



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

(11) PI 0102200-8 B1

(22) Data do Depósito: 03/05/2001

(45) Data de Concessão: 06/10/2015
(RPI 2335)



(54) Título: SISTEMA PARA CONTROLAR REFRIGERAÇÃO E MÉTODO PARA CONTROLE DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

(51) Int.Cl.: G05D 23/30

(30) Prioridade Unionista: 03/05/2000 US 09/564,173, 31/10/2000 US 09/702,993

(73) Titular(es): COMPUTER PROCESS CONTROLS, INC.

(72) Inventor(es): SCOTT MICHAEL GELBER, JOHN AGGERS, ABTAR SINGH

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA PARA CONTROLAR REFRIGERAÇÃO E MÉTODO PARA CONTROLE DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO"**.

Campo da Invenção

5 A presente invenção refere-se, de forma geral, ao monitoramento e controle de temperatura de vitrines de exposição de alimento e, mais especificamente, a um método e aparelho para o monitoramento e controle da temperatura do alimento.

Fundamentos da Invenção

10 O alimento produzido viaja das instalações de processamento para os armazéns, onde o produto do alimento permanece em prateleiras com vitrine de exposição por períodos de tempo prolongados. Para se obter melhor qualidade de alimento, o produto de alimento não deve exceder limites críticos de temperatura enquanto sendo exposto nas vitrines de exposição do armazém. Para produtos de alimento não cozidos, a temperatura do produto não deve exceder 5°C (41°F). Para produtos de alimento cozido, a temperatura do produto não deve ser menor do que 60°C (140°F). Em outras palavras, os limites de temperatura críticos são aproximadamente 5°C (41°)
15 e 60°C (140°F). Entre esses limites de temperatura críticos, as bactérias crescem em uma taxa muito rápida.

20 Uma tentativa para manter a temperatura do produto do alimento dentro de limites seguros é monitorar a temperatura do ar de descarga para garantir que a vitrine de exposição não fique muito quente ou muito fria. Mas a temperatura do produto do alimento e a temperatura do ar de descarga não se correlacionam necessariamente; isto é, a temperatura do ar de descarga e a temperatura do produto de alimento não terão necessariamente a mesma tendência de temperatura porque as temperaturas do produto do alimento podem variar significativamente da temperatura do ar de descarga devido à massa térmica do produto do alimento. Adicionalmente, durante a
25 partida inicial e descongelamento da vitrine de exposição, a temperatura do ar pode ser tão alta quanto 21,1°C (70°F), enquanto a temperatura do produto do alimento é muito menor para esse intervalo tipicamente curto. Final-

mente, não é prático medir a temperatura dos produtos de alimento em intervalos regulares, de modo a monitorar a temperatura do produto de alimento em uma vitrine de exposição.

5 Mais especificamente, em um sistema de refrigeração convencional, um controlador principal tipicamente registra ou controla a temperatura. Convencionalmente, o controlador principal é instalado na sala do compressor, que fica localizada no teto ou parte traseira do armazém. O método convencional para o monitoramento e controle da temperatura da vitrine de
10 vitrine de exposição. O sensor da temperatura do ar de descarga é tipicamente conectado em uma placa de entrada analógica, que fica também tipicamente localizada na sala do compressor. Um fio de temperatura deve ser puxado da vitrine de exposição para a sala do compressor, o que é tipicamente difícil e crescentemente caro dependendo da distância da sala do
15 compressor até a vitrine de exposição. Adicionalmente, esse processo de fiação e instalação é mais caro e extremamente incômodo quando retroajustando uma loja.

Adicionalmente, as vitrines de exposição exigem limpeza ou manutenção periódica durante as quais, a temperatura da vitrine de exposição
20 pode variar. Portanto, durante esses períodos, é indesejável que um controlador monitore e controle a temperatura da vitrine de exposição.

Sumário da Invenção

Um aparelho, sistema e método para o controle de um sistema de refrigeração de acordo com a invenção superam as limitações da técnica
25 anterior por proporcionar transmissão sem fios dos dados do produto simulados. Um aparelho de acordo com a invenção inclui uma pluralidade de circuitos tendo pelo menos uma vitrine de refrigeração e um cavalete de compressor. Um regulador de pressão do evaporador eletrônico em comunicação com cada circuito controla a temperatura de um dos circuitos. Um sensor em comunicação com cada circuito mede um parâmetro do circuito, e um
30 transceptor em comunicação com o sensor transmite, por maneira sem fios, o parâmetro medido. Um receptor recebe o parâmetro medido transmitido de

maneira sem fios. Um controlador em comunicação com o receptor controla cada regulador de pressão do evaporador eletrônico e uma pressão de aspiração do dito cavalete de compressor com base no parâmetro medido transmitido de maneira sem fios de cada um dos circuitos.

5 De preferência, os transceptores da presente invenção são de baixa potência. Transceptores de baixa potência têm uma faixa de transmissão limitada e, portanto seria necessário que ficassem localizados em proximidade ao receptor. Pelo fato de que usar um transceptor de baixa frequência pode limitar a distância que uma vitrine do refrigerador pode ficar
10 localizada do receptor, a presente invenção inclui uma série de repetidores que recebem e transmitem sinais entre o receptor e a vitrine do refrigerador. Os repetidores agem como uma ponte, possibilitando maiores distâncias entre a vitrine do refrigerador e o receptor.

A presente invenção também preferivelmente inclui um comutador de modo que é operável em um primeiro ou segundo modo. O comutador de modo é utilizável para sinalizar ao controlador para suspender a gravação e regulação da temperatura. Esse comutador é utilizável durante a limpeza ou manutenção de uma vitrine do refrigerador.

Breve Descrição dos Desenhos

20 A Figura 1 é um diagrama em bloco de um sistema de refrigeração utilizando um método e aparelho para o controle do sistema de refrigeração de acordo com os ensinamentos da modalidade preferida na presente invenção;

A Figura 2 é uma vista em perspectiva de uma sonda de simulação de produto de acordo com a invenção;

A Figura 3 é uma vista em perspectiva da parte inferior da sonda de simulação de produto da Figura 2;

A Figura 4 é uma vista explodida da sonda de simulação do produto das Figuras 2 e 3;

30 A Figura 5 é um diagrama em bloco ilustrando uma configuração para transferência dos dados da temperatura do produto de uma vitrine de exposição para um controlador principal de acordo com a invenção;

A Figura 6 é um diagrama em bloco de uma outra configuração para a transferência dos dados da temperatura do produto de uma vitrine de exposição para um controlador principal de acordo com a invenção,

5 A Figura 7 é um diagrama em bloco ilustrando ainda uma outra configuração para a transferência dos dados da temperatura do produto e outros dados monitorados de uma vitrine de exposição para um controlador principal de acordo com a invenção;

A Figura 8 é um fluxograma ilustrando o controle da temperatura do circuito usando um regulador de pressão eletrônico;

10 A Figura 9 é um fluxograma ilustrando o circuito flutuante ou controle da temperatura da vitrine com base em uma sonda de temperatura simuladora do produto;

A Figura 10 é uma porção do diagrama em bloco como ilustrado na Figura 7, adicionalmente incluindo um comutador do modo de "limpeza" de acordo com a invenção;

A Figura 11 é um diagrama esquemático ilustrando um sistema de monitoramento de radiofrequência de acordo com a invenção;

A Figura 12 é um diagrama esquemático ilustrando um diagrama simplificado de um sistema de refrigeração implementando os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 13 é um fluxograma ilustrando o controle da temperatura do evaporador usando controle de faixa morta de acordo com a invenção;

A Figura 14 é um fluxograma ilustrando o controle da temperatura do evaporador usando controle PI, PID ou FL de acordo com a invenção;

25 e

A Figura 15 inclui o Gráfico 1 e Gráfico 2, respectivamente ilustrando a função de associação de erro e a função de associação de taxa de erro para uso no controle de um sistema de refrigeração.

Descrição Detalhada das Modalidades Preferidas

30 Com referência à Figura 1, um diagrama em bloco detalhado de um sistema de refrigeração 10 de acordo com os ensinamentos da modalidade preferida na presente invenção é mostrado. O sistema de refrigeração

10 inclui uma pluralidade de compressores 12 canalizados juntos em uma sala de compressor 6 com um tubo de distribuição de aspiração comum 14 e um tubo de comunicação de descarga 16, todos posicionados em um cava-
lete do compressor 18. O cavalete do compressor 18 comprime o vapor re-
frigerante que é entregue para um condensador 20 onde o vapor refrigerante
é liquefeito em alta pressão. Esse refrigerante líquido em alta pressão é en-
tregue para uma pluralidade de vitrines de refrigeração 22 em um espaço de
piso do armazém 8 por meio de canalização 24. Cada vitrine de refrigeração
22 é disposta em circuitos separados 26 consistindo em uma pluralidade de
vitrines de refrigeração 22 que operam dentro de uma faixa de temperatura
similar. A Figura 1 ilustra quatro (4) circuitos 26 marcados circuito A, circuito
B, circuito C e circuito D. Cada circuito 26 é mostrado consistindo em quatro
(4) vitrines de refrigeração 22. Esses versados na técnica, entretanto, reco-
nhecerão que qualquer número de circuitos 26 dentro de um sistema de re-
frigeração 10, bem como qualquer número de vitrines de refrigeração 22 po-
de ser utilizado em um circuito 26. Como indicado, cada circuito 26 geral-
mente operará dentro de uma certa faixa de temperatura. Por exemplo, o
circuito A pode ser para alimento congelado, o circuito B pode ser para in-
dústria de laticínios, o circuito C pode ser para carne, etc.

Devido ao fato de que a exigência de temperatura é diferente pa-
ra cada circuito 26, cada circuito 26 inclui um regulador de pressão 28, de
preferência um regulador graduador eletrônico (ESR) ou válvula, que age
para controlar a pressão do evaporador e portanto, a temperatura do espaço
refrigerado nas vitrines de refrigeração 22. De preferência, cada vitrine de
refrigeração 22 também inclui seu próprio evaporador e sua própria válvula
de expansão (não-mostrada), que pode ser uma válvula mecânica ou eletrô-
nica para controlar o superaquecimento do refrigerante. Sob esse aspecto, o
refrigerante é entregue por canalização 24 para o evaporador em cada vitri-
ne de refrigeração 22. O refrigerante passa através da válvula de expansão
onde ocorre uma queda de pressão para mudar o refrigerante líquido em alta
pressão para uma combinação de líquido e vapor de pressão menor. À me-
dida que o ar mais quente da vitrine de refrigeração 22 move-se através da

bobina do evaporador, o líquido em baixa pressão transforma-se em um gás. Esse gás em baixa pressão é entregue para o regulador de pressão 28 associado com esse circuito particular 26. No regulador de pressão 28, a pressão é diminuída à medida que o gás retorna para o cavalete do compressor 18 através do tubo de distribuição de aspiração comum 14. No cavalete do compressor 18, o gás em baixa pressão é novamente comprimido para uma pressão mais alta e entregue para o condensador 20, que novamente cria um líquido em alta pressão para iniciar de novo o ciclo de refrigeração.

Para controlar as várias funções do sistema de refrigeração 10, um controlador de refrigeração principal 30 é usado e configurado ou programado para executar um algoritmo de controle e inclui configuração e capacidade de registro. O controlador de refrigeração 30 controla a operação de cada regulador de pressão (ESR) 28, bem como o ponto de fixação da pressão de aspiração para todo o cavalete do compressor 18. O controlador de refrigeração 30 é preferivelmente um Controlador de Área Einstein oferecido por CPC, Inc. de Atlanta, Geórgia ou qualquer outro tipo de controlador programável que pode ser programado, como discutido aqui e como discutido mais totalmente no pedido de patente U.S. Nº 09/539.563, depositado em 31 de Março de 2000, intitulado "Method and Apparatus For Refrigeration System Control Using Electronic Evaporator Pressure Regulators", incorporado aqui por referência. O controlador de refrigeração 30 controla o banco de compressores 12 no cavalete do compressor 18 através de um módulo de entrada/saída 32. O módulo de entrada/saída 32 tem comutadores do relé para ligar e desligar os compressores 12 para produzir a pressão de aspiração desejada. Um controlador de vitrine separada, tal como um controlador de vitrine CC-100, também oferecido por CPC, Inc. de Atlanta, Geórgia pode ser usado para controlar o superaquecimento do refrigerante para cada vitrine de refrigeração 22 através de uma válvula de expansão eletrônica em cada vitrine de refrigeração 22 por meio de uma rede ou barramento de comunicação, como discutido mais totalmente no pedido de patente acima mencionado U.S. Nº 09/539.563, depositado em 31 de Março de 2000, intitulado "Method and Apparatus For Refrigeration System Control Using Elec-

tronic Evaporator Pressure Regulators". Alternativamente, uma válvula de expansão mecânica pode ser usada no lugar do controlador da vitrine separada. Caso controladores de vitrine separada sejam utilizados, o controlador de refrigeração principal 30 pode ser usado para configurar cada controlador de vitrine separada, também através do barramento de comunicação.

De modo a monitorar a pressão de aspiração para o cavalete do compressor 18, um transdutor de pressão 40 é, de preferência, posicionado na entrada do cavalete do compressor 18 ou um pouco além dos reguladores de pressão 28. O transdutor de pressão 40 entrega um sinal analógico para uma placa de entrada analógica 38, que mede o sinal analógico e entrega essa informação para o controlador de refrigeração principal 30, através do barramento de comunicação 34. A placa de entrada analógica 38 pode ser uma placa de entrada analógica convencional utilizada no ambiente de controle de refrigeração. O transdutor de pressão 40 possibilita o controle adaptável da pressão de aspiração para o cavalete do compressor 18, adicionalmente discutido aqui e como discutido mais totalmente no pedido de patente já mencionado U.S. Nº 09/539.563, depositado em 31 de Março de 2000, intitulado "Method and Apparatus For Refrigeration System Control Using Electronic Evaporator Pressure Regulators".

Para variar as aberturas em cada regulador de pressão 28, uma placa do regulador graduador eletrônico (ESR) 42 aciona até oito (8) reguladores graduadores eletrônicos 28. A placa do ESR 42 é, preferivelmente, uma placa ESR-8 oferecida por CPC, Inc. de Atlanta, Geórgia, que consiste em oito (8) acionadores capazes de acionar as válvulas graduadoras 28, através do controle do controlador de refrigeração principal 30. O controlador de refrigeração principal 30, o módulo de entrada/saída 32 e a placa do ESR 42 ficam localizados em uma sala do compressor 6 e são preferivelmente ligados em série através do barramento de comunicação 34 para facilitar a troca de dados entre eles. O barramento de comunicação 34 é, de preferência, um barramento de comunicação RS-485 ou um barramento LonWorks Echelon.

A pressão de aspiração no cavalete do compressor 18 é depen-

dente da exigência de temperatura para cada circuito 26. Por exemplo, assumamos que o circuito A opera em $-12,2^{\circ}\text{C}$ (10°F), o circuito B opera em $-9,4^{\circ}\text{C}$ (15°F), o circuito C opera em $-6,6^{\circ}\text{C}$ (20°F) e o circuito D opera em $-3,8^{\circ}\text{C}$ (25°F). A pressão de aspiração no cavalete do compressor 18, que é sentida através do transdutor de pressão 40, exige um ponto de fixação da pressão de aspiração com base na exigência de temperatura mais baixa para todos os circuitos 26, que, para esse exemplo, é o circuito A ou o circuito guia. Portanto, a pressão de aspiração no cavalete do compressor 18 é ajustada para atingir uma temperatura de operação de $-12,2^{\circ}\text{C}$ (10°F) para o circuito A.

Isso exige que o regulador de pressão 28 fique substancialmente aberto 100% no circuito A. Assim, se a pressão de aspiração é ajustada para atingir $-12,2^{\circ}\text{C}$ (10°F) no circuito A e nenhuma válvula reguladora de pressão 28 fosse usada para cada circuito 26, cada circuito 26 operaria na mesma temperatura. Pelo fato de cada circuito 26 estar operando em uma temperatura diferente, entretanto, os reguladores graduadores eletrônicos ou válvulas 28 são fechados por uma certa porcentagem para cada circuito 26 para controlar a temperatura correspondente para esse circuito particular 26. Para elevar a temperatura para $-9,4^{\circ}\text{C}$ (15°F) para o circuito B, a válvula reguladora graduadora 28 no circuito B é fechada ligeiramente, a válvula 28 no circuito C é mais fechada e a válvula 28 no circuito D é fechada ainda mais produzindo as várias temperaturas exigidas.

Cada regulador de pressão eletrônico (ESR) 28 é, de preferência, controlado pelo controlador principal 30 com base nas temperaturas do produto do alimento aproximadas por uma sonda de simulação de produto 50, ou com base em múltiplas leituras de temperatura incluindo temperatura de descarga do ar sentida por um sensor de temperatura de descarga 48 e/ou temperaturas do produto de alimento aproximadas por uma sonda de simulação de produto 50 e transmitidas através de um módulo de exposição 46.

De modo a controlar a abertura de cada regulador de pressão 28 com base na temperatura do produto do alimento dentro de cada vitrine de refrigeração 22, a temperatura do produto é aproximada usando a sonda de

simulação do produto 50 de acordo com a invenção. Sob esse aspecto, cada vitrine de refrigeração 22 é mostrada tendo uma sonda de simulação de produto 50 associada com ela. Cada vitrine de refrigeração 22 pode ter uma sonda de simulação de produto separada 50 para tirar temperaturas médias/mínimas/máximas usadas para controlar o regulador de pressão 28 ou
5 uma única sonda de simulação de produto 50 pode ser usada para um dado circuito 26 das vitrines de refrigeração 22, especialmente porque cada vitrine de refrigeração 22 opera dentro substancialmente da mesma faixa de temperatura para um dado circuito 26. Essas entradas de temperatura são transmitidas, de maneira sem fios, para um receptor de entrada analógica 94, que
10 retorna a informação para o controlador de refrigeração principal 30 através de um barramento de comunicação 96. Alternativamente, o receptor 94 pode ser um transceptor para transmitir e receber sinais.

A sonda de simulação de produto 50, como mostrado nas Figuras 2-4, fornece os dados de temperatura para o controlador principal 30. De preferência, a sonda de simulação de produto 50 é um dispositivo integrado de medição e transmissão de temperatura incluindo um alojamento semelhante a caixa 70 encapsulando uma massa térmica 74 e um elemento de leitura de temperatura 80 e incluindo um transmissor sem fios 82. O alojamento 70 inclui uma cobertura 72 presa em uma base 86 e ímãs 84 montados na cobertura 72 facilitam a fácil fixação da sonda 50 na vitrine de exposição 22. De preferência, a cobertura 72 é aderida na base 86 para vedar a massa térmica 74 na mesma. No lugar dos ímãs 84, um suporte 85 pode ser usado prendendo-se o suporte 85 na vitrine de exposição 22 e fixando-se a
20 sonda 50 deslizando-se o suporte em uma fenda complementar 87 na base 86 da sonda 50.

A massa térmica 74 é um recipiente alojando um material tendo características termofísicas similares ao produto do alimento. Pelo fato de que o produto de alimento predominantemente contém água, o material de simulação termofísico é, de preferência, água salgada ou um material sólido
30 que tem as mesmas características térmicas que a água, tal como polietileno de baixa densidade (LDPE) ou glicol de propileno. O recipiente para a massa

térmica é, de preferência, um saco plástico e mais preferivelmente um saco de polipropileno flexível, contendo, de maneira vedada, o material de simulação. Alternativamente, um material mais rígido pode ser usado, mas deve incluir um canal centralmente disposto 77 para acomodar o elemento de leitura da temperatura 80 em proximidade com o material tendo características termofísicas similares ao produto do alimento. De preferência, a massa térmica 74 é um recipiente plástico vedado de 0,45 Kg (16 onças) com quatro por cento (4%) de água salgada.

O elemento de leitura de temperatura 80 é embutido no centro da massa térmica 74, de modo que a sonda de simulação de produto 50 mede a temperatura interna simulada dos produtos de alimento. O elemento de leitura de temperatura 80 é, de preferência, um termistor. Uma placa intermediária 78 veda o elemento de leitura de temperatura 80 e transmissor 82 em relação à massa térmica 74 e inclui um tubo se estendendo transversalmente 76 que suporta o elemento de leitura de temperatura 80 dentro do canal 77 da massa térmica 74. Quando um material plástico flexível é usado para conter o material tendo características termofísicas similares ao produto do alimento, o material plástico flexível forma o canal 77 pela acomodação do tubo 76 dentro da massa térmica 74. Uma gaxeta 89 é disposta entre a placa intermediária 78 e a base 86 para vedar o espaço entre a placa intermediária 78 e a parte inferior da base 86 contendo o transmissor 82. Preenchedores 91 recebidos através da base 86 prendem a placa intermediária 78 na base 86 através da recepção rosqueada em suplementos de porca 93 moldados internamente ou presos na placa intermediária 78.

O transmissor sem fios 82, de preferência, inclui um circuito de condicionamento de sinal, é montado entre a base 86 e a placa intermediária 85 e é conectado no elemento de leitura de temperatura 80 através de um fio 88. O transmissor sem fios 82 é um dispositivo de radiofrequência (RF) que transmite dados paramétricos. Alternativamente, o transmissor sem fios 82 é um transceptor capaz de enviar e receber dados paramétricos de RF. De preferência, o transmissor sem fios 82 é um transceptor ou transmissor autônomo que pode ser posicionado independentemente de outro equipamen-

to, tal como repetidores, operando em energia interna ou externa, que re-transmite nas mesmas ou diferentes radiofrequências que os dados paramétricos e controla as entradas e saídas, e um ou mais transmissores 82 ou receptores 94 que são ligados no controlador principal 30. Isso é descrito em
5 maiores detalhes aqui abaixo. O transmissor sem fios 82, de preferência, opera em uma fonte de energia interna, tal como uma bateria, mas pode alternativamente ser energizado por uma fonte de energia externa.

De preferência, como mostrado na Figura 5, a sonda de simulação de produto 50 monitora o desempenho da vitrine de exposição 22. De
10 preferência, uma sonda 50 é colocada dentro de cada vitrine de exposição 22. A sonda de simulação do produto 50 transmite, de maneira sem fios, os dados da temperatura do produto simulados para o receptor 94, que coleta os dados de temperatura e os retransmite para o controlador principal 30 através do barramento de comunicação 96. O controlador principal 30 regis-
15 tra e analisa os dados de temperatura e controla a temperatura das vitrines de exposição 22 com base nos dados de temperatura monitorados.

Como mostrado na Figura 6, uma modalidade alternativa da invenção inclui dispor um transmissor 82' (que, alternativamente, pode ser um transceptor) separado de uma sonda de simulação de produto 50' e depois
20 conectar o transmissor 82' na sonda 50' através de um fio 84. Para essa variação da invenção, a sonda de simulação do produto 50' não inclui um transmissor interno 82, mas é conectada em um transmissor externo 82' conectado no elemento de leitura de temperatura 80 através do fio 84. Opcionalmente, como mostrado, um sensor de temperatura do ar de descarga 48,
25 ou qualquer outro sensor, pode similarmente ser conectado no transmissor 82' para transmissão dos dados medidos. O transmissor sem fios 82' é montado externamente na vitrine de exposição 22; por exemplo, montado no topo da vitrine de exposição 22. O método de transmissão dos dados de temperatura da sonda de simulação de produto 50' para o controlador principal
30 30 permanece o mesmo como descrito acima.

Ao contrário de usar uma sonda de simulação de produto individual 50 ou sonda 50' com um transmissor externo 82' para transmitir a tem-

peratura para uma vitrine de refrigeração 22 para o receptor 94, um módulo de exposição de temperatura 46 pode alternativamente ser usado como mostrado na Figura 7. O módulo de exposição de temperatura 46 é, de preferência, um Mostrador de Temperatura de Vitrine TD3, também oferecido por CPC, Inc. de Atlanta, Geórgia. O módulo de exposição 46 é, de preferência, montado em cada vitrine de refrigeração 22, e é conectado no transmissor sem fios 82'. Cada módulo 46, de preferência, mede até três (3) sinais de temperatura, mas mais ou menos pode ser medido dependendo da necessidade. Esses sinais medidos incluem a temperatura do ar de descarga da vitrine medida por um sensor de temperatura de descarga 48, a temperatura do produto simulado medida por uma sonda de temperatura simuladora de produto 50' e uma temperatura de término de descongelamento medida por um sensor de término de descongelamento 52. Esses sensores podem também ser alternados por outros sensores, tal como sensor do ar de retorno, sensor de temperatura do evaporador ou do comutador de limpeza. O módulo de exposição 46 também inclui um mostrador de LED 54 que pode ser configurado para exibir qualquer uma das temperaturas e/ou estado da vitrine (descongelamento/refrigeração/alarme).

O módulo de exposição 46 medirá a temperatura do ar de descarga da vitrine, através do sensor de temperatura de descarga 48 e a temperatura simulada do produto, através do sensor de temperatura da sonda do produto 50 e depois transmitirá, de maneira sem fios, esses dados para o controlador de refrigeração principal 30 através do transmissor sem fios 82', que transmite os dados para o receptor 94 conectado no controlador principal 30 através do barramento de comunicação 96. Essa informação é registrada e usada para controle subsequente do sistema utilizando os métodos novos discutidos aqui.

Adicionalmente, o controlador principal 30 pode ser configurado pelo usuário para ajustar limites de alarme para cada vitrine 22, bem como parâmetros de descongelamento, com base nos dados de temperatura medidos pela sonda 50, ou sensor de temperatura de descarga 48 ou qualquer outro sensor incluindo o sensor de término de descongelamento 52, sensor

do ar de retorno, temperatura do evaporador ou sensor do comutador de limpeza. Quando ocorre um alarme, o controlador principal 30, de preferência, notifica uma estação de monitoramento central localizada remotamente 100 através de um barramento de comunicação 102, incluindo LAN/WAN ou discagem remota usando, por exemplo TCP/IP. Adicionalmente, o controlador principal 30 pode notificar um gerente do depósito ou companhia de serviço de refrigeração através de uma chamada telefônica ou página usando um modem conectado em uma linha telefônica. O alarme e a informação de descongelamento podem ser transmitidos do controlador de refrigeração principal 30 para o módulo de exposição 46 para exibir o estado no mostrador de LED 54.

Com referência à Figura 8, uma lógica de controle de temperatura 70 é mostrada para controlar o regulador de pressão eletrônico (ESR) 28 para o circuito particular 26 sendo analisado. Sob esse aspecto, cada regulador de pressão eletrônico 28 é controlado medindo-se a temperatura da vitrine com relação ao circuito particular 26. Como mostrado na Figura 1, cada circuito A,B,C,D inclui sondas de simulação de produto 50, 50' que transmitem dados de temperatura, de maneira sem fios, para o receptor do sinal analógico 94. O receptor 94 mede a temperatura da vitrine e transmite os dados para o controlador de refrigeração 30 usando a rede de comunicação 34. A lógica ou algoritmo de controle de temperatura 70 é programada no controlador de refrigeração 30.

A lógica de controle de temperatura 110 pode receber temperaturas da vitrine ($T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$) de cada vitrine 22 no circuito particular 26 ou uma única temperatura de uma vitrine 22 no circuito 26. Caso múltiplas temperaturas sejam monitoradas, essas temperaturas ($T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$) são manipuladas por um bloco de temperatura média/mín./máx. 72. O bloco 72 pode ser configurado para tirar a média de cada uma das temperaturas ($T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$) recebidas de cada uma das vitrines 22. Alternativamente, o bloco de temperatura média/mín./máx. 112 pode ser configurado para monitorar as temperaturas mínima e máxima das vitrines 22 para selecionar um valor médio a ser utilizado ou algum outro valor apropriado. A seleção de

qual opção usar, geralmente será determinada com base no tipo de hardware utilizado no sistema de controle de refrigeração 10. Do bloco 112, a temperatura (T_{ct}) é aplicada em um detector de erro 114. O detector de erro 114 compara o ponto de fixação da temperatura de circuito desejada (SP_{ct})
5 que é ajustado pelo usuário no controlador de refrigeração 30 com a temperatura medida atual (T_{ct}) para produzir um valor de erro (E_{ct}). Aqui novamente, esse valor de erro (E_{ct}) é aplicado em um algoritmo de Lógica PI/PID/Difusa 108, que é um algoritmo convencional de controle de refrigeração, para determinar uma abertura de válvula (VO_{ct}) em porcentagem
10 (%) particular para o regulador de pressão eletrônico particular (ESR) 28 sendo controlado através da placa do ESR 42. Detalhe adicional com relação ao cálculo de VO_{ct} é fornecido aqui abaixo.

Embora a lógica de controle de temperatura 110 seja eficiente para implementar, logisticamente ela tinha desvantagens inerentes. Por exemplo, cada sensor de medição de temperatura da vitrine exigia conectar
15 cada vitrine de exposição 22 na placa de entrada analógica 38, que geralmente fica localizada na sala do compressor 6. Isso criava muita fiação e altos custos de instalação. A invenção descrita aqui, entretanto, supera essa limitação dispondo de maneira sem fios a transmissão dos dados de temperatura das sondas de simulação de produto 50,50', ou de outros sensores de temperatura incluindo o sensor de temperatura de descarga 48, o sensor de término de descongelamento 52, sensor do ar de retorno, temperatura do evaporador ou sensor de comutador de limpeza, etc. Uma melhoria adicional a essa configuração é usar o módulo de exposição 46, como mostrado no
20 circuito A da Figura 1, bem como Figura 7. Sob esse aspecto, um sensor de temperatura dentro de cada vitrine 22 passa a informação de temperatura para o módulo de exposição 46, que transmite, de maneira sem fios, os dados para o receptor 94, que envia os dados para o controlador 30. Sob qualquer versão, os dados de temperatura são transferidos diretamente da vitrine de refrigeração 22 para o controlador de refrigeração 30 sem necessidade
25 pela placa de entrada analógica 38, ou por fiação dos vários sensores na placa de entrada analógica 38, dessa maneira substancialmente reduzindo

custos de fiação e instalação.

Com referência agora à Figura 9, uma lógica de controle de temperatura do circuito flutuante 116 é ilustrada com base nas medições de temperatura da sonda de simulação do produto 50,50'. A lógica de controle de temperatura do circuito flutuante 116 começa no bloco de início 118. Do bloco de início 118, a lógica de controle prossegue para o bloco diferencial 120. No bloco diferencial 120, a temperatura média de simulação do produto para a última uma hora ou outro período de tempo apropriado é subtraída de uma temperatura máxima de produto permissível para determinar uma diferença (dif.). Sob esse aspecto, as medidas da sonda do produto 50 são preferivelmente tiradas, por exemplo, a cada dez segundos com uma média corrente tirada sobre um certo período de tempo, tal como uma hora. O tipo de produto sendo armazenado na vitrine de refrigeração particular 22 geralmente controla a temperatura máxima do produto permissível. Por exemplo, para produtos de carne, um limite de 5°C (41°F) é geralmente a máxima temperatura permissível para manter a carne em uma vitrine de refrigeração 22. Para proporcionar um compensador adicional, a máxima temperatura de produto permissível pode ser ajustada -15°C (5°F) a menos do que esse máximo (isto é, 2,2°C (36°F) para a carne).

Do bloco diferencial 120, a lógica de controle 116 prossegue para o bloco de determinação 122, bloco de determinação 124 ou bloco de determinação 126. No bloco de determinação 122, se a diferença entre a temperatura média do simulador de produto e a temperatura máxima de produto permissível do bloco diferencial 120 é maior do que -15°C (5°F), uma diminuição do ponto de fixação de temperatura para o circuito particular 26 por -15°C (5°F) é executada no bloco de mudança 128. Daqui, a lógica de controle retorna para o bloco de início 118. Essa ramificação identifica que a temperatura média do produto está muito quente, e portanto, precisa ser esfriada. No bloco de determinação 124, se a diferença é maior do que -20°C (5°F) e menor do que -15°C (5°F), isso indica que a temperatura média do produto está suficientemente perto da temperatura máxima do produto permissível e nenhuma mudança do ponto de fixação da temperatura é execu-

tada no bloco 130. Caso a diferença seja menor do que -20°C (5°F) como determinado no bloco de determinação 126, um aumento no ponto de fixação da temperatura do circuito por -15°C (5°F) é executado no bloco 132.

Pela flutuação da temperatura do circuito para todo o circuito 26 ou a vitrine particular 22 com base na temperatura do produto simulado, a vitrine de refrigeração 22 pode ser utilizada em uma maneira mais eficiente desde que os critérios de controle sejam determinados com base na temperatura do produto e não na temperatura da vitrine que é uma indicação mais precisa das temperaturas desejadas. Deve ser adicionalmente observado que embora um diferencial de -15°C (5°F) tenha sido identificado na lógica de controle 116, aqueles versados na técnica reconheceriam que um diferencial de temperatura maior ou menor, pode ser utilizado para proporcionar sintonização até mesmo mais fina e tudo o que é exigido é um limite diferencial de alta e baixa temperatura para flutuar a temperatura do circuito. Deve ser adicionalmente observado que pelo uso da lógica de controle de temperatura do circuito flutuante 116 em combinação com a lógica de controle de pressão de aspiração flutuante 80, eficiências de energia adicionais podem ser realizadas. Variações do aparelho e método acima são descritas no pedido de patente U.S. Nº 09/539.563, depositado em 31 de Março de 2000, intitulado "Method and Apparatus For Refrigeration System Control Using Electronic Evaporator Pressure Regulators", incorporado aqui por referência.

Com referência à Figura 10, o sistema de refrigeração 10 da presente invenção é mostrado preferivelmente incluindo um comutador de modo 150. O comutador de modo 150 é mostrado na Figura 10 como sendo integrado com o módulo de exposição 46. Deve ser observado, entretanto, que o comutador de modo 150 não é limitado à integração com o módulo de exposição 46 e pode ser montado em qualquer lugar sobre, no ou perto de sua vitrine de refrigeração correspondente 22. O comutador de modo 150 pode ser alternado de uma primeira posição, correspondendo a um primeiro modo, e uma segunda posição, correspondendo a um segundo modo. O primeiro modo pode ser caracterizado como um modo de operação "normal" enquanto o segundo modo pode ser caracterizado como um modo de "lim-

peza".

Como discutido previamente, será necessário que a vitrine de refrigeração 22 seja limpa como parte de um programa de limpeza regular, ou no caso do produto de alimento derramar dentro da vitrine de refrigeração 22. Em qualquer eventualidade, a leitura de temperatura da vitrine de refrigeração 22 será interrompida como o resultado do processo de limpeza. Isso resultaria em dados de temperatura anormais sendo registrados pelo controlador de refrigeração 30. Para evitar o registro de temperaturas anormais, o comutador de modo 150 é projetado para sinalizar ao controlador do refrigerador 30 que uma vitrine de refrigeração 22 está sendo limpa. Com a ativação do comutador de modo 150, uma única mensagem é transmitida para o controlador do refrigerador 30. Se a mensagem é interpretada pelo controlador do refrigerador 30 como um sinal de limpeza, nenhum dado de temperatura será registrado pelo controlador de refrigeração 30 para a vitrine do refrigerador particular 22. Uma vez que o processo de limpeza tenha sido concluído, o comutador de modo pode ser transferido de volta para o modo de operação "normal" e a gravação das temperaturas pode prosseguir como normal. De preferência, cada vitrine de refrigerador 22 é independentemente controlada por seu próprio comutador de modo 150. Alternativamente, o comutador de modo pode ser associado com um conjunto de vitrines de refrigerador 22.

Um recurso de detecção visual, geralmente mostrado como numeral de referência 152, é preferivelmente associado com cada comutador de modo 150. O recurso de detecção visual 152 possibilita que um usuário determine o modo de operação de uma vitrine de refrigerador particular 22 sem exigir que o usuário acesse o controlador do refrigerador 30. O recurso de detecção visual 152 pode incluir a posição do comutador, um diodo emissor de luz (LED), um mostrador de cristal líquido (LCD) ou uma lâmpada. O tipo de indicador visual a ser implementado dependerá de um projeto particular.

Os transmissores 82,82' para esse sistema sem fios são, de preferência, de baixa potência, o que resulta em uma faixa de transmissão limi-

tada para enviar mensagens para e dos sensores de RF 50, 50' e do receptor de RF 94. Como tal, o receptor de RF 94 é idealmente localizado mais próximo de sensores de RF 50,50'. Entretanto, localizar o receptor de RF 94 perto dos sensores de RF 50,50' não é sempre possível, particularmente com sistemas maiores desenvolvidos em grandes construções e depósitos. Para tais aplicações, uma repetidora de RF é útil.

Com referência particular à Figura 11, um diagrama esquemático de um sistema de monitoramento de RF 160 é detalhado. O sistema de monitoramento de RF 160 implementa uma pluralidade de repetidores de RF 162 para superar a faixa de transmissão limitada descrita acima. Cada repetidor de RF 162 age como uma ponte entre o receptor 94 e as sondas de simulação de produto 50,50' para enviar novamente mensagens de um lado para o outro. Os repetidores de RF 162 ouvem as mensagens, depois elevam o sinal de volta para o receptor 94. Tipicamente, "colisões" de mensagem podem ocorrer se múltiplos repetidores de RF 162 começarem a enviar uma mensagem para o receptor 94 ao mesmo tempo ou em tempos sobrepostos. Para fazer as transmissões de mensagem deterministas, o receptor 94 usa um esquema de consulta para coletar os dados dos repetidores de RF 162 e para retransmitir a informação de solicitação de volta para as sondas de simulação de produto 50,50' no lado de entrada d repetidor de RF. Como resultado, o repetidor de RF 162 e o receptor 94 são na realidade transceptores de baixa potência que devem satisfazer certas exigências do FCC (por exemplo, Partes 15,247 e 15,249).

Em operação, o receptor 94 inicialmente envia uma mensagem ou sinal de "consulta" para um repetidor de RF específico 162, indicando para o repetidor de RF 162 enviar todos os dados pendentes. Com a recepção desse sinal, o repetidor de RF 162 envia todos os seus dados pendentes para o receptor 94 incluindo uma mensagem de TODOS OS DADOS PENDENTES ENVIADOS. Essa mensagem indica ao receptor 94 que o repetidor de RF particular 162 enviou todos os seus dados pendentes. As mesmas etapas são então repetidas para cada repetidor de RF 162. Se o receptor 94 não recebe uma mensagem de retorno dentro de um (1) segundo, ele envia-

rá novamente o sinal ENVIAR TODOS OS DADOS PENDENTES duas vezes mais para garantir que o repetidor de RF particular 162 tenha tempo adequado para começar a transmissão dos dados. Se o receptor 94 não recebe uma mensagem de retorno, o receptor 94 indicará um erro e consultará o próximo repetidor de RF 162. Uma vez tendo recebido os dados, o receptor 94 encaminha os dados para o controlador do refrigerador apropriado 30. Isso é realizado pelo encaminhamento da mensagem através de uma rede de entrada/saída (I/O) 164 correspondendo a um controlador do refrigerador particular 30. As redes de I/O individuais 164, cada uma compreende uma porta de comunicação 166, uma placa de entrada analógica 168 e uma placa de saída de retransmissão 170. A placa de entrada analógica 168 e a placa de saída de retransmissão são geralmente usadas para comunicar informação de e para, respectivamente, outros componentes que não operam com o sistema sem fios. A porta de comunicação 166 age como uma ponte entre os sistemas de comunicação "sem fios" e "normal" pegando dados do receptor 94 e formatando-os para um controlador de área particular 30.

A lógica PI, PID e FL previamente discutida será descrita em detalhe adicional, com referência à Figura 12, que esquematicamente mostra um sistema de refrigerador simplificado 180 implementando os componentes de transmissão de dados sem fios descritos previamente. O sistema do refrigerador 180 inclui um circuito completo de controle 182 e um circuito completo de refrigerador 184. O circuito completo de controle 182 geralmente inclui um controlador do refrigerador 30', uma placa I/O 32', um receptor 94' e um sensor de temperatura de ar sem fios 182. O circuito completo do refrigerador 184 geralmente inclui um compressor 188, um evaporador 190 e um condensador 192. O sensor de temperatura do ar sem fios 186 é disposto perto do evaporador 190.

A operação regular do sistema de refrigeração 180 inclui descongelamento diário do evaporador 190. O descongelamento do evaporador 190 dura por uma duração especificada de tempo e é preferivelmente realizado por um aquecedor 191 usando um elemento de aquecimento elétrico, gás quente ou ar quente. Geralmente, o descongelamento está terminado

antes da duração de tempo especificado se a temperatura do evaporador 190 chega acima de um valor específico (por exemplo 7,2°C (45°F)). Um método preferido de descongelamento do evaporador da presente invenção usa o sensor de temperatura de ar sem fios 186 (ver Figura 7) para tomar uma decisão de determinação de descongelamento. O sensor de temperatura sem fios pode incluir um comutador de termostato de um tipo conhecido na técnica. Durante o descongelamento, o controlador 30' pára o fluxo de refrigeração para a evaporação 190 e inicia o aquecedor 191, se existente. Onde um aquecedor não é usado para o descongelamento, simplesmente parar o fornecimento de refrigeração para o evaporador 190 inicia o descongelamento permitindo-se que a temperatura do evaporador 190 eleve-se. O sensor de temperatura de ar sem fios 186 monitora a temperatura do evaporador 190. Esses dados são enviados para o controlador do refrigerador 30' através do receptor 94'. O controlador do refrigerador 30', então, determina a saída apropriada do compressor 188 e envia um sinal através da placa I/O 32' para consequentemente ajustar a operação do compressor 188.

Como previamente discutido, existem vários algoritmos preferidos para o controle da temperatura dentro da vitrine do refrigerador 22. Novamente, com referência à Figura 12 para uma vista mais simples, a operação do compressor 188 é determinada pela saída dos algoritmos. Os algoritmos possíveis de controle de temperatura incluem controle de banda morta (DB), lógica proporcional/integral (PI), lógica proporcional/integral/diferenciação (PID) e lógica difusa (FL).

A Figura 13 detalha a lógica de controle da banda morta para controlar a temperatura do evaporador dentro da vitrine do refrigerador 22. A temperatura do evaporador (T_{ct}) é inicialmente medida pelo sensor de temperatura de ar sem fios 186 e comparada com a temperatura do ponto de fixação (SP_{ct}). A temperatura medida pode ser a temperatura relacionada com uma única vitrine de exposição ou pode ser uma de uma temperatura máxima, uma temperatura mínima ou uma temperatura média para uma série de vitrines de exposição em um circuito. O erro (E_{ct}) é calculado como a diferença entre a temperatura do evaporador medida (T_{ct}) e a temperatura

do ponto de fixação (SP_ct). Além de pré-ajustar o SP_ct, um usuário pode também preestabelecer uma faixa de "banda morta" (DB). A DB é uma faixa de temperatura (por exemplo, +/-2°F) entre a qual a T_ct pode variar. Uma vez que T_ct tenha alcançado o limite superior ou inferior da DB, o compressor 188 é conseqüentemente operado. Tipicamente, o compressor 188 é desligado quando T_ct alcança o limite superior e ligado quando T_ct alcança o limite inferior. Uma vez que E_ct foi calculado, a seguinte lógica comanda a operação do compressor 188:

Se $E_{ct} > DB/2$ então LIGADO

10 Se $E_{ct} < -DB/2$ então DESLIGADO

Por exemplo, suponha que um usuário preestabelece SP para ser 7,2°C (45°F) com um DB de +/-2°F. Se T_ct é menor do que 6,1°C (43°F), então o compressor 188 será ligado. Se T_ct é maior do que 8,3°C (47°F), então o compressor 188 será desligado.

15 Com referência à Figura 14, a lógica PI,PID e FL será descrita em detalhes. Similarmente à lógica DB, um usuário deve preestabelecer um ponto de fixação de temperatura (SP_ct). Também, um erro (E_ct) é calculado pela subtração de SP_ct de uma temperatura do evaporador medida (T_ct). Usando a lógica PID, três cálculos de saída de controle do compressor ocorrem, cada um como uma função de E_ct. Inicialmente, um valor de compressor proporcional (P) é determinado multiplicando-se E_ct por uma constante proporcional, k_p . Esse cálculo é dado pela seguinte fórmula:

$$P = k_p E_{ct}$$

25 Uma saída (I) de controle do compressor integral, ou soma, é também determinada. A saída de controle do compressor integral é a soma dos valores de E_ct em uma taxa de amostragem específica, através de um período específico de tempo (Δt). A soma é então multiplicada pelo tempo e uma constante integral, k_i . Isso é mostrado na fórmula seguinte:

$$I = k_i \sum (E_{ct}) \Delta t$$

30 Um valor de diferenciação do compressor (D) é também calculado como a mudança de E_ct por tempo, multiplicado por uma constante de diferenciação, k_d , e comandado pela seguinte equação:

$$D=k_d[(E_t-E_{t-1})/\Delta t]$$

Cada uma das saídas de controle do compressor, P, I e D, é então adicionada uma na outra para obter um valor de compressor geral (O_{ct}), que determina a taxa na qual o compressor 188 deve operar. Por exemplo, se P determina ao compressor 188 funcionar em 20%, I em 10% e D em -10%, o compressor 188 será operado em 20% ($O_{ct}=P+I+D$).

A lógica PI é a mesma como descrito acima para a lógica PID, com a exceção de que o valor do compressor D não é considerado (isto é, fixado em zero).

A lógica difusa regula a saída do compressor com base em amostras através de um período de tempo. Especificamente, E_{ct} é amostrado através de um período de tempo. Quando uma determinação de controle é para ser feita, o controlador 30' seleciona um de um valor médio, mínimo ou máximo para E_{ct} durante o período de amostra. O valor de temperatura preferido é préprogramado no controlador 30'. O controlador 30' também determina uma taxa de erro, E_{rt} , para o período de amostra. E_{rt} é a taxa na qual a E_{ct} está crescente ou decrescente através do período da amostra. E_{ct} e E_{rt} são então usados como entradas no processo FL.

FL será descrita por meio de exemplo, com os valores dados de $E_{ct} = 0,5$ e $E_{rt} = -1,5$. Com referência aos Gráficos 1 e 2 da Figura 15 e Tabelas 1 e 2 abaixo, a primeira etapa é chamada "difusão", durante a qual, as funções da associação são determinadas como uma função de E_{ct} e E_{rt} , com referência aos seus gráficos respectivos. As funções da associação para E_{ct} incluem: erro negativo (N_{ER}), erro zero (ZE) e erro positivo (P_{ER}). As funções da associação para E_{rt} incluem: taxa de erro negativo (N_{RT}), taxa de erro zero (ZE_{RT}) e taxa de erro positivo (P_{RT}). Lendo o Gráfico 1 da Figura 15, $E_{ct} = 0,5$ produz $P_{ER} = 0,25$ e $ZE = 0,75$. Lendo o Gráfico 2 da Figura 15, $E_{rt} = -1,5$ produz um $N_{RT} = 0,75$ e $ZE_{RT} = 0,25$. A próxima etapa inclui uma comparação de "mín./máx.", onde os valores da função da associação de E_{ct} e E_{rt} são comparados em combinações variadas para determinar o menor valor (mínimo). Essa etapa, para o exemplo atual, prossegue como segue:

$$(ZE, ZE_RT) = (0,75, 0,25) \Rightarrow \text{mínimo} = 0,25$$

$$(ZE, N_RT) = (0,75, 0,75) \Rightarrow \text{mínimo} = 0,75$$

$$(P_ER, ZE_RT) = (0,25, 0,25) \Rightarrow \text{mínimo} = 0,25$$

$$(P_ER, N_RT) = (0,25, 0,75) \Rightarrow \text{mínimo} = 0,25$$

- 5 A Tabela 1 é então referenciada para determinar as mudanças respectivas na saída para cada uma das comparações da associação designada acima.

	N_RT	ZE_RT	P_RT
N_ER	BNC	SNC	SPC
ZE	MNC	NC	MPC
P_ER	SNC	SPC	BPC

Tabela 1

As mudanças na saída são definidas como:

Mudanças na saída	Abreviação	% Mudança
Grande Mudança Negativa	BNC	-30
Média Mudança Negativa	MNC	-20
Pequena Mudança Negativa	SNC	-10
Sem Mudança	NC	0
Pequena Mudança Positiva	SPC	10
Média Mudança Positiva	MPC	20
Grande Mudança Negativa	BPC	30

- 10 Tabela 2

Com referência às Tabelas 1 e 2, os valores seguintes são fornecidos para o exemplo atual:

$$(ZE, ZE_RT) = (0,75, 0,25) \Rightarrow \text{mínimo} = 0,25 \text{ e } (ZE, ZE_RT) = \text{NC}$$

$$(ZE, N_RT) = (0,75, 0,75) \Rightarrow \text{mínimo} = 0,75 \text{ e } (ZE, N_RT) = \text{MNC}$$

- 15 $(P_ER, ZE_RT) = (0,25, 0,25) \Rightarrow \text{mínimo} = 0,25 \text{ e } (P_ER, ZE_RT) = \text{SPC}$

$$(P_ER, N_RT) = (0,25, 0,75) \Rightarrow \text{mínimo} = 0,25 \text{ e } (P_ER, N_RT) = \text{SNC}$$

- 20 Se uma mudança na saída foi repetida, a mudança na saída correspondendo ao valor de comparação máximo é escolhida e a outra não é considerada. Por exemplo, suponha que MNC foi o resultado para duas das comparações acima. A mudança de MNC na saída correspondendo ao valor

de função de associação mais alto é usada e a outra não é considerada nos cálculos subsequentes.

A etapa final inclui um processo de "anulação de difusão" que calcula uma mudança de porcentagem na saída de controle do compressor como uma função dos valores de comparação "mínimos" e a mudança nos valores de saída. Para o exemplo atual, esses valores incluem:

(ZE,ZE_RT) $\Rightarrow$ 0,25 e NC = 0%

(ZE,N_RT) $\Rightarrow$ 0,75 e MNC = -20%

(P_ER,ZE_RT) $\Rightarrow$ 0,25 e SPC = 10%

10 (P_ER,N_RT) $\Rightarrow$ 0,25 e SNC = -10%

A mudança de porcentagem na saída de controle do compressor é calculada como segue:

$$\frac{(0,25)*(0\%)+(0,75)*(-20\%)+(0,25)*(10\%)+(0,25)*(-10\%)}{(0,25+0,75+0,25+0,25)} = -10\%$$

15 Para esse exemplo, o controlador 30' é sinalizado para reduzir a saída do compressor por 10%. Portanto, se o compressor 188 estava atualmente operando em 70%, o controlador 30' sinalizava uma redução para 60%. Em uma modalidade preferida, o controlador 30' é pré-programado com valores limites de 0 e 100%. Se o procedimento FL calcule uma % de

20 Ajuste de Compressor = -30% e o compressor 188 esteja atualmente operando em 20%, não é praticável para o compressor 188 operar em -10%. Portanto, o controlador 30' dispara o limite inferior e sinaliza ao compressor 188 para operar em 0%, ou "desligado". Similarmente, suponha que o procedimento FL calcule uma % de Ajuste do Compressor = 20%, e o compres-

25 sor 188 está atualmente operando em 90%. Não é praticável para o compressor 188 operar em 110%, portanto, o controlador 30' dispara o limite superior e sinaliza ao compressor 188 para operar em 100%.

Além disso, o controlador 30' pode estar controlando mais do que um compressor para um dado sistema de refrigeração. Como tal, o método de controle pode ser variado através dos compressores. Por exemplo,

30 suponha que dois conversores sejam utilizados e o controlador 30' determine um Valor de Ajuste do Compressor = 50%. Em um tal caso, um compres-

sor pode ser desligado e o outro operado em 100%, ou ambos podem operar em 50%.

5 É importante observar que os métodos de controle e descongelamento acima descritos, com referência ao sistema do refrigerador 180, podem ser facilmente adaptados para a implementação com um sistema de refrigerador mais complexo, tal como o sistema de refrigerador 10 da Figura 1, como será prontamente entendido por alguém versado na técnica.

10 A discussão precedente discute e descreve modalidades meramente exemplares da presente invenção. Uma pessoa versada na técnica prontamente reconhecerá a partir de tal discussão, e dos desenhos e reivindicações acompanhantes, que várias mudanças, modificações e variações podem ser feitas sem se afastar do espírito e escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para controlar refrigeração que compreende:
pelo menos uma vitrine de refrigeração (22); e
um sensor de temperatura de produto simulada (50) operável
5 para medir uma temperatura de produto simulada a partir da pelo menos
uma vitrine de refrigeração;
caraterizado pelo fato de que ainda compreende:
um transceptor (82) em comunicação com o sensor de temperatura de produto simulada (50) e operável para transmitir dados, de maneira
10 sem fio, incluindo a temperatura de produto simulada;
um receptor (94) adaptado para receber os dados transmitidos de maneira sem fio incluindo a temperatura de produto simulada;
um controlador (30) em comunicação com o receptor (94) e operável para controlar uma temperatura da pelo menos uma vitrine de refrigeração (22) com base nos dados transmitidos de maneira sem fio a partir da
15 pelo menos uma vitrine de refrigeração (22); e
um comutador de modo (150) para seletivamente suspender o controlador (30) de controlar a temperatura da pelo menos uma vitrine de refrigeração (22).
- 20 2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **caraterizado pelo fato de que** o sensor de temperatura de produto simulada (50) inclui um alojamento (70) contendo uma massa térmica (74) tendo propriedades termofísicas similares ao produto de alimento, e um termistor (80) para medir a temperatura da massa térmica (74).
- 25 3. Sistema, de acordo com a reivindicação 2, **caraterizado pelo fato de que** o termistor (80) é posicionado aproximadamente no centro da massa térmica (74).
4. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **caraterizado pelo fato de que** ainda compreende um sensor (48) de temperatura ambiente do
30 ar da vitrine operável para medir uma temperatura ambiente do ar da vitrine na pelo menos uma vitrine de refrigeração (22) e em comunicação com o transceptor (82).

5. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **caraterizado pelo fato de que** ainda compreende um sensor (52) de temperatura de término de descongelamento operável para medir uma temperatura de término do descongelamento na pelo menos uma vitrine de refrigeração (22) e em comunicação com o transceptor (82).

6. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **caraterizado pelo fato de que** ainda compreende um módulo de exibição de temperatura (46) conectado a um sensor (48) de temperatura ambiente do ar operável para medir uma temperatura ambiente do ar, um sensor (52) de temperatura de término de descongelamento operável para medir uma temperatura de término do descongelamento e o sensor de temperatura de produto simulada (50), os dados transmitidos de maneira sem fio ainda incluindo a temperatura ambiente do ar e a temperatura de término do descongelamento, o módulo de exibição de temperatura (46) estando em comunicação com o transceptor (82) para transmitir, de maneira sem fio, os dados para o receptor (94).

7. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **caraterizado pelo fato de que** o controlador (30) é configurado para incluir os limites de alarme definidos pelo usuário para os dados transmitidos de maneira sem fio e ainda compreende uma estação de monitoramento remoto (100) para monitorar remotamente os dados transmitidos de maneira sem fio e sinalizar remotamente os limites do alarme.

8. Método para controle do sistema de refrigeração que compreende as etapas de:

25 identificar um circuito guia (26) tendo um ponto de fixação de temperatura mais baixo a partir de uma pluralidade de circuitos (26);

inicializar um ponto de fixação de pressão de sucção para um cavalete de compressor (18) tendo pelo menos um compressor (12) baseado no circuito guia identificado; e

30 determinar uma mudança no ponto de fixação de pressão de sucção baseado em um parâmetro medido;

caracterizado pelo fato de que ainda compreende a etapa de:

atualizar o ponto de fixação de pressão de sucção baseado na mudança no ponto de fixação de pressão de sucção até um regulador de pressão de um primeiro vaporizador eletrônico (28) para o circuito guia estar aberto aproximadamente 100 por cento.

5 9. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de que** a pluralidade de circuitos (26) inclui um primeiro circuito e um segundo circuito, o primeiro circuito sendo o circuito guia (26) e ainda compreendendo determinar o ponto de fixação de pressão de sucção para o segundo circuito baseado no ponto de fixação de pressão de sucção atualiza-

10 do.

10 10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende a etapa de determinar um primeiro parâmetro a partir do primeiro circuito e determinar uma posição de válvula para o regulador de pressão do primeiro vaporizador eletrônico (28) baseado no

15 primeiro parâmetro.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende a etapa de determinar uma posição de válvula para o regulador de pressão do segundo vaporizador eletrônico (28) para o segundo circuito.

20 12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende a etapa de determinar um segundo parâmetro a partir do segundo circuito, em que a determinação da posição de válvula para o regulador de pressão do segundo vaporizador eletrônico (28) é baseada no segundo parâmetro.

25 13. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende a etapa de determinar se o circuito guia (26) está em descongelamento.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende a etapa de identificar um novo circuito

30 guia se o circuito guia (26) está em descongelamento.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado pelo fato de que** o novo circuito guia (26) é o circuito tendo o ponto de fixa-

ção de temperatura mais baixo seguinte a partir da pluralidade de circuitos.

- 5 16. Método, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende inicializar um novo ponto de fixação de pressão de sucção para o cavalete do compressor (18) baseado em um parâmetro medido para o novo circuito guia.

17. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de que** a inicialização do ponto de fixação de pressão de sucção é baseada na pressão de saturação do ponto de fixação do circuito guia.

- 10 18. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de que** a determinação da mudança do ponto de fixação de pressão de sucção ainda inclui usar uma lógica difusa para determinar a mudança no ponto de fixação de pressão de sucção.

- 15 19. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de que** o parâmetro medido é uma temperatura de simulação de produto, nível do líquido de sub-resfriamento após uma condensação, umidade relativa, temperatura da vitrine ou uma pluralidade de temperaturas de vitrines.

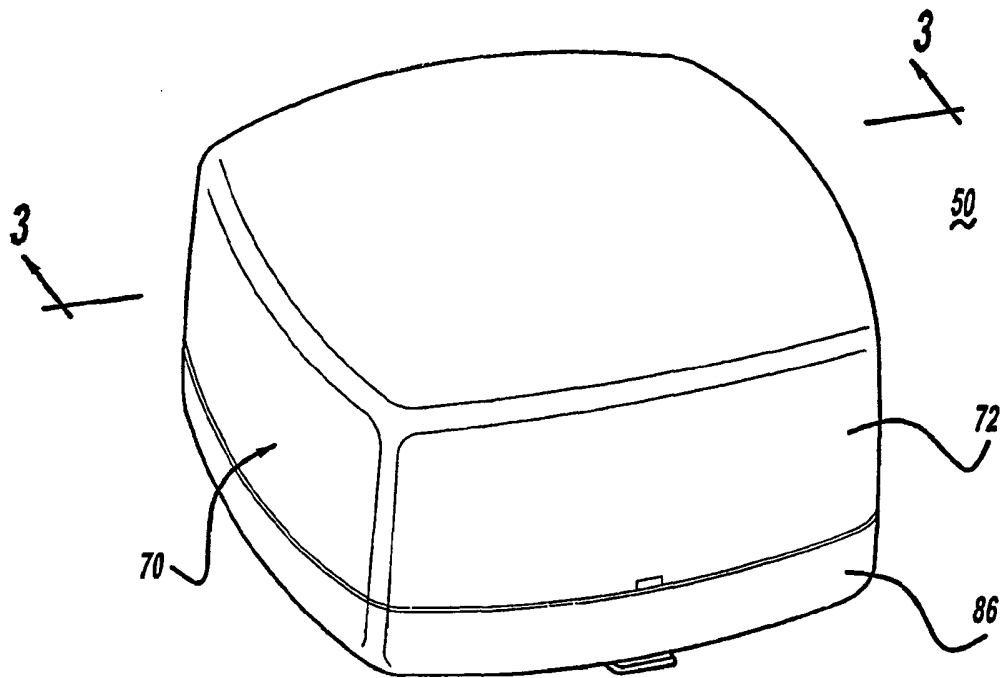


Fig - 2

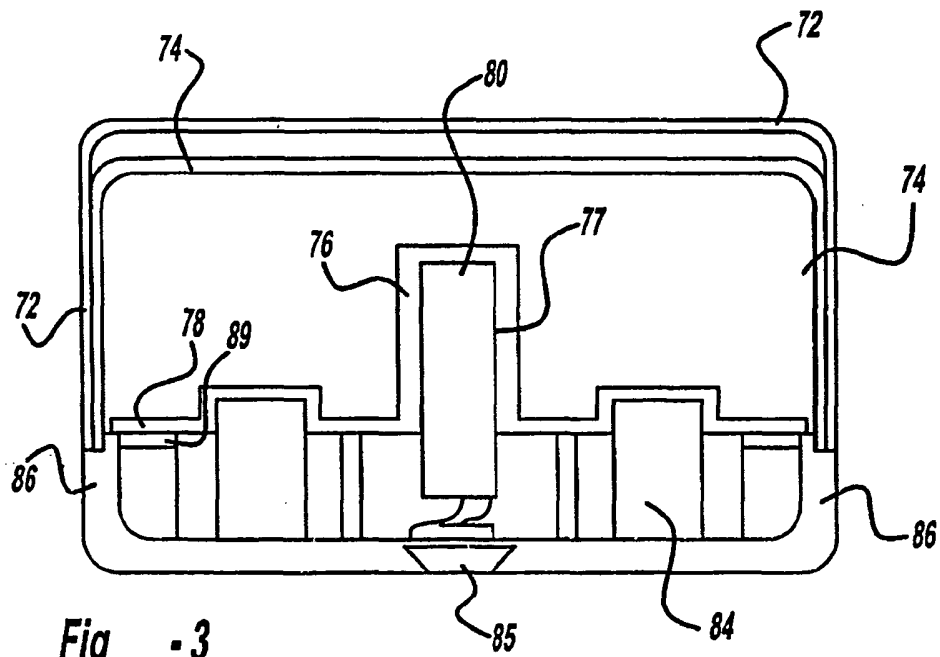
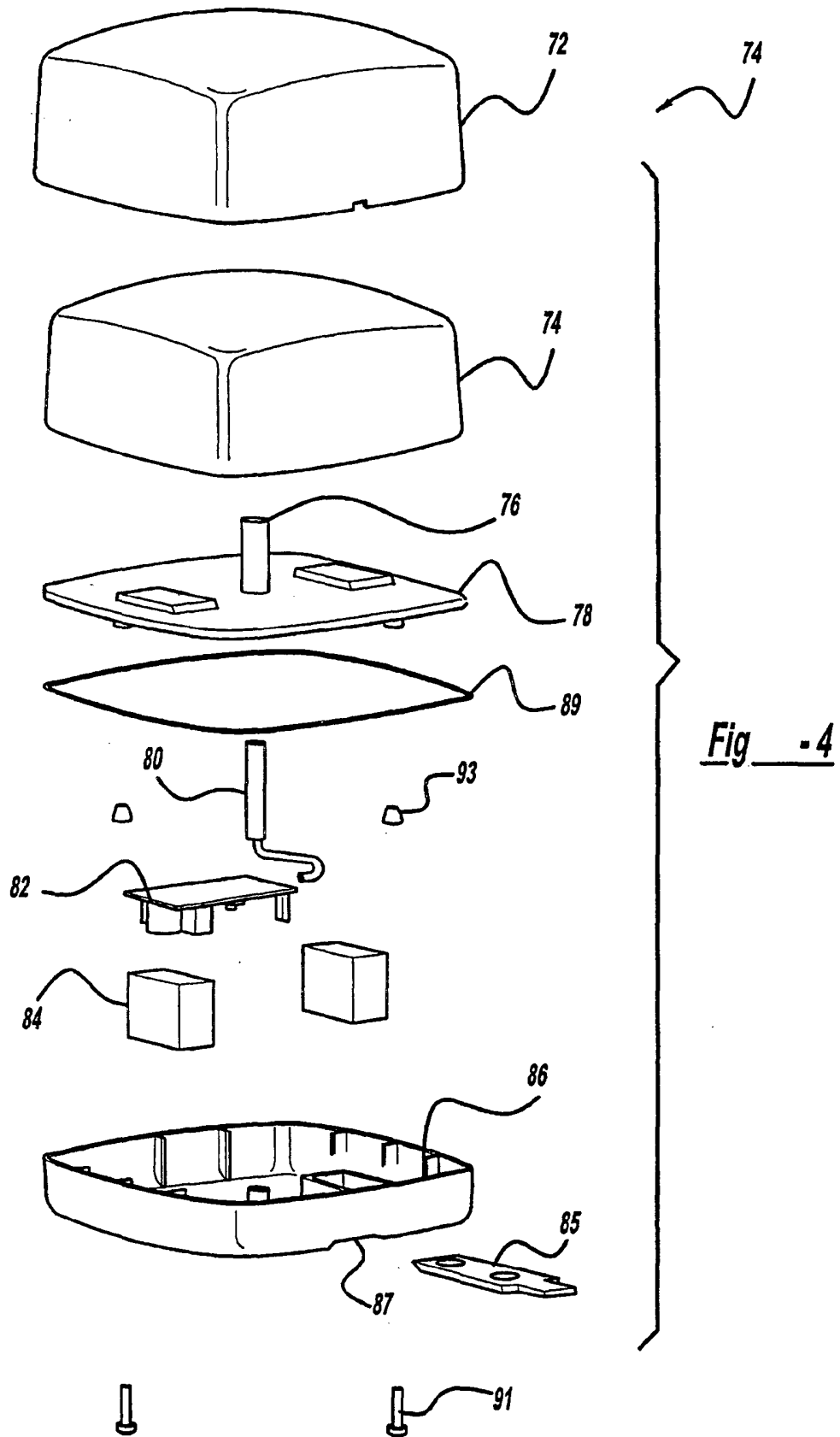


Fig - 3



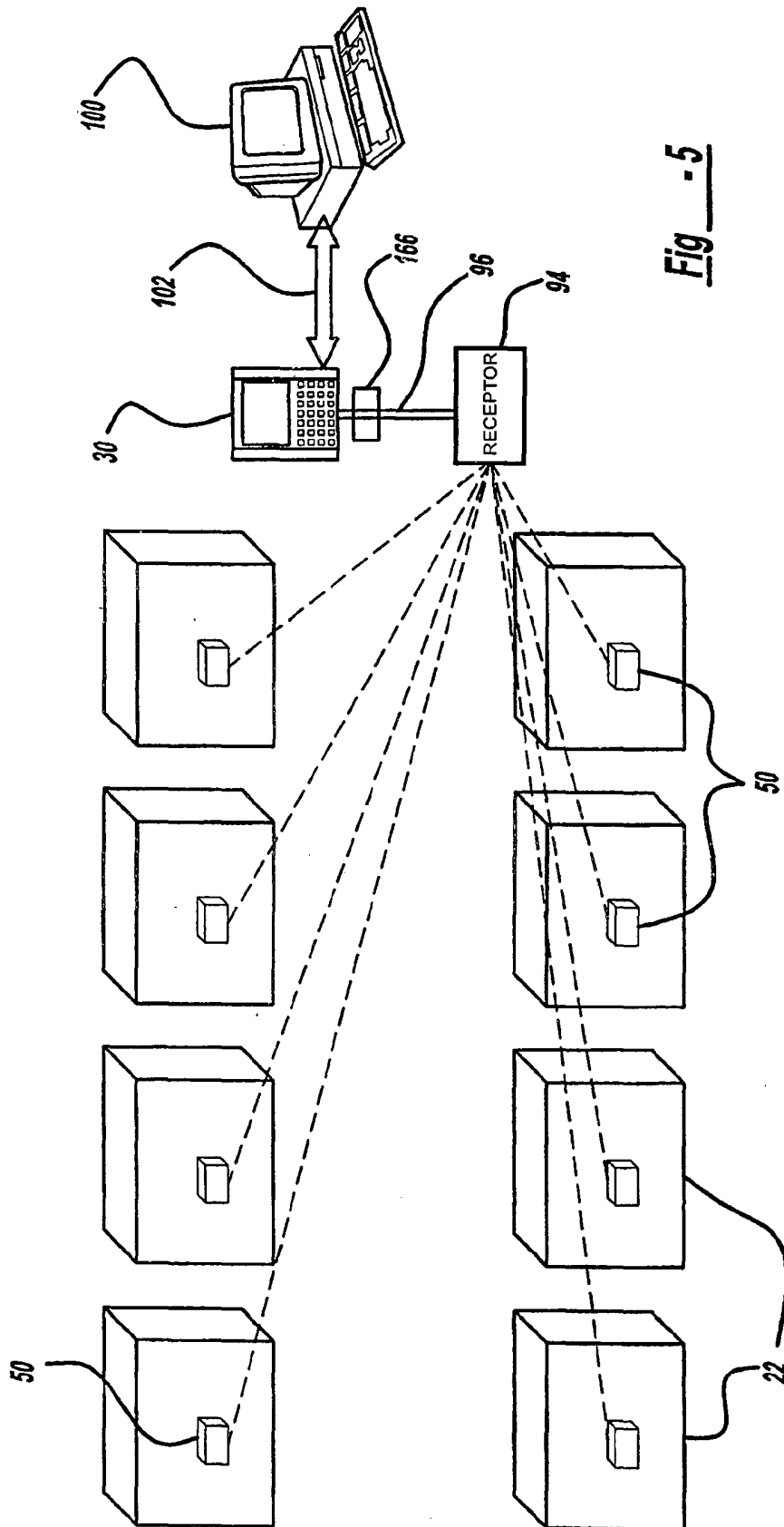


Fig -5

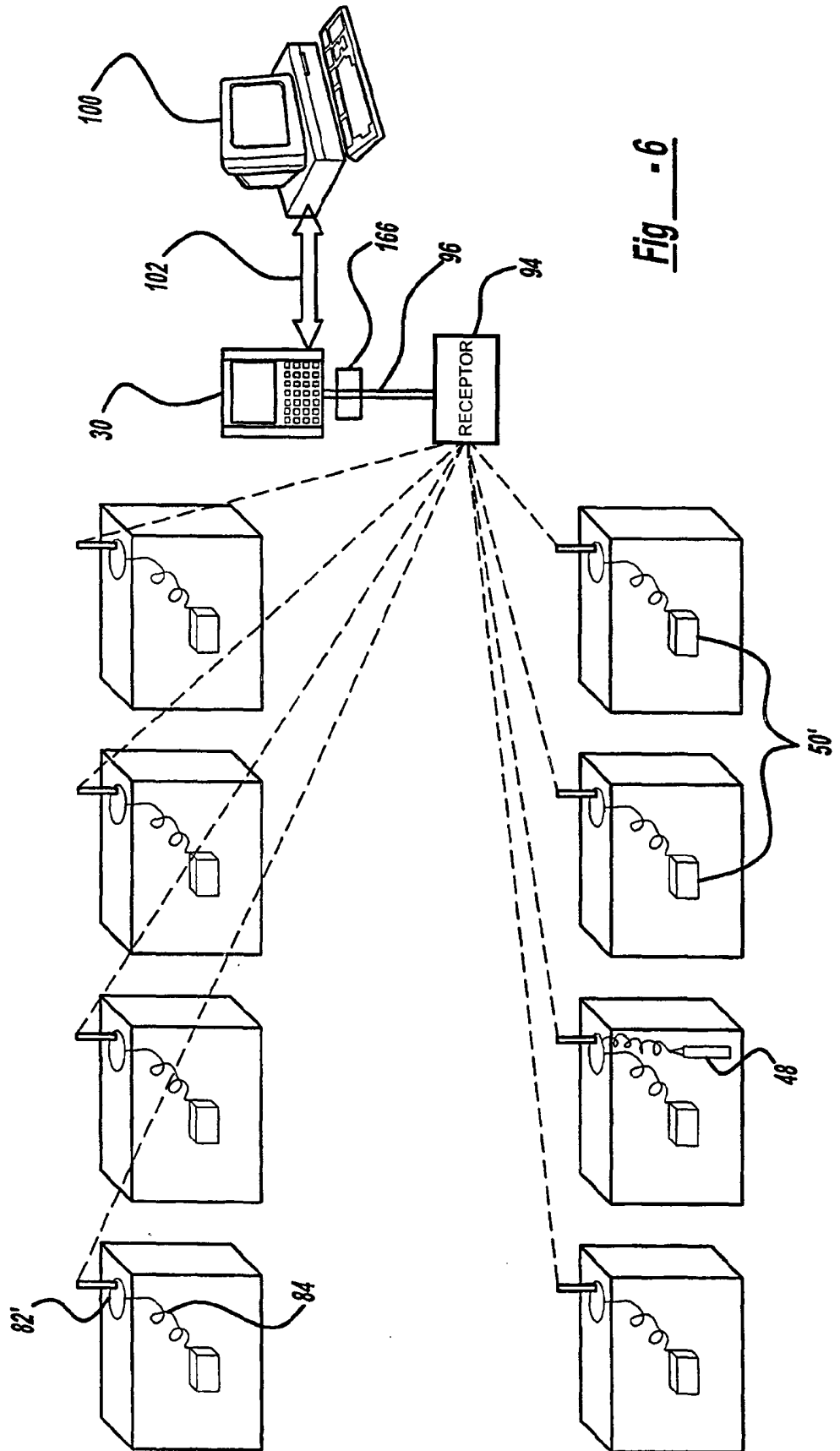


Fig - 6

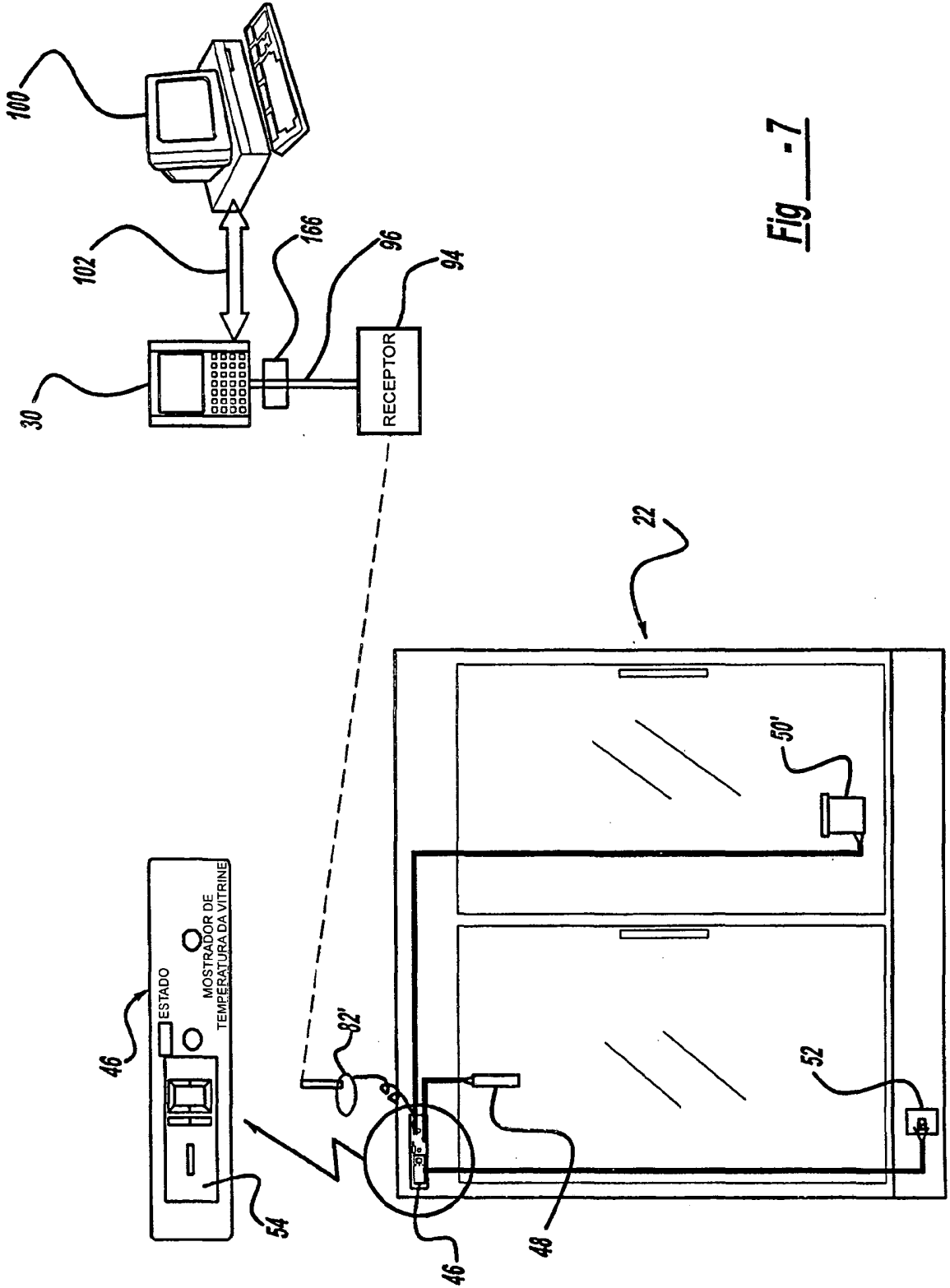


Fig - 7

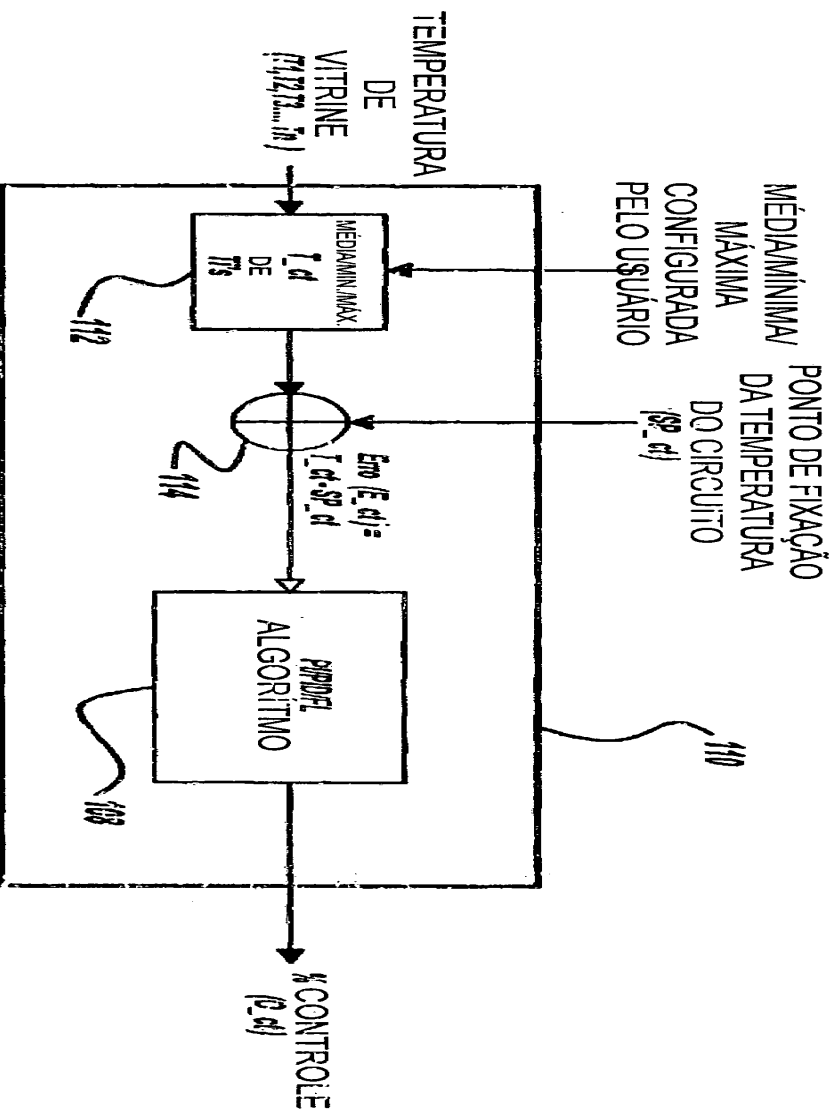


Fig. - 8

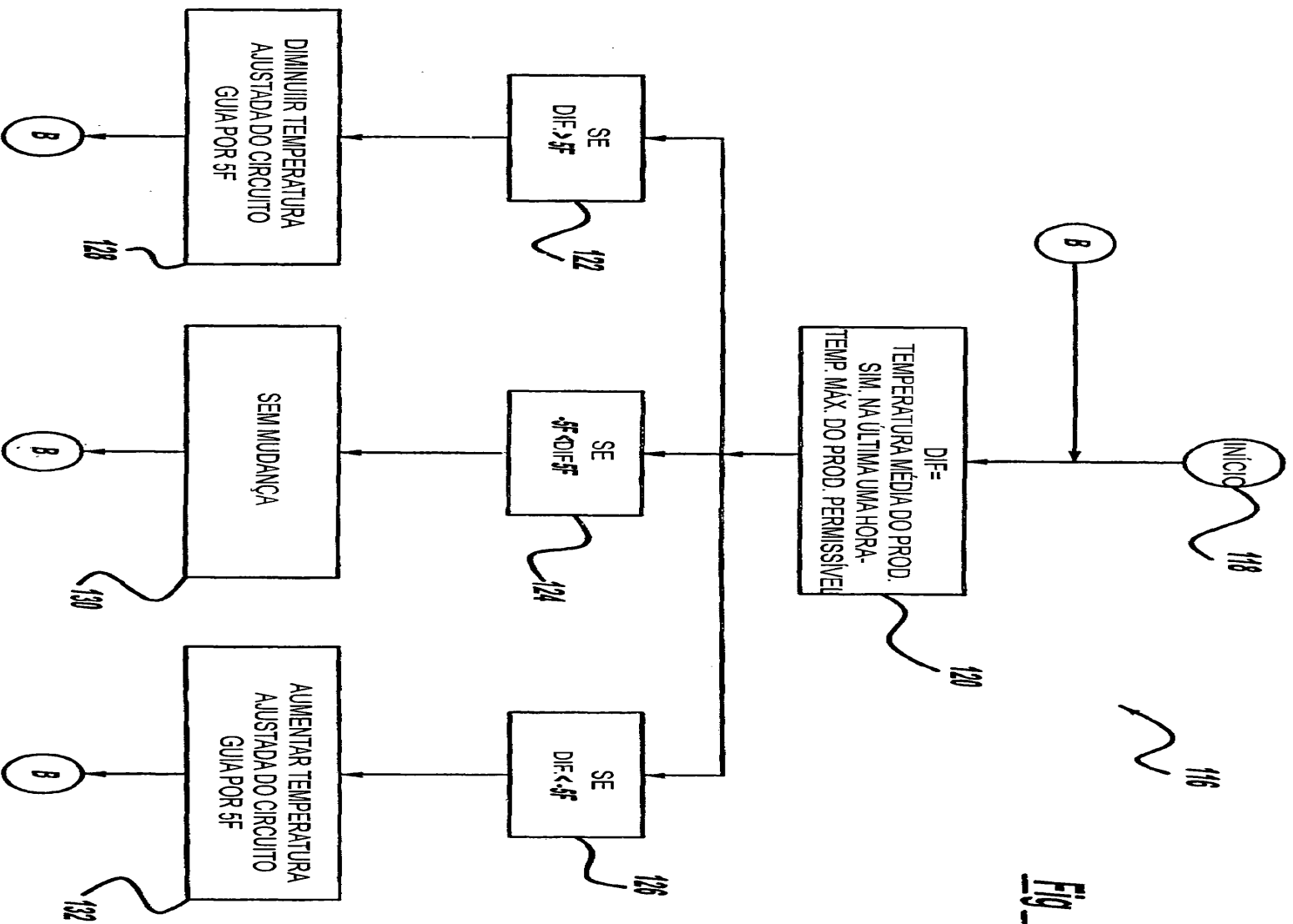


Fig. 9

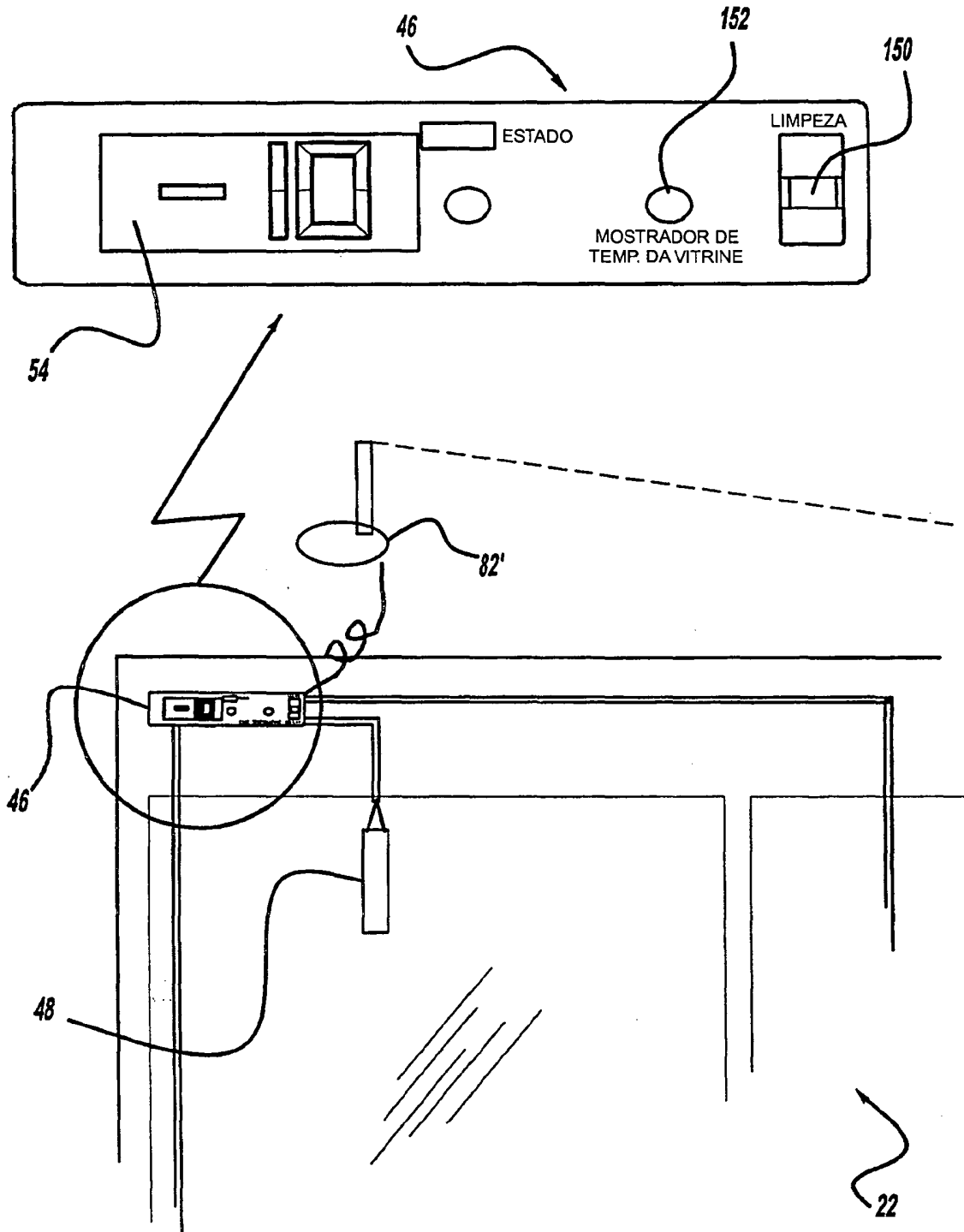
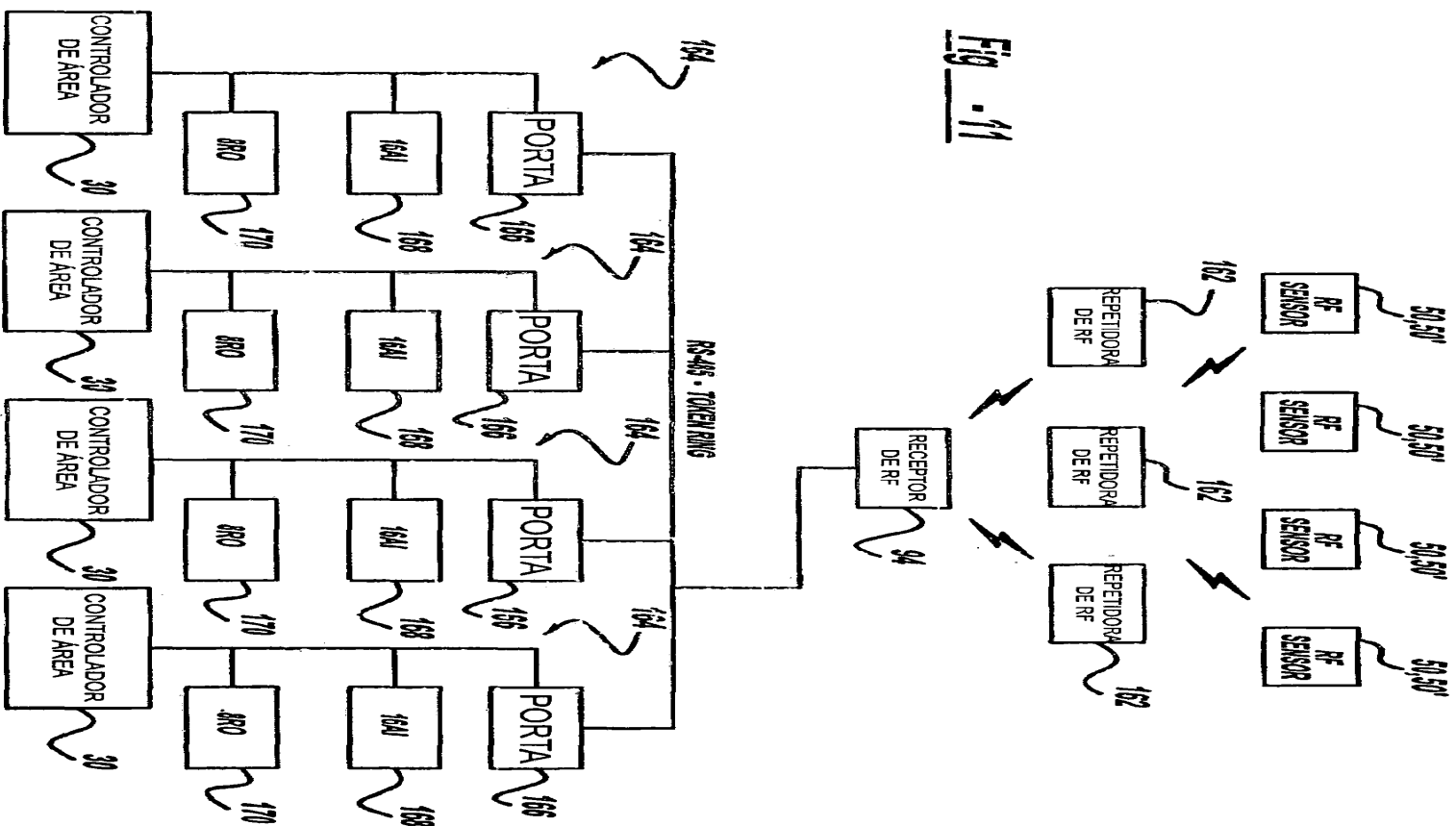
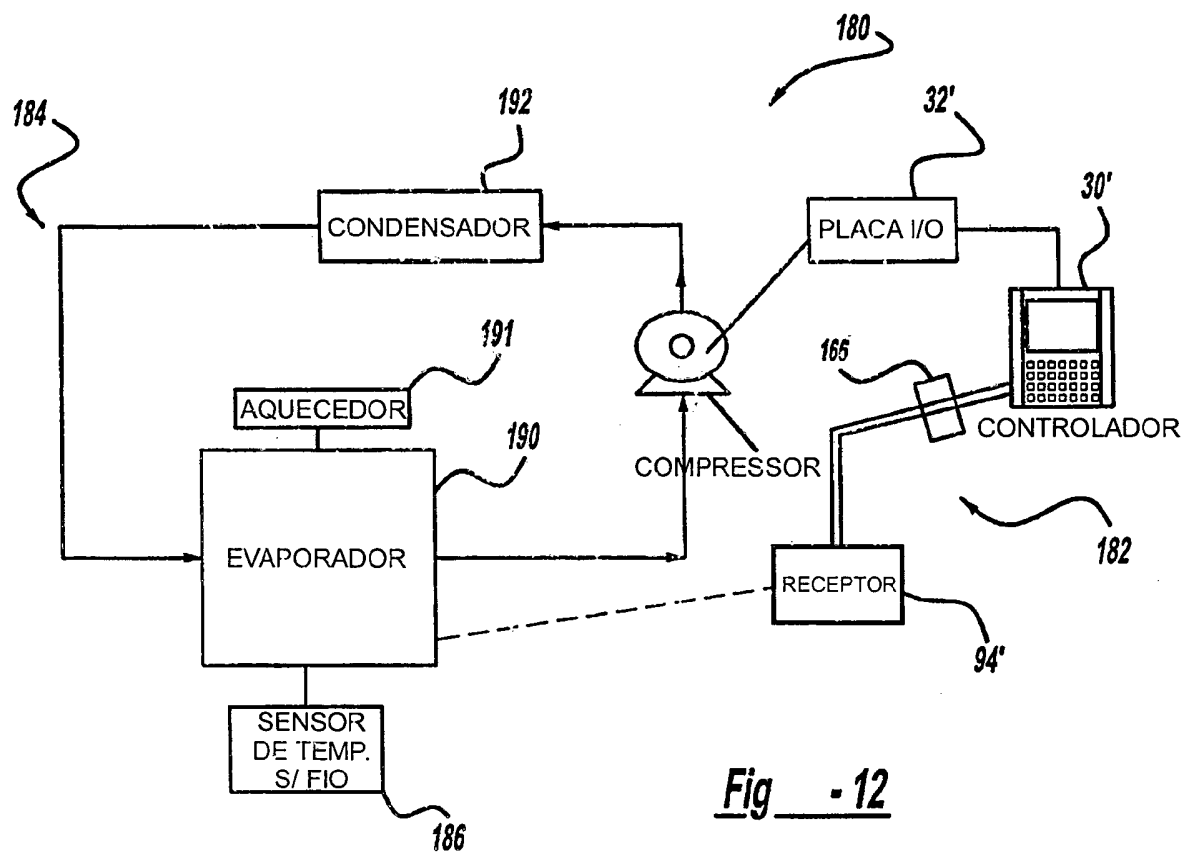
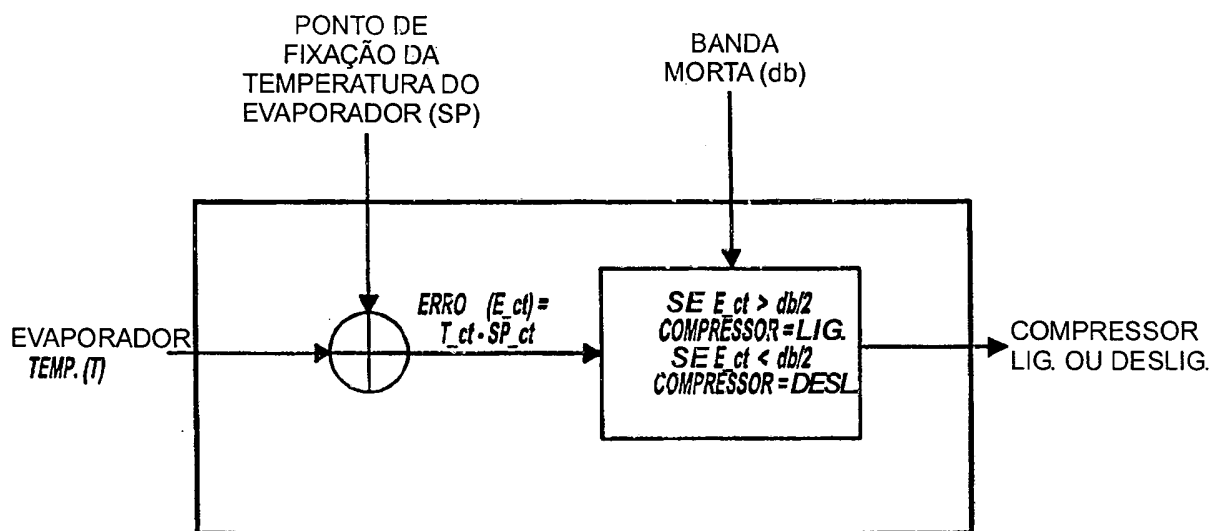


Fig - 10

Fig. - 11



Fig - 12Fig - 13

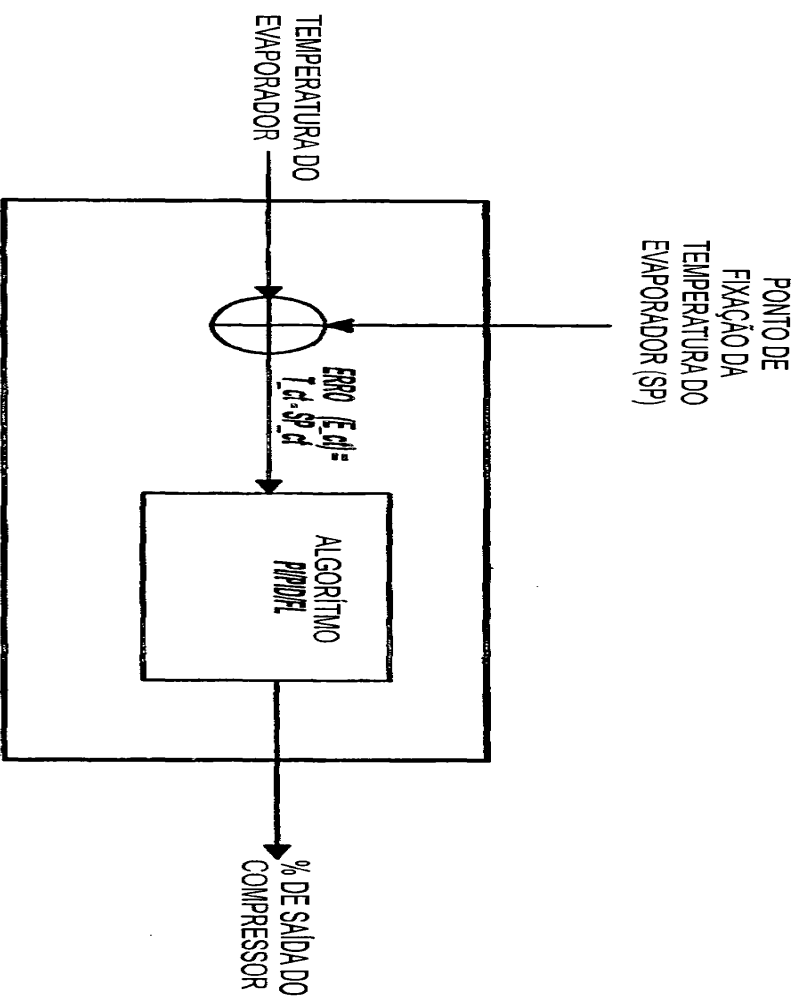


Fig. 14

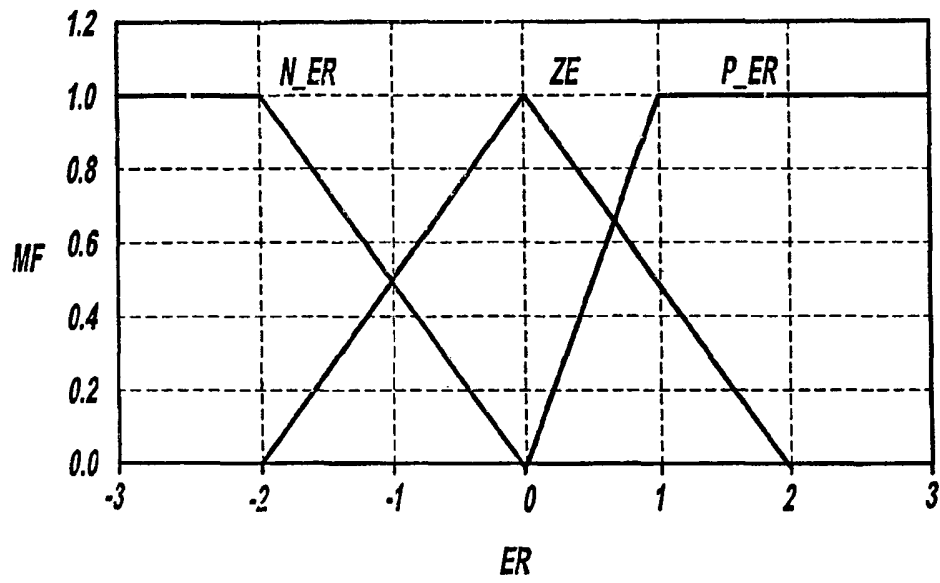


GRÁFICO 1

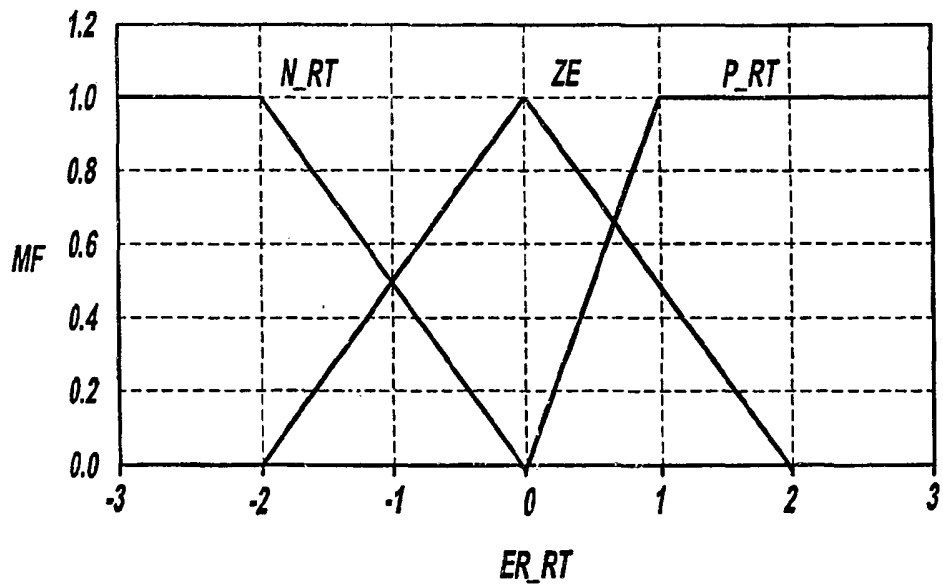


GRÁFICO 2

Fig - 15

RESUMO

Patente de Invenção: **"SISTEMA PARA CONTROLAR REFRIGERAÇÃO E MÉTODO PARA CONTROLE DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO"**.

A presente invenção refere-se a um sistema e método para o controle da refrigeração incluindo um sensor de temperatura (48) operável para medir uma temperatura de uma vitrine de refrigeração (22) e um transceptor (82') em comunicação com o sensor de temperatura e operável para transmitir dados de maneira sem fios. Uma repetidora recebe os dados transmitidos de maneira sem fios e adicionalmente transmite, de maneira sem fios, os dados para um receptor (94). Um controlador (30) em comunicação com o receptor controla o sistema de refrigeração com base nos dados transmitidos de maneira sem fios da vitrine de refrigeração. A vitrine de refrigeração também inclui um comutador de modo para suspender a leitura de temperatura e controle por um período de tempo. Por exemplo, o comutador de modo pode ser usado por um operador durante a limpeza ou manutenção da vitrine de refrigerador. Os algoritmos de controle de temperatura são usados pelo controlador e incluem: lógica de faixa de banda morta (DB), proporcional/integral (PI), proporcional/integral/diferenciação (PID) e difusa (FL).