

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

(21) **PI 1001311-3 A2**

BRPI1001311A2

(22) Data de Depósito: 30/04/2010
(43) **Data da Publicação:** 20/12/2011
(RPI 2137)

(51) Int.Cl.:
A61N 7/00

(54) Título: SISTEMA DE ULTRA-SOM E MÉTODO

(73) Titular(es): GENERAL ELECTRIC COMPANY

(72) Inventor(es): CHRISTOPHER ROBERT HAZARD

(57) Resumo: SISTEMA DE ULTRA-SOM E MÉTODO Trata-se de um sistema de ultra-som que é configurado para determinar se o tecido adiposo de um paciente recebeu terapia em um local de tratamento 222. O sistema inclui uma sonda de ultra-som 126 e um módulo de geração de onda de cisalhamento 123 para controlar a sonda 126 visando fornecer um feixe de onda de cisalhamento, o qual é configurado para gerar uma onda de cisalhamento em um primeiro sítio no paciente. A onda de cisalhamento é configurada para propagar através do local de tratamento 222 em direção a um segundo sítio no paciente. O sistema também inclui um módulo de rastreamento 164 para controlar a sonda 126 a fim de rastrear a onda de cisalhamento no segundo sítio no paciente e determinar se o local de tratamento 222 recebeu a terapia.

“SISTEMA DE ULTRA-SOM E MÉTODO”

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS

O presente pedido inclui matéria que é similar à matéria descrita no pedido de patente US tendo nº do dossiê do advogado 235594 (555-0003US), intitulado “ULTRASOUND SYSTEM AND METHOD TO AUTOMATICALLY DELIVER THERAPY BASED ON USER DEFINED TREATMENT SPACES,” e no. do dossiê do procurador 235615 (555-0004US) intitulado “ULTRASOUND SYSTEM AND METHOD TO AUTOMATICALLY IDENTIFY AND TREAT ADIPOSE TISSUE,” os quais são ambos depositados simultaneamente com o presente e são incorporados a título de referência na íntegra.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A matéria da presente invenção refere-se genericamente a sistemas de terapia de ultra-som que fornecem tratamento de uma região de interesse em um paciente, e mais particularmente, a sistemas de ultra-som que tratam tecido adiposo.

Vários sistemas de modelagem de corpo existem atualmente que tentam remover ou destruir tecido gorduroso (ou tecido adiposo) do corpo de uma pessoa. Alguns sistemas podem ser invasivos, como liposucção, onde um dispositivo é inserido no corpo e remove fisicamente tecido adiposo através de sucção. Outros sistemas podem ser não invasivos. Por exemplo, em um sistema não invasivo, sinais de ultra-som focados de alta intensidade (HIFU) são dirigidos a uma região alvo dentro do tecido adiposo. Os sinais HIFU podem pelo menos parcialmente liquefazer o tecido adiposo na região alvo através de lise, cavitação, e/ou dano térmico das células.

Em alguns sistemas HIFU conhecidos, um operador orienta tipicamente várias aplicações de terapia para locais separados em uma região do corpo do paciente. Quando um operador move o alvo de um local no tecido

adiposo para um novo local no tecido adiposo, as propriedades mecânicas do tecido adiposo no novo local podem ser diferentes dos locais anteriores. Como tal, os parâmetros de terapia para distribuir os sinais HIFU podem necessitar ser alterados à luz das propriedades mecânicas diferentes. Entretanto, sistemas HIFU conhecidos têm capacidades limitadas na identificação das propriedades mecânicas da região alvo. Além disso, sistemas HIFU conhecidos podem não ser capazes de determinar se a terapia distribuída para um local foi eficaz em pelo menos parcialmente liquefazer o tecido adiposo.

Por conseguinte, há necessidade de um sistema de terapia de ultra-som que determina propriedades mecânicas de uma região alvo proposta. Há também necessidade de um sistema de ultra-som que confirme que uma quantidade eficaz de tratamento foi distribuída para um local em um paciente.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Em uma modalidade, um sistema de ultra-som é fornecido que é configurado para determinar se tecido adiposo de um paciente recebeu terapia em um local de tratamento. O sistema inclui uma sonda de ultra-som e um módulo de geração de onda de cisalhamento para controlar a sonda a fim de fornecer um feixe de onda de cisalhamento que é configurado para gerar uma onda de cisalhamento em um primeiro sítio no paciente. A onda de cisalhamento é configurada para propagar através do local de tratamento em direção a um segundo sítio no paciente. O sistema também inclui um módulo de rastreamento para controlar a sonda a fim de rastrear a onda de cisalhamento no segundo sítio no paciente para determinar se o local de tratamento recebeu a terapia.

Em outra modalidade, é fornecido um método para determinar se tecido adiposo de um paciente recebeu terapia em um local de tratamento. O método inclui fornecer um feixe de ondas de cisalhamento para gerar uma onda de cisalhamento em um primeiro sítio no paciente. A onda de

cisalhamento é configurada para propagar através do local de tratamento em direção a um segundo sítio no paciente. O método também inclui rastrear a onda de cisalhamento no segundo sítio no paciente para determinar se o local de tratamento recebeu a terapia.

5 Ainda em outra modalidade, é fornecido um sistema configurado para determinar se tecido adiposo de um paciente recebeu terapia em um local de tratamento. O sistema inclui um gerador de onda de cisalhamento que é configurado para gerar uma onda de cisalhamento em um primeiro sítio no paciente. A onda de cisalhamento é configurada para propagar através do local
10 de tratamento em direção a um segundo sítio no paciente. O sistema também inclui um rastreador que é configurado para rastrear a onda de cisalhamento no segundo sítio no paciente para determinar se o local de tratamento recebeu a terapia.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

15 A figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de terapia de ultra-som formado de acordo com uma modalidade da invenção.

 A figura 2 é um diagrama de blocos de um sistema de ultra-som formado de acordo com uma modalidade da invenção.

 A figura 3 é um diagrama de blocos de um módulo de diagnóstico
20 no sistema de ultra-som da figura 2 formado de acordo com uma modalidade da invenção.

 A figura 4 é um diagrama de blocos de um módulo de terapia no sistema de ultra-som da figura 2 formado de acordo com uma modalidade da invenção.

25 A figura 5 ilustra conjuntos de transdutor que podem ser utilizados com uma sonda de acordo com várias modalidades.

 A figura 6 é um diagrama esquemático de uma sonda de acordo com uma modalidade da invenção e uma região de interesse (ROI) em um

paciente.

A figura 7 é um diagrama esquemático da ROI na figura 6 após terapia ter sido aplicada pela sonda.

5 A figura 8 ilustra outro método de acordo com uma modalidade da invenção.

A figura 9 ilustra outro método de acordo com uma modalidade da invenção.

A figura 10 ilustra uma janela apresentada em um visor que exibe um espaço de tratamento de uma ROI.

10 A figura 11 ilustra outra janela apresentada no visor da figura 10 que exibe um espaço de tratamento de uma ROI.

A figura 12 mostra a janela na figura 10 à medida que o sistema de ultra-som distribui terapia para o espaço de tratamento.

15 A figura 13 ilustra um sistema de ultra-som de acordo com uma modalidade que inclui um sistema de rastreamento e um sistema de registro.

A figura 14A é um fluxograma que ilustra um método de acordo com uma modalidade.

A figura 14B é um fluxograma que ilustra outro método de acordo com uma modalidade.

20 A figura 15 ilustra um sistema de imageamento de ultra-som no tamanho de bolso ou carregado com a mão que pode ser configurado para exibir uma região de interesse durante uma sessão de terapia de acordo com várias modalidades.

25 A figura 16 ilustra um sistema de imageamento de ultra-som baseado em console fornecido em uma base móvel que pode ser configurada para exibir uma região de interesse durante uma sessão de terapia de acordo com várias modalidades.

A figura 17 é um diagrama de blocos de modos exemplares nos

quais modalidades da invenção podem ser armazenadas, distribuídas e instaladas em um meio legível por computador.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Modalidades exemplares que são descritas em detalhe abaixo

5 incluem sistemas de ultra-som e métodos para tratar uma região de interesse (ROI). A ROI pode incluir pelo menos um entre tecido adiposo e tecido não adiposo, como uma camada de derme, tecido muscular, osso, tecido de órgãos e vasos sanguíneos. O sistema também pode incluir um visor ou dispositivo de imageamento que exibe a ROI de modo que um operador ou usuário do
10 sistema possa distinguir o tecido adiposo e o tecido não adiposo e/ou o sistema pode diferenciar automaticamente o tecido adiposo e o tecido não adiposo antes do tratamento. Além disso, o visor também pode indicar aqueles locais na ROI que foram tratados. O tratamento da ROI pode incluir a provisão de sinais de ultra-som focados de alta intensidade (HIFU) para locais de
15 tratamento na ROI. Quando a terapia é distribuída a um local de tratamento no tecido adiposo, propriedades ou características mecânicas do tecido adiposo podem ser afetadas. Por exemplo, sinais HIFU podem ser dirigidos a locais de tratamento no tecido adiposo para pelo menos parcialmente liquefazer o tecido adiposo.

20 Modalidades exemplares também podem incluir métodos e sistemas para determinar se uma quantidade eficaz de terapia foi recebida em um local de tratamento. Como exemplo, um local de tratamento no tecido adiposo de um paciente recebeu uma “quantidade eficaz” de terapia se o tecido adiposo no local de tratamento foi pelo menos parcialmente liquefeito para fins
25 de modelagem de corpo e/ou perda de peso.

Além disso, métodos e sistemas descritos aqui podem ser configurados para rastrear uma onda de cisalhamento que propaga através de um tecido a fim de determinar as propriedades mecânicas do tecido. Em

modalidades específicas, a onda de cisalhamento é configurada para propagar através de um local de tratamento que pode ou não já ter recebido terapia. Como utilizado aqui, uma onda ou ondas de cisalhamento “propagando através” de um sítio ou local podem incluir a onda de cisalhamento sendo gerada naquele sítio ou local ou sendo gerada em outro sítio adjacente. Mais especificamente, em algumas modalidades, terapia pode ser aplicada a um local de tratamento e ondas de cisalhamento podem ser geradas no local de tratamento (quer subseqüentes a ou durante a aplicação de terapia). As ondas de cisalhamento podem ser rastreadas em outro sítio para determinar as propriedades mecânicas do tecido adiposo no local de tratamento. Se o local de tratamento recebeu uma quantidade eficaz de terapia, a onda de cisalhamento pode não ser detectada no outro sítio ou a onda de cisalhamento pode ser substancialmente afetada (isto é, as características de forma de onda da onda de cisalhamento que são detectadas no outro sítio após terapia são significativamente diferentes das características de forma de onda da onda de cisalhamento antes da terapia).

A seguinte descrição detalhada de certas modalidades será entendida de forma melhor quando lida em combinação com os desenhos em anexo. Até o ponto em que as figuras ilustram diagramas dos blocos funcionais de várias modalidades, os blocos funcionais não são necessariamente indicativos da divisão entre conjunto de circuitos de hardware. Desse modo, por exemplo, um ou mais blocos funcionais (por exemplo, processadores ou memórias) podem ser implementados em uma única peça de hardware (por exemplo, um processador de sinais de propósito geral ou memória de acesso aleatório, disco rígido, ou similar). Similarmente, os programas podem ser programas independentes, podem ser incorporados como sub-rotinas em um sistema operacional, podem ser funções em um pacote de software instalado, e similar. Deve ser entendido que as várias modalidades não são limitadas aos

arranjos e meios mostrados nos desenhos.

Como utilizado aqui, um elemento ou etapa mencionada no singular e precedido com a palavra “um” ou “uma” deve ser entendido como não excluindo plural dos elementos ou etapas, a menos que tal exclusão seja
5 explicitamente mencionada. Além disso, referências a “uma modalidade” não pretendem ser interpretadas como excluindo a existência de modalidades adicionais que também incorporam as características mencionadas. Adicionalmente, a menos que explicitamente mencionado ao contrário, as modalidades “compreendendo” ou “tendo” um elemento ou uma pluralidade de
10 elementos tendo uma propriedade específica podem incluir tais elementos adicionais não tendo essa propriedade.

Deve ser observado que embora as várias modalidades possam ser descritas com relação a um sistema de ultra-som, os métodos e sistemas descritos aqui não são limitados a imageamento e terapia que são
15 exclusivamente executados através de ultra-som. Em particular, as várias modalidades podem ser implementadas com relação a diferentes tipos de imageamento médico, incluindo, por exemplo, imageamento de ressonância magnética (MRI) e imageamento de tomografia computadorizada (CT). Além disso, ondas de cisalhamento podem ser geradas por uma sonda de ultra-som
20 ou por outro sistema ou dispositivo. Além disso, as várias modalidades podem ser implementadas em outros sistemas de imageamento não medidos, por exemplo, sistemas de teste não destrutivos, como sistemas de triagem em aeroporto.

Um efeito técnico das várias modalidades dos sistemas e
25 métodos descritos aqui inclui confirmar ou determinar se um local de tratamento no tecido adiposo foi pelo menos parcialmente liquefeito. Outro efeito técnico pode incluir determinar propriedades mecânicas de tecido adiposo em uma região alvo ou um local de tratamento. Outro efeito técnico

pode incluir gerar uma imagem de uma ROI e indicar para um usuário que um local de tratamento na ROI foi pelo menos parcialmente liquefeito. Outro efeito técnico pode incluir fornecer terapia para locais de tratamento e automaticamente mover o local de tratamento entre múltiplos pontos (ou sítios de tratamento) no tratamento. Outros efeitos técnicos podem ser fornecidos pelas modalidades descritas aqui.

A figura 1 é um diagrama de um sistema de ultra-som exemplar formado de acordo com uma modalidade. O sistema 50 é configurado para tratar tecido adiposo 52 (ou outro tecido) em uma região de interesse (ROI) de um paciente e/ou determinar propriedades mecânicas do tecido adiposo 52 (ou outro tecido) na ROI. O sistema 50 pode incluir uma sonda de ultra-som 56, um gerador de onda de cisalhamento 60, e um rastreador 62. A onda 56 é configurada para distribuir, durante uma sessão de terapia, uma terapia para um local de tratamento 58 no tecido adiposo 52 da ROI. Por exemplo, a sonda 56 pode ser configurada para distribuir sinais HIFU ao local de tratamento 58. A terapia distribuída ao local de tratamento 58 pode afetar propriedades mecânicas do tecido adiposo 52 no local de tratamento 58. Por exemplo, o tecido adiposo 52 no local de tratamento 58 pode ser lisado através de cavitação ou tratamento térmico que resulta no tecido adiposo 52 sendo pelo menos parcialmente liquefeito. O tecido adiposo liquefeito 52 apresenta propriedades mecânicas diferentes do tecido adiposo 52 que não recebeu a terapia. A mudança resultante, se alguma, nas propriedades mecânicas no local de tratamento 58 pode facilitar determinar (a) se a terapia foi recebida pelo tecido adiposo no local de tratamento 58; (b) se a terapia foi eficaz para tratar o tecido adiposo 52; e (c) informações em relação a propriedades mecânicas do tecido adiposo 52 no local de tratamento 58.

O sistema 50 pode determinar as propriedades mecânicas do local de tratamento 58 antes e após tratamento utilizando métodos

elastográficos e, particularmente, utilizando ondas de cisalhamento. Propriedades mecânicas podem incluir pelo menos um entre um módulo de elasticidade de cisalhamento, módulo Young, viscosidade de cisalhamento dinâmico e impedância mecânica do tecido alvo. As propriedades mecânicas
5 podem ser calculadas ou determinadas utilizando parâmetros de propagação, como uma velocidade de onda de cisalhamento, um coeficiente de atenuação de onda de cisalhamento, uma amplitude e velocidade de deslocamento de cisalhamento de partículas de tecido em uma onda de cisalhamento em propagação, e dependências espacial e temporal da amplitude e velocidade de
10 deslocamento de cisalhamento de partículas de tecido. Outro parâmetro que pode ser utilizado é viscosidade de cisalhamento que pode ser derivada de alterações em velocidade de cisalhamento como uma função de frequência.

Como mostrado, o local de tratamento 58 é localizado substancialmente entre um sítio de geração 66 (também denominado um
15 primeiro sítio ou uma fonte de onda de cisalhamento) e um sítio de rastreamento 68 (também denominado um segundo sítio). Antes da geração de uma onda de cisalhamento, o rastreador 62 pode distribuir um ou mais pulsos de rastreamento 70 em direção ao sítio de rastreamento 68. Um sinal de reflexo 72 do tecido adiposo 52 do sítio de rastreamento 68 pode ser indicativo
20 do tecido adiposo 52 no segundo sítio 68 em uma condição de linha de base (isto é, antes de qualquer deslocamento causado pela onda de cisalhamento).

Após obtenção do(s) sinal(is) de reflexo 72 do segundo sítio 68 antes de qualquer deslocamento, o gerador de onda de cisalhamento 60 é configurado para distribuir um pulso de geração de onda de cisalhamento ou
25 impulso 74 em direção ao primeiro sítio 66 que está próximo ao local de tratamento 58. O pulso de impulso 74 gera uma onda de cisalhamento 64 no primeiro sítio 66 que se propaga em direção ao local de tratamento 58 (também denominado região alvo) e em direção ao segundo sítio 68. O gerador de onda

de cisalhamento 60 pode gerar a onda de cisalhamento 64 antes de a terapia ser aplicada ao local de tratamento 58. O rastreador 62 é configurado para rastrear a onda de cisalhamento 64 no segundo sítio 68 por distribuir um ou mais pulsos de rastreamento 70 em direção ao segundo sítio 68. quando a
5 onda de cisalhamento 64 propaga para o segundo sítio 68, outro sinal de reflexo 72 do pulso de rastreamento 70 é fornecido. Mais especificamente, os pulsos de rastreamento 70 são modificados pelo tecido adiposo 52 no segundo sítio 68 enquanto experimenta a onda de cisalhamento 64. O sinal de reflexo 72 a partir do segundo sítio 68 indica uma condição de referência deslocada do
10 tecido adiposo 52 no segundo sítio 68. Sinais de reflexo 72 da condição de referência deslocada e condição de linha de base do segundo sítio 68 fornecem referências que podem ser comparadas com outras condições do segundo sítio 68.

Após receber o sinal de reflexo 72 da condição de referência deslocada, a sonda 56 pode distribuir terapia (por exemplo, sinais HIFU) para o
15 local de tratamento 58. Durante ou subsequente ao tratamento, o gerador de onda de cisalhamento 60 pode distribuir um ou mais pulsos de geração de onda de cisalhamento ou impulso 74 para o primeiro sítio 66 a fim de gerar outra onda de cisalhamento 64. Se uma quantidade eficaz de terapia foi
20 recebida pelo tecido adiposo 52 no local de tratamento 58, as propriedades mecânicas do tecido adiposo 52 no local de tratamento 58 devem afetar substancialmente a propagação da onda de cisalhamento 64. Por exemplo, se o local de tratamento 58 for substancialmente liquefeito, a onda de cisalhamento 64 pode não propagar através do local de tratamento 58 ou
25 atingir o segundo sítio 68. Se a onda de cisalhamento 64 atingir o segundo sítio 68, características da onda de cisalhamento 64 (por exemplo, velocidade e amplitude) podem ser significativamente afetadas. Mais especificamente, a velocidade pode ser mais lenta e a amplitude pode ser menor em comparação

com uma velocidade e amplitude da onda de cisalhamento 64 quando o local de tratamento 58 não recebeu terapia.

O pulso de impulso 74 e o pulso de rastreamento 70 podem ser distribuídos em níveis de intensidade diferentes. O pulso de impulso 74 pode ser um pulso intenso que gera uma força de radiação apreciável no primeiro sítio 66. Por exemplo, o pulso de impulso 74 pode ser um feixe modulado por amplitude de ultra-som focado que provê uma força de radiação para gerar a onda de cisalhamento 64 no primeiro sítio 66. Uma quantidade significativa de energia acústica pode ser distribuída para o primeiro sítio 66 para obter um deslocamento inicial desejado no primeiro sítio 66. A força localizada que gera a onda de cisalhamento 64 causa deslocamento de tecido ao longo da trajetória da onda. Em algumas modalidades, as ondas de cisalhamento podem propagar de uma fonte de pontos. Em outras modalidades, as ondas de cisalhamento podem ser ondas de cisalhamento virtualmente estendidas ao longo de um plano.

O rastreador 62 pode utilizar qualquer técnica de imageamento capaz de detectar movimento interno de tecido na ROI. Por exemplo, deslocamentos de tecido no primeiro, segundo ou qualquer outro sítio podem ser determinados utilizando métodos baseados em correlação ultra-sônica ou outros métodos de casamento de padrão. O rastreador 62 pode utilizar quaisquer métodos de imageamento de eco-pulsado, métodos de imageamento de modo-B, e métodos de imageamento Doppler contínuo ou pulsado. Além disso, o rastreador 62 pode ser um sistema de imageamento de ressonância magnética (MRI). Rastreamento óptico pode ser também utilizado para detectar movimento interno da ROI.

Componentes ou dispositivos separados podem ser utilizados para terapia, imageamento, geração de onda de cisalhamento e detecção de onda de cisalhamento. Alternativamente, um componente ou dispositivo (por

exemplo, um transdutor) pode ser utilizado para qualquer combinação (ou todas) de terapia, imageamento, geração de onda de cisalhamento e detecção. Por conseguinte, como mostrado na figura 1, o gerador de onda de cisalhamento 60, a sonda 56, e o rastreador 62 podem ser todos incorporados em um único dispositivo ou sistema, como o sistema 120 descrito em detalhe abaixo. Mais especificamente, as funções do gerador de onda de cisalhamento 60 e rastreador 62 podem ser executadas pela sonda 56. Entretanto, em modalidades alternativas, um ou mais do gerador de onda de cisalhamento 60, sonda 56 e rastreador 62 opera separadamente dos outros componentes. Por exemplo, o gerador de onda de cisalhamento 60 e o rastreador 62 podem ser sondas de ultra-som separadas. Além disso, em modalidades alternativas, o gerador de onda de cisalhamento pode ser feito por um acionador mecânico ou um alto-falante de áudio.

A figura 2 é um diagrama de blocos de um sistema de terapia de ultra-som exemplar 120 no qual várias modalidades podem fornecer terapia para e/ou exibir uma ROI durante uma sessão de terapia para tratar tecido adiposo. O sistema de ultra-som 120 inclui um transmissor 122 que aciona um conjunto de elementos de transdutor 124 (por exemplo, cristais piezoelétricos) em uma sonda 126 para emitir sinais ultra-sônicos pulsados em um corpo ou volume. Os sinais ultra-sônicos pulsados podem ser para imageamento e/ou para terapia da ROI. Os sinais ultra-sônicos pulsados também podem ser para gerar e/ou rastrear ondas de cisalhamento. Por exemplo, a sonda 126 pode distribuir pulsos de energia baixa durante imageamento e rastreamento, pulsos de energia média a elevada para gerar ondas de cisalhamento e pulsos de energia elevada durante terapia. Uma variedade de geometrias e configurações de conjunto pode ser utilizada e o conjunto de elementos de transdutor 124 pode ser fornecido como parte, por exemplo, de tipos diferentes de sondas de ultra-som.

Os sinais de imageamento e rastreamento podem ser de dispersão refletida em estruturas no corpo, por exemplo, tecido adiposo, tecido muscular, tecido conectivo, células de sangue, veias ou objetos no corpo (por exemplo, um cateter ou agulha) para produzir ecos que retornam aos elementos 124. Os ecos são recebidos por um receptor 128. Os ecos recebidos são fornecidos a um formador de feixes 130 que executa a formação de feixes e transmite um sinal RF. O sinal RF é então fornecido a um processador RF 132 que processa o sinal RF. Alternativamente, o processador RF 132 pode incluir um demodulador complexo (não mostrado) que demodula o sinal RF para formar pares de dados IQ representativos dos sinais de eco. Os dados de sinais RF ou IQ podem ser então fornecidos diretamente a uma memória 134 para armazenagem (por exemplo, armazenagem temporária). Opcionalmente, a saída do formador de feixe 130 pode ser passada diretamente ao módulo de diagnóstico 136.

O sistema ultra-som 120 também inclui um processador ou módulo de diagnóstico 136 para processar as informações de ultra-som adquiridas (por exemplo, dados de sinais RF ou pares de dados IQ) e preparar quadros de informações de ultra-som para exibição em um visor 138. o módulo de diagnóstico 136 é adaptado para executar uma ou mais operações de processamento de acordo com uma pluralidade de modalidades de ultra-som selecionáveis nas informações de ultra-som adquiridas. Informações de ultra-som adquiridas podem ser processadas em tempo real durante uma sessão de varredura ou terapia à medida que os sinais de eco são recebidos. Adicionalmente ou alternativamente, as informações de ultra-som podem ser armazenadas temporariamente na memória 134 durante uma sessão de varredura e processadas em tempo menor do que o tempo real em uma operação ao vivo ou fora de linha. Uma memória de imagem 140 é incluída para armazenar quadros processados de informações de ultra-som adquiridas

que não são programadas para serem exibidas imediatamente. A memória de imagem 140 pode compreender qualquer meio de armazenagem de dados conhecido, por exemplo, um meio de armazenagem permanente, meio de armazenagem removível, etc.

5 O módulo de diagnóstico 136 é conectado a uma interface de usuário 142 que controla operação do módulo de diagnóstico 136, como explicado abaixo em mais detalhe e é configurado para receber entradas de um usuário. O visor 138 inclui um ou mais monitores que apresentam informações do paciente, incluindo imagens de ultra-som terapêuticas e de diagnóstico para
10 o usuário para exame, diagnóstico, análise e tratamento. O visor 138 pode exibir, automaticamente, por exemplo, um conjunto de dados de ultra-som 2D, 3D ou 4D armazenado na memória 134 ou 140 ou sendo atualmente adquirido, cujo conjunto de dados também é exibido com uma representação gráfica (por exemplo, um esboço de um espaço de tratamento ou um marcador no espaço
15 de tratamento). Uma ou ambas a memória 134 e a memória 140 podem armazenar conjuntos de dados 3D dos dados de ultra-som, onde tais conjuntos de dados 3D são acessados para apresentar imagens 2D e 3D. Por exemplo, um conjunto de dados de ultra-som 3D pode ser mapeado para a memória correspondente 134 ou 140, bem como um ou mais planos de referência. O
20 processamento dos dados, incluindo os conjuntos de dados, pode ser baseado em parte em entradas de usuário, por exemplo, seleções de usuário recebidas na interface de usuário 142.

O módulo de diagnóstico 136 é configurado para analisar sinais de ultra-som para imagear a ROI e/ou rastrear ondas de cisalhamento que se
25 propagam através da ROI. Além disso, o módulo de diagnóstico 136 pode também diferenciar automaticamente tecido adiposo de tecido não adiposo (por exemplo, tecido muscular, osso, tecido conectivo, órgãos). O módulo de diagnóstico 136 também pode ser configurado para receber comandos de

imageamento de usuário para delinear ou de outro modo fornecer uma superposição que indica um espaço de tratamento na ROI. O módulo de diagnóstico 136 também pode receber comandos de terapia de usuário (por exemplo, através da interface de usuário 142) em relação a como aplicar 5 terapia a locais de tratamento na ROI. Os comandos de terapia podem se referir a parâmetros de terapia e similar.

O módulo de diagnóstico 136 comunica-se com um módulo de terapia 125 que é configurado para controlar a sonda 136 durante uma sessão de terapia. Uma “sessão de terapia” como utilizado aqui, é um período de 10 tempo no qual um paciente recebe terapia. Por exemplo, uma sessão de terapia pode incluir uma única aplicação de sinais de ultra-som para liquefazer tecido adiposo em um local de tratamento único ou em um espaço de tratamento único no corpo. Uma sessão de terapia também pode incluir um período prolongado de tempo no qual um paciente recebe múltiplas aplicações 15 de sinais de ultra-som em um espaço de tratamento de uma região do corpo ou em múltiplas regiões do corpo. Uma sessão de terapia pode incluir também uma visita por um paciente a um operador do sistema 120.

O módulo de diagnóstico 136 pode ser configurado para controlar a sonda 126 para distribuir e obter sinais de ultra-som de diagnóstico a partir da 20 ROI e controlar a sonda 126 para distribuir um pulso de impulso para gerar uma onda de cisalhamento na ROI. O módulo de terapia 126 é configurado para distribuir uma terapia para os locais de tratamento com base na ROI. O módulo de terapia 125 pode mover automaticamente o local de tratamento entre múltiplos pontos baseados em entradas de usuário.

25 Em operação, o sistema 120 adquire dados, por exemplo, conjuntos de dados volumétricos por várias técnicas (por exemplo, varredura 3D, imageamento 3D em tempo real, varredura de volume, varredura 2D com transdutores tendo sensores de posicionamento, varredura à mão livre

utilizando uma técnica de correlação voxel, varredura utilizando 2D ou transdutores de conjunto de matriz, etc.). Os dados podem ser adquiridos por mover a sonda 126, como ao longo de uma trajetória linear ou curvilínea, enquanto varre a ROI. Em cada posição arqueada ou linear, a sonda 126 obtém planos de varredura que são armazenados na memória 134. A sonda 126 também pode ser mecanicamente móvel na sonda de ultra-som.

O sistema 120 também inclui um módulo de geração de onda de cisalhamento 123 que é operativamente acoplada ao módulo de diagnóstico 136 ou um sub-módulo do módulo de diagnóstico 136. O módulo de geração de onda de cisalhamento 123 é configurado para controlar a sonda 126 para gerar uma onda de cisalhamento em um sítio na ROI do paciente. O módulo de geração de onda de cisalhamento 123 pode controlar a sonda 126 ou, mais particularmente, os elementos de transdutor 124 para orientar um pulso(s) de impulso ou geração de onda de cisalhamento em direção ao sítio predeterminado para gerar a onda de cisalhamento. Alternativamente, o módulo de geração de onda de cisalhamento 123 pode controlar outro dispositivo capaz de gerar ondas de cisalhamento. Por exemplo, o módulo de geração de onda de cisalhamento 123 pode controlar um transdutor de terapia, um acionador mecânico, ou um dispositivo de áudio para gerar as ondas de cisalhamento. O(s) pulso(s) de impulso podem ser configurados para gerar uma onda de cisalhamento desejada e orientar a onda de cisalhamento ao longo de uma direção ou trajetória desejada.

Opcionalmente, o sistema 120 pode incluir um módulo de rastreamento de posição 148 que rastreia uma posição da sonda 126 e comunica a posição ao módulo de diagnóstico 136. Uma posição da sonda 126 pode ser rastreada em relação a um ponto de referência em ou próximo ao paciente, um marcador e similar. Como será descrito em maior detalhe abaixo, a posição da sonda 126 pode ser utilizada para indicar, para o usuário, regiões

do paciente que foram tratadas, estão sendo tratadas ou têm ainda de ser tratadas.

A figura 3 é um diagrama de blocos exemplar do módulo de diagnóstico 136, e a figura 4 é um diagrama de blocos exemplar do módulo de terapia 125. Os módulos de terapia e diagnóstico 125 (figura 4) e 136 (figura 3) são ilustrados de forma conceptual como uma coleção de módulos, porém podem ser implementados utilizando qualquer combinação de painéis de hardware dedicados, DSPs, processadores, etc. Alternativamente, os módulos das figuras 3 e 4 podem ser implementados utilizando um PC off-the-shelf com um processador único ou múltiplos processadores, com as operações funcionais distribuídas entre os processadores. Como uma opção adicional, os módulos das figuras 3 e 4 podem ser implementados utilizando uma configuração híbrida na qual certas funções modulares são executadas utilizando hardware dedicado, enquanto as funções modulares restantes são executadas utilizando um PC para venda e similar. Os módulos também podem ser implementados como módulos de software em uma unidade de processamento. Além disso, o módulo de diagnóstico 136 pode incluir o módulo de terapia 125, ou o módulo de terapia 125 pode incluir o módulo de diagnóstico 136.

As operações dos módulos ilustrados nas figuras 3 e 4 podem ser controladas por um controlador de ultra-som local 150 ou pelo módulo de diagnóstico 136. Os módulos 152-166 executam operações de processador médio. O módulo de diagnóstico 136 pode receber dados de ultra-som 170 em uma de várias formas. Na modalidade da figura 3, os dados de ultra-som recebidos 170 constituem pares de dados IQ que representam os componentes real e imaginário associados a cada amostra de dados. Os pares de dados IQ são fornecidos a um ou mais módulos, por exemplo, um módulo de fluxo de cor 152, um módulo de imageamento de força de radiação acústica (ARFI) 154, um

módulo de modo-B 156, um módulo Doppler espectral 158, um módulo de fluxo contínuo acústico 160, um módulo Doppler de tecido 162, um módulo de rastreamento 164, e um módulo de elastografia 166. Outros módulos podem ser incluídos, como um módulo de modo-M, módulo Doppler de potência, entre
5 outros. Entretanto, as modalidades descritas aqui não são limitadas ao processamento de pares de dados IQ. Por exemplo, o processamento pode ser feito com dados RF e/ou utilizando outros métodos. Além disso, dados podem ser processados através de múltiplos módulos.

Cada dos módulos 152-166 é configurado para processar os
10 pares de dados IQ em um modo correspondente para gerar, respectivamente, dados de fluxo de cor 172, dados ARFI 174, dados de modo B 176, dados Doppler espectrais 178, dados de fluxo contínuo 180, dados Doppler de tecido 182, dados de rastreamento 184, dados de elastografia 186, entre outros, todos os quais podem ser armazenados em uma memória 190 (ou memória 134 ou
15 memória de imagem 140 mostrada na figura 2) temporariamente antes de processamento subsequente. Os dados 172-186 podem ser armazenados, por exemplo, como conjuntos de valores de dados de vetor, onde cada conjunto define um quadro de imagem de ultra-som individual. Os valores de dados de vetor são genericamente organizados com base no sistema de coordenadas
20 polares.

Um módulo conversor de varredura 192 acessa e obtém da memória 190 os valores de dados de vetor associados a um quadro de imagem e converte o conjunto de valores de dados de vetor em coordenadas Cartesianas para gerar um quadro de imagem de ultra-som 193 formatado para
25 exibição. Os quadros de imagem de ultra-som 193 gerados pelo módulo conversor de varredura 192 podem ser fornecidos de volta para a memória 190 para processamento subsequente ou podem ser fornecidos à memória 134 (figura 2) ou à memória de imagem 140 (figura 2). Após o módulo conversor de

varredura 192 gerar os quadros de imagem de ultra-som 193 associados aos dados, os quadros de imagem podem ser recuperados na memória 190 ou comunicados através de um barramento 199 para um banco de dados (não mostrado), a memória 134, a memória de imagem 140 e/ou para outros processadores (não mostrados).

Como exemplo, pode ser desejado visualizar as diferentes imagens de ultra-som referentes a uma sessão de terapia em tempo real no visor 138 (figura 2). Para fazer isso, o módulo conversor de varredura 192 obtém conjuntos de dados para imagens armazenadas na memória 190 daqueles que estão sendo atualmente adquiridos. Os dados de vetor são interpolados onde necessário e convertidos em um formato X, Y para visor de vídeo a fim de produzir quadros de imagem de ultra-som. Os quadros de imagem de ultra-som convertidos por varredura são fornecidos a um controlador de visor (não mostrado) que pode incluir um processador de vídeo que mapeia o vídeo em um mapeamento de escala de Gray para visor de vídeo. O mapa de escala de Gray pode representar uma função de transferência dos dados de imagem brutos para níveis de gray exibidos. Após os dados de vídeo serem mapeados para os valores de escala de Gray, o controlador de visor controla o visor 138, que pode incluir um ou mais monitores ou janelas do visor, para exibir o quadro de imagem. A imagem exibida no visor 138 é produzida de um quadro de imagem de dados no qual cada dado indica a intensidade ou brilho de um pixel respectivo no visor.

Com referência novamente à figura 3, um módulo de processador de vídeo 2D 194 pode ser utilizado para combinar um ou mais dos quadros gerados dos tipos diferentes de informações de ultra-som. Por exemplo, o módulo de processador de vídeo 2D 194 pode combinar quadros de imagem diferentes por mapear um tipo de dados para um mapa de gray e mapear o outro tipo de dados para um mapa de cores para visor de vídeo. Na imagem

exibida final, os dados de pixel de cores são sobrepostos nos dados de pixel de escala gray para formar um único quadro de imagem de multi-modos que é novamente recuperado na memória 190 ou comunicado através do barramento 199. Quadros sucessivos de imagens podem ser armazenados como um cine loop (imagens 4D) na memória 190 ou memória 140 (figura 2). O cine loop representa um buffer de imagem circular de primeiro a entrar, primeiro a sair para capturar dados de imagem que são exibidos em tempo real para o usuário. O usuário pode congelar o cine loop por entrar um comando de congelar na interface de usuário 142. A interface de usuário 142 pode incluir, por exemplo, um teclado e mouse e todos os outros controles de entrada associados à entrada de informações no sistema de ultra-som 120 (figura 2). Em uma modalidade, a interface de usuário 142 inclui o visor 138 que pode ser sensível a toque ou configurado para interagir com uma caneta. A interface de usuário 142 pode receber também entradas de usuário através de reconhecimento de voz ou ativação.

Um módulo processador 3D 196 também é controlado pela interface de usuário 142 e acessa a memória 190 para obter grupos espacialmente consecutivos de quadros de imagem de ultra-som e gerar representações de imagem tridimensionais dos mesmos, como através de algoritmos de renderização de volume ou renderização de superfície como são conhecidos. As imagens tridimensionais podem ser geradas utilizando várias técnicas de imageamento, como lançamento de raios, projeção máxima de pixel de intensidade e similar.

Um módulo gráfico 197 também pode ser controlado pelo sistema 120 e pode acessar a memória 190 para obter grupos de quadros de imagem de ultra-som que foram armazenados ou que estão sendo atualmente adquiridos. O módulo gráfico 197 pode gerar imagens que incluem as imagens da ROI e uma representação gráfica posicionada (por exemplo, sobreposta)

nas imagens da ROI. A representação gráfica pode representar um esboço de um espaço de tratamento, o ponto focal ou região do feixe de terapia, uma trajetória tomada pela região focal no espaço de tratamento, uma sonda utilizada durante a sessão, e similar. Representações gráficas também podem ser utilizadas para indicar o progresso da sessão de terapia. As representações gráficas podem ser geradas utilizando uma imagem gráfica salva ou desenho (por exemplo, desenho gerado por gráfico de comutador) ou a representação gráfica pode ser diretamente traçada pelo usuário sobre a imagem utilizando um dispositivo de indicação, por exemplo, um mouse ou caneta eletrônica ou outro dispositivo de interface.

Também mostrado, um módulo de referência 195 pode ser utilizado para identificar um ponto de referência em ou próximo ao paciente durante a sessão de terapia. Por exemplo, um ponto de referência pode ser uma estrutura ou elemento anatômico do corpo que é determinada pelo sistema 120 ou pelo usuário. O ponto de referência pode ser também um elemento ou marcador posicionado na superfície do corpo do paciente. Como será descrito em maior detalhe abaixo, o módulo de referência 195 pode utilizar os dados de imageamento para determinar uma relação do espaço de tratamento com relação a um ponto de referência.

Com referência à figura 4, o módulo de terapia 125 pode ser acoplado ao módulo de diagnóstico 136 (figura 2) e a interface de usuário 142 (figura 2) e inclui um módulo de formação de feixe de transmissão 127 e um módulo de transmissão 129. O módulo de formação de feixe de transmissão 127 é configurado para controlar o local e movimento de um ponto focal ou região gerada pelos elementos transdutores 124. por exemplo, o módulo de formação de feixe de transmissão 127 pode controlar direção mecânica ou eletrônica da sonda para mover a região focal de um feixe de terapia nos espaços de tratamento ou entre espaços de tratamento diferentes. O módulo

de transmissão 129 é configurado para acionar os elementos transdutores 124 (ou somente uma porção ou um subconjunto dos elementos transdutores 124) na distribuição de pulsos de energia para a ROI para imageamento e terapia.

A figura 5 ilustra transdutores 410, 420 e 430 que podem ser utilizados com uma sonda (não mostrada) de acordo com várias modalidades. Os transdutores 410, 420 e 430 podem incluir conjuntos reconfiguráveis. Em algumas modalidades, o módulo de diagnóstico 136 (figura 2) controla a sonda 126 (figura 2) para distribuir pulsos de imageamento e/ou rastreamento, o módulo de geração de onda de cisalhamento 123 (figura 2) controla a sonda para gerar uma onda de cisalhamento, e o módulo de terapia 125 (figura 2) controla a sonda para gerar pulsos de terapia. Em relação entre si, pulsos de rastreamento e imageamento podem ser de baixa energia, os pulsos de geração de onda de cisalhamento podem ser de energia média à elevada, e os pulsos de terapia podem ser energia elevada.

O transdutor 410 tem um conjunto de imageamento 412 e um conjunto de terapia separado 414 que circunda o conjunto de imageamento 412. O conjunto de imageamento 412 e o conjunto de terapia 414 podem estar em uma relação fixa em relação mútua. Os pulsos de imageamento e os pulsos de terapia podem ser distribuídos separadamente ou em um modo intercalado ou de sobreposição. Em algumas modalidades, pulsos de imageamento de baixa energia e pulsos de geração de onda de cisalhamento também podem ser transmitidos pelo conjunto de terapia 414. Os reflexos desses pulsos de imageamento de baixa energia podem ser recebidos pelo conjunto de imageamento 412 para formar uma imagem da região focal do conjunto de terapia 414 ou rastrear uma onda de cisalhamento. As modalidades de um sistema de imageamento e terapia dual são descritas em mais detalhe na patente US nº 5.769.790, que é incorporada a título de referência na íntegra.

O transdutor 420 inclui um conjunto 422 onde o conjunto total

pode ser utilizado para imageamento, rastreamento e terapia. Entretanto, o transdutor 430 tem um conjunto 432 de elementos transdutores onde uma porção de terapia 434 do conjunto 432 pode ser ativada para fornecer terapia. Como tal, o módulo de terapia 125 pode acionar um subconjunto (por exemplo, a porção de terapia 434) dos elementos transdutores do conjunto 432 com base nas entradas do usuário designando o espaço de tratamento. Embora não mostrado, o transdutor 430 pode ter também porção de rastreamento do conjunto 432 que inclui um subconjunto de elementos transdutores para rastrear ondas de cisalhamento. A porção de terapia, porção de rastreamento e uma porção de imageamento podem compartilhar elementos transdutores. Desse modo, o módulo de diagnóstico 136 e o módulo de terapia 125 podem distribuir pulsos de imageamento e/ou rastreamento de baixa energia e pulsos de terapia de energia elevada, respectivamente, em um modo intercalado com pelo menos um conjunto parcialmente sobreposto de elementos transdutores.

Ao imagear ou aplicar terapia em um paciente, a pressão aplicada pelo transdutor ao corpo do paciente pode alterar a espessura ou outras características da ROI, como rigidez do tecido. Por combinar os conjuntos de rastreamento, terapia e imageamento em um transdutor, terapia pode ser aplicada imediatamente após o transdutor imagear a ROI e a onda de cisalhamento pode ser imediatamente gerada posteriormente e antes. Como tal, uma representação ou identificação precisa do tecido adiposo pode ser fornecida imediatamente antes de a terapia ser aplicada. Entretanto, em modalidades alternativas, transdutores separados podem ser utilizados para terapia, imageamento e/ou rastreamento.

As figuras 6-9 são diagramas esquemáticos que ilustram uma sonda ultra-sônica 500 ou métodos configurados para distribuir terapia para um local de tratamento e confirmar se uma quantidade de terapia recebida no local de tratamento foi suficiente para remover ou liquefazer o tecido adiposo. Além

disso, ou alternativamente, a sonda ultra-sônica 500 pode ser utilizada para determinar propriedades mecânicas do tecido adiposo próximo ao local de tratamento.

A figura 6 ilustra a sonda 500 tendo um transdutor 502 com um conjunto 504 de elementos transdutores. Como mostrado, o transdutor 502 é localizado em uma superfície da pele 506 em uma ROI de um paciente. A ROI inclui tecido adiposo em uma profundidade embaixo da superfície 506. Em algumas modalidades, a sonda 500 pode distribuir pulsos de rastreamento 522 para um sítio de rastreamento ou segundo sítio 514 para receber sinais de reflexo 524 indicativos de uma condição de linha de base do tecido adiposo. Também, antes da terapia ser aplicada a um local de tratamento, a sonda pode gerar ondas de cisalhamento 520 em um primeiro sítio ou sítio de geração 512 para determinar uma condição de referência deslocada do tecido adiposo no segundo sítio 514. os primeiro e segundo sítios 512 e 514 podem ser separados entre si por uma distância D_T . O transdutor 502 pode distribuir um feixe ou um pulso 516 de sinais de ultra-som focados para um volume espacial predeterminado no primeiro sítio 512 para gerar as ondas de cisalhamento 520. A força de radiação resultante no primeiro sítio 512 gera as ondas de cisalhamento 520A e 520B que propagam para longe do primeiro sítio 512 em direções opostas que são substancialmente paralelas a uma superfície do transdutor 502. Além disso, uma vez que a propagação das ondas de cisalhamento 520A e 520B são diretamente relacionadas a propriedades mecânicas do tecido adiposo na ROI, a distância D_T pode ser configurada de modo que as ondas de cisalhamento 520 sejam capazes de cruzar a distância D_T sem serem totalmente atenuadas.

Embora a figura 6 mostre somente ondas de cisalhamento 520A e 520B que se deslocam perpendiculares a uma direção do feixe, muitas ondas de cisalhamento podem ser geradas no primeiro sítio 512 que propagam para

longe do primeiro sítio em múltiplas direções. As ondas de cisalhamento podem estar divergindo esfericamente, divergindo de um plano, ou divergindo em alguma outra configuração. Além disso, em algumas modalidades, múltiplos pulsos de impulso podem ser utilizados para criar uma onda de cisalhamento dirigida em uma direção específica. Tais ondas de cisalhamento podem ser geradas utilizando métodos similares àqueles utilizados em imageamento de onda de cisalhamento supersônica.

Após distribuir o feixe 516 para gerar as ondas de cisalhamento 520, o transdutor 502 pode distribuir uma série de pulsos de rastreamento 522 em direção ao segundo sítio 514. Quando a onda de cisalhamento 520A propaga através do segundo sítio 514, os sinais refletidos 524 são modificados da condição de linha de base pela onda de cisalhamento 520A. Os sinais refletidos 524 a partir da série de pulsos de rastreamento 522 representam vários níveis de deslocamento do tecido adiposo à medida que a onda de cisalhamento 520A ou ondas 520A passam através do segundo sítio 514. Um movimento relativo do tecido adiposo no segundo sítio 514 pode ser determinado utilizando correlações entre os sinais refletidos 524 do segundo sítio 514 na condição de linha de base e condições deslocadas. Por exemplo, um deslocamento como uma função de tempo para o tecido adiposo no segundo sítio 514 pode ser determinado.

Por conseguinte, características de referência da onda de cisalhamento 520A podem ser determinadas. Essas características de referência podem ser posteriormente comparadas com características de ondas de cisalhamento que se propagam através de tecido adiposo tratado.

Mais especificamente, as condições deslocada e de linha de base do segundo sítio 514 podem facilitar a determinação de propriedades mecânicas do tecido adiposo na região entre os primeiro e segundo sítios 512 e 514. Além disso, as condições deslocada e de linha de base podem facilitar a

determinação de se a terapia foi recebida por um local de tratamento localizado entre os primeiro e segundo sítios 512 e 514. Também, um tempo para propagar a distância D_T pode ser calculado por medir o tempo entre a geração de onda de cisalhamento e detecção de onda de cisalhamento.

5 A figura 7 ilustra a sonda 500 em um tempo após a terapia ter sido distribuída para um local de tratamento 530. Após a terapia ter sido distribuída, o transdutor 502 pode distribuir o feixe 516 ao primeiro sítio 512 para gerar mais ondas de cisalhamento 521. A onda de cisalhamento 521A pode ser dirigida para propagar em direção ao segundo sítio 514 e a onda de
10 cisalhamento 521B propaga em uma direção oposta. Quando a onda de cisalhamento 521A propaga através do local de tratamento 530, as propriedades mecânicas do tecido adiposo no local de tratamento 530 podem afetar a propagação da onda de cisalhamento 521A. em particular, se a terapia recebida no local de tratamento 530 tiver pelo menos parcialmente liquefeito o
15 tecido adiposo, a propagação da onda de cisalhamento 521A pode ser significativamente afetada.

Os sinais refletidos 524 podem indicar características da onda de cisalhamento 521A que são diferentes das características da onda de cisalhamento 520A (figura 6) no segundo sítio 514. Por exemplo, pelo menos
20 uma entre a velocidade de onda de cisalhamento, a amplitude de onda de cisalhamento, a viscosidade de onda de cisalhamento, e a frequência de onda de cisalhamento pode ser perceptivelmente diferente no segundo sítio 514 (isto é, valores ou dados dos sinais refletidos antes e após tratamento podem ser significativamente diferentes indicando uma alteração em propriedades
25 mecânicas). Além disso, em algumas ocorrências, a onda de cisalhamento 521A pode não atingir o segundo sítio 514 ou pode não propagar através do local de tratamento 530 em um período de tempo predeterminado. Por exemplo, a onda de cisalhamento 520 pode não propagar através do segundo

sítio 514 em um período de tempo predeterminado que é maior do que o período de tempo calculado para uma onda de cisalhamento propagar a distância D_T antes do tratamento.

A figura 8 ilustra outro método para confirmar que a terapia foi
 5 recebida em um local de tratamento. Quando a terapia é aplicada em um local de tratamento 542, ondas de cisalhamento 544 podem ser geradas a partir do local de tratamento 542 e propagam em uma direção de um sítio de rastreamento 546. Em algumas modalidades, o sistema de terapia (não mostrado) pode utilizar as ondas de cisalhamento 544 geradas no local de
 10 tratamento 542 para determinar a eficácia de terapia aplicada a outros locais de tratamento. Mais especificamente, como mostrado, um local de tratamento 548 pode ser localizado substancialmente entre o local de tratamento 542 e o sítio de rastreamento 546. o local de tratamento 548 recebe terapia antes do local de tratamento 542. Quando a terapia é subsequentemente distribuída para o
 15 local de tratamento 542, as ondas de cisalhamento 544 podem propagar em direção ao local de tratamento 548. Propriedades mecânicas do tecido adiposo no local de tratamento 548 podem afetar a propagação de onda das ondas de cisalhamento 544, como descrito acima. Por conseguinte, o sítio de rastreamento 546 pode ser rastreado após a terapia ser aplicada ao local de
 20 tratamento 542 para determinar se ablação do tecido adiposo no local de tratamento 548 foi eficaz.

Alternativamente, as ondas de cisalhamento 544 geradas no local de tratamento 548 podem ser rastreadas para determinar características ou propriedades mecânicas do tecido adiposo próximo ao local de tratamento 548.

25 A figura 9 ilustra outro método para confirmar que a terapia foi recebida em um local de tratamento. Em algumas modalidades, ondas de cisalhamento que são configuradas para serem geradas no local de tratamento podem ser detectadas. Por exemplo, a figura 9 mostra um local de tratamento

550 e um primeiro sítio ou sítio de geração 552. Um primeiro feixe de geração de ondas de cisalhamento pode ser dirigido para o local de tratamento 550 antes de a terapia ser aplicada ao local de tratamento 550. O primeiro feixe de geração de ondas de cisalhamento gera ondas de cisalhamento 554 no primeiro sítio 552 que pelo menos parcialmente sobrepõem o local de tratamento pretendido 550. As ondas de cisalhamento 554 podem ser detectadas em um sítio de rastreamento adjacente 556. As ondas de cisalhamento detectadas 554, antes de a terapia ser aplicada ao local de tratamento 550, fornecem uma condição de linha de base ou inicial do tecido no sítio de rastreamento 556. Subsequentemente, um feixe de terapia pode ser distribuído ao local de tratamento 550. Um segundo feixe de geração de ondas de cisalhamento pode ser então dirigido ao local de tratamento 550. se o local de tratamento 550 tivesse recebido uma quantidade eficaz de terapia, as ondas de cisalhamento 554 não serão detectadas no sítio de rastreamento 556 ou serão significativamente mais fracas e/ou mais lentas.

Como mostrado na figura 9, em algumas modalidades, dimensões do local de tratamento 550 (isto é, uma área ou volume no tecido adiposo) podem ser maiores do que as dimensões do primeiro sítio 552 (isto é, dimensões do pulso de geração criado pelo feixe de geração de ondas de cisalhamento). Mais especificamente, uma região focal do feixe de terapia pode ser maior do que uma região focal do feixe de geração de ondas de cisalhamento. Como exemplo, se o feixe de geração de ondas de cisalhamento tiver uma frequência mais elevada, como uma harmônica, um feixe de geração de ondas de cisalhamento mais estreito pode ser formado de tal modo que o sítio de geração 552 esteja dentro do local de tratamento 550, como mostrado na figura 9. Em outras modalidades, o feixe de geração de ondas de cisalhamento pode ter uma região focal que é maior do que a região focal do feixe de terapia de tal modo que o primeiro sítio (indicado por 552') tem

dimensões maiores do que o local de tratamento 550.

Em outras modalidades, ondas de cisalhamento podem ser utilizadas para determinar um tamanho, formato ou composição do local de tratamento após a terapia ter sido distribuída. Por exemplo, as ondas de cisalhamento podem ser separadamente geradas em múltiplos sítios de geração em um lado do local de tratamento ao longo de um eixo geométrico vertical. As ondas de cisalhamento podem ser detectadas em respectivos sítios de rastreamento ao longo do eixo geométrico vertical no outro lado do local de tratamento. No centro do local de tratamento, o tecido adiposo pode ser mais afetado pela terapia e quaisquer ondas de cisalhamento não seriam capazes de propagar através do mesmo. Entretanto, em uma periferia do local de tratamento, as ondas de cisalhamento podem passar através com um pouco de atenuação adicional. Essas ondas de cisalhamento com mais atenuação indicam áreas do local de tratamento que receberam eficazmente mais terapia. Por conseguinte, um tamanho, formato e composição do local de tratamento podem ser determinados. Alternativamente, as ondas de cisalhamento podem ser geradas no local de tratamento como discutido acima, e as ondas de cisalhamento podem ser detectadas para determinar as propriedades mecânicas do tecido no local de tratamento.

A figura 10 ilustra uma janela 100 que pode ser apresentada no visor 138 (figura 2). O visor 138 comunica-se com o módulo de diagnóstico 136 (figura 2) para exibir uma imagem 102 da ROI do paciente na janela 100. como mostrado na imagem 102, a ROI pode incluir tecidos ou camadas adiposas 104 e 106 e tecidos ou camadas não adiposas, como a camada de derme 109 ou tecido conectivo 108, e tecido muscular 110. A imagem 102 da ROI pode incluir também outras estruturas anatômicas como osso, órgãos, cartilagem e outros. Como será discutido em maior detalhe, o sistema 120 pode ser capaz de identificar automaticamente ou diferenciar entre as camadas. Após diferenciar o

tecido adiposo 104 de outros tecidos, o sistema 120 pode distribuir pulsos de terapia (por exemplo, HIFU) para locais de tratamento no tecido adiposo 104. o sistema 120 pode confirmar também que uma quantidade eficaz de terapia foi recebida nos locais de tratamento utilizando, por exemplo, os métodos de onda de cisalhamento descritos acima. Alternativamente, o usuário do sistema 120 pode ser capaz de reconhecer ou identificar através da imagem 102 as diferentes camadas de tecido e designar certos locais para receber terapia. O usuário pode ser capaz também de visualmente identificar se a terapia foi eficaz ou não.

Para diferenciar automaticamente o tecido adiposo 104, 106 dos tecidos não adiposos e, mais especificamente, a camada de derme 109, tecido conectivo 108, e tecido muscular 110, o módulo de diagnóstico 136 pode analisar sinais de ultra-som recebidos da ROI. Por exemplo, o módulo de diagnóstico 136 pode utilizar dados obtidos através de um ou mais métodos de processamento (por exemplo, modo-B, elastografia, fluxo de cores). Em algumas modalidades, o módulo de diagnóstico 136 diferencia automaticamente o tecido adiposo 104 dos tecidos não adiposos pelo menos identificando barreiras ou limites 112 e 114 (indicados como linhas tracejadas) entre os tecidos adiposos 104 e 106 e/ou tecido não adiposo adjacente, como a camada de derme 109 e o tecido muscular 110. por exemplo, o módulo de diagnóstico 136 pode identificar o tecido conectivo 108 que estende entre os tecidos adiposos 104 e 106. o sistema 120 (figura 2) pode utilizar informações armazenadas referentes à anatomia humana geral na ROI para identificar um local do tecido adiposo 104 em relação ao limite 112 (isto é, o tecido conectivo 108 mostrado na figura 10). Mais especificamente, o sistema 120 pode identificar o tecido adiposo 104 como o tecido ou camada que se estende diretamente embaixo do tecido conectivo 108. opcionalmente, o sistema 120 pode indicar para o operador as diferentes camadas e tecidos na ROI por

ilustrar representações gráficas das barreiras ou limites 112 e 114, como sobrepondo linhas tracejadas sobre a imagem 102 como mostrado na figura 10.

O sistema 120 pode diferenciar automaticamente tecidos na ROI
5 utilizando outros métodos separadamente ou em combinação com limites ou barreiras de identificação. Como outro exemplo, o módulo de diagnóstico 136 pode automaticamente diferenciar o tecido adiposo 104 e 106 de outros tecidos por pelo menos medir diretamente uma pluralidade de pontos na ROI para uma característica adiposa. A característica adiposa pode incluir uma medição das
10 propriedades mecânicas do tecido em um ou mais pontos, como rigidez de um tecido, uma velocidade de onda de cisalhamento entre pontos, uma velocidade de onda longitudinal entre pontos, e uma densidade do tecido em um ou mais pontos. A característica adiposa também pode se referir a propriedades térmicas. Outra característica adiposa pode ser capacidade de indução de
15 cavitação com a condição de que o tecido não adiposo não seria danificado sob as condições que produziram cavitação em tecido adiposo.

Além de identificar o tecido adiposo 104 e 106 por medir as características adiposas, o módulo de diagnóstico 136 pode identificar outros tecidos por medir em relação a características não adiposas. Por exemplo, o
20 módulo de diagnóstico 136 pode identificar o tecido conectivo 108 e o tecido muscular 110 por medir propriedades mecânicas do tecido em um ou mais pontos na ROI, como rigidez de tecido, velocidade de onda de cisalhamento entre pontos, velocidade de onda longitudinal entre pontos, e uma densidade do tecido em um ou mais pontos. A característica não adiposa também pode se
25 referir a propriedades térmicas. Além disso, técnicas descritas acima podem ser utilizadas para examinar padrões na imagem que são característicos de tipos diferentes de tecidos (por exemplo, tecido muscular, tecido conectivo, tecido ósseo). Por exemplo, uma característica de aparência em camadas de

tecido muscular pode ser determinada, ou uma estrutura celular de tecido adiposo causado por limites de tecido conectivo pode ser determinada.

Como um exemplo mais específico, em algumas modalidades, o módulo de diagnóstico 136 pode analisar imagens obtidas através do processamento de modo-B. Uma imagem de modo-B é uma imagem que pode ser escala de Gray ou colorida mostrando uma seção transversal da ROI ao longo de um plano de varredura. A imagem de modo-B refere-se à energia de dispersão refletida acústica de tecidos diferentes na ROI. A figura 10 ilustra uma imagem de escala de Gray de modo-B da ROI. Como mostrado, tecidos diferentes podem ter níveis de brilho diferentes. O módulo de diagnóstico 136 pode medir um nível de brilho de uma pluralidade de pontos na imagem para diferenciar o tecido adiposo em relação a outros tecidos. Além disso, o módulo de diagnóstico 136 pode utilizar informações armazenadas, como as estruturas anatômicas esperadas para uma ROI específica, além dos níveis de brilho medidos para determinar o tecido adiposo. Como exemplo, se a ROI for do abdome, o módulo de diagnóstico 136 pode esperar que a imagem inclua a camada de derme e os tecidos adiposos separados pelo tecido conectivo.

Além disso, o sistema 120 pode utilizar métodos de processamento de elastografia individualmente ou além de outros métodos de processamento para diferenciar o tecido adiposo e 106. Em um tipo de elastografia de ultra-som, uma compressão é aplicada à ROI (por exemplo, ao longo da superfície da pele) e imagens de tensão dos tecidos em resposta à compressão podem ser obtidas. Por exemplo, técnicas de rastreamento de manchas podem utilizar dados obtidos antes e após a compressão aplicada para calcular o movimento relativo de tipos diferentes de tecidos devido a suas propriedades mecânicas diferentes (por exemplo, tensão ou rigidez de tecido). Como tal, as imagens obtidas através de elastografia, também denominadas

elastogramas, referem-se a propriedades elásticas dos tecidos. Além disso, outras técnicas podem ser utilizadas para examinar as propriedades mecânicas de tecidos diferentes. Outras técnicas de elastografia, como induzir e medir as ondas de cisalhamento como descrito acima ou vibro-acustografia podem ser utilizadas para diferenciar tecido adiposo de outros tipos de tecidos.

Em algumas modalidades, após a varredura inicial para obter sinais de ultra-som de diagnóstico ter sido executada e os tecidos adiposos 104 e 106 terem sido identificados, o módulo de diagnóstico 136 pode definir automaticamente um parâmetro de terapia antes de a terapia ser aplicada à ROI. Por exemplo, o módulo de diagnóstico 136 pode identificar uma espessura de uma camada do tecido adiposo 104. Com base na espessura do tecido adiposo 104 e/ou outros fatores, o módulo de diagnóstico 136 pode definir automaticamente uma profundidade de região focal, um tamanho de região focal, um tempo de ablação para cada ponto na ROI que recebe terapia, um nível de energia dos sinais de terapia, e uma taxa de movimento de região focal na ROI durante a sessão de terapia. Outros parâmetros podem ser automaticamente definidos, incluindo uma pressão negativa de pico, uma taxa de repetição de pulso, um ciclo de carga, um tempo de permanência e seqüências de pulso. Além disso, se a espessura, profundidade ou densidade da camada do tecido adiposo 104 diminuir ou aumentar à medida que o tecido adiposo 104 estende lateralmente através da ROI (por exemplo, através da imagem 102), os parâmetros de terapia podem mudar de acordo com a espessura, densidade, ou profundidade da camada à medida que a terapia é aplicada. Por exemplo, se a espessura estiver diminuindo, então o tamanho da região focal também pode diminuir ou o nível de energia dos sinais de terapia pode diminuir à medida que a terapia se move ao longo do tecido adiposo 104.

Após ou enquanto a terapia é aplicada na ROI, o módulo de diagnóstico 136 pode analisar sinais de ultra-som a partir de uma segunda

varredura suplementar para confirmar tratamento da ROI. Por exemplo, o módulo de diagnóstico 136 pode obter imagens a partir da segunda varredura que incluem dados processados através de métodos de elastografia, como os métodos de onda de cisalhamento descritos acima. Após ou enquanto o tecido adiposo 104 recebe terapia, imagens obtidas através de métodos de elastografia podem indicar uma mudança em rigidez de tecido em um local que recebeu ou está recebendo terapia. Mais especificamente, uma imagem inicial pode ter uma cor, brilho ou densidade que indica uma rigidez de tecido do tecido adiposo 104 antes do tratamento. Na segunda varredura suplementar, a cor, brilho ou densidade do tecido adiposo 104 pode mudar onde o tecido adiposo 104 recebeu terapia. As imagens a partir das varreduras inicial e suplementar podem ser utilizadas pelo sistema 120 para confirmar que o tratamento foi recebido no tecido adiposo 104. por exemplo, as imagens a partir das varreduras inicial e suplementar podem ser sobrepostas entre si ou mostradas lado a lado no visor 138. O operador pode confirmar que tratamento foi recebido no tecido adiposo 104 por comparação das imagens.

Além disso, ou alternativamente, o módulo de diagnóstico 136 pode utilizar outros métodos de processamento para facilitar a determinação de se uma característica do tecido adiposo 104 ou outro tecido foi mudada devido à terapia. Além disso, após avaliar a ROI na segunda varredura suplementar, os parâmetros de terapia podem ser ajustados se a terapia deve ser aplicada novamente à ROI ou se a região focal se move para outro local na ROI.

As figuras 11 e 12 também ilustram características do sistema 120 que podem ser utilizadas por um operador durante uma sessão de terapia para facilitar a distribuição de terapia à ROI. A figura 11 ilustra uma janela 202 que pode ser apresentada no visor 138 (figura 2). Como mostrado em uma imagem 204, a ROI inclui tecido adiposo 206 e 208 e tecidos não adiposos, como camada de derme 209, tecido muscular 210 e tecido conectivo 211. em

algumas modalidades, o sistema 120 designa automaticamente um espaço de tratamento 212 ou a interface de usuário 142 (figura 2) aceita entradas do usuário para designar o espaço de tratamento 212 na ROI. O espaço de tratamento 212 representa um espaço que será tratado durante uma sessão de

5 terapia e é genericamente localizado em um tecido adiposo, como o tecido adiposo 206. o espaço de tratamento designado 212 pode corresponder a uma porção do tecido adiposo 206 na imagem 204 ou o espaço de tratamento 212 pode corresponder a todo tecido adiposo 206 na ROI. Como exemplo, o espaço de tratamento 212 pode ser localizado e moldado de modo que o

10 espaço de tratamento 212 está a uma distância dos tecidos não adiposos 211 e 210. como tal, uma probabilidade de terapia ser aplicada inadvertidamente a espaços fora do espaço de tratamento 212, como os tecidos não adiposos 211 e 210, pode ser diminuída.

O visor 138 pode indicar ao usuário ou outra pessoa que vê (por

15 exemplo, o paciente) o espaço de tratamento 212 designado pelas entradas do usuário. Uma representação gráfica, como um esboço 214, pode ser sobreposta na imagem 204. o esboço 214 designa limites do espaço de tratamento 212 para indicar para uma pessoa que vê onde a terapia será aplicada. O esboço 214 pode ser determinado por parâmetros entrados pelo

20 usuário. Por exemplo, o usuário pode selecionar esboços pré-programados 214 ou pode lançar coordenadas ou dimensões para o espaço de tratamento 212 para formar o esboço 214. o esboço 214 pode indicar uma região encerrada no espaço de tratamento 212. o esboço 214 pode ter vários formatos incluindo um formato retangular arredondado (como mostrado), um formato de

25 paralelogramo, outro formato geométrico, e similar ou um formato determinado pelo sistema 120.

O usuário pode também entrar uma notação de desenho para indicar onde o esboço 214 deve ser localizado. A notação de desenho pode ser

entrada através de um teclado, um mouse, ou outro dispositivo de indicação. Como exemplo, o usuário pode utilizar uma caneta e diretamente contatar uma tela sensível a toque do visor 138 ou um pad que é acoplado, de forma comunicativa, com a interface de usuário 142 para desenhar a notação de
 5 desenho sobre a imagem 204. como outro exemplo, a interface de usuário 142 pode reconhecer toques de um dedo na tela do visor 138. além disso, a interface de usuário 142 pode ter um módulo de ativação de voz que recebe comandos de voz a partir do usuário para entrar entradas de usuário incluindo a notação de desenho.

10 O esboço 214 pode ser posicionado com relação a pontos de referência 250, 252 e 254. O módulo de referência 195 (figura 3) pode ser configurado para identificar automaticamente os pontos de referência 250, 252 ou 254 no paciente ou receber entradas de usuário que identificam os pontos de referência. Por exemplo, o ponto de referência 250 pode ser uma superfície
 15 da pele do paciente ou a camada de derme 209, o ponto de referência 252 pode ser um ponto específico de ou uma porção de um limite entre os tecidos adiposos 206 e 208, e o ponto de referência 254 pode ser um ponto ao longo de uma superfície da sonda 126. (Para fins ilustrativos, o ponto de referência 254 e a sonda 216 são mostrados na figura 11. Entretanto, o ponto de
 20 referência 254 e a 216 pode ser mostrados ou não para a pessoa que vê na imagem 204.) Pontos de referência também podem ser outros pontos na ROI, como osso, outros artefatos, ou um elemento de referência como um adesivo metálico colocado na pele de um paciente.

Após identificar um ponto de referência, o módulo de referência
 25 195 pode determinar uma relação do espaço de tratamento 212 com relação ao ponto de referência identificado utilizando métodos de processamento de sinais de ultra-som (por exemplo, rastreamento de manchas). O módulo de referência 195 pode posicionar o esboço 214 do espaço de tratamento 212 na imagem

204 com base na relação do espaço de tratamento 212 com relação ao ponto de referência identificado. Como um exemplo mais específico, o módulo de referência 195 pode estabelecer uma relação posicional entre o tecido adiposo 206 e o ponto de referência 254 que representa uma superfície da sonda 126.

5 Com base na relação posicional, o módulo de referência 195 pode ajustar uma posição do espaço de tratamento 212 na imagem 204. em outras palavras, à medida que a sonda 126 se move ao longo da superfície da pele ou é pressionada para dentro do paciente, o esboço 214 na imagem 204 pode se mover também.

10 Além disso, o módulo de referência 195 pode utilizar dados coletados ou determinados pelo módulo de diagnóstico 136 (figura 2) para determinar onde colocar o espaço de tratamento 212 na ROI. Por exemplo, o módulo de referência 195 pode utilizar informações ou dados em relação à caracterização de tecido discutida acima. Mais especificamente, o módulo de
15 referência 195 pode utilizar a pluralidade de pontos na ROI que foram analisados para características adiposa ou não adiposa. Utilizando esses dados, o módulo de referência 195 pode localizar automaticamente ou determinar a posição do espaço de tratamento 212 na ROI.

Em algumas modalidades, o módulo de diagnóstico 136 pode ser configurado
20 para adquirir os sinais de ultra-som de diagnóstico em taxas de quadro diferentes. Uma taxa de quadro é o número de quadros ou imagens tiradas por segundo. Mais especificamente, o módulo de diagnóstico 136 pode ser configurado para adquirir sinais de ultra-som de diagnóstico associados a espaços de imageamento diferentes na ROI em taxas de quadro diferentes.
25 Por exemplo, os sinais a partir do espaço de tratamento 212 podem ser adquiridos em uma taxa de quadros enquanto os sinais a partir de outros espaços fora do espaço de tratamento 212 podem ser adquiridos em outra taxa de quadro. Em uma modalidade, o módulo de diagnóstico 136 é configurado

para adquirir sinais de ultra-som de diagnóstico em uma primeira taxa em um espaço de imageamento que inclui o espaço de tratamento 212 e em uma segunda taxa mais lenta em um espaço de imageamento que exclui o espaço de tratamento 212. Alternativamente, a primeira taxa pode ser mais lenta do que a segunda taxa.

A figura 12 mostra a janela 212 à medida que o sistema 120 (figura 2) distribui terapia para o espaço de tratamento 212. Quando terapia é aplicada, sinais de terapia ultra-sônicas (por exemplo, HIFU) a partir da sonda 126 (figura 2) são dirigidos a um local de tratamento 222 (indicado como pontos 222A e 222B na figura 12) no espaço de tratamento 212. Um local de tratamento 222 inclui uma região onde um feixe de terapia 224 formado por sinais de ultra-som a partir dos elementos de transdutor 124 é focalizado (por exemplo, uma região focal dos elementos transdutores 124) em um corpo de um paciente. O feixe de terapia 224 é moldado e dirigido por uma configuração selecionada e operação dos elementos transdutores 124. Como tal, a região focal do feixe de terapia 224 e consequentemente, o local de tratamento 222 pode variar em tamanho e formato em uma sessão de terapia única. Quando o tecido adiposo 206 é tratado, o feixe de terapia 224 que é distribuído ao local de tratamento 222 pelo menos parcialmente liquefaz (por exemplo, através de lise, dano térmico, e/ou cavitação) o tecido adiposo 206 na região focal.

O módulo de terapia 125 (figura 2) é configurado para mover o local de tratamento 222 por todo o espaço de tratamento 212 entre múltiplos pontos ou sítios de tratamento. Como utilizado aqui, “mover o local de tratamento entre múltiplos pontos” inclui mover o local de tratamento 222 ao longo de uma trajetória de terapia 228 entre um primeiro ponto e um ponto final e também inclui mover o local de tratamento 222 para pontos separados e distintos no espaço de tratamento 212 que podem ser adjacentes ou não entre si ao longo de uma trajetória. A trajetória de terapia 228 pode ser formada por

pontos separados onde se aplica terapia. Por exemplo, a terapia pode ser primeiramente aplicada a um primeiro ponto (indicado como o local de tratamento 222A). Após aplicação da terapia no primeiro ponto, a região focal pode ser reajustada sobre um segundo ponto ao longo da trajetória de terapia 228 que é separado e remotamente espaçado do primeiro ponto. A terapia pode ser então aplicada ao segundo ponto. O processo pode continuar ao longo da trajetória de terapia 228 até que a sessão de terapia seja concluída em um ponto final (indicado como o local de tratamento 222B). em outras modalidades, a terapia pode ser continuamente aplicada à medida que a região focal é movida ao longo da trajetória de terapia 228 em um modo de varredura. Por exemplo, a terapia pode ser continuamente aplicada à medida que o local de tratamento 222 é movido entre o primeiro ponto e o ponto final na figura 12.

Além disso, o módulo de terapia 125 pode operar em combinação com o módulo de geração de ondas de cisalhamento 123 e o módulo de diagnóstico 136 para confirmar que cada local de tratamento 222 recebe uma quantidade eficaz de terapia. O sistema 120 pode utilizar os métodos de onda de cisalhamento descritos acima. Por exemplo, após aplicação da terapia a um primeiro local de tratamento, o módulo de geração de ondas de cisalhamento 123 pode automaticamente gerar uma onda de cisalhamento em um sítio de geração próximo a um lado do primeiro local de tratamento. O módulo de diagnóstico pode então rastrear automaticamente um sítio de rastreamento localizado em outro lado do primeiro local de tratamento para determinar se o local de tratamento recebeu uma quantidade eficaz de tratamento. Se o local de tratamento recebeu uma quantidade eficaz de tratamento, o sistema 120 pode então mover automaticamente para um segundo local de tratamento.

A trajetória de terapia 228 pode ter vários formatos e pode ser pré-programada ou alternativamente, traçada pelo usuário. Como mostrado na figura 12, o módulo de terapia 125 pode dirigir o local de tratamento 222 em um

modo de varredura no espaço de tratamento 212. Mais especificamente, o local de tratamento 222 pode mover de um primeiro local lateral 230 próximo a um lado da imagem 204 ou esboço 214 para um segundo local lateral 232 que está próximo a um lado oposto da imagem 204 ou esboço 214. o local de tratamento

5 222 pode manter uma profundidade predeterminada no tecido adiposo 206 à medida que o local de tratamento 222 se move entre os primeiro e segundo locais laterais 230 e 232. Em algumas modalidades, após o local de tratamento 222 ser movido do primeiro local lateral 230 para o segundo local lateral 232, a profundidade do local de tratamento 222 pode ser aumentada ou diminuída.

10 Como mostrado na figura 12, o local de tratamento 22 se move para frente e para trás entre os primeiro e segundo locais laterais 230 e 232 e aumenta uma profundidade do local de tratamento 222 após cada cruzamento do espaço de tratamento 212. Como tal, porções do tecido adiposo 206 podem evitar passar por múltiplos períodos de terapia. Alternativamente, a profundidade do local de

15 tratamento 222 pode mudar gradualmente à medida que o local de tratamento 222 é movido em um modo de varredura. Como exemplo, a profundidade do local de tratamento 222 no tecido adiposo 206 pode se mover paralela a um limite 236 (indicado como uma linha tracejada) entre os tecidos adiposos 206 e 208. o limite 236 pode ser mostrado ou não para a pessoa que vê.

20 Entretanto, a trajetória de terapia 228 mostrada na figura 12 é apenas um exemplo de aplicação de terapia em múltiplos pontos no espaço de tratamento 212. Muitas outras trajetórias de terapia podem ser tomadas pelo local de tratamento 222. Por exemplo, o módulo de terapia 125 pode dirigir o local de tratamento 222 em um modo de varredura entre dois locais verticais

25 enquanto muda uma posição lateral no espaço de tratamento 212 após os locais verticais terem sido atravessados. Além disso, não é necessário que o local de tratamento 222 se mova entre pontos adjacentes ao longo da trajetória de terapia 228, porém pode ser movido para pontos predeterminados ou

aleatórios no espaço de tratamento 212 que não são adjacentes entre si. Por exemplo, a terapia pode ser aplicada a um canto de um espaço de tratamento 212. Subsequentemente, a região focal pode ser então reajustada para outro canto e a terapia pode ser aplicada.

5 Como descrito acima, a distribuição de terapia pode ser baseada em um parâmetro de terapia. Um parâmetro de terapia inclui qualquer fator ou valor que pode ser determinado pelo sistema 120 ou qualquer entrada que possa ser inserida pelo usuário que afete a terapia aplicada à ROI. Por exemplo, um parâmetro de terapia pode incluir um parâmetro de transdutor que
10 se refere à configuração ou operação dos elementos transdutores 124 ou sonda 126. Outros exemplos de um parâmetro de transdutor incluem uma profundidade de região focal, um tamanho de região focal, um tempo de ablação para cada ponto na ROI que recebe terapia, um nível de energia dos sinais de terapia, e uma taxa de movimento de região focal na ROI durante a
15 sessão de terapia. Além disso, parâmetros de terapia podem incluir parâmetros anatômicos, como o local, formato, espessura e orientação do tecido adiposo 206 e tecidos não adiposos. Um parâmetro anatômico também pode incluir uma densidade do tecido adiposo 206 e tecidos não adiposos. Além disso, parâmetros de terapia incluem o tipo de sonda 126 utilizada durante a sessão
20 de terapia. A idade, sexo, peso, etnia, genética ou histórico médico do paciente também podem ser parâmetros de terapia. Após aplicação da terapia ao espaço de tratamento 212, o sistema 120 ou o operador pode ajustar os parâmetros de terapia antes de aplicar terapia ao espaço de tratamento 212 novamente ou outro espaço de tratamento.

25 Voltando à figura 12, em algumas modalidades, o visor 138 pode sobrepor outra representação gráfica, como um marcador 240, sobre a imagem 204 que designa o local ou locais de tratamento 222. O tamanho e formato do marcador 240 podem corresponder a um tamanho e formato da região focal da

sonda 126. À medida que o feixe de terapia 224 move o local de tratamento 222 no espaço de tratamento 212, o visor 138 pode continuamente atualizar o marcador 240 para cobrir novos pontos no espaço de tratamento 212 à medida que os pontos novos estão recebendo a terapia. Em algumas modalidades, o
5 marcador 240 pode corresponder somente ao ponto ou pontos no espaço de tratamento que estão recebendo atualmente tratamento.

Entretanto, em outras modalidades, o marcador 240 ou outra representação gráfica também pode indicar uma trajetória no espaço de tratamento 212 que recebeu terapia. Por exemplo, se o local de tratamento 222
10 for aplicado continuamente e movido no espaço de tratamento 212, a trajetória pode ser indicada por uma linha grossa (por exemplo, como um curso de tinta) ao longo da trajetória. Se a terapia for aplicada em pontos distintos e separados, uma representação gráfica, como o marcador 240, pode ser deixada em cada ponto. Como tal, em um final da sessão de terapia, a imagem
15 204 pode ter múltiplos marcadores 240 sobrepostos na imagem 204 que indicam onde a terapia foi aplicada. Em algumas modalidades, as representações gráficas que indicam terapia passada podem permanecer na imagem 204 indefinidamente (isto é, até serem removidas pelo usuário ou até conclusão da sessão de terapia). Em outras modalidades, as representações
20 gráficas indicando terapia passada podem mudar à medida que o tempo avança. Tais representações gráficas podem indicar um tempo desde aplicação da terapia, uma fluidez do tecido, uma temperatura, rigidez do tecido ou alguma outra característica do tecido que pode mudar com o tempo. Como exemplo, quando a terapia é primeiramente aplicada a um ponto, a representação gráfica
25 pode ser vermelha para indicar que o ponto recebeu recentemente terapia. À medida que o tempo avança, a representação gráfica pode desvanecer ou mudar para outra cor (por exemplo, azul) para indicar que um período de tempo predeterminado passou desde aplicação da terapia ao ponto.

A figura 13 ilustra um sistema de ultra-som 300 formado de acordo com uma modalidade. O sistema 300 pode incluir características e componentes similares aos descritos acima com relação às figuras 1-11. Mais especificamente, o sistema 300 inclui um computador portátil 302 que tem um visor primário 304 e que é acoplado de modo comunicativo com um visor secundário 306. O computador 302 também pode incluir software e conjunto de circuitos interno configurado para executar, como descrito acima, com relação ao sistema 120 (figura 2). O sistema 300 inclui uma sonda 326 que é acoplada ao computador 302 e tem um dispositivo de posição de sonda 370. o sistema também inclui um dispositivo de posição de referência 372 que pode ser localizado próximo ao paciente ou pode ser fixado ao paciente. Os dispositivos de posição 370 e 372 podem ter transmissores e/ou receptores que se comunicam mutuamente e/ou com o computador 302. Por exemplo, os dispositivos de posição 370 e 372 podem se comunicar com um módulo de rastreamento de posição (não mostrado), como o módulo de rastreamento de posição 148 mostrado na figura 2. o módulo de rastreamento de posição pode receber sinais dos dispositivos de posição 370 e/ou 372. Em uma modalidade específica, o dispositivo de posição 372 tem um par de bobinas que cria um campo eletromagnético. O módulo de rastreamento de posição recebe dados (por exemplo, informações posicionais) dos dispositivos de posição 370 e 372 em relação a um local da sonda 326. À medida que a sonda 326 aplica terapia ao paciente e é movida ao longo do paciente, o visor 304 e/ou 306 pode mostrar o movimento da sonda 326 com relação ao paciente.

Também mostrado na figura 13, o sistema 300 pode ser configurado para registrar onde a terapia será aplicada durante a sessão de terapia. O sistema 300 pode incluir uma caneta eletrônica 374 e elemento fiducial 376 fixado ao corpo do paciente. O elemento fiducial 376 é fixado próximo ao esterno do paciente na figura 13, porém pode ser fixado em outros

espaços. Um usuário desejando esboçar ou delinear onde a terapia será aplicada pode utilizar a caneta eletrônica 374 para traçar no corpo do paciente. Primeiramente, a caneta eletrônica 374 pode registrar com o elemento fiducial 376 de modo que a localização da caneta eletrônica 374 com relação ao corpo do paciente é conhecida. Após registro, a caneta eletrônica 374 se move ao longo da superfície do corpo e comunica com o computador 302 uma posição atual da caneta eletrônica 374. Além disso, a caneta eletrônica 374 pode marcar o corpo do paciente (por exemplo, através de tinta, resina ou outra substância) onde a terapia será aplicada. O computador 302 utiliza os dados recebidos pela caneta eletrônica 374 e o dispositivo de posição 372 para indicar no visor 306 onde a terapia deve ser aplicada. Como mostrado, o visor 306 pode mostrar uma representação gráfica 382 de uma vista lateral do corpo e uma representação gráfica 384 de uma vista anterior do corpo. O computador 302 utiliza as informações a partir da caneta eletrônica 374 para esboçar uma região 386 do corpo a ser tratada. A região 386 pode ser de cor verde antes do tratamento. Em uma modalidade alternativa, um único elemento ou dispositivo pode executar as funções do elemento fiducial 376 e dispositivo de posição de referência 372.

Como exemplo, as representações gráficas 382 e 384 podem ser fotografias digitais do corpo do paciente. Quando a terapia é aplicada ao corpo, o computador 302 rastreia a posição da sonda 326. À medida que a terapia é aplicada, o visor 306 indica um progresso geral da sessão de terapia. Por exemplo, o visor 306 pode mostrar ao usuário a região do corpo que está recebendo atualmente a terapia, as regiões do corpo que já receberam terapia, e as regiões do corpo que ainda têm de receber terapia. Por exemplo, as regiões que receberam terapia podem ser de cor vermelha e as regiões que não receberam terapia podem ser de cor verde. Também, uma representação gráfica 380 da sonda 326 pode ser mostrada no visor 306 para indicar uma

posição atual da sonda 326 com relação ao corpo.

A figura 14A é um fluxograma que ilustra um método 900 para distribuir terapia a pelo menos uma ROI em um paciente. O método 900 pode ser executado por um usuário ou um operador de um sistema de terapia e imageamento. Por exemplo, o sistema utilizado pode ser os sistemas 120, 300 ou 450 (discutidos acima) ou outros sistemas descritos abaixo. A sessão de terapia pode iniciar em 902 quando o operador posiciona uma sonda em um local predeterminado no corpo do paciente para visualizar uma ROI. A ROI pode ser um de muitas que serão visualizadas durante a sessão de terapia. Sinais de imageamento de ultra-som da ROI são obtidos em 904. os sinais podem ser processados em dados através de sub-módulos de ultra-som diferentes, como os módulos 152-166 descritos acima com referência à figura 2. Em uma modalidade, os sinais são processados em dados através de pelo menos um do processamento de elastografia e modo-B.

Uma imagem da ROI é gerada e exibida para o operador e, opcionalmente, paciente em 906. A imagem pode ser, por exemplo, uma imagem de modo-B em uma escala de Gray e/ou cor. A imagem também pode ser uma combinação de imagens que são sobrepostas ou dispostas lado a lado entre si em um visor. Por exemplo, a imagem pode ser formada de dados obtidos através do processamento de modo-B e dados obtidos através de elastografia. Opcionalmente, o sistema pode diferenciar automaticamente tecido adiposo de outros tecidos em 908 e indicar para o operador as diferentes camadas de tecido na imagem. O sistema pode indicar a diferenciação de tecidos na imagem para o usuário através de linhas, cor, brilho ou outras indicações visuais. Além disso, o sistema pode designar automaticamente um espaço de tratamento em 910 por sobrepor uma apresentação gráfica (por exemplo, linha) que indica um limite entre as camadas de tecido.

Entretanto, o sistema pode aceitar também entradas de usuário

em 912 a partir do operador após uma imagem simples (isto é, uma imagem sem representações gráficas ou outras indicações) da ROI ser exibida ou após uma imagem ser exibida que diferencie automaticamente os tecidos e indique os diferentes tecidos para o operador. As entradas de usuário podem designar um espaço de tratamento. O sistema pode exibir em 914 uma representação gráfica (por exemplo, um esboço) do espaço de tratamento designado. O sistema pode então automaticamente definir parâmetros de terapia em 916 e/ou o sistema pode aceitar entradas do usuário para parâmetros de terapia em 918. Por exemplo, o sistema pode determinar propriedades mecânicas do espaço de tratamento utilizando os métodos de onda de cisalhamento descritos acima. Com base nas propriedades mecânicas determinadas, o sistema pode ajustar os parâmetros de terapia. Opcionalmente, em 920, o operador pode designar uma trajetória de terapia no espaço de tratamento. Terapia é então fornecida a um local de tratamento em 922 no espaço de tratamento designado. O sistema pode opcionalmente, em 924, exibir uma representação gráfica (por exemplo, um marcador) do local de tratamento com a imagem.

Após ou enquanto fornece tratamento ao espaço de tratamento, o sistema pode obter sinais de ultra-som do espaço de tratamento em 926. em 928, o sistema determina se o tratamento está completo. Se o tratamento para o espaço de tratamento correspondente não estiver completo, o sistema pode automaticamente ajustar os parâmetros de terapia em 930 e/ou automaticamente mover o local de tratamento em 932 para outro ponto no espaço de tratamento. O local de tratamento pode se mover enquanto fornece tratamento ou após o término do tratamento para um ponto específico. Além disso, os parâmetros de terapia podem ser ajustados enquanto o local de tratamento está se movendo. Opcionalmente, o sistema pode exibir uma representação gráfica que indica a trajetória tomada pelo local de tratamento no espaço de tratamento em 934. O sistema provê terapia para um novo ponto

e continua esse processo até que a terapia para o espaço de tratamento correspondente esteja completa.

Após conclusão da terapia para o espaço de tratamento, o sistema pode determinar (ou perguntar ao operador) em 936 se a terapia para o paciente está completa. Se a terapia para o paciente estiver completa, então a sessão de terapia terminou. Entretanto, se a sessão de terapia não estiver completa, então o sistema ou o operador pode mover a sonda em 938 para outro local no paciente. Em algumas modalidades, o sistema pode rastrear também em 940 um local da sonda à medida que a sonda se move para outro local. O sistema pode exibir também para o operador aquelas regiões que já receberam tratamento e aquelas regiões que não receberam tratamento.

Embora o fluxograma ilustre etapas seqüenciais no método 900, as modalidades da presente invenção incluem métodos que executam menos etapas e também métodos que executam as etapas em ordens diferentes ou podem executar etapas simultaneamente. Por exemplo, o sistema pode exibir uma imagem da ROI após o sistema ter diferenciado automaticamente o tecido adiposo de outros tecidos. O sistema também pode fornecer terapia a um local de tratamento na ROI e simultaneamente obter sinais de imageamento e exibir uma imagem da ROI durante a terapia.

A figura 14B é um fluxograma que ilustra um sub-método 950 para confirmar que uma quantidade eficaz de terapia foi distribuída a um local de tratamento em uma ROI de um paciente. Antes de a terapia ser fornecida a um local de tratamento em 922, o sistema pode automaticamente ou pode ser comandado pelo usuário a determinar uma condição de linha de base e uma condição de referência deslocada em 952 de um sítio de rastreamento localizado próximo ao local de tratamento. A condição de linha de base pode ser determinada por rastrear o sítio de rastreamento quando o tecido adiposo está em descanso. Uma onda de cisalhamento pode ser então gerada em um

sítio de geração que está próximo ao local de tratamento no qual o local de tratamento está substancialmente entre os sítios de geração e rastreamento. A condição de referência deslocada pode ser determinada por rastrear o sítio de rastreamento quando uma onda de cisalhamento propaga através do sítio de rastreamento antes do local de tratamento receber terapia. Em 922, a terapia é fornecida ao local de tratamento. O método 950 também inclui determinar em 962 se o local de tratamento recebeu uma quantidade eficaz de terapia por propagar uma onda de cisalhamento a partir do sítio de geração para o sítio de rastreamento. O local de tratamento recebeu uma quantidade eficaz de terapia se a onda de cisalhamento não for detectada no sítio de rastreamento. O local de tratamento não recebeu uma quantidade eficaz de terapia se a onda de cisalhamento é detectada no sítio de rastreamento e a onda de cisalhamento não foi substancialmente afetada por propagação através do local de tratamento. Se o local de tratamento não recebeu uma quantidade eficaz de terapia no local de tratamento, então o sistema determina se o mesmo local de tratamento deve ser tratado ou se um local de tratamento diferente localizado próximo ao local de tratamento original deve ser tratado. O sistema então provê terapia em 922 para o local de tratamento escolhido. A terapia pode ser igual à anterior ou incluir um conjunto diferente de parâmetros de terapia que pode ser mais eficaz no tratamento. Se o local de tratamento original não recebeu uma quantidade eficaz de terapia, o sistema move para a etapa 926.

A figura 15 mostra outro exemplo de um sistema de ultra-som e, em particular, um sistema de imageamento de ultra-som do tamanho de bolso ou carregado com a mão, 676. No sistema 676, um visor 642 e uma interface de usuário 640 formam uma unidade única. Como exemplo, o sistema de imageamento de ultra-som no tamanho de bolso 676 pode ser um sistema de ultra-som no tamanho da mão ou no tamanho de bolso com aproximadamente 2 polegadas de largura, aproximadamente 4 polegadas de comprimento e

aproximadamente 0,5 polegada de profundidade e pesa menos de 3 onças. O visor 642 pode ser, por exemplo, um visor LCD em cores de 320 x 320 pixels (no qual uma imagem médica 690 pode ser exibida em combinação com uma(s) representação(ões) gráfica(s) como descrito acima). Um teclado semelhante à máquina de escrever 680 de botões 682 pode ser opcionalmente incluído na interface de usuário 640. deve ser observado que as várias modalidades podem ser implementadas com relação a um sistema de ultra-som do tamanho de bolso 676 tendo dimensões, pesos e consumo de energia diferentes.

Controles de multi-funções 684 podem ser individualmente atribuídos funções de acordo com o modo de operação do sistema. Portanto, cada dos controles de multi-funções 684 pode ser configurado para fornecer uma pluralidade de ações diferentes. Espaços de visor de rótulo 686 associados aos controles de multi-funções 684 podem ser incluídos conforme necessário no visor 642. O sistema 676 pode ter também teclas adicionais e/ou controles 688 para funções de finalidade especial, que podem incluir, porém não são limitados a “congelar”, “controle de profundidade”, “controle de ganho”, “modo de cor”, “imprimir” e “armazenar”.

Como outro exemplo mostrado na figura 16, um sistema de ultra-som baseado em console 745 pode ser fornecido em uma base móvel 747 que pode ser configurada para exibir a região de interesse durante uma sessão de terapia. O sistema 745 pode ser também mencionado como um sistema baseado em carrinho. Um visor 742 e interface de usuário 740 são fornecidos e deve ser entendido que o visor 742 pode ser separado ou separável da interface de usuário 740. a interface de usuário 740 pode ser opcionalmente uma tela de toque, permitindo ao operador selecionar opções por tocar gráficos exibidos, ícones e similares.

A interface de usuário 740 também inclui botões de controle 752 que podem ser utilizados para controlar o sistema de imageamento de ultra-

som portátil 745 ou necessário, e/ou como tipicamente fornecido. A interface de usuário 740 provê múltiplas opções de interface que o usuário pode fisicamente manipular para interagir com dados de ultra-som e outros dados que podem ser exibidos, bem como inserir entradas de usuário e definir e mudar parâmetros de terapia ou imageamento. As opções de interface podem ser utilizadas para entradas específicas, entradas programáveis, entradas contextuais, e similares. Por exemplo, um teclado 754 e track ball 756 podem ser fornecidos. O sistema 745 tem pelo menos uma porta de sonda 760 para aceitar sondas.

A figura 17 é um diagrama de blocos de modos exemplares no qual várias modalidades descritas aqui podem ser armazenadas, distribuídas e instaladas em meio legível por computador. Na figura 17, a “aplicação” representa um ou mais dos métodos e operações de processo discutidas acima.

Como mostrado na figura 17, a aplicação é inicialmente gerada e armazenada como código de fonte 1001 em um meio legível por computador de fonte 1002. o código de fonte 1001 é então transferido através da trajetória 1004 e processado por um compilador 1006 para produzir código de objeto 1010. o código de objeto 1010 é transferido através da trajetória 1008 e salvo como um ou mais mestres de aplicação em um meio legível por computador mestre 1011. o código de objeto 1010 é então copiado inúmeras vezes, como indicado pela trajetória 1012, para produzir cópias de aplicação de produção 1013 que são salvas em meio legível por computador de produção separado 1014. o meio legível por computador de produção 1014 é então transferido, como indicado pela trajetória 1016, para vários sistemas, dispositivos, terminais e similares. No exemplo da figura 17, um terminal de usuário 1020, um dispositivo 1021 e um sistema 1022 são mostrados como exemplos de componentes de hardware, nos quais o meio legível por computador de produção 1014 é instalado como aplicações (como indicado por 1030-1032).

O código de fonte pode ser gravado como scripts, ou em qualquer linguagem de nível baixo ou nível elevado. Os exemplos da fonte, mestre e meio legível por computador de produção 1002, 1011 e 1014 incluem, porém não são limitados a CDROM, RAM, ROM, memória flash, unidades RAID, memória em um sistema de computador e similar. Os exemplos das trajetórias 1004, 1008, 1012, e 1016 incluem, porém não são limitadas a trajetórias de rede, internet, Bluetooth, GSM, LANs sem fio infravermelho, HIERPLAN, 3G, satélite, e similar. As trajetórias 1004, 1008, 1012 e 1016 podem representar também serviços de portadora privada ou pública que transportam uma ou mais cópias físicas da fonte, mestre ou meio legível por computador de produção 1002, 1011 ou 1014 entre dois locais geográficos. As trajetórias 1004, 1008, 1012 e 1016 podem representar fluxos de execução realizados por um ou mais processadores em paralelo. Por exemplo, um computador pode reter o código de fonte 1001, compilador 1006 e código de objeto 1010. múltiplos computadores podem operar em paralelo para produzir as cópias de aplicação de produção 1013. as trajetórias 1004, 1008, 1012 e 1016 podem ser intra-estado, inter-estado, intra-país, inter-país, intra-continental, intercontinental, e similar.

Como utilizado em todo relatório descritivo e reivindicações, as frases “meio legível por computador” e “instruções configuradas para” se referirão a qualquer um ou todos de i) o meio legível por computador de fonte 1002 e código de fonte 1001, ii) o meio legível por computador mestre e código de objeto 1010, iii) o meio legível por computador de produção 1014 e cópias de aplicação de produção 1013 e/ou iv) as aplicações 1030-1032 salvas na memória no terminal 1020, dispositivo 1021 e sistema 1022.

As várias modalidades e/ou componentes, por exemplo, o monitor ou visor, ou componentes e controladores nas mesmas, também podem ser implementadas como parte de um ou mais computadores ou processadores. O

computador ou processador pode incluir um dispositivo de computação, um dispositivo de entrada, uma unidade de visor, e uma interface, por exemplo, para acessar a Internet. O computador ou processador pode incluir um microprocessador. O microprocessador pode ser conectado a um barramento de comunicação. O computador ou processador também pode incluir uma memória. A memória pode incluir Memória de acesso aleatório (RAM) e Memória somente de leitura (ROM). O computador ou processador pode incluir ainda um dispositivo de armazenagem, que pode ser uma unidade de disco rígido ou uma unidade de armazenagem removível como uma unidade de disco flexível, unidade de disco óptico e similar. O dispositivo de armazenagem também pode outro meio similar para carregar programas de computador ou outras instruções no computador ou processador.

Como utilizado aqui, o termo “computador” pode incluir qualquer sistema baseado em processador ou baseado em microprocessador incluindo sistemas utilizando microcontroladores, computadores de conjunto de instruções reduzido (RISC), circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), circuitos lógicos, e qualquer outro circuito ou processador capaz de executar as funções descritas aqui. Os exemplos acima são somente exemplares, e desse modo não pretendem limitar de modo algum a definição e/ou significado do termo “computador”.

O computador ou processador executa um conjunto de instruções que são armazenadas em um ou mais elementos de armazenagem, para processar dados de entrada. Os elementos de armazenagem também podem armazenar dados ou outras informações como desejado ou necessário. O elemento de armazenagem pode estar na forma de uma fonte de informação ou um elemento de memória física em uma máquina de processamento.

O conjunto de instruções pode incluir vários comandos que instruem o computador ou processador como uma máquina de processamento

para executar operações específicas como os métodos e processos descritos aqui. O conjunto de instruções pode estar na forma de um programa de software. O software pode estar em várias formas como software de sistema ou software de aplicação. Além disso, o software pode estar na forma de uma coleção de programas separados, um módulo de programa em um programa maior ou uma porção de um módulo de programa. O software também pode incluir programação modular na forma de programação orientada para objeto. O processamento de dados de entrada pela máquina de processamento pode ser em resposta a comandos de usuário, ou em resposta a resultados de processamento anterior, ou em resposta a uma solicitação feita por outra máquina de processamento.

Como utilizado aqui, os termos “software” e “firmware” são intercambiáveis, e incluem qualquer programa de computador armazenado na memória para execução por um computador, incluindo memória RAM, memória ROM, memória EPROM, memória EEPROM, e memória RAM não volátil (NVRAM). Os tipos de memória acima são somente exemplares, e desse modo não são de limitação com relação aos tipos de memória utilizável para armazenagem de um programa de computador.

Embora as modalidades descritas aqui sejam ilustradas como tratando tecido adiposo, modalidades alternativas podem ser utilizadas para tratar outros tecidos no corpo. Por exemplo, as modalidades descritas acima podem ser utilizadas para imagear e tratar um tumor em uma região de interesse. Como descrito acima com relação a tecido adiposo, modalidades podem ser utilizadas para identificar automaticamente o tumor e/ou permitir entradas de usuário para identificar espaços de tratamento em uma região de interesse e definir parâmetros de terapia para o tratamento. Além disso, modalidades descritas aqui podem ser utilizadas para tratamentos paliativos para câncer, tratamento térmico de músculos, ou ativar de forma ultra-sônica

drogas, proteínas, células tronco, vacinas, DNA e fornecimento de gene.

Deve ser entendido que a descrição acima pretende ser ilustrativa e não restritiva. Por exemplo, as modalidades descritas acima (e/ou aspectos das mesmas) podem ser utilizadas em combinação entre si. Além disso, muitas 5 modificações podem ser feitas para adaptar uma situação ou material específico aos ensinamentos da invenção sem se afastar de seu escopo. Dimensões, tipos de materiais, orientações dos vários componentes, e o número e posições dos vários componentes descritos aqui pretendem definir parâmetros de certas modalidades, e não são de modo algum limitadores e são 10 modalidades meramente exemplares. Muitas outras modalidades e modificações compreendidas no espírito e escopo das reivindicações serão evidentes para aqueles versados na técnica após exame da descrição acima. O escopo da invenção deve ser, portanto, determinado com referência às reivindicações apenas, juntamente com o escopo completo de equivalentes 15 aos quais tais reivindicações têm direito. Nas reivindicações apenas, os termos “incluindo” e “no qual” são utilizados os equivalentes em inglês simples dos termos respectivos “compreendendo” e “em que”. Além disso, nas seguintes reivindicações os termos “primeiro”, “segundo” e “terceiro”, etc. são utilizados meramente como rótulos, e não pretendem impor exigências 20 numéricas em seus objetos. Além disso, as limitações das reivindicações a seguir não são escritas em formato de função positiva-meio, e não se destinam a ser interpretadas com base em 35 U.S.C. §112, sexto parágrafo, a menos e até que tais limitações de reivindicação expressem o uso da frase “meio para” seguido por uma declaração de função isenta de estrutura adicional.

25 A descrição escrita utiliza exemplos para revelar a invenção, incluindo o melhor modo, e também para permitir que qualquer pessoa versada na técnica ponha em prática a invenção, incluindo fazer e utilizar quaisquer dispositivos ou sistemas e executar quaisquer métodos incorporados. O escopo

patenteável da invenção é definido pelas reivindicações e pode incluir outros exemplos que ocorrem para aqueles versados na técnica. Tais outros exemplos pretendem estar compreendidos no escopo das reivindicações se tiverem elementos estruturais que não diferem da linguagem literal das

5 reivindicações, ou se incluem elementos estruturais equivalentes com diferenças não substanciais das linguagens literais das reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE ULTRA-SOM, configurado para determinar se tecido adiposo de um paciente recebeu terapia em um local de tratamento 222, sendo que o dito sistema compreende:

- 5 uma sonda de ultra-som 126;
- um módulo de geração de onda de cisalhamento 123 para controlar a sonda 126 a fim de fornecer um feixe de onda de cisalhamento que é configurado para gerar uma onda de cisalhamento em um primeiro sítio no paciente, a onda de cisalhamento sendo configurada para propagar através do
- 10 local de tratamento 222 em direção a um segundo sítio no paciente; e
- um módulo de rastreamento 164 para controlar a sonda 126 para rastrear a onda de cisalhamento no segundo sítio no paciente para determinar se o local de tratamento 222 recebeu a terapia.

2. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1,

15 compreendendo ainda um módulo de terapia 125 para controlar a sonda 126 para distribuir a terapia ao local de tratamento 222 no tecido adiposo.

3. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 2, em que o local de tratamento 222 é um primeiro local de tratamento 222 localizado substancialmente entre os primeiro e segundo sítios, a sonda 126 sendo

20 controlada para distribuir a terapia em um segundo local de tratamento 222 no primeiro sítio, sendo que a terapia no segundo local de tratamento 222 gera a onda de cisalhamento que propaga em direção ao segundo sítio.

4. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o primeiro sítio é localizado no local de tratamento 222.

25 5. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o primeiro sítio é localizado de tal modo que o local de tratamento 222 está substancialmente entre os primeiro e segundo sítios.

6. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que a

sonda 126 é configurada para aplicar força de radiação acústica ao primeiro sítio para gerar a onda de cisalhamento.

7. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o módulo de rastreamento 164 é configurado para controlar a sonda 126 para distribuir um ou mais pulsos de rastreamento para o segundo sítio.

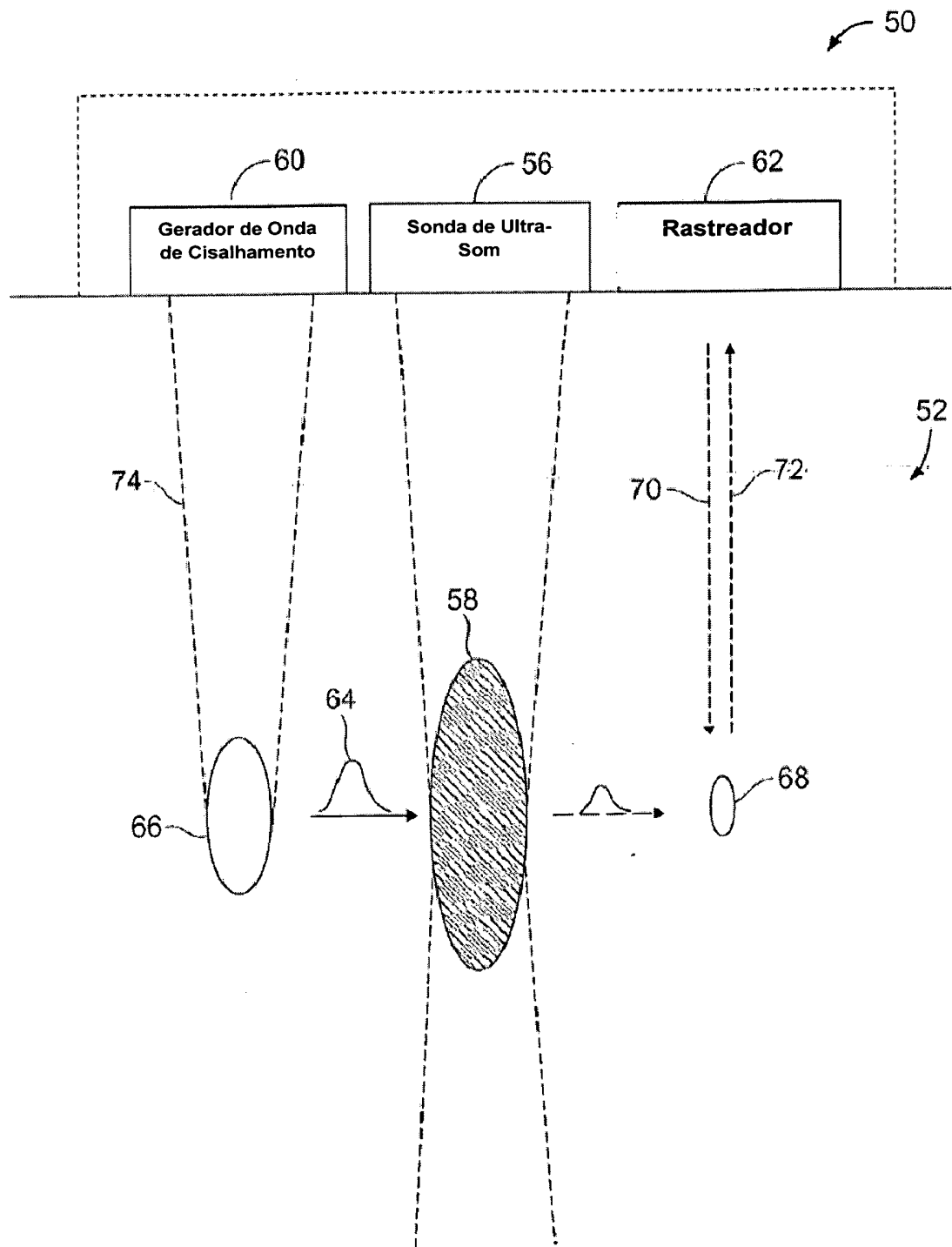
8. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo ainda um visor para mostrar uma região de interesse que inclui o local de tratamento 222 para um operador, o visor exibindo uma representação gráfica do local de tratamento 222.

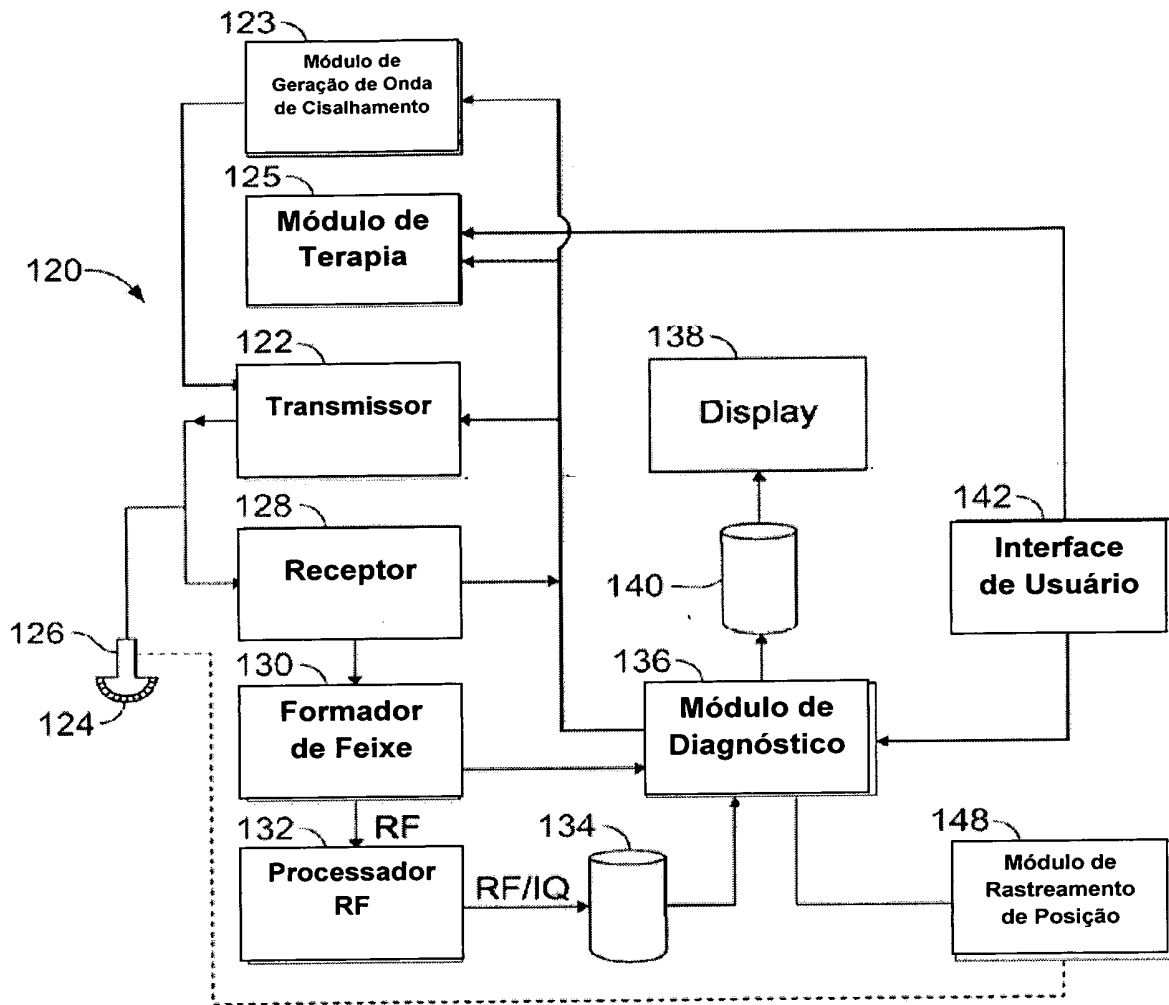
9. MÉTODO, para determinar se o tecido adiposo de um paciente recebeu terapia em um local de tratamento 222, o método compreendendo:

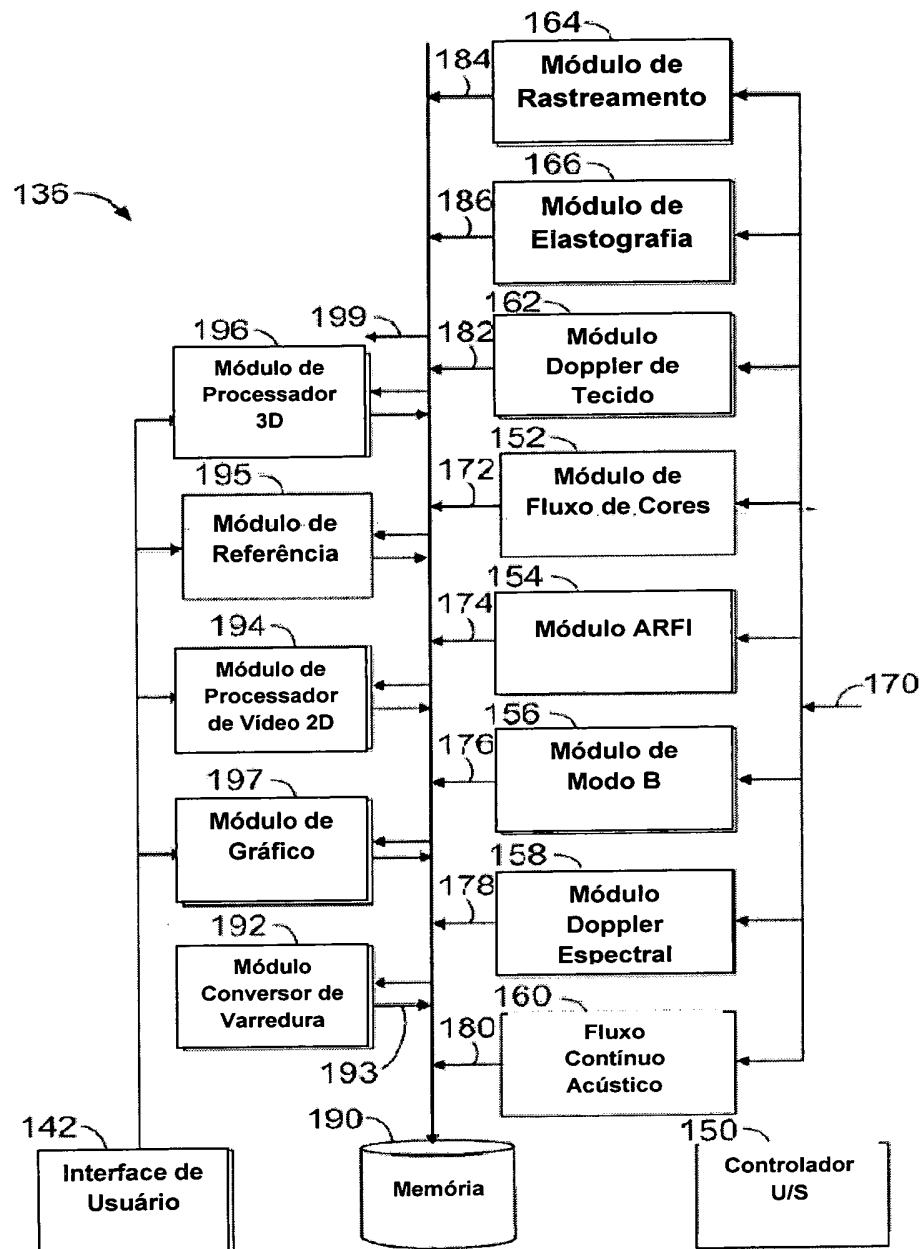
fornecer um feixe de onda de cisalhamento para gerar uma onda de cisalhamento em um primeiro sítio no paciente, a onda de cisalhamento sendo configurada para propagar através do local de tratamento 222 em direção a um segundo sítio no paciente; e

rastrear a onda de cisalhamento no segundo sítio no paciente; e
determinar se o local de tratamento 222 recebeu a terapia.

10. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9, em que a determinação inclui determinar que o local de tratamento 222 tinha recebido uma quantidade eficaz da terapia, se a onda de cisalhamento tivesse sido substancialmente afetada por propagação através do local de tratamento 222.

**Fig. 1**

**Fig. 2**

**Fig. 3**

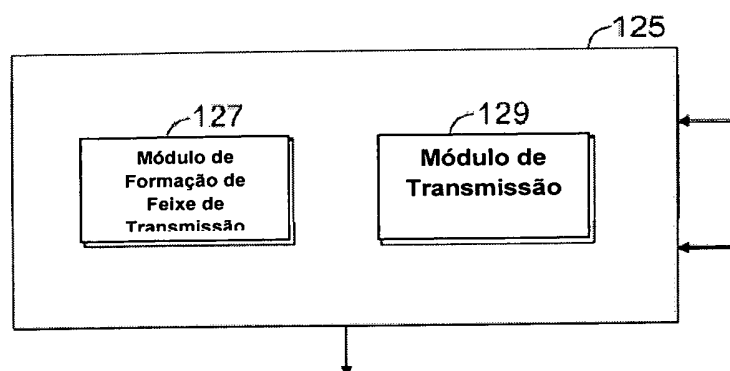


Fig. 4

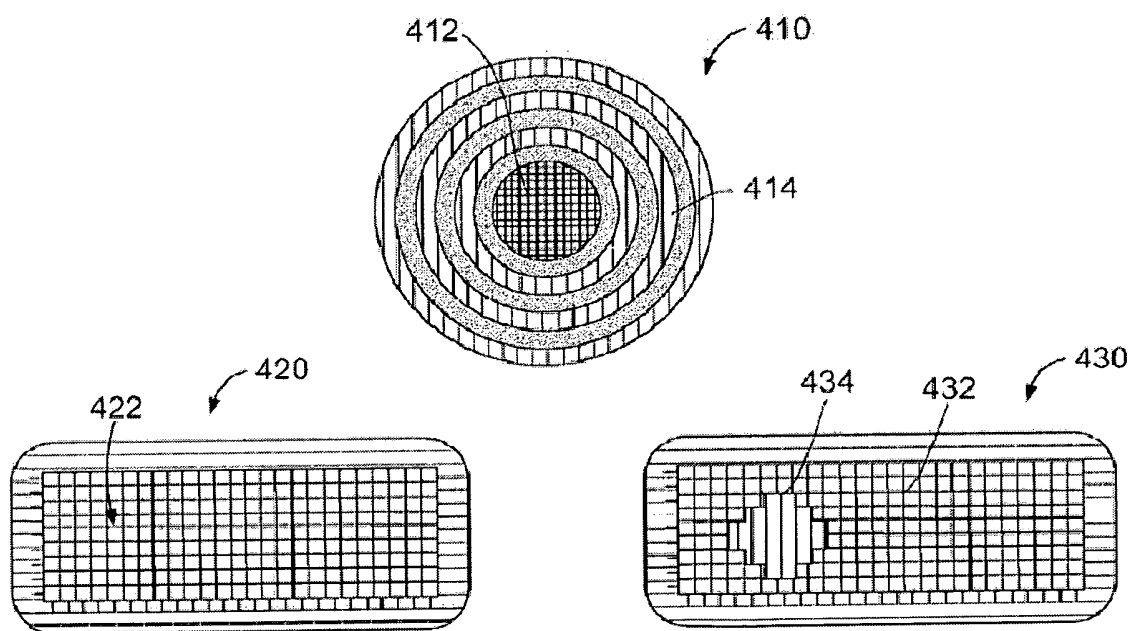
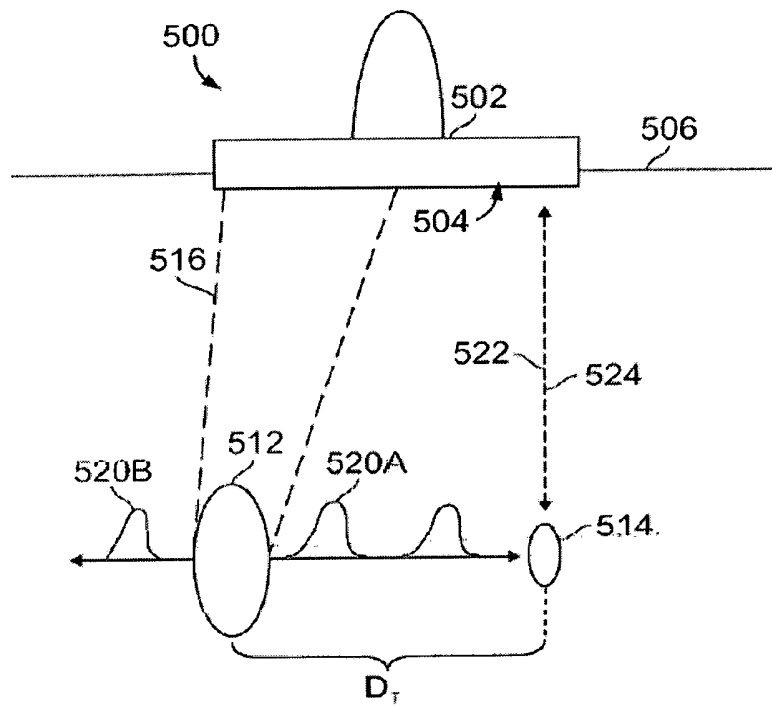
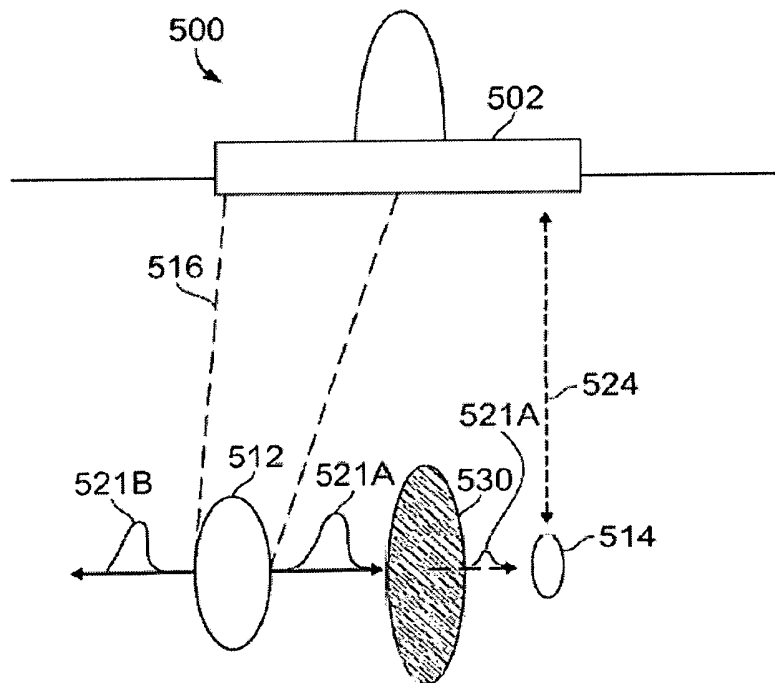


Fig. 5

**Fig. 6****Fig. 7**

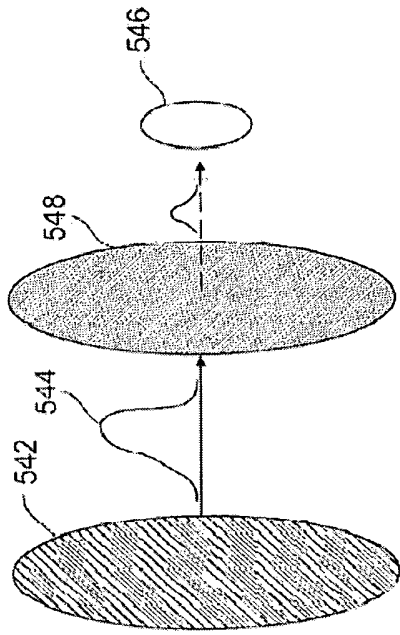


Fig. 8

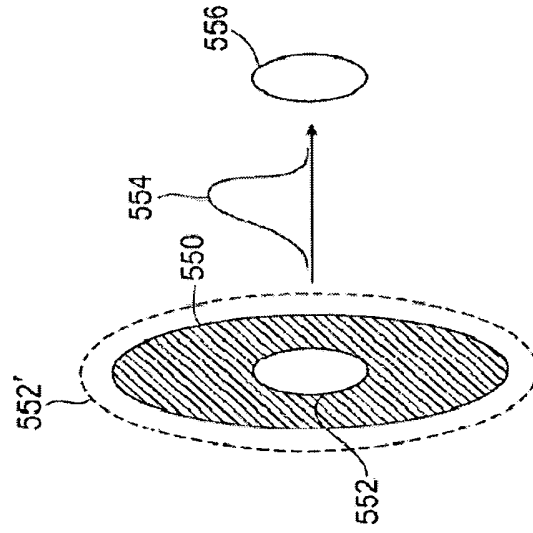


Fig. 9

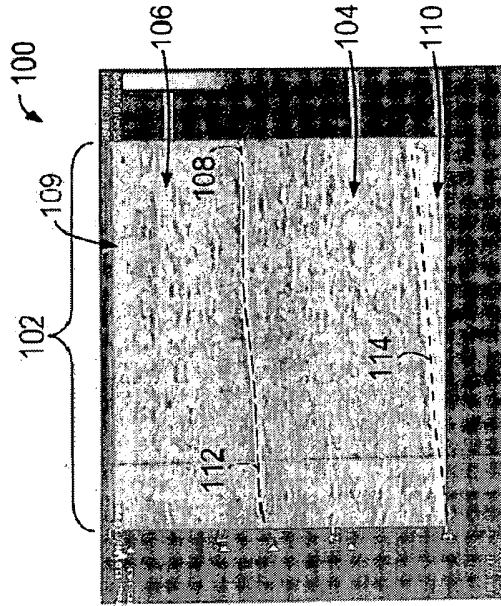


Fig. 10

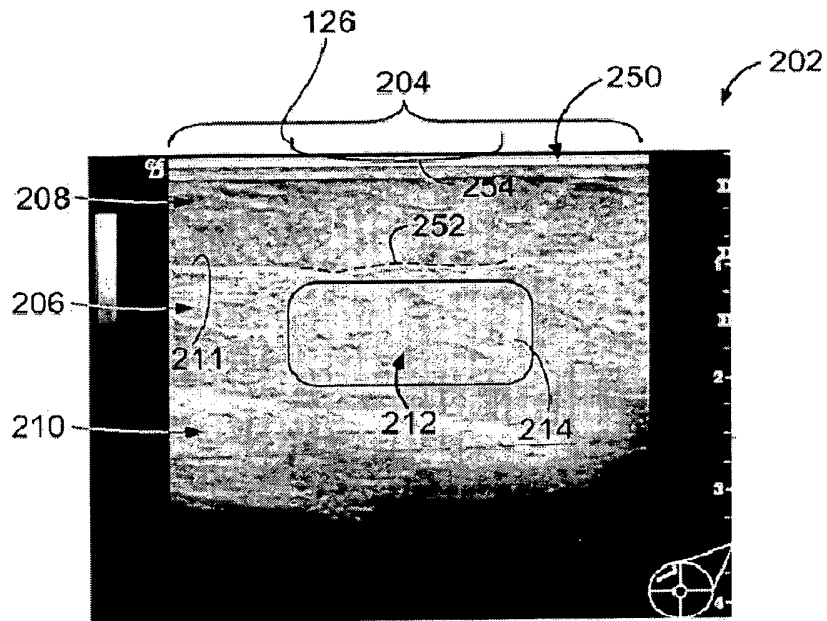


Fig. 11

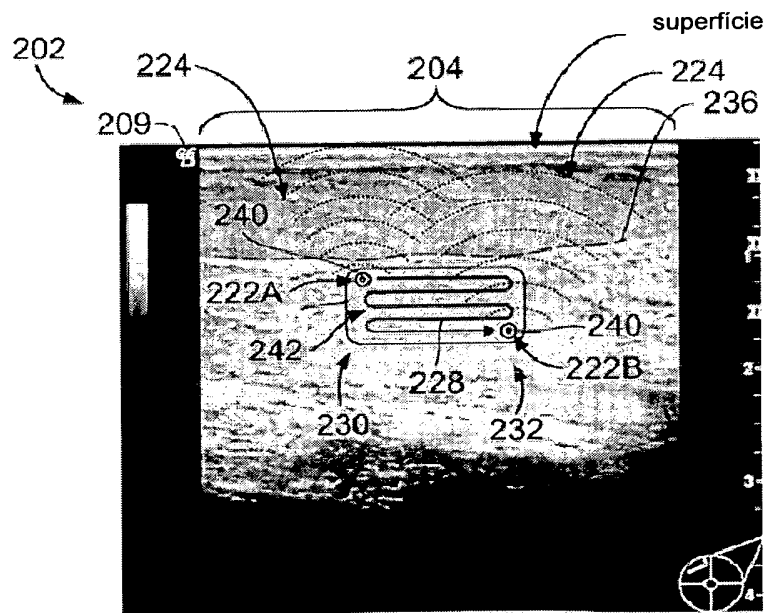


Fig. 12

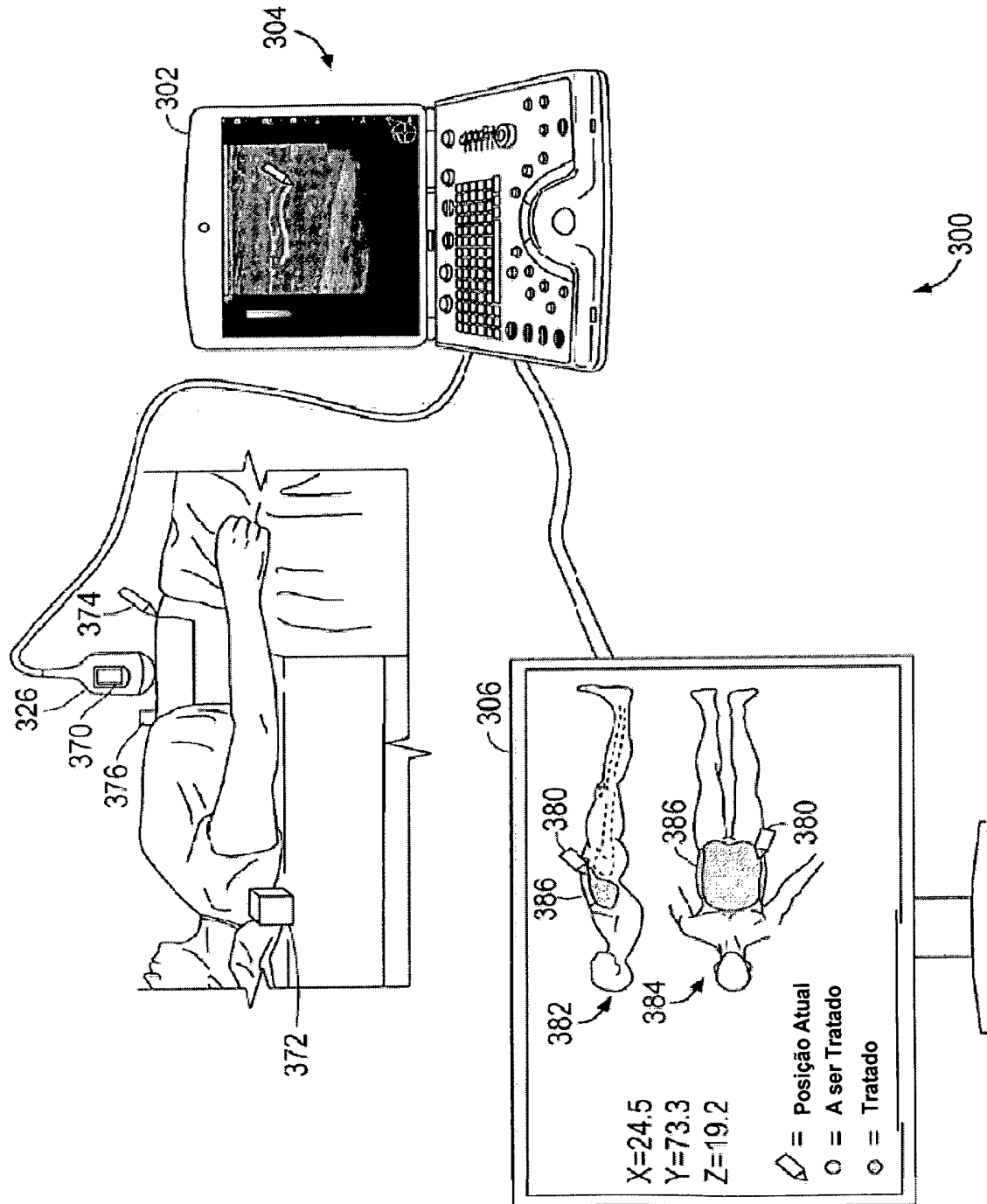


Fig. 13

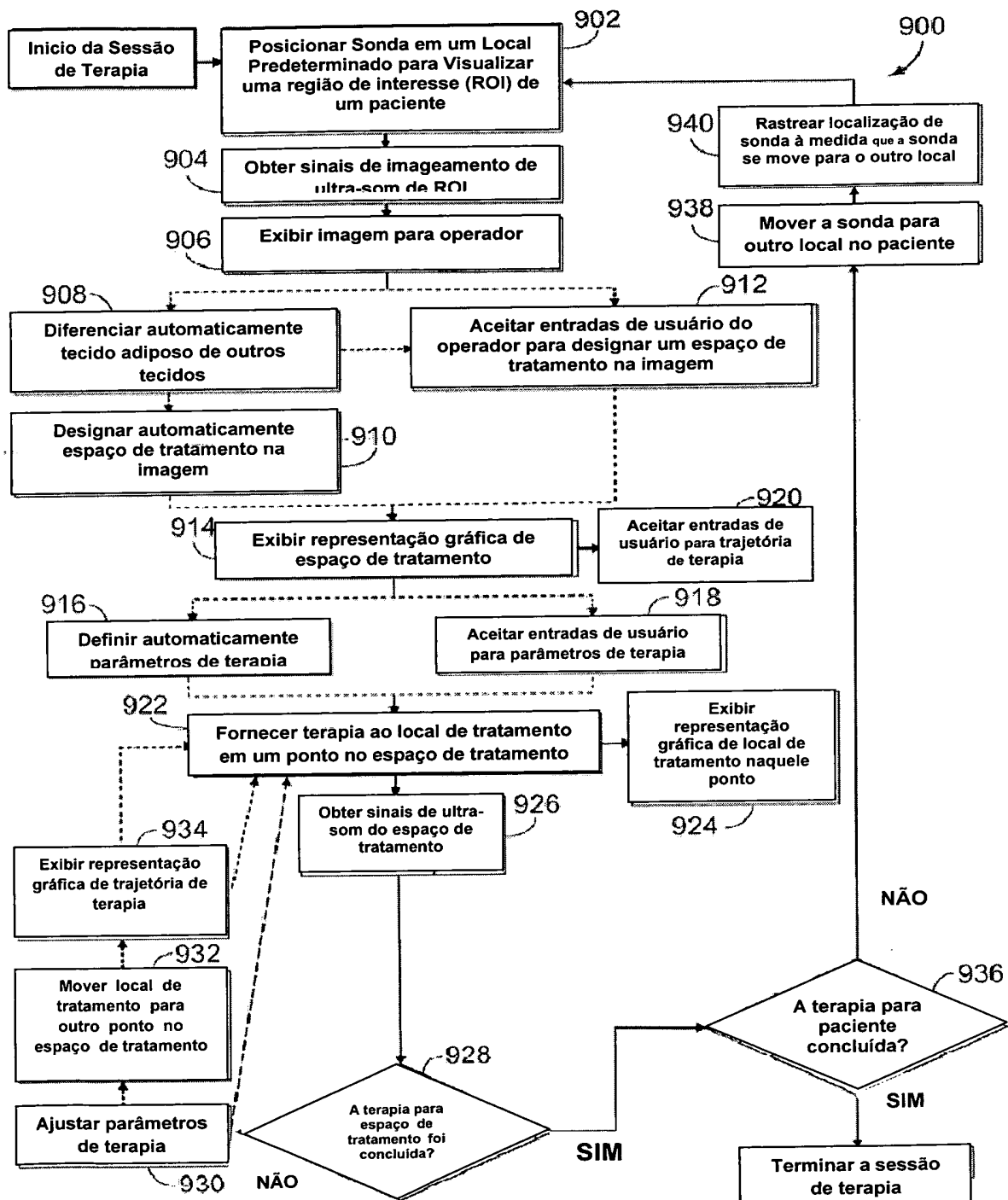
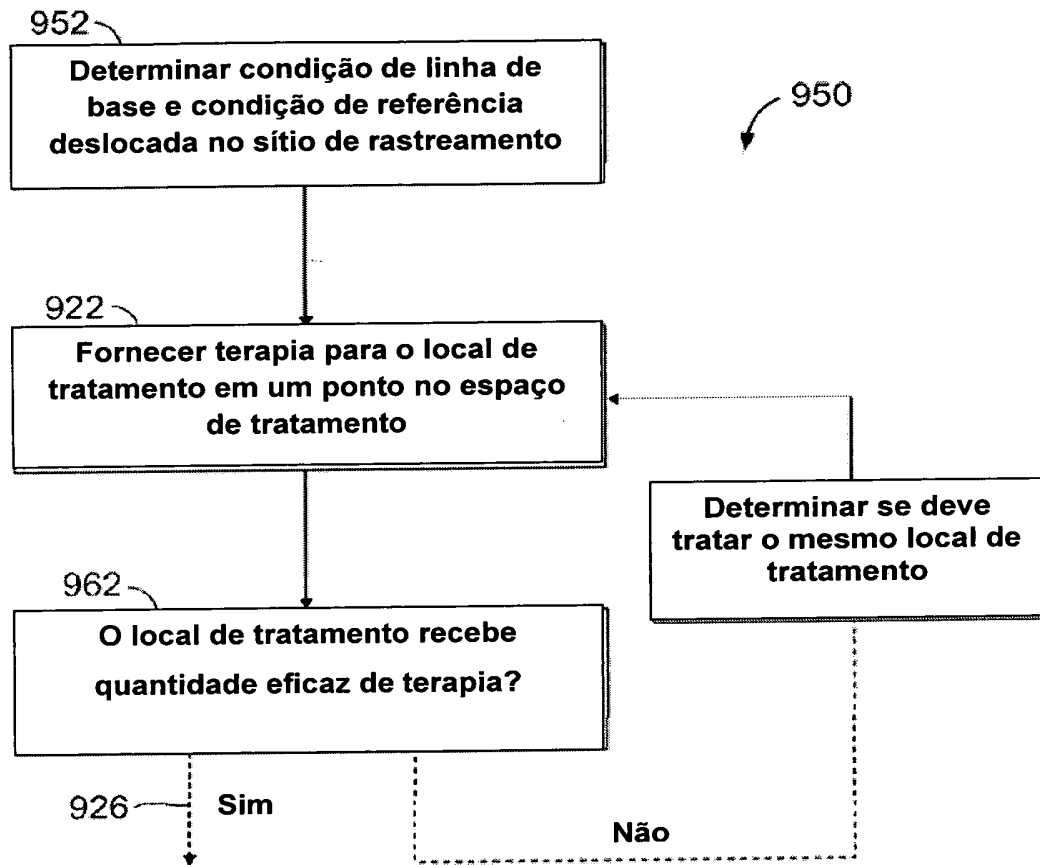


Fig. 14A

**Fig. 14B**

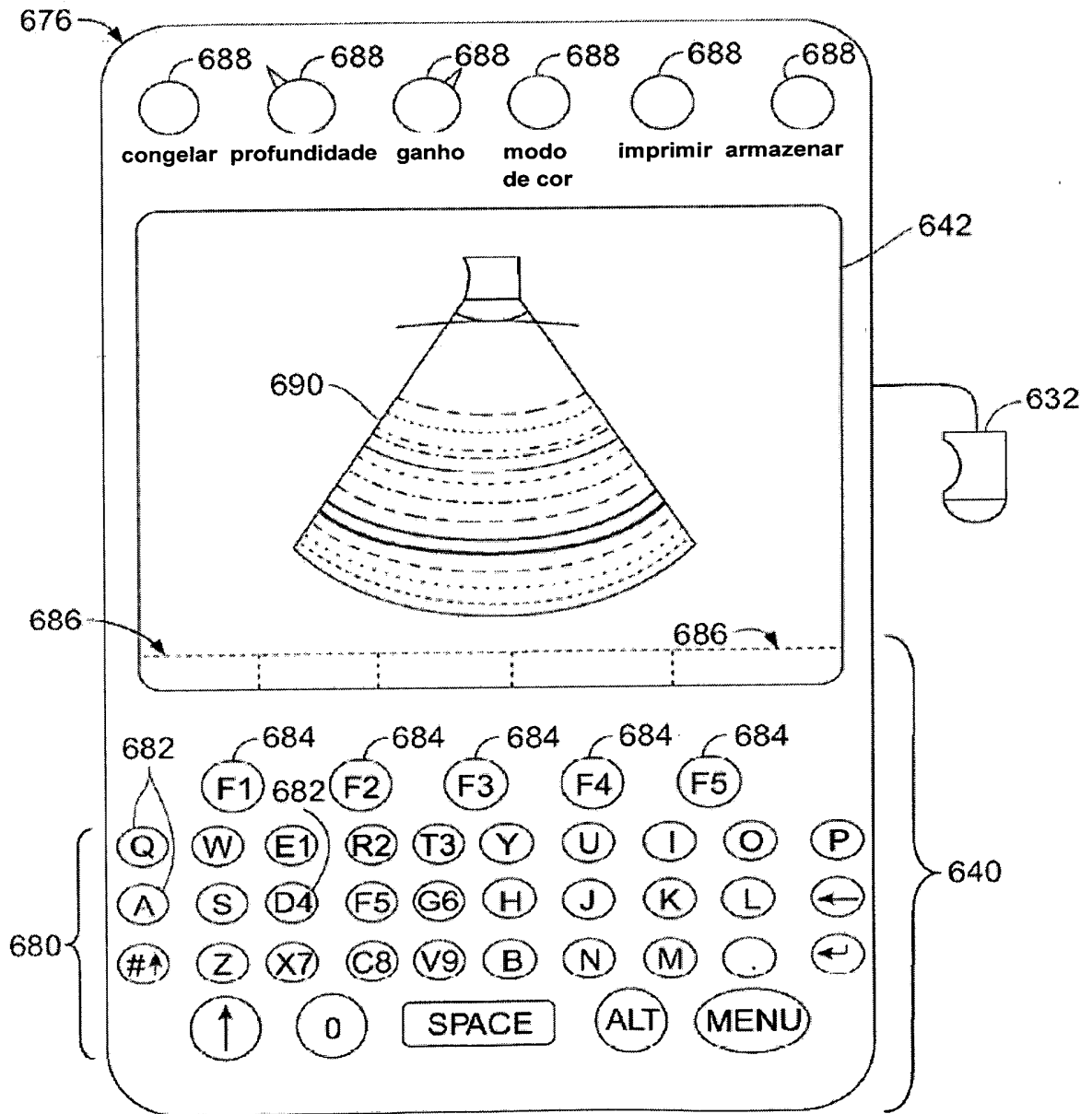
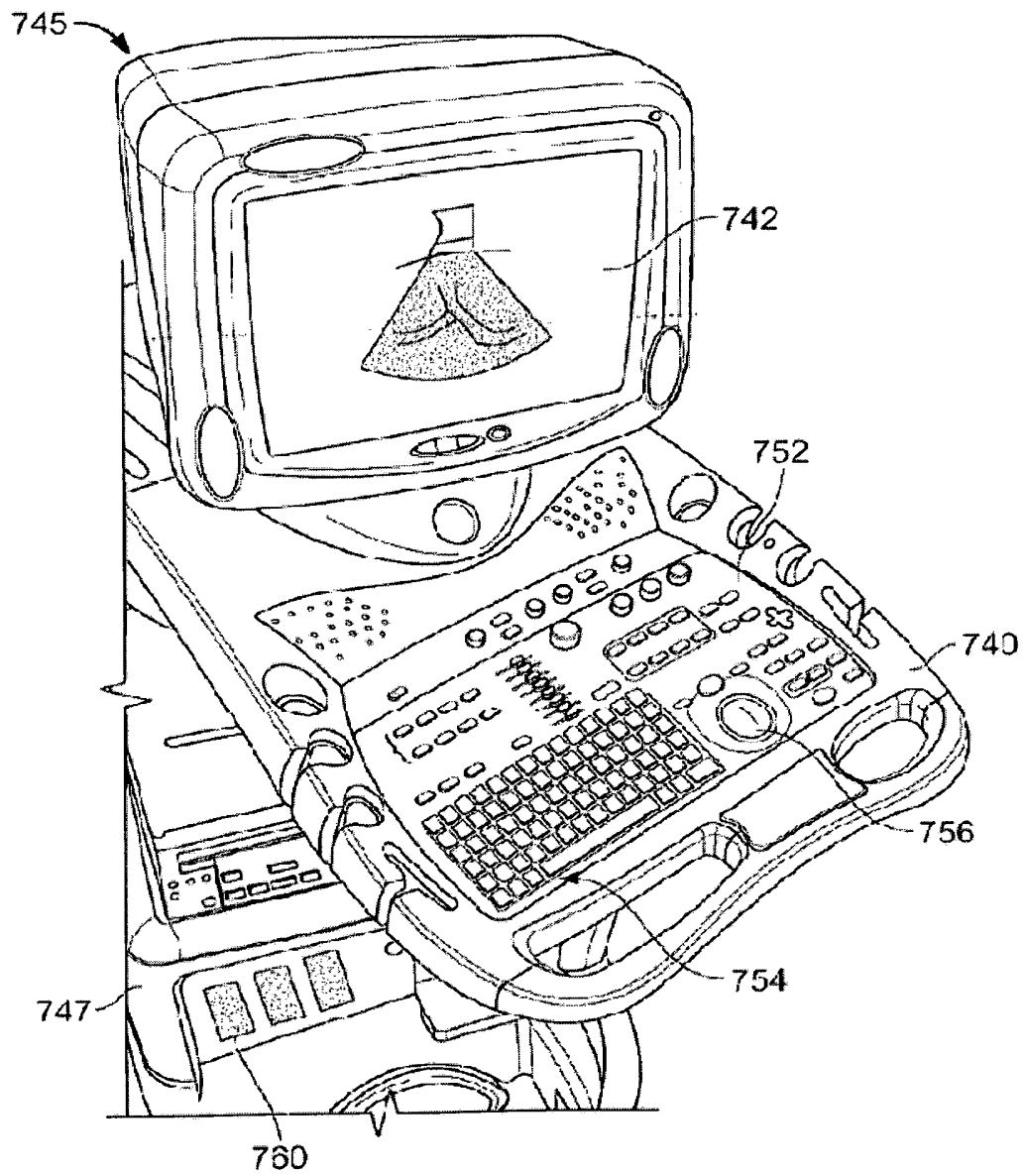


Fig. 15

**Fig. 16**

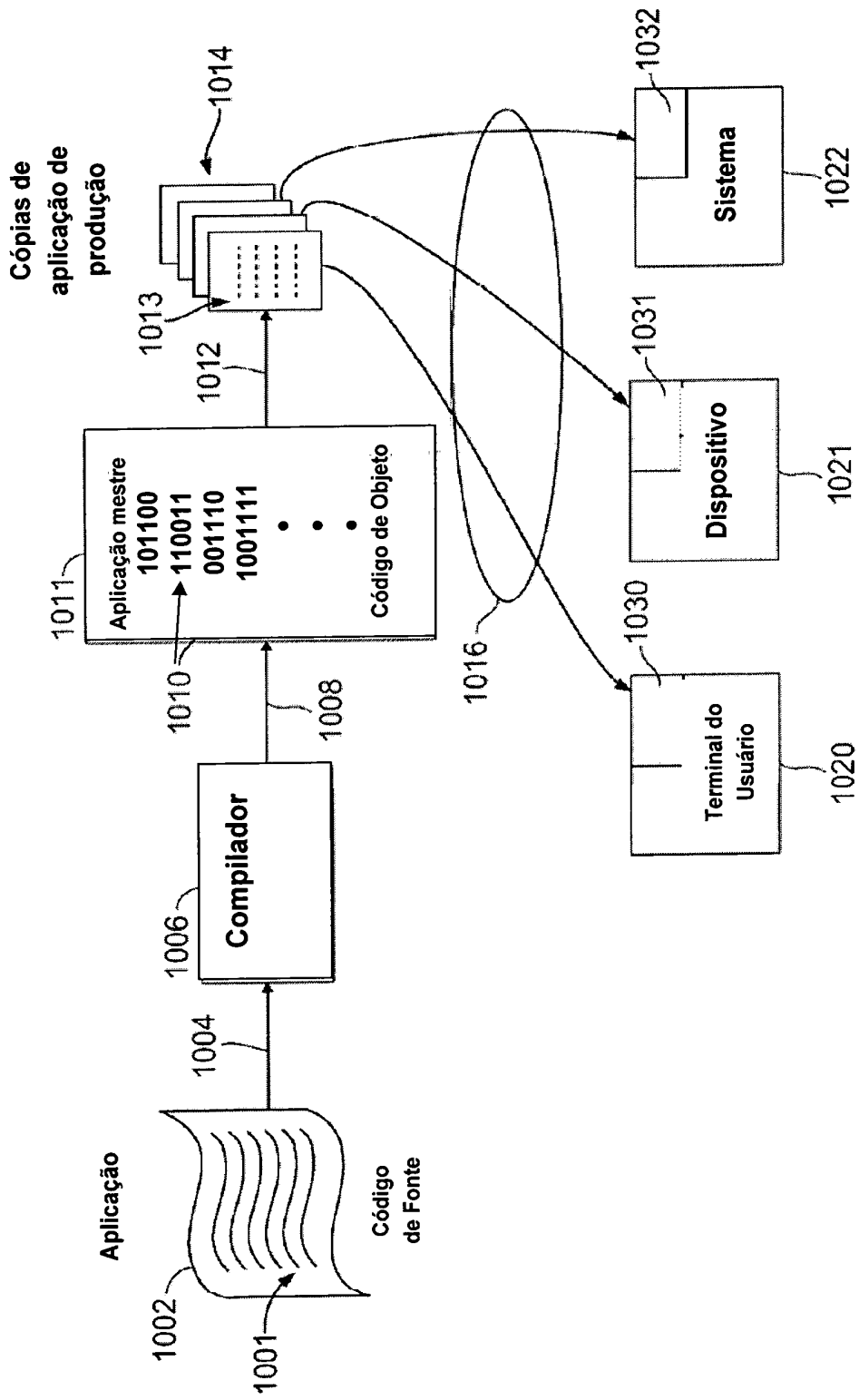


Fig. 17

RESUMO**“SISTEMA DE ULTRA-SOM E MÉTODO”**

Trata-se de um sistema de ultra-som que é configurado para determinar se o tecido adiposo de um paciente recebeu terapia em um local de tratamento 222. O sistema inclui uma sonda de ultra-som 126 e um módulo de
5 geração de onda de cisalhamento 123 para controlar a sonda 126 visando fornecer um feixe de onda de cisalhamento, o qual é configurado para gerar uma onda de cisalhamento em um primeiro sítio no paciente. A onda de cisalhamento é configurada para propagar através do local de tratamento 222
10 em direção a um segundo sítio no paciente. O sistema também inclui um módulo de rastreamento 164 para controlar a sonda 126 a fim de rastrear a onda de cisalhamento no segundo sítio no paciente e determinar se o local de tratamento 222 recebeu a terapia.