alto volume total. Historicamente, sementes são categorizadas por tamanho usando equipamento mecânico contendo telas com furos correspondendo a tamanhos predeterminados. Categorização de semente também é conduzida usando análise de imagem das sementes, para detectar certas características de aparência das sementes. Entretanto, sistemas anteriores de análise de semente são limitados em sua capacidade de detectar o tamanho, o formato e a aparência das sementes. Como resultado, sistemas anteriores de análise de imagem têm capacidades limitadas para caracterizar formato e defeitos de semente. Adicionalmente, sistemas de análise de imagem anteriores não permitem coleta automatizada de quantidades de dados estatisticamente significativos para o desenvolvimento de modelos de dados robustos para determinar correlações entre bateladas de sementes usando métricas de qualidade de sementes.

SUMÁRIO

[003] Em um aspecto, um sistema de imageamento de semente para imagear sementes geralmente compreende uma estação de transferência de semente configurada para mover sementes através do

sistema. Um conjunto de imageamento compreende uma primeira câmera montada em relação à estação de transferência de semente e configurada para adquirir imagens das sementes à medida que as sementes se movem pelo sistema. Uma segunda câmera é montada em relação à estação de transferência de semente e é configurada para adquirir imagens das sementes à medida que as sementes se movem pelo sistema. A segunda câmera tem uma modalidade de imageamento diferente de uma modalidade de imageamento da primeira câmera.

[004] Em outro aspecto, um método para imagear sementes geralmente compreende mover sementes através do sistema usando uma estação de transferência de semente; adquirir, usando uma primeira câmera montada em relação à estação de transferência de semente, imagens das sementes à medida que as sementes se movem através do sistema via a estação de transferência de semente; e adquirir, usando uma segunda câmera montada em relação à estação de transferência de semente, imagens das sementes conforme as sementes se movem através do sistema via a estação de transferência de semente, uma modalidade de imageamento da segunda câmera sendo diferente de uma modalidade de imageamento da primeira câmera.

[005] Em ainda outro aspecto, um sistema de imageamento de semente para imagear sementes geralmente compreende uma estação de transferência de semente configurada para mover sementes através do sistema. Um conjunto de imageamento compreende uma primeira câmera montada acima da estação de transferência de semente e configurada para adquirir imagens das sementes à medida que as sementes se movem através do sistema. Uma segunda câmera é montada abaixo da estação de transferência de semente e configurada para adquirir imagens das sementes à medida que as sementes se movem através do sistema.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[006] Fig. 1 é um diagrama de blocos de um sistema de imageamento de semente automatizado;

[007] Fig. 2 é uma perspectiva do sistema de imageamento de semente com um conjunto de imageamento e análise do sistema removido;

[008] Fig. 2A é outra perspectiva do sistema de imageamento de semente mostrando o conjunto de imageamento e análise;

[009] Fig. 2B é uma perspectiva fragmentada ampliada da Fig. 2;

[0010] Fig. 3 é uma vista frontal do sistema de imageamento de semente com o conjunto de imageamento e análise removido;

[0011] Fig. 4 é uma vista fragmentada ampliada da Fig. 3 mostrando esquematicamente o conjunto de imageamento e análise;

[0012] Fig. 5 é uma ilustração esquemática do sistema de imageamento de semente;

[0013] Fig. 6 é outra ilustração esquemática do sistema de imageamento de semente;

[0014] Fig. 7 é uma vista fragmentada ampliada da Fig. 2;

[0015] Fig. 8 é uma perspectiva de um sistema de imageamento de semente de outra modalidade;

[0016] Fig. 9 é uma vista frontal de um sistema de imageamento de semente de outra modalidade;

[0017] Fig. 10 é outra modalidade de um sistema de imageamento de semente; e

[0018] Fig. 11 se refere a dados exemplares de um sistema de imageamento de semente.

[0019] Caracteres de referência correspondentes indicam partes correspondentes ao longo dos desenhos.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0020] Com referência às Figs. 1 a 2A e 3 a 6, um sistema de

imageamento de semente é indicado geralmente em 10. O sistema é configurado para receber, analisar e armazenar uma pluralidade de sementes para processamento, avaliação e/ou análise posterior. O sistema 10 compreende um conjunto de carga e transferência 12 configurado para receber e distribuir as sementes através do sistema, um conjunto de imageamento e análise 14, para coletar dados de imagem das sementes à medida que elas são distribuídas através do sistema pelo conjunto de carga e transferência, e um conjunto de pesagem 15 para pesar as sementes e um conjunto de armazenamento 16 configurado para armazenar as sementes para processamento posterior. Um controlador 18 (por exemplo, um processador e memória adequada) é programado para operar o sistema 10. O conjunto de imageamento e análise 14 adquire dados de imagem e incorpora algoritmos de análise de imagem otimizados para fornecer características de sementes rápidas e altamente precisas, incluindo um ou mais de dados de cor, tamanho, formato, textura, composição interna, massa, volume, teor de umidade e composição química das sementes que fornecem uma imagem completa da aparência e da condição das sementes. Ser capaz de capturar a imagem interna e externa completa da semente permite que o sistema 10 detecte de maneira confiável defeitos nas sementes.

[0021] O conjunto de imageamento e análise 14 combina múltiplas modalidades de imageamento para medir a cor, o tamanho, a forma, a textura e as características internas das sementes, por exemplo, o que fornece uma indicação mais precisa de sua aparência e condição. O conjunto de armazenamento 16 é configurado para armazenar as sementes em microplacas para posterior processamento, avaliação e/ou análise. Em um ou mais outros exemplos, o conjunto de armazenamento pode ser configurado para classificar sementes individualmente em duas ou mais frações a granel, tal como no final do

conjunto de carga e transferência 12. Por exemplo, pulsos de ar podem dirigir as sementes, dependendo das análises realizadas nas sementes, para um ou mais recipientes a granel. Adicionalmente, o sistema 10 é projetado para aquisição de dados de alto conteúdo. Dados de imagem (por exemplo, cor, características internas, forma etc.) serão minerados dos dados de alto conteúdo para extrair os melhores preditores de qualidade. Um sistema de correia de alto rendimento pode ser incorporado posteriormente para coletar essas características usando dispositivos de imageamento mais rápidos.

[0022] Com referência às Figs. 2 a 6, o conjunto de carga e transferência 12 compreende uma tremonha (amplamente, uma estação de carregamento de semente) 20 incluindo uma entrada 22 para receber as sementes na tremonha e uma saída 24 para dispensar as sementes da tremonha, uma alimentação vibratória 25 na saída para individualizar as sementes à medida que elas são dispensadas da saída e um transportador 26 (amplamente, uma estação de transferência de semente) numa saída da alimentação vibratória. A alimentação vibratória 25 compreende um par de alimentadores vibratórios 27 e um par de canais vibratórios 29 associados a um alimentador vibratório respectivo. Os alimentadores vibratórios 27 usam energia vibratória para transportar as sementes ao longo dos canais vibratórios 29 e organizar as sementes em uma única fileira. A energia vibratória também separa as sementes umas das outras dentro da fileira, de modo que cada semente possa ser imageada individualmente pelo conjunto de imageamento e análise 14, uma vez que a semente seja transportada para o transportador 26. Taxas de alimentação vibratória podem ser controladas pelo controlador 18. Embora uma alimentação vibratória 25 seja mostrada, é previsto que outros métodos para individualizar as sementes podem ser usados. Numa modalidade, uma roda de individualização (não mostrada) pode ser usada. Adicionalmente, um

sensor de rastreamento 33 está localizado numa saída da alimentação vibratória 25. O sensor de rastreamento 33 coincide com cada semente à medida que ela sai da alimentação vibratória 25. O sensor de rastreamento 33 permite que o sistema 10 rastreie cada semente antes de ser imageada a fim de parar momentaneamente a carga vibratória, se necessário, para permitir amplo espaçamento entre as sementes antes do imageamento. Adicionalmente, o sensor de rastreamento 33 permite que os dados de imageamento coletados pelo conjunto de imageamento e análise 14 sejam adequadamente associados com a semente correta.

[0023] Na modalidade ilustrada, o transportador 26 compreende uma correia 28 definindo uma superfície de transporte de transportador horizontal plana. O transportador 26 fornece uma superfície plana para as sementes repousarem à medida que elas são distribuídas através do sistema 10. Como resultado, o sistema 10 é capaz de controlar melhor a viagem de cada semente através do sistema e, portanto, rastrear melhor a posição das sementes à medida que elas se movem no transportador 26, porque as sementes permanecerão numa orientação e posição substancialmente fixas no transportador. Em uma modalidade, um codificador de alta precisão (não mostrado) é incorporado ao sistema 10 para rastrear a posição das sementes no transportador 26. O codificador pode trabalhar em combinação com, ou incluir, o sensor de rastreamento 33. O codificador também pode agir como um dispositivo de temporização mestre para disparar diferentes modalidades de imageamento para adquirir suas imagens. Conforme será explicado em mais detalhes abaixo, a superfície plana permite que medições mais precisas sejam adquiridas pelo conjunto de imageamento e análise 14. Além disso, em um exemplo, ser capaz de rastrear com precisão a posição e localização das sementes à medida que elas viajam no transportador 26 permite que o sistema 10 localize

cada semente para colocação em uma microplaca do conjunto de armazenamento 16 para avaliação posterior. As sementes podem ser carregadas no transportador de múltiplos canais de abastecimento, pelo que as sementes são individualizadas em paralelo ao longo do comprimento da correia, por exemplo. Em outro exemplo, as sementes podem ser carregadas em bandejas (por exemplo, cada célula recebida em uma célula de uma "bandeja de escaneamento" e a bandeja com sementes carregadas pode ser transportada ao longo do transportador. Assim, cada semente dentro de uma célula ou posição correspondente na bandeja é imageada e analisada, de modo que os dados adquiridos sejam associados com a localização da semente na bandeja (isto é, as sementes sejam rastreadas por sua célula ou posição correspondente na bandeja).

[0024] O transportador 26 pode ser um transportador de baixa velocidade operando a velocidades de cerca de 5 a 10 sementes/minuto. Em uma ou mais outras modalidades, o transportador pode operar a velocidades de cerca de 30 a 100 sementes/minuto ou outras taxas. A velocidade da correia 28 pode ser controlada pelo controlador 18. Numa modalidade, o transportador 26 é transparente. A natureza transparente do transportador 26 permite que imageamento por baixo do transportador seja realizado, conforme será explicado em mais detalhes abaixo. Entretanto, o transportador pode ser translúcido ou semitransparente sem afastamento do escopo da divulgação. Em uma modalidade, a correia 28 é formada de Mylar. Outros materiais, incluindo materiais transmissivos opticamente e de raios-X são contemplados sem afastamento do escopo da divulgação. Um revestimento também pode ser aplicado à correia 28 do transportador 26. O revestimento pode ser configurado para repelir poeira e/ou ter propriedades resistentes a arranhões, o que pode ajudar a manter a correia 28 limpa e livre de marcas que possam prejudicar a

capacidade do conjunto de imageamento e análise 14 de adquirir imagens nítidas. Adicionalmente ou alternativamente, uma pluralidade de ionizadores (não mostrados) pode ser fornecida para dissipar cargas estáticas no sistema 10 para reduzir aderência de matéria particulada fina no transportador 26. Em uma ou mais outras modalidades, as sementes podem ser carregadas em "bandejas de escaneamento", que são colocadas no transportador, para imagear e rastrear sementes individuais por múltiplas modalidades. Os dados coletados podem ser usados para fusão de dados e treinamento de classificador multimodal.

[0025] Com referência às Figs. 2 a 6, o conjunto de imageamento e análise 14 compreende uma primeira câmera de refletância hiperespectral 30 montada acima da superfície de transportador para coletar e processar dados de imagem através do espectro eletromagnético. Em uma modalidade, a primeira câmera de refletância hiperespectral 30 obtém dados de imagem através do espectro de luz visível. A primeira câmera de refletância hiperespectral 30 pode ter uma faixa espectral de cerca de 400 nm a cerca de 900 nm. Entretanto, uma faixa espectral diferente é prevista sem afastamento do escopo da divulgação. Uma segunda câmera de refletância hiperespectral 32 é montada acima da superfície de transportador para coletar e processar dados de imagem em todo o espectro eletromagnético. Em uma modalidade, a segunda câmera de refletância hiperespectral 32 obtém dados de imagem através do espectro de infravermelho próximo. A segunda câmera de refletância hiperespectral 32 pode ter uma faixa espectral de cerca de 1.000 nm a cerca de 1.700 nm. Entretanto, uma faixa espectral diferente é prevista sem afastamento do escopo da divulgação. Câmeras hiperespectrais olham para objetos usando uma ampla faixa do espectro eletromagnético. Isso está em contraste com o olho humano, que vê apenas luz visível no espectro vermelho, verde e azul. No entanto, certos objetos podem deixar impressões digitais

únicas no espectro eletromagnético. Essas impressões digitais podem ajudar a identificar materiais que compõem um objeto escaneado. No caso atual, sementes imageadas pelas câmeras de refletância hiperespectral 30, 32 podem deixar impressões digitais que podem indicar certas condições da semente. O conjunto de imageamento e análise 14 inclui também um processador e uma memória para processar (isto é, analisar) os dados de imagem, embora em outras modalidades, o controlador 18 possa ser usado para tal processamento. Câmeras hiperespectrais também podem ser adicionadas abaixo da correia para imagear o fundo da semente para interrogação de mais de 90% da área de superfície total da semente. Materiais de correia podem ser escolhidos para serem amplamente transparentes em toda a faixa espectral de interesse. Em todos os casos, as amostras são iluminadas com conjuntos de luz de fonte de linha que têm saídas espectrais cobrindo a faixa das câmeras hiperespectrais. Por exemplo, lâmpadas halógenas de quartzo tungstênio e semelhantes podem ser usadas.

[0026] Uma primeira câmera vermelho-verde-azul (RGB) de varredura de linha 2D (amplamente, uma primeira câmera 2D) 34 é montada acima da superfície de transportador para adquirir dados de imagem das sementes para medir a cor, o tamanho, o formato e a aparência das sementes em duas dimensões e uma segunda câmera RBG de varredura de linha 2D (amplamente, uma segunda câmera 2D) 36 é montada abaixo da superfície de transportador para adquirir dados de imagem das sementes para medir a cor, o tamanho, o formato e a aparência das sementes em duas dimensões. Numa modalidade, a câmera 2D superior 34 é montada acima do transportador 26 numa orientação substancialmente vertical, de modo que um eixo geométrico focal da câmera se estenda perpendicular a um plano horizontal do transportador, e a câmera 2D inferior 36 é montada abaixo do transportador numa orientação substancialmente vertical, de modo que

um eixo geométrico focal da câmera se estenda perpendicular a um plano horizontal do transportador. As dimensões de comprimento e largura das sementes podem ser calculadas usando uma rotina de processamento de imagem executada pelo controlador 18. Com as dimensões de comprimento e largura das sementes, as áreas de cada semente podem ser calculadas. Cada câmera 2D 34, 36 é configurada para imagear uma faixa de 150 mm na correia 28 do transportador 26 com uma resolução espacial de cerca de 0,14 mm. Um exemplo de uma câmera 2D adequada é o modelo CV-L107CL de JAI.

[0027] Adicionalmente, cada câmera 2D 34, 36 tem um conjunto de luz associado 37 para iluminar os campos de visão das câmeras 34, 36 para auxiliar na produção de imagens nítidas e brilhantes. Cada conjunto de luz 37 compreende um par de luzes brancas superiores 37A e uma luz azul traseira 37B. Os conjuntos de luzes 37 fornecem iluminação que complementa o transportador claro 28, de modo que as imagens das câmeras 34, 36 sejam nítidas e brilhantes. O campo de visão da câmera 2D superior 34 é iluminado pelas luzes brancas 37A montadas acima da superfície de transportador e pela luz azul 37B montada abaixo da superfície de transportador. Inversamente, o campo de visão para a câmera 2D inferior 36 é iluminado por luzes brancas 37A montadas abaixo da superfície de transportador e pela luz azul 37B montada acima da superfície de transportador. Usando apenas as câmeras 2D superior e inferior, o conjunto de imageamento 14 é capaz de imagear acima de 90% da superfície de cada semente. Numa modalidade similar, câmeras superiores e/ou inferiores adicionais podem ser adicionadas em orientações fora da perpendicular em relação ao transportador 26. Essas câmeras podem ser usadas em conjunto com a câmera 2D superior 34 e/ou a câmera 2D inferior 36 para inspeção detalhada de defeitos através de uma porção maior da área de superfície de semente.

[0028] Embora a modalidade ilustrada mostre as câmeras hiperespectrais 30, 32 montadas a montante das câmeras 2D 34, 36, é contemplado que pelo menos uma das câmeras 2D possa ser montada a montante das câmeras hiperespectrais de modo que a câmera 2D seja o primeiro dispositivo de imageamento ultrapassado pelas sementes (ver Fig. 9). Nesta modalidade (Fig. 9), a câmera 2D superior 134 é montada a montante das câmeras hiperespectrais 130 e 132 e pode ser usada para localizar uma semente para predizer à medida que a semente chegará a nas câmeras hiperespectrais para predizer à medida que disparar as câmeras hiperespectrais de modo que apenas dados da região de sementes sejam adquiridos e/ou salvos. Isso tem o benefício de reduzir dramaticamente o tamanho de arquivo e pode evitar problemas de memória de computador. Nessa modalidade, a câmera 2D inferior 136 está disposta entre as duas câmeras hiperespectrais 130, 132 ao longo do caminho de transportador. Além disso, além da câmera 3D superior 140 (que pode ser a mesma ou semelhante à câmera 3D 40), uma segunda câmera 3D 142 (que pode ser a mesma ou semelhante à câmera 3D superior 140) é montada abaixo da correia transportadora 128. Embora não mostrado na Fig. 9, uma câmera de raios-x, como a câmera de raios-x 38 na Fig. 2A e descrita abaixo, também pode ser incorporada ao conjunto de imageamento.

[0029] O conjunto de imageamento e análise 14 compreende ainda uma câmera de raios-X 38 montada acima da superfície de transportador e uma fonte de raios-X abaixo da correia para produzir radiação detectada pela câmera de raios-X para adquirir imagens de raios-X das sementes. A câmera de raios-X 38 está alojada dentro de uma carcaça de raios-X 39 que também permite passagem da correia transportadora 28 através da carcaça. Em particular, a carcaça 39 inclui uma passagem (Fig. 3) através da qual a correia 28 passa. Uma abertura na passagem fornece uma janela para a câmera de raios-X 38

visualizar a correia 28 de modo que as sementes viajando na correia possam ser imageadas pela câmera de raios-X 38. Em uma modalidade, a câmera de raios-X 38 compreende uma câmera de TDI (retardo de tempo e integração) de raios-X de baixa energia. Tecnologia TDI é baseada no conceito de acumular múltiplas exposições de um objeto em movimento, aumentando efetivamente o tempo de integração disponível para coletar luz incidente. De fato, para acomodar as sementes no transportador móvel 26, a técnica de imageamento preferida para todas as modalidades de imageamento do sistema 10 é um método de varredura em linha de vassoura de pressão em que as sementes em movimento são imageadas uma linha de cada vez. As linhas imageadas podem ser acumuladas a uma taxa de quadros referenciada à velocidade da correia 28. Na modalidade mostrada na FIG. 10, as carcaças interna e externa para a fonte de raios-X são mostradas. A carcaça interna 139A inibe a maioria das emissões de raios-X e protege os outros equipamentos de imageamento, embora permitindo que as sementes e a correia atravessem. A carcaça externa 139B impede que quaisquer raios-X que saiam da carcaça interna 139A (principalmente as aberturas onde as sementes entram e saem) saiam para fora do dispositivo (por exemplo, para um laboratório).

[0030] Um perfilador a laser de linha 3D (amplamente, uma câmera 3D) 40 também é montado acima da superfície de transportador para adquirir dados de imagem 3D das sementes para medir o tamanho e a forma das sementes em três dimensões. Numa modalidade, a câmera 3D 40 é montada acima do transportador numa orientação substancialmente vertical, de modo que um laser da câmera se projete substancialmente perpendicular a um plano horizontal do transportador 26, e um eixo geométrico focal da câmera se estenda num ângulo ligeiramente inclinado em relação à vertical, de modo que um eixo geométrico focal da câmera 3D se estenda num ângulo não ortogonal

ao plano do transportador. A câmera 3D 40 projeta um laser de linha para criar um perfil de linha da superfície da semente. A câmera 3D 40 mede o perfil de linha para determinar deslocamento que é representado por uma imagem da semente mostrando intensidades de pixel variáveis correspondentes a diferenças de altura. Uma dimensão de espessura é obtida através da intensidade de pixel da imagem 3D produzida pela câmera 3D 40. Por exemplo, uma intensidade máxima de pixel pode ser interpretada como um marcador da espessura de semente. Assim, quando as sementes passam pela janela focal da câmera 3D 40, uma espessura de cada semente é registrada como a intensidade máxima de pixel detectada pela câmera 3D para cada semente. Para adquirir uma medição de espessura precisa, pode ser necessário calibrar a medição de distância da câmera 3D 40 com base em objetos de altura conhecida. Usando as dimensões de comprimento e largura adquiridas a partir das câmeras 2D 34, 36 e as dimensões de espessura adquiridas a partir da câmera 3D 40, o sistema 10 pode obter estimativas de volume para cada semente. Em outra modalidade, pode ser usado processamento de imagem mais sofisticado para estimar volume a partir de um mapa de contorno detalhado da metade superior de cada semente. Mais ainda, uma segunda câmera 3D inferior (não mostrada) poderia gerar um mapa de contorno detalhado da metade inferior da semente. Os mapas de contorno das câmeras 3D superior e inferior podem ser combinados para fornecer uma estimativa mais completa do volume de semente global. Em qualquer caso, para um peso conhecido ou estimado (tal como medido por mecanismo de pesagem de semente 15) da semente, os dados de volume podem ser usados para estimar densidade de semente. Um exemplo de uma câmera 3D adequada é o modelo DS1101R de Cognex.

[0031] Dispositivos de imageamento adicionais também podem ser montados no sistema 10 para adquirir dados de imagem adicionais. Por

exemplo, câmeras hiperespectrais adicionais, incluindo fluorescência óptica, imagem de polarização óptica, um dispositivo de espectroscopia NMR 1D e/ou um sistema de medição de micro-ondas podem ser montados no sistema 10 para fornecer dados adicionais para as sementes. Em um exemplo, como mostrado na Fig. 10, uma ou mais das seguintes modalidades estão incluídas: RGB 100 Superior; RGB 102 Inferior; Hiperespectral Visível Superior 104; Hiperespectral Visível Inferior 106; Hiperespectral NIR Superior 108; Perfilômetro a Laser Superior 110; Perfilômetro a Laser Inferior 112; Imageamento de Absorção de Raios-X 114; Espectroscopia de Fluorescência de Raios-X 116; Espectroscopia de Fluorescência a Laser 118; Hiperespectral NIR Inferior 120; Luz de Fundo NIR usando luz polarizada 122; e Medição de massa 124 (pesagem de sementes).

[0032] Geralmente, combinar dados de duas ou mais modalidades de imageamento pode fornecer uma predição melhorada em comparação com um método simples. Por exemplo, como mostrado na FIG. 10, a identificação de sementes defeituosas pode ser melhorada suplementando imagens de aparência externa das câmeras RGB 34, 36 com imagens da câmera de raios-X 38 para inspeção de anormalidades ocorrendo naturalmente da estrutura interna de semente interna ou danos decorrentes de etapas de processamento de sementes. A predição pode ser ainda intensificada adicionando dados da câmera 3D 40 para caracterização detalhada de forma, área de superfície, volume e densidade de semente simples, com a última derivada combinando volume com a massa de semente medida no conjunto de pesagem 15. Refletância VIS-NIR hiperespectral óptica 30, 32 e fluorescência também podem ser adicionadas para fornecer informações adicionais sobre contaminação perto da superfície, doença e composição, o que pode afetar a viabilidade de semente. 1D-NMR e Fluorescência de raios-X (XRF) podem fornecer informações adicionais sobre a

composição em bruto da semente, incluindo óleo interno, água e outros constituintes. Coletivamente, essas técnicas formam um conjunto detalhado de aparência externa, estrutura interna e características em bruto em um nível de semente simples para uma caracterização mais completa da semente defeituosa em relação à semente viável. A seleção de técnicas e características preditivas de cada modalidade pode não ser intuitiva e revelada apenas com aprendizado de máquina e outros métodos de modelagem de dados combinatórios.

[0033] A preservação de orientação da semente em cada modalidade de imageamento superior ou inferior quando ela viaja ao longo da correia 28 permite alinhamento de imagens de diferentes técnicas usando métodos de coincidência em processamento de software pós-aquisição. A combinação de todas as técnicas de imageamento aplicadas a regiões localizadas espacialmente, possivelmente tão pequenas quanto um pixel simples, pode produzir impressões digitais de defeitos e estruturas fisiológicas que seriam difíceis de classificar usando um método simples. Por exemplo, a combinação de assinaturas espectrais das câmeras hiperespectrais 30, 32 com dados de altura local da câmera 3D 40 e mudanças de atenuação nas imagens da câmera de raios-X 38 podem indicar uma anormalidade na ou perto da superfície da semente, o que pode ser difícil de identificar por métodos de inspeção manual atuais ou classificar usando características derivadas de análise de toda a área de sementes. Uma abordagem semelhante pode ser empregada para identificar pequenas estruturas fisiológicas na semente, tal como a região de embrião.

[0034] Colocalização de defeitos com estruturas de sementes fisiológicas pode melhorar a predição de qualidade, pois o efeito do defeito pode depender da localização na semente. Por exemplo, doença ou dano na região de embrião da semente podem ter um

impacto mais pronunciado na vitalidade de semente em comparação com defeitos em outras partes da semente. Neste exemplo, depois de usar uma combinação de técnicas de imageamento para identificar com precisão a região de embrião, um procedimento semelhante pode ser usado para identificar anormalidades localizadas, possivelmente com uma combinação diferente de técnicas. Dados de pontuação de qualidade de semente simples podem, então, ser usados como uma variável de resposta para examinar o efeito de localização de defeito em relação a embrião ou outras estruturas críticas de semente. Adicionalmente ou alternativamente, os dados de pontuação podem ser usados para definir uma assinatura combinatória localizada característica de um embrião ou outra região que prediz uma baixa qualidade de semente. Essas abordagens não seriam possíveis se as sementes fossem transportadas para diferentes instrumentos para aquisição de dados de imageamento, uma vez que a orientação de semente não poderia ser mantida de maneira confiável para cada técnica.

[0035] Usando métodos de limiarização baseados em processamento de imagem em tempo real, sementes únicas podem ser discriminadas do fundo da correia e isoladas no campo de visão para cada modalidade de imagem. Isso assegura que apenas dados de sementes sejam retidos, reduzindo o tamanho dos arquivos de imagem. Além disso, como a alimentação vibratória 25 produz um espaçamento definido entre as sementes e a velocidade de correia pode ser ajustada pelo controlador 18, as imagens produzidas de cada modalidade de imageamento podem ser associadas a uma dada semente. Adicionalmente ou alternativamente, a detecção de semente de uma técnica de imageamento pode ser usada para antecipar a chegada de semente em outra técnica e disparar a aquisição de câmera de forma adequada. Arquivos de imagem de cada modalidade de imageamento

podem ser salvos independentemente ou combinados em um único arquivo de imagem com múltiplas camadas de dados consistindo nos dados de imagem separados de todas as modalidades. Em qualquer caso, a identidade de cada semente é mantida através de todas as modalidades, o que evita erros de marcação. Além disso, como a orientação das sementes é a mesma para todos os modos de imageamento, é possível fazer correlações dentre os diferentes modos. Por exemplo, defeitos visivelmente aparentes no exterior da semente e imageados pelas câmeras ópticas podem se correlacionar com estruturas internas observadas nas imagens de raios-X. Ao manter a identidade de semente no mecanismo de armazenamento de identidade de semente simples 16 para ensaios de qualidade pós-imageamento (por exemplo, testes RET (teste de emergência de radícula), germinação e vigor), dados de imageamento de semente simples podem ser minerados para extrair características espaciais e/ou estruturais relevantes de uma ou mais modalidades de imageamento que fornecem dados intrínsecos de qualidade de semente. Adicionalmente, a fonte de danos às sementes pode ser determinada analisando as sementes em diferentes estágios durante o processamento de semente (por exemplo, colheita, transporte, processamento ou classificação). Para esse efeito, danos mecânicos induzidos por processo e os efeitos da formulação e da taxa de aplicação de tratamentos de sementes podem ser determinados.

[0036] O conjunto de imageamento e análise 14 é configurado para determinar circularidade, solidez e suavidade a partir das imagens produzidas. Será entendido por aqueles versados na técnica que o sistema 10 pode incluir software de análise de imagem para processar as imagens para obter a cor, média e variação em espectro, tamanho, forma, textura e informações de composição interna para as sementes para todas e quaisquer das modalidades individuais ou comprimentos

de onda específicos nos dados hiperespectrais. Por exemplo, o software pode incorporar análise de aprendizado de máquina que facilita a produção de dados de imagem detalhados. Métodos de modelagem típicos incluem análise discriminada de Quadrados Mínimos Parciais (PLS-DA), redes neurais, Máquinas de Vetores de Suporte (SVM), regressão logística e outros métodos. Como o conjunto de imageamento e análise 14 adquire imagens usando múltiplas modalidades de imageamento, incluindo imageamento hiperespectral, imageamento 2D, imageamento 3D e imageamento de raios-X, e como as imagens são obtidas na parte superior e inferior das sementes, o conjunto pode adquirir uma imagem completa da condição das sementes em três dimensões. Essa imagem figuração inclui dados envolvendo o comprimento, a largura, a espessura (ou arredondamento), solidez, dimensões de suavidade e composição interna das sementes. As várias modalidades de imageamento produzem dados de imagem que são analisados pelo controlador 18. Dados extraídos das modalidades de imageamento incluem média e variância de espectros ópticos dos dados de imagem produzidos pelas câmeras hiperespectrais 30, 32 e características de atenuação nos dados de imagem obtidos pela câmera de raios-X 38. Essas características podem incluir características estruturais internas e rachaduras externas. Além disso, dados gerais de tamanho, forma e cor das câmeras 2D 34, 36 e da câmera 3D 40 são extraídos e analisados pelo controlador 18.

[0037] Com base nos dados de medição das câmeras 30-40, o controlador 18 pode identificar e categorizar cada semente de acordo com sua aparência. Por exemplo, um escore de qualidade pode ser atribuído a cada semente com base nos dados do conjunto de imageamento e análise 14. O escore de qualidade pode ser usado como a variável de resposta para um modelo de predição usado para

classificar outras sementes processadas no sistema 10. Além disso, ser capaz de adquirir dados de imagem de múltiplas modalidades de imageamento permite que o sistema adapte o processo de análise de imagem para um uso particular. Por exemplo, dados de imagem de cada modalidade de imageamento podem ser comparados entre si para determinar qual modalidade de imageamento fornece a indicação mais confiável da condição da semente. Além disso, correlações entre as diferentes modalidades de imageamento podem ser formadas. Assim, as características de uma semente determinadas por um modo de imageamento, incorporadas nos dados de imagem do modo de imageamento, podem ser comparadas com os dados de imagem de outro modo para encontrar correlações nos dois conjuntos de dados. Isso pode permitir que um modo de imageamento funcione como uma verificação dos dados de imagem adquiridos por outro modo de imageamento. Além disso, um modo de imageamento pode ser usado em vez de outro modo de imageamento se seus dados de imagem forem considerados terem uma correlação. Isso poderia servir como uma economia de custos no caso em que dados de imagem das câmeras 2D 34, 36 fossem considerados se correlacionarem com os dados de imagem da câmera de raios-X significativamente mais cara 38. Assim, a câmera 2D 34, 36 seria usada em vez da câmera de raios-X mais cara 38. Inversamente, os dados de imageamento das modalidades de imageamento separadas poderiam ser combinados para fornecer uma ferramenta de modelagem mais robusta. A combinação dos dados de imageamento pode intensificar o poder de predição global do sistema em comparação com o uso de cada modalidade de imageamento separadamente.

[0038] De modo similar, categorias de aparência predeterminadas podem ser armazenadas no controlador 18. As categorias de aparência podem ser baseadas em limiares ou faixas de medição para cada um

dos dados de cor, características espectrais, comprimento, largura, circularidade, solidez, suavidade e composição interna. Com base nesses limiares/faixas, pelo menos duas categorias podem ser definidas. Por exemplo, os dados de medição podem ser usados para fornecer limiares ou faixas que indicam a semente ou como saudável ou como defeituosa. Quando cada semente é analisada, a semente é associada a uma das categorias. Por exemplo, uma semente tendo uma ou mais dimensões que estão fora de uma faixa de valores ou acima/abaixo de um valor de limiar, é categorizada numa primeira categoria defeituosa; e sementes tendo uma ou mais dimensões que estão dentro de uma faixa de valores ou acima/abaixo de um valor de limiar são categorizadas numa segunda categoria saudável. Múltiplos valores de faixa/limiar podem ser estabelecidos para categorizar ainda mais as sementes em mais de duas categorias.

[0039] Para manter precisão e repetibilidade de todos os modos de imageamento, disposições para verificar a funcionalidade adequada e a calibração das câmeras podem ser adicionadas ao sistema 10. Por exemplo, amostras de referência estáveis no tempo podem ser projetadas para incluir padrões de transmissão espectral, espacial e de raios-X. Esses padrões podem incluir alvos de refletância e fluorescência, alvos de calibração espacial (por exemplo, par de linhas ou padrões geométricos semelhantes), referências de altura e alvos de raios-X (por exemplo, máquinas de amostra de espessura variável de material sintético). Os padrões podem ser imageados em intervalos periódicos (por exemplo, início de cada batelada) e métodos de processamento de imageamento serão usados para verificar o estado do hardware de imageamento e realizar quaisquer recalibrações necessárias.

[0040] Com referência às Figs. 2, 3 e 5 a 7, o conjunto de pesagem 15 está localizado em uma extremidade de distribuição do transportador

26 para receber e pesar cada semente individualmente. Na modalidade ilustrada, o conjunto de pesagem 15 compreende um mecanismo de coleta 50 para receber as sementes conforme elas são expelidas do transportador 26, uma balança 52 em uma saída do mecanismo de coleta para pesar as sementes e um mecanismo de transporte 54 para transportar as sementes do conjunto de pesagem 15 para o conjunto de armazenamento 16. O mecanismo de coleta 50 compreende um funil que coleta as sementes da extremidade do transportador 26 e deixa cair as sementes na balança 52. A balança 52 compreende uma célula de carga estática configurada para medir o peso de cada semente individualmente. Uma vez que uma semente foi pesada, o mecanismo de transporte 54 distribui a semente para o conjunto de armazenamento 16. O mecanismo de transporte 54 compreende um tubo de transporte 56 e um vácuo 58 fixado ao tubo de transporte. O vácuo 58 transporta cada semente através do tubo de transporte 54 para um coletor de semente 60, onde cada semente é mantida antes de ser armazenada no conjunto de armazenamento 16.

[0041] Com referência às Figs. 2, 3 e 5 a 7, o conjunto de armazenamento 16 compreende o coletor de semente 60 e um banco de coleta incluindo uma pluralidade de poços 62 dispostos em uma grade x-y e pré-carregado com microplacas 64. O coletor de sementes 60 deixa cair cada semente em uma posição de poço 64 de microplaca dedicada. As sementes podem ser deixadas crescer dentro das microplacas 64 e o crescimento das sementes é monitorado. Ter os dados de imageamento salvos para cada semente permite que correlações sejam feitas entre os dados de imageamento e a germinação de semente. Como resultado, o sistema 10 pode determinar quais modalidades de imageamento fornecem as melhores capacidades de predição para um dado lote de sementes. Em vez de cultivar as sementes nas microplacas, as sementes podem ser

transferidas para outras técnicas de medição de qualidade de semente, desde que a identidade de semente seja mantida. Na modalidade ilustrada da Fig. 2, o conjunto de armazenamento 16 é mostrado em uma configuração dobrada que reduz a pegada geral do sistema 10. No entanto, o conjunto de armazenamento 16 poderia ser disposto em uma configuração geralmente colinear (Fig. 8) com o resto do sistema 10. A configuração colinear fornece maior acessibilidade aos componentes do sistema 10 para reparo e substituição.

[0042] Na modalidade ilustrada, o conjunto de armazenamento 16 inclui armazenamento de microplaca. No entanto, outros métodos de armazenamento são previstos. Por exemplo, um método de armazenamento de formato à base de gel pode ser usado quando for desejável realizar teste de emergência de radícula. Adicionalmente ou alternativamente, um método de armazenamento de toalha úmida pode ser usado para ensaios de germinação. Adicionalmente ou alternativamente, um formato de armazenamento à base de solo pode ser usado para teste de efeito de estufa e/ou transplante de campo.

[0043] Na modalidade ilustrada, o transportador 26 é montado em uma parede de suporte 70. O conjunto de imageamento e análise 14 também poderia ser montado na parede de suporte. Entretanto, os componentes do sistema 10 poderiam estar localizados de uma maneira diferente sem afastamento do escopo da divulgação.

[0044] Com referência às Figuras 2 a 6, sementes são primeiramente colocadas na tremonha 20 em preparação para serem transportadas pelo transportador 26 através do sistema 10. Quando as sementes deixam a saída 24 da tremonha 20, a alimentação vibratória 25 singulariza as sementes espaçando as sementes numa única fileira. A alimentação vibratória 25 fornece, então, a fileira de sementes ao transportador 26 que carrega as sementes para visualização das câmeras. O sensor de rastreamento 33 coincide com cada semente

quando ela sai da alimentação vibratória 25. Devido às sementes viajarem ao longo do transportador plano claro 26, dados de imagem claros podem ser adquiridos de ambas as câmeras superior e inferior. Adicionalmente, as sementes permanecem numa localização conhecida e orientação fixa no transportador 26, o que permite que cada semente seja rastreada com um alto nível de precisão pelo codificador de precisão.

[0045] As sementes passam primeiro pela vista focal da primeira câmera de refletância hiperespectral 30, que adquire dados de imagem através do espectro de luz visível. Uma leitura de codificador também pode ser registrada quando a semente é imageada pela câmera de refletância hiperespectral 30 para rastrear a posição da semente no transportador 26. Em seguida, as sementes passam através da vista focal da segunda câmera de refletância hiperespectral 32 que adquire dados de imagem através do espectro de infravermelho próximo. Uma leitura de codificador também pode ser registrada à medida que a semente é imageada pela câmera de refletância hiperespectral 32 para rastrear a posição da semente no transportador 26.

[0046] Em seguida, as sementes passam pela visão focal da câmera 2D inferior 36. A câmera 2D inferior 36 adquire uma imagem bidimensional de cada semente que é processada pelo controlador 18 para produzir dados de comprimento e largura para cada semente. Numa modalidade, o valor associado a medições de comprimento e largura máximas é registrado como os valores de comprimento e largura para a semente. Uma leitura de codificador também pode ser registrada quando a semente é imageada pela câmera 2D inferior 36 para rastrear a posição da semente no transportador 26. Pouco depois disso, as sementes passam sob a visão focal da câmera 2D superior 34. A câmera 2D superior 34 adquire uma imagem bidimensional de cada semente que é processada pelo controlador 18 para produzir dados de

comprimento e largura para cada semente. Numa modalidade, os valores associados a uma medição de comprimento e largura máxima são registrados como os valores de comprimento e largura para a semente. Uma leitura de codificador também pode ser registrada quando a semente é imageada pela câmera 2D superior 34 para rastrear a posição da semente no transportador 26. Como explicado acima, em uma modalidade preferida, as sementes podem passar através da vista focal de uma câmera 2D 34 antes de passarem pela vista focal das câmeras de refletância hiperespectral 30, 32.

[0047] Em seguida, as sementes passam através da passagem 41 na carcaça 39 e para a abertura 43 sob a visão da câmera de raios-X 38 que tira um raio-X das sementes. A câmera de raios-X 38 adquire uma imagem da construção interna de cada semente que é processada pelo controlador 18. Uma leitura de codificador também pode ser registrada quando a semente é imageada pela câmera de raios-X 38 para rastrear a posição da semente no transportador 26. Finalmente, as sementes passam sob a visão focal da câmera 3D 40. A câmera 3D 40 adquire uma imagem tridimensional de cada semente que é processada pelo controlador 18 para produzir dados de espessura para cada semente. Uma leitura de codificador também pode ser registrada quando a semente é imageada pela câmera 3D 40 para rastrear a posição da semente no transportador 26. Entende-se que a ordem dos instrumentos não está limitada às modalidades aqui descritas.

[0048] Uma vez que uma semente atinge o transportador 26, as sementes são capturadas pelo mecanismo de coleta 50 do conjunto de pesagem 15 que, então, distribui as sementes individualmente para a balança 52 para pesagem. Depois que as sementes são pesadas, o mecanismo de transporte 54 pode transportar as sementes para o conjunto de armazenamento 16, onde o coletor de semente 60 coloca as sementes individualmente em uma microplaca 64. Dentro das

microplacas 64, as sementes são deixadas crescer. Os dados adquiridos para cada semente estão ligados à microplaca 64 na qual a semente é armazenada. Assim, a semente pode ser analisada posteriormente, fazendo referência aos dados de imagem adquiridos pelo sistema 10 para fazer várias determinações e correlações entre a qualidade de semente e os dados de imagem de semente associados. Alternativamente, as sementes podem ser transferidas para outras bandejas, tubos, etc., para avaliação da qualidade, embora ainda mantendo a identidade de cada semente. Numa modalidade, o mecanismo de transporte 54 deposita as sementes diretamente no meio de crescimento.

[0049] As informações obtidas usando o conjunto de imageamento e análise 14 podem ser úteis no processamento, na avaliação ou na análise subsequentes das sementes. Geralmente, é feita uma tentativa de correlacionar a cor, a média e a variação em espectro, tamanho, forma, textura e informações de composição interna para as sementes com atributos de qualidade, incluindo germinação. Essas correlações sugerem técnicas de imageamento preferidas em uma base específica de aplicação. Por exemplo, em plantas de produção de semente, os dados gerados pelo sistema 10 podem ser usados para predizer uma distribuição global de sementes defeituosas em um inventário de sementes e para determinar a distribuição de sementes defeituosas de uma subamostra de sementes que pode ser, então, extrapolada para predizer o estado geral do inventário de semente. Essas informações de distribuição também podem ser usadas para estimar quantidades de sementes por categorias de tamanho comercial e ajustar ligeiramente limiares de dimensionamento em casos em que quantidades de sementes são limitadas.

[0050] Além da descrição acima, outras modalidades podem incluir uma câmera hiperespectral NIR inferior e uma luz de fundo NIR usando

luz polarizada. Além disso, a carcaça de raios-X também pode consistir em uma carcaça interna e externa, onde a carcaça interna se destina a bloquear a maioria de raios-X da fonte de raios-X e evitar interferência de raios-X ou danos a outro equipamento de imageamento, embora a carcaça de raios-X externa se destina a impedir que quaisquer raios-X restantes deixem a carcaça em conformidade com a presença de um operador humano. Exemplos:

[0051] Exemplo 1: Uso do imageador de sementes mostrado na FIG. 10. Figura 11 mostra as imagens multimodais espacialmente alinhadas de quatro tipos de sementes de milho, incluindo sementes boas, descoloridas, danificadas e inertes, cada uma das quais é identificada por um inspetor humano treinado. Primeiro, a boa semente não apresenta nenhuma estrutura danificada, nenhuma cor anormal e nenhuma doença do ponto de vista de superfície externa. No entanto, o imageamento de raios-X capturou o dano de rachadura interna através do endosperma e do embrião, afetando o potencial fisiológico da semente. Segundo, a semente descolorida apresenta manchas escuras na superfície que podem ser vistas por várias câmeras ópticas, mas não raios-X. Terceiro e quarto, o dano e a inertidade podem ocorrer apenas em área local, significando que nada de anormal é mostrado na vista superior (ou inferior). Portanto, a combinação das câmeras superior e inferior é necessária para capturar defeitos de uma faixa de visualização de quase 360 graus. No geral, esta invenção de imageador multimodal permite capturar aparência externa, estrutura interna, geometria tridimensional e ampla faixa de informações de espectro. A necessidade dessa fusão de dados na medição de qualidade de semente pode ser daí demonstrada.

[0052] Exemplo 2: Um método de usar modalidades da invenção com o propósito de fazer determinações de reprodução.

[0053] Exemplo 3: Um método de usar os dados em direção a

correlação de semente simples para dados de imageamento para métricas de qualidade, incluindo correlacionar pixel com classe de defeito.

[0054] Exemplo 4: Um método de usar os dados de saída para grandes dados e potencialmente aprendizado de máquina.

[0055] Exemplo 5: Um método de usar modalidades da invenção em combinação com outros sistemas de categorização de sementes, por exemplo, genotipagem, identidade de semente simples entrando no sistema, por exemplo, bandejas de HD do picador de sementes e identidade mantida durante o processo.

[0056] Exemplo 6: Modalidades em que cada um dos sistemas de imageamento é usado em parte, como quando eles não são usados em uma única máquina sequencial, mas são separados e o sistema fornece colocação das sementes de maneira que elas não se movam de sua localização para fins de imageamento. Além disso, isso também incluiria modalidades em que os sistemas de imageamento são usados em ordem sequencial diferente. Por exemplo, aplicativos particulares usam agrupamentos diferentes de opções de imageamento. Identidade/orientação de semente são mantidas.

[0057] Tendo descrito a invenção em detalhes, ficará evidente que são possíveis modificações e variações sem afastamento do escopo da invenção definido nas reivindicações anexas.

[0058] Ao apresentar elementos da presente invenção ou da(s) modalidade(s) preferida(s) da(s) mesma(s), os artigos “um”, “uma”, “o/a” e “referido(a)” se destinam a significar que há um ou mais dos elementos. Os termos “compreendendo”, “incluindo” e “tendo” se destinam a serem inclusivos e significam que pode haver elementos adicionais que não os elementos listados.

[0059] Em vista do acima, será visto que os vários objetos da invenção são alcançados e outros resultados vantajosos alcançados.

Como várias mudanças poderiam ser feitas nas construções e nos métodos acima sem afastamento do escopo da invenção, pretende-se que toda a matéria contida na descrição acima e mostrada nos desenhos anexos seja interpretada como ilustrativa e não num sentido limitante.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de imageamento de semente para imagear sementes, **caracterizado** pelo fato de que compreende:

uma estação de transferência de semente configurada para mover sementes através do sistema, a estação de transferência de sementes incluindo uma correia transportadora, em que a estação de transferência de sementes é configurada para fixar substancialmente pelo menos uma dentre a posição e a orientação de cada uma das sementes na correia transportadora à medida que as sementes se movem através do sistema;

um sensor de rastreamento configurado para registrar pelo menos uma dentre a posição e a orientação de cada uma das sementes na correia transportadora;

um conjunto de imageamento compreendendo:

pelo menos uma primeira câmera montada em relação à correia transportadora da estação de transferência de semente e configurada para adquirir imagens 2D das sementes à medida que as sementes se movem através do sistema;

pelo menos uma segunda câmera montada em relação à correia transportadora da estação de transferência de semente e configurada para adquirir imagens 3D das sementes à medida que as sementes se movem através do sistema;

pelo menos uma terceira câmera montada em relação à correia transportadora da estação de transferência de semente e configurada para adquirir imagens de raios-X das sementes à medida que as sementes se movem através do sistema; e

pelo menos uma quarta câmera montada em relação à correia transportadora da estação de transferência de semente e configurada para adquirir imagens hiperespectrais das sementes à medida que as sementes se movem através do sistema;

em que as imagens 2D, as imagens 3D, as imagens de raios-X e as imagens hiperespectrais incluem imagens de cada uma das sementes em pelo menos uma dentre a posição e a orientação substancialmente fixa na correia transportadora; e

um controlador configurado para: (i) alinhar as imagens 2D, as imagens 3D, as imagens de raios-X e as imagens hiperespectrais adquiridas para cada uma das sementes com base, pelo menos em parte, em pelo menos uma dentre a posição e a orientação substancialmente fixa de cada uma das sementes registradas pelo sensor de rastreamento e (ii) analisar as imagens alinhadas das sementes para uma ou mais características.

2. Sistema de imageamento de semente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o transportador compreende uma correia que é transparente ou semitransparente.

3. Sistema de imageamento de semente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um conjunto de pesagem localizado em uma extremidade da correia transportadora da estação de transferência de semente e configurado para pesar as sementes individualmente;

em que o conjunto de pesagem inclui:

um funil configurado para receber as sementes da extremidade da correia transportadora;

uma balança disposta adjacente a uma saída do funil, em que a balança é configurada para receber uma semente individual do funil e pesar a semente individual; e

um mecanismo de transporte configurado para mover a semente pesada para longe da balança.

4. Sistema de imageamento de semente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um conjunto de armazenamento configurado para armazenar

automaticamente as sementes em recipientes de armazenamento separados com base na análise das imagens das sementes pelo controlador.

5. Sistema de imageamento de semente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a uma ou mais características incluem pelo menos uma característica entre cor, tamanho, forma, textura, composição interna, massa, volume, teor de umidade e composição química.

6. Sistema de imageamento de semente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um coletor de semente configurado para receber as sementes da correia transportadora e posicionar as sementes em um ou mais recipientes de armazenamento;

em que o controlador é configurado para associar a uma ou mais características das sementes com o um ou mais recipientes de armazenamento no qual as sementes são posicionadas.

7. Sistema de imageamento de semente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda múltiplos recipientes de armazenamento, cada um deles configurado para receber pelo menos uma das sementes.

8. Sistema de imageamento de semente, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que cada um dos múltiplos recipientes de armazenamento inclui um meio de crescimento configurado para facilitar o crescimento de pelo menos uma das sementes recebida no referido recipiente de armazenamento.

9. Método para imagear sementes, **caracterizado** pelo fato de que compreende as etapas de:

alinhar sementes individuais na pelo menos uma fileira em um conjunto de carga de semente;

transferir as sementes individuais, na pelo menos uma fileira,

do conjunto de carga de semente para uma correia transportadora de uma estação de transferência de sementes;

registrar, através de um sensor de rastreamento, pelo menos uma dentre a posição e a orientação de cada uma das sementes individuais transferida para a correia transportadora;

mover as sementes através de um sistema de imageamento de semente, na pelo menos uma fileira, usando a correia transportadora da estação de transferência de sementes, em que pelo menos uma dentre a posição e a orientação de cada uma das sementes é substancialmente fixa na correia transportadora à medida que as sementes se movem além da primeira câmera e da segunda câmera do sistema de imageamento de semente;

adquirir, usando a primeira câmera montada em relação à correia transportadora da estação de transferência de sementes, um segundo grupo de imagens das sementes à medida que as sementes se movem através do sistema através da correia transportadora

adquirir, usando a segunda câmera montada em relação à correia transportadora da estação de transferência de sementes, um segundo grupo de imagens das sementes à medida que as sementes se movem através do sistema via correia transportadora, em que uma tecnologia de imageamento da segunda câmera é diferente de uma tecnologia de imageamento da primeira câmera; e

alinhar, por um controlador, o primeiro grupo de imagens das sementes da primeira câmera e o segundo grupo de imagens das sementes da segunda câmera com base, pelo menos em parte, em pelo menos uma dentre a posição e a orientação registrada de cada uma das sementes.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que compreende ainda analisar as imagens alinhadas usando o controlador.

11. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que compreende ainda adquirir, usando uma terceira câmera montada em relação à correia transportadora da estação de transferência de semente, um terceiro grupo de imagens das sementes à medida que as sementes se movem através do sistema via correia transportadora, em que uma tecnologia de imageamento da terceira câmera é diferente da tecnologia de imageamento da primeira e da segunda câmeras.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que compreende ainda adquirir, usando uma quarta câmera montada em relação à correia transportadora da estação de transferência de semente, um quarto grupo de imagens das sementes à medida que as sementes se movem através da correia transportadora, em que uma tecnologia de imageamento da quarta câmera é diferente da tecnologia de imageamento da primeira, da segunda e da terceira câmeras.

13. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a tecnologia de imageamento da primeira e da segunda câmeras é uma entre imageamento 2D, imageamento 3D, imageamento de raios-X e imageamento hiperespectral; e

em que a tecnologia de imageamento da segunda câmera é outra diferente de imageamento 2D, imageamento 3D, imageamento de raios-X e imageamento hiperespectral.

14. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que compreende ainda:

receber as sementes individuais, da correia transportadora da estação de transferência de sementes, na balança de um conjunto de pesagem

pesar as sementes individuais recebidas na balança usando o conjunto de pesagem e em seguida

transportar as sementes individuais pesadas da balança para um conjunto de armazenamento.

15. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que compreende ainda armazenar as sementes usando um conjunto de armazenamento.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que armazenar as sementes compreende armazenar as sementes individualmente em microplacas.

17. Sistema de imageamento de semente para imagear sementes, **caracterizado** pelo fato de que compreende:

uma estação de transferência de semente configurada para mover sementes através do sistema;

uma estação de carga de semente configurada para transferir as sementes para a estação de transferência de sementes;

um sensor de rastreamento disposto na estação de carga de semente, em que o sensor de rastreamento é configurado para registrar em pelo menos uma dentre a posição e a orientação de cada uma das sementes transferida para a estação de transferência de sementes; e

um conjunto de imageamento compreendendo uma primeira câmera montada acima da estação de transferência de semente e configurada para adquirir um primeiro grupo de imagens das sementes à medida que as sementes se movem através do sistema e uma segunda câmera montada abaixo da estação de transferência de semente e configurada para adquirir um segundo grupo de imagens das sementes à medida que as sementes se movem através do sistema;

em que a estação de transferência é configurada para fixar substancialmente em pelo menos uma dentre a posição e a orientação das sementes na estação de transferência de sementes à medida que as sementes se movem pelo menos além da primeira e da segunda câmeras.

18. Sistema de imageamento de semente, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a primeira e a segunda câmeras têm a mesma tecnologia de imageamento.

19. Sistema de imageamento de semente, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a tecnologia de imageamento da primeira e da segunda câmeras é uma tecnologia entre imageamento 2D, imageamento 3D, imageamento de raios-X e imageamento hiperespectral.

FIG. 1

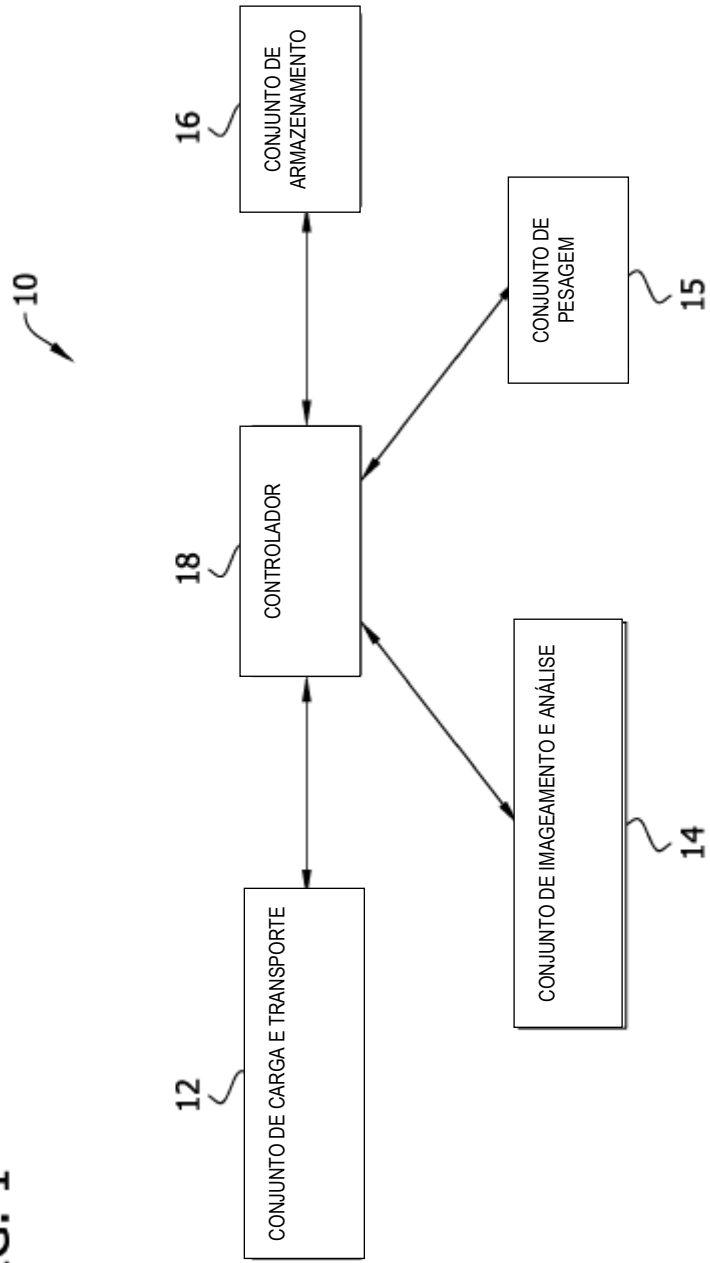
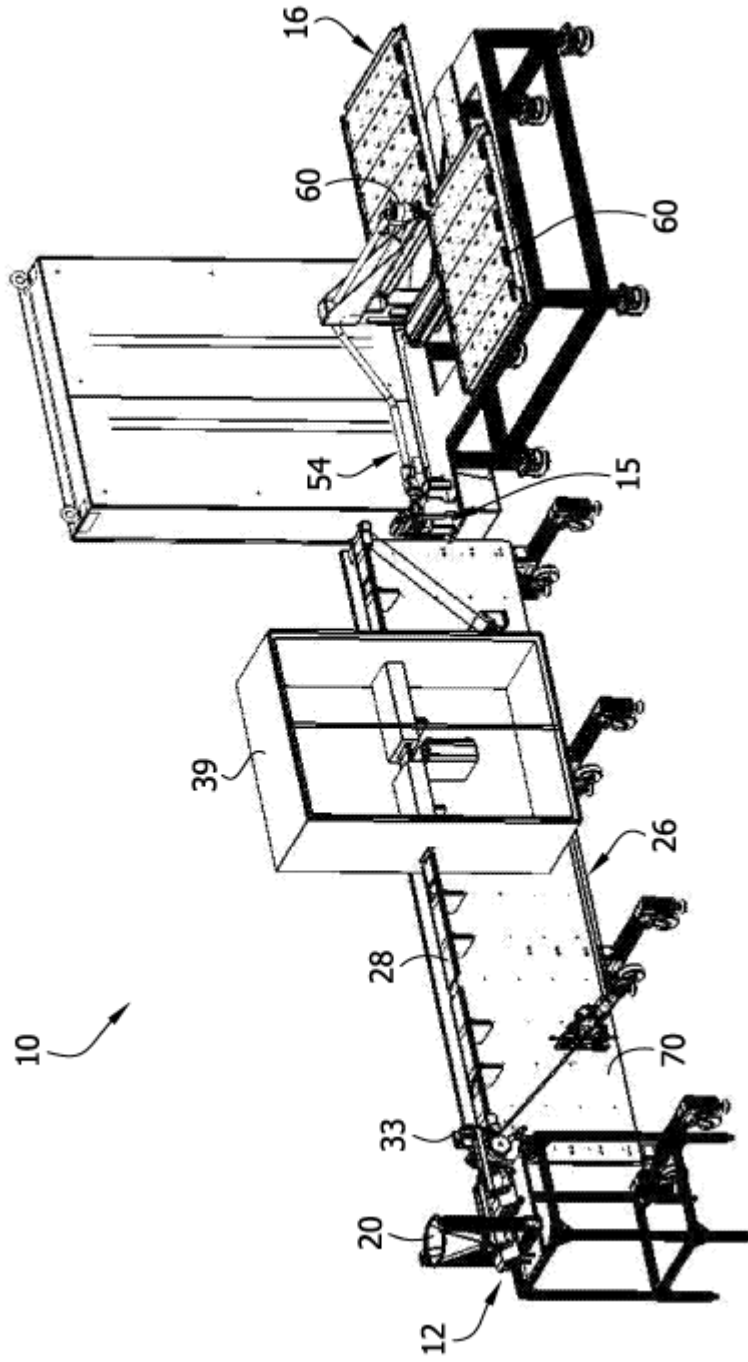


FIG. 2



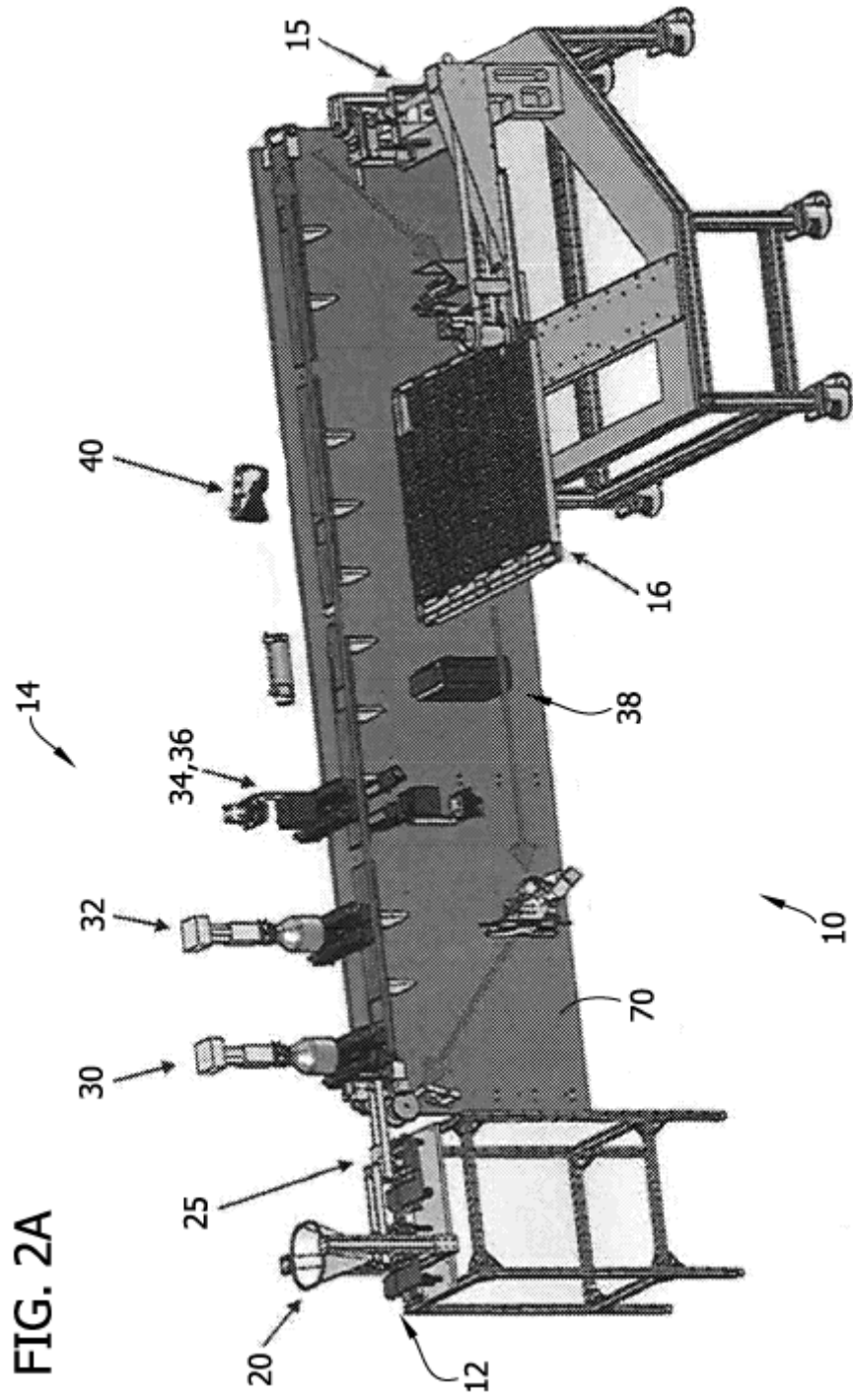


FIG. 2B

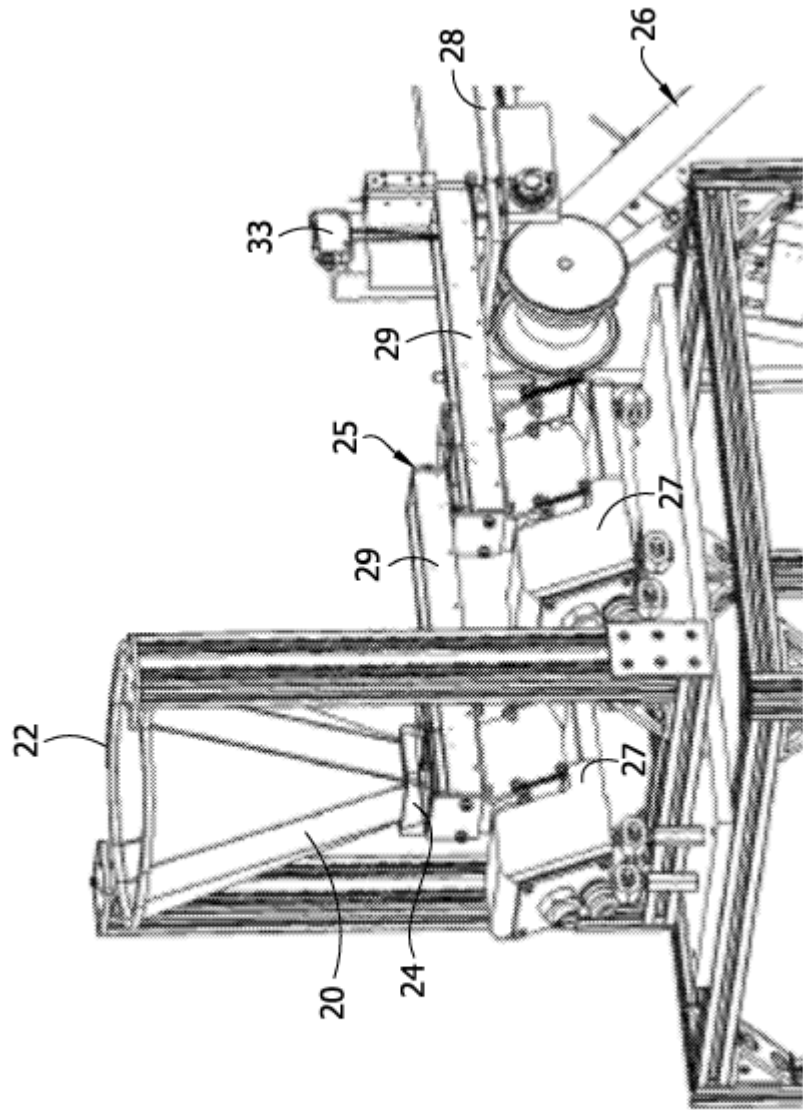


FIG. 3

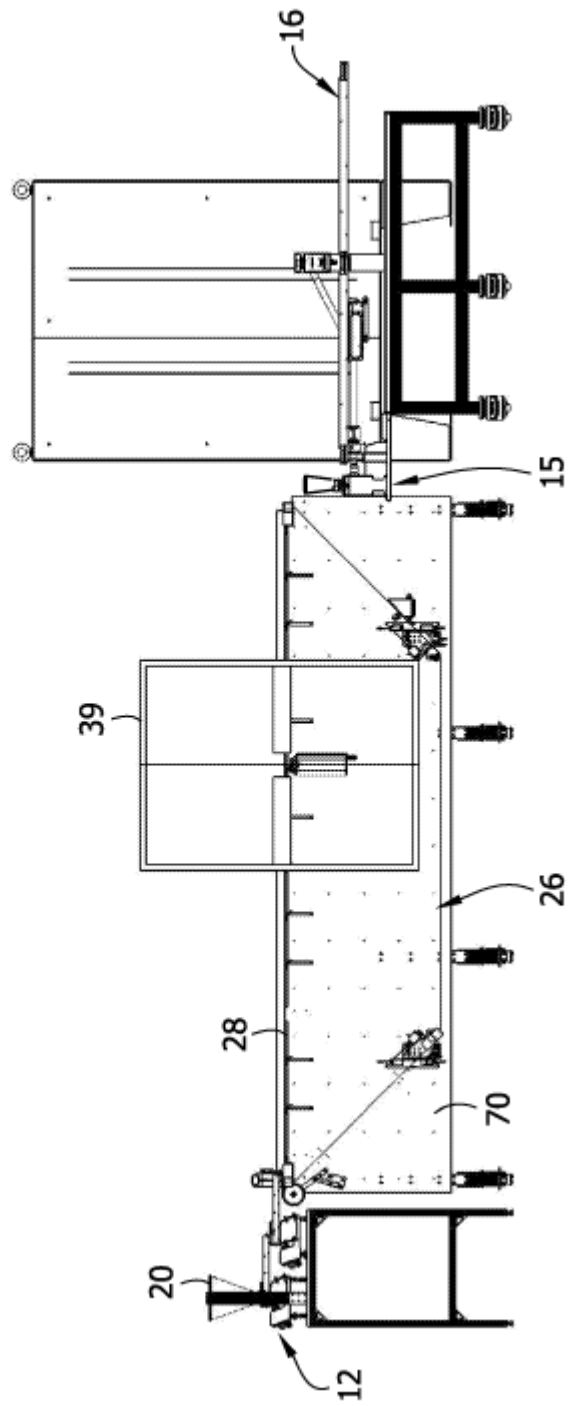


FIG. 4

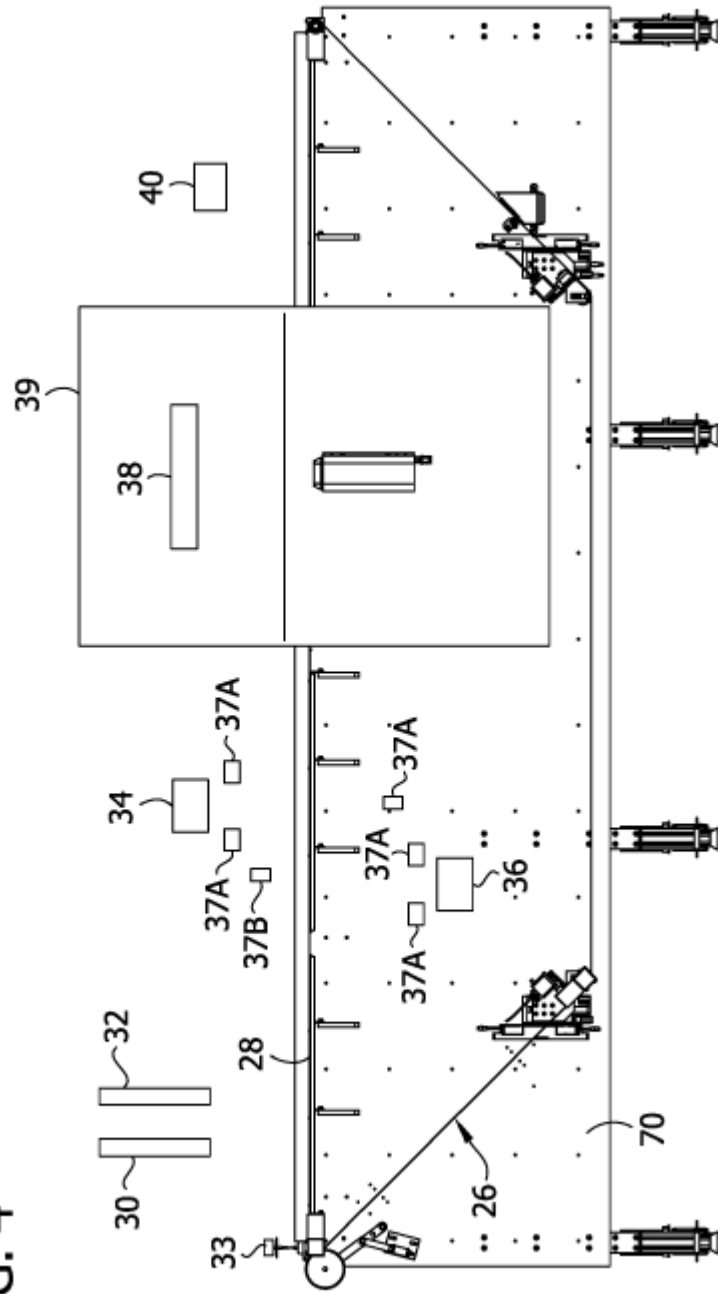
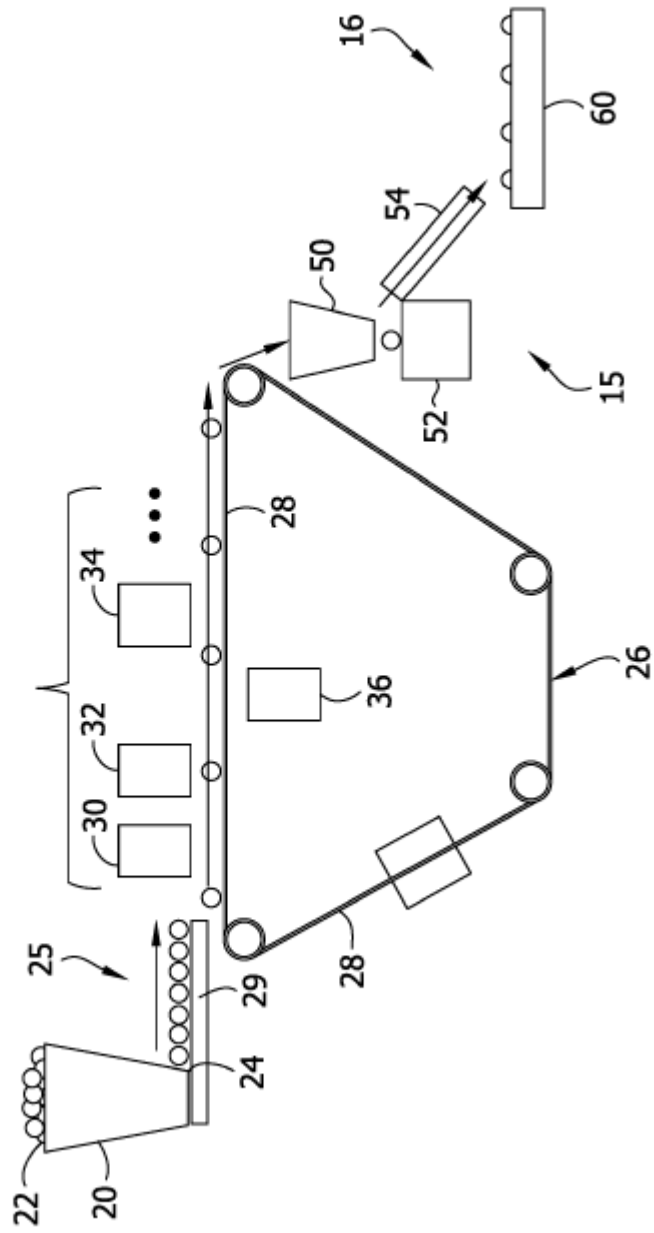


FIG. 5



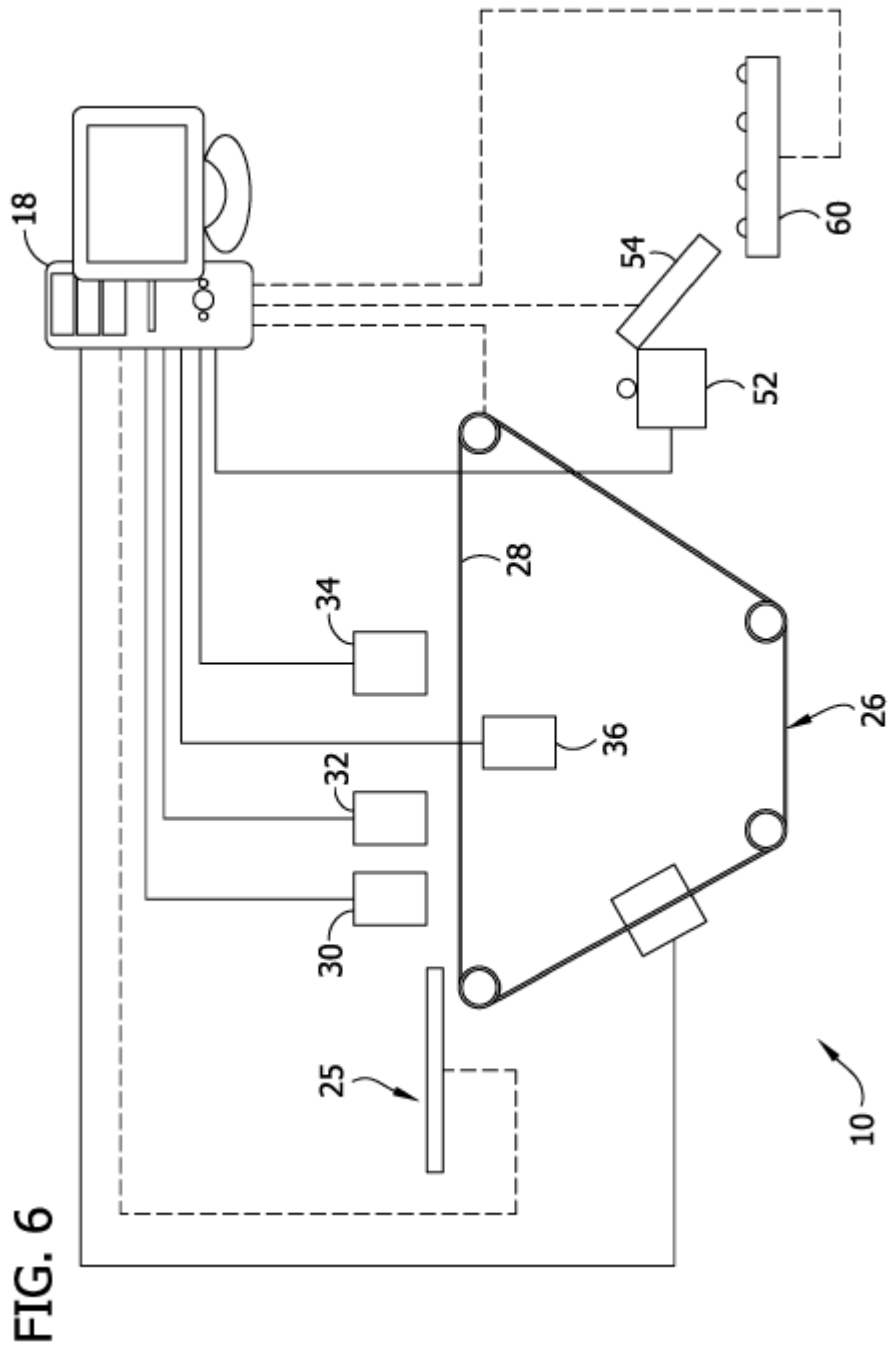


FIG. 6

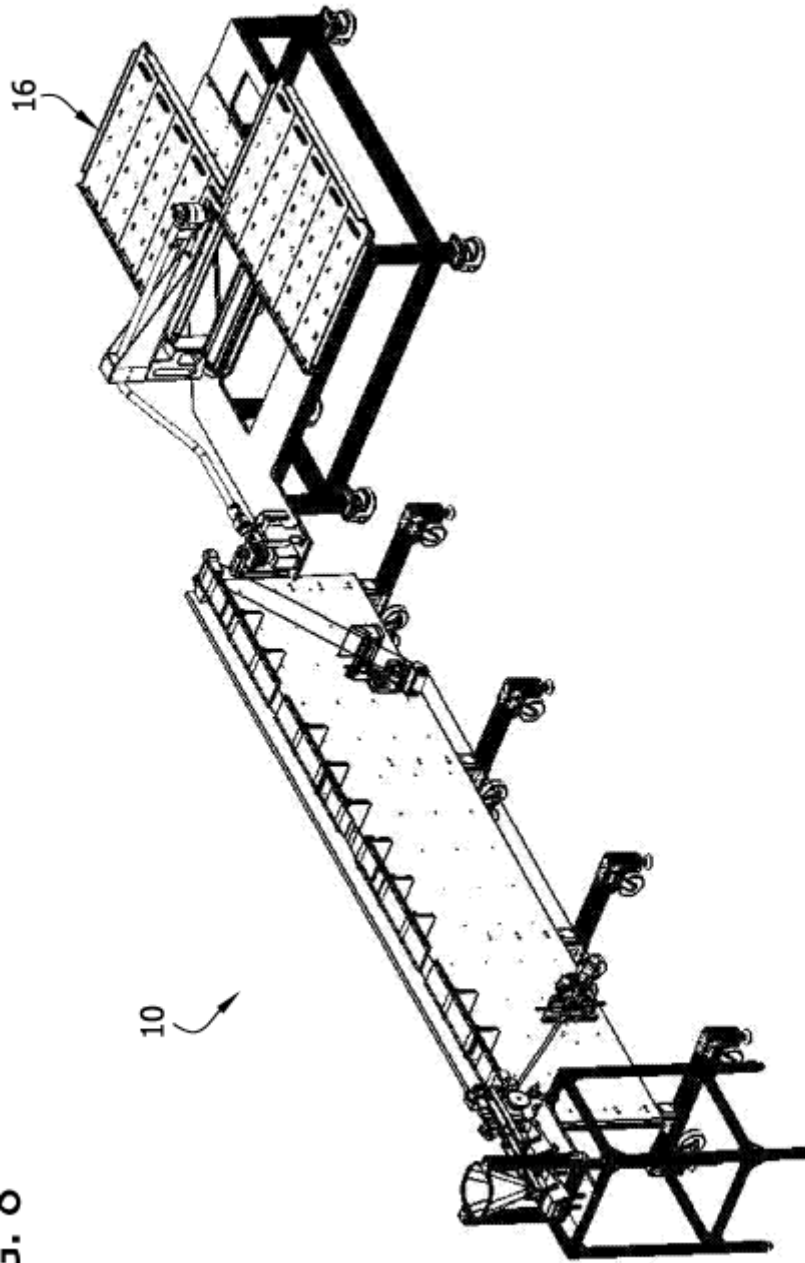


FIG. 8

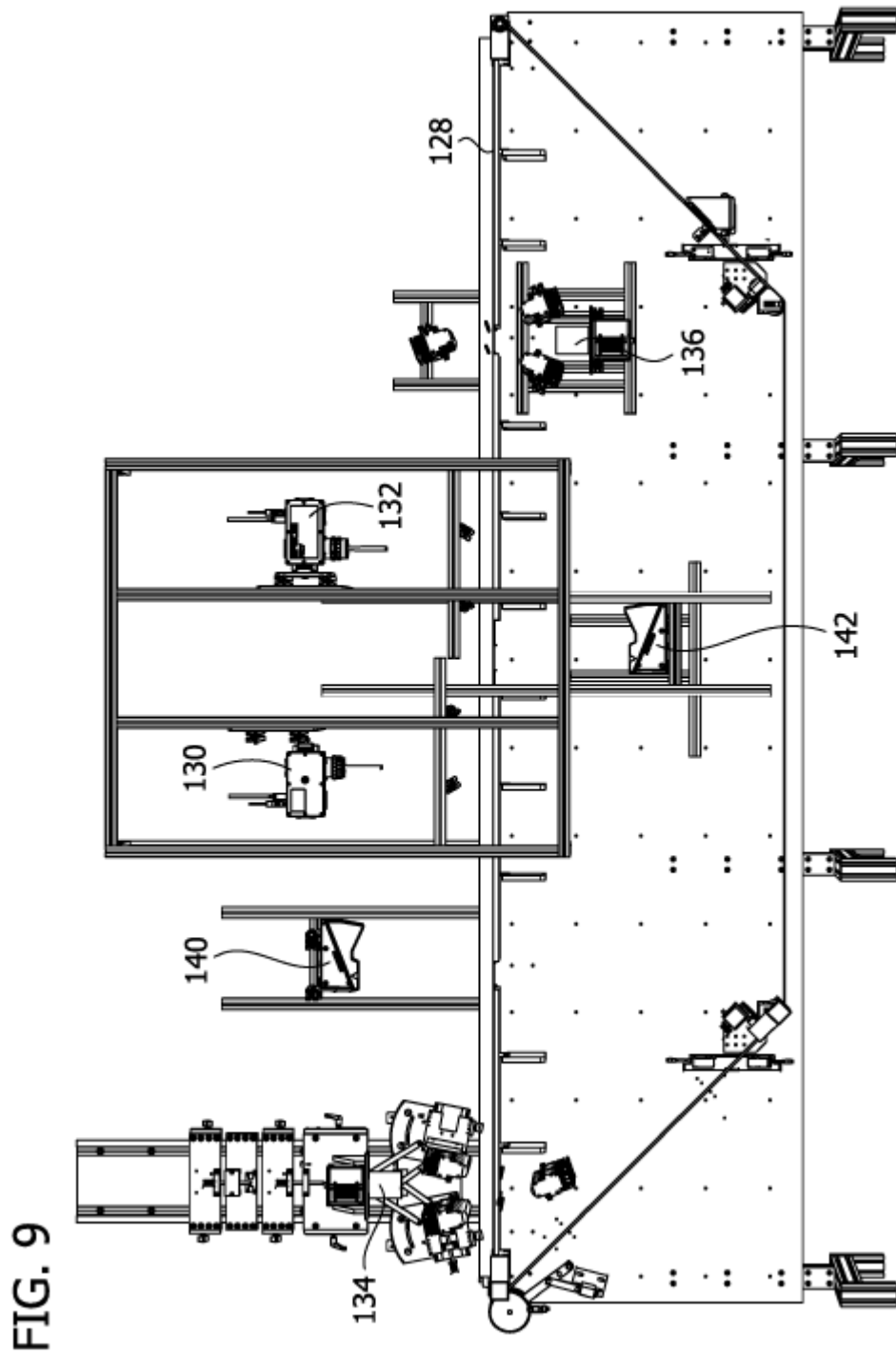


FIG. 10

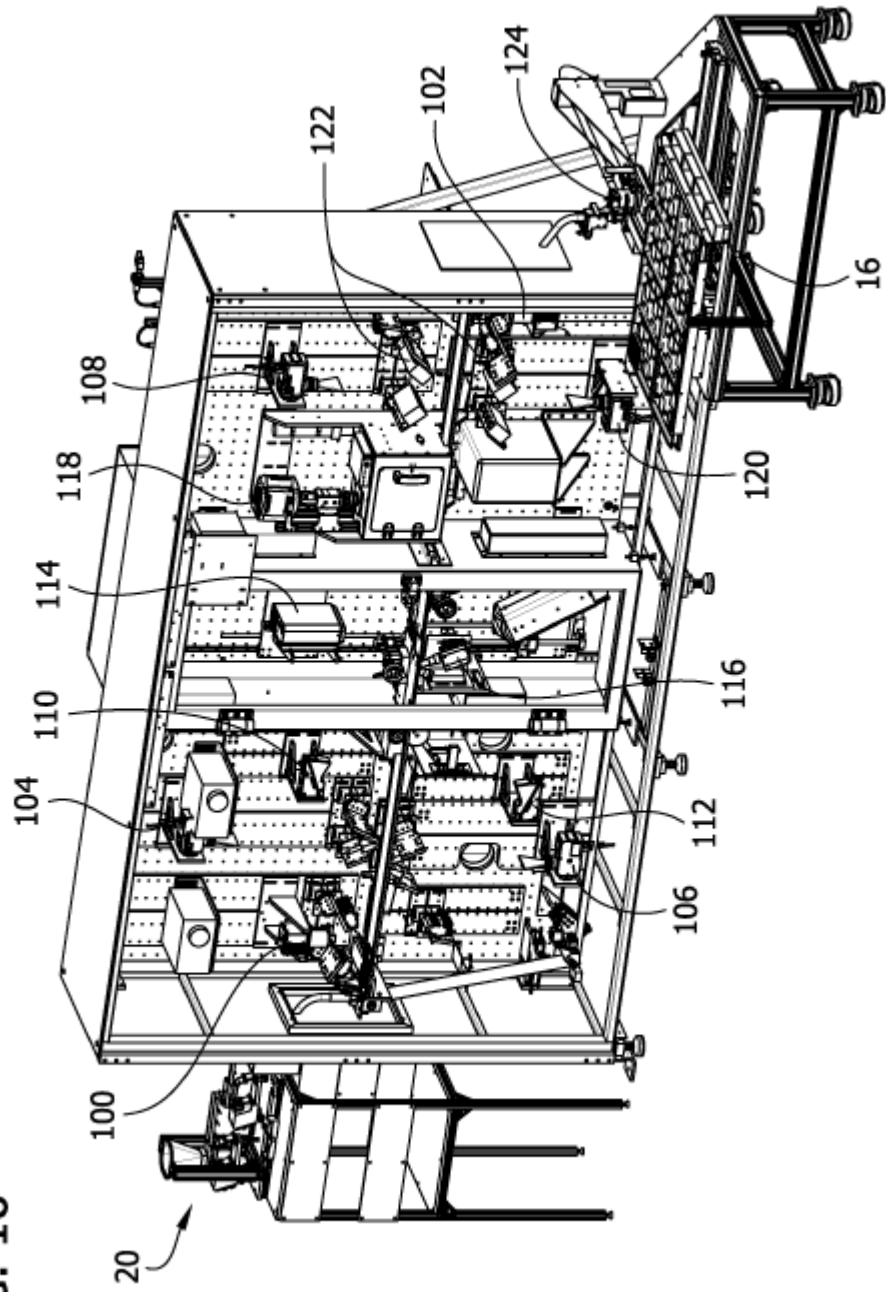


FIG. 11

