



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

(21) **PI0708754-3 A2**



(22) Data de Depósito: 26/02/2007
(43) Data da Publicação: 14/06/2011
(RPI 2110)

(51) *Int.Cl.:*
A61M 36/06 2006.01
A61M 36/08 2006.01
G01T 1/164 2006.01
G01T 1/20 2006.01

(54) Título: **CONTROLE DE SISTEMA DE ELUIÇÃO DE RUBÍDIO**

(30) Prioridade Unionista: 10/03/2006 US 11/372.149

(73) Titular(es): Ottawa Heart Institute Research Corporation

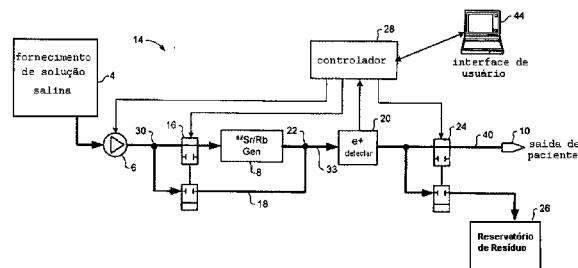
(72) Inventor(es): Ran Klein, Robert A. Dekemp

(74) Procurador(es): Orlando de Souza

(86) Pedido Internacional: PCT CA2007000295 de 26/02/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/104133 de 20/09/2007

(57) **Resumo:** CONTROLE DE SISTEMA DE ELUIÇÃO DE RUBÍDIO. Um método de controlar um sistema de eluição de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ tendo uma válvula de gerador para dosar um fluxo de solução salina entre um gerador de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ e uma linha de desvio acoplada a uma saída do gerador de tal modo que a solução salina que atravessa a linha de desvio fundirá com a solução salina eluída que sai do gerador para fornecer uma solução salina ativa. Durante cada curso de eluição, diversos valores sucessivos de parâmetro de concentração são obtidos em intervalos predeterminados. Cada valor de parâmetro de concentração é indicativo de uma concentração de atividade instantânea respectiva da solução salina ativa. Valores de erro respectivos entre cada valor de parâmetro de concentração e um valor de concentração de atividade alvo do curso de eluição são computados. Dados de erros baseados em uma pluralidade dos valores de erro computados são acumulados. Entre cursos de eluição sucessivos, pelo menos um parâmetro de desempenho do sistema de eluição é ajustado com base nos dados de erros acumulados.



CONTROLE DE SISTEMA DE ELUIÇÃO DE RUBÍDIO**Campo da invenção**

O presente pedido refere-se, em geral, à medicina nuclear e, em particular, a um sistema de controle de eluição de rubídio.

Antecedentes da invenção

Como é bem sabido na técnica, Rubídio (^{82}Rb) é utilizado como um traçador de tomografia de emissão de pósitron (PET) para medição não invasiva de perfusão de miocárdio (fluxo sanguíneo).

Os recentes aperfeiçoamentos em tecnologia PET introduziram tomografia de emissão de pósitron tridimensional (3D PET). Embora a tecnologia 3D PET possa permitir diagnóstico e prognóstico mais eficientes em pacientes com suspeita de doença de artéria coronária, a sensibilidade de 3D PET requer controle muito preciso da distribuição de atividade ^{82}Rb em um paciente sendo avaliado.

As figuras, 1 e 2, ilustram um sistema de eluição de rubídio convencional utilizado para imageamento de perfusão de miocárdio. Como se pode ver na figura 1, o sistema de eluição compreende um reservatório de solução salina estéril (por exemplo, 0,9% de injeção de cloreto de sódio), uma bomba e um gerador de estrôncio-rubídio ($^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$). Em operação, a bomba faz com que a solução salina flua a partir do reservatório 4 e através do gerador 8 para eluir o ^{82}Rb . O produto de solução ativa a partir do gerador 8 é então fornecido a um paciente (não mostrado) através de uma saída de paciente 10.

Quando o sistema 2 não está em uso, a quantidade de

^{82}Rb dentro do gerador 8 acumula até que um equilíbrio seja atingido entre a taxa de produção de ^{82}Rb (isto é, diminuição de ^{82}Sr) e a taxa de diminuição de ^{82}Rb . Como resultado, o nível de atividade de ^{82}Rb na solução salina
5 ativa que emerge a partir do gerador 8 tende a seguir um perfil de "bolo" 12, mostrado pela linha cheia na figura 2a. Em particular no início de um "curso" de eluição de ^{82}Rb , o nível de atividade se eleva rapidamente e sintoniza na frequência, visto que ^{82}Rb acumulado é removido do
10 gerador 8. Posteriormente, o nível de atividade cai de volta a um valor substancialmente constante. O nível de atividade máxima A_{MAX} (pico de bolo) obtido durante o curso depende da quantidade de ^{82}Rb acumulado no gerador 8, e desse modo é genericamente uma função do histórico de uso
15 recente do sistema, principalmente: a taxa de produção de ^{82}Rb atual; a quantidade de ^{82}Rb acumulado (caso haja) que permanece ao término do curso de eluição anterior; e o tempo inativo desde o curso anterior. O nível genericamente constante da cauda de bolo depende da taxa de produção de
20 ^{82}Rb e da taxa de fluxo de solução salina produzida pela bomba 6.

Como é bem sabido na técnica, ^{82}Rb é gerado pela diminuição radioativa do ^{82}Sr , e desse modo a taxa de produção de ^{82}Rb em qualquer momento específico é uma
25 função da massa de ^{82}Sr restante. Como será apreciado, esse valor diminuirá (exponencialmente) através da vida útil do gerador 8. O resultado é uma família de curvas de bolo, ilustrada pelas linhas tracejadas da figura 2a, mapeando a alteração em desempenho do sistema de eluição através da
30 vida útil do gerador 8.

Devido ao nível de atividade elevada de ^{82}Rb possível no gerador 8, é desejável limitar a dosagem de atividade total distribuída ao paciente durante qualquer curso de eluição dado. O tempo de eluição total necessário para
5 atingir essa dose permissível máxima (para qualquer taxa de fluxo dada) variará, portanto, durante a vida da carga de ^{82}Sr no gerador 8, como se pode ver na figura 2b, onde a dose de atividade total, representada pela área sob cada curva, é igual nos dois casos.

10 Uma limitação dessa abordagem particularmente para imageamento 3D PET, é que a distribuição de uma taxa de atividade elevada durante um curto período de tempo tende a degradar a qualidade da imagem. Taxas de atividade baixas fornecidas durante um período relativamente prolongado são
15 preferidas. Como resultado, é necessário que o usuário calcule a taxa de fluxo de solução salina que obterá a melhor qualidade de imagem possível; dada a idade do gerador e ao seu histórico de uso recente que, ambos, afetarão os níveis de cauda e pico de bolo. Essa estimativa
20 deve ser ajustada continuamente durante toda a vida do gerador 8, à medida que ^{82}Sr diminui.

Por conseguinte, técnicas para controlar um sistema de eluição de ^{82}Rb que permitam que um nível de atividade desejado seja fornecido durante um período de tempo
25 desejado, independentemente de um estado do gerador de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$, continuamente altamente desejáveis.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Por conseguinte, um objetivo da presente invenção é fornecer técnicas para controlar um sistema de eluição de
30 ^{82}Rb .

A presente invenção provê, portanto, um método para controlar um sistema de eluição de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ tendo uma válvula de gerador para dosar um fluxo de solução salina entre um gerador de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ e uma linha de desvio acoplada a uma saída do gerador de tal modo que a solução salina que atravessa a linha de desvio fundirá com solução salina eluída que sai do gerador para fornecer uma solução salina ativa. Durante cada curso de eluição, uma pluralidade de valores de parâmetro de concentração sucessivos é obtida em intervalos predeterminados. Cada valor de parâmetro de concentração é indicativo de uma concentração de atividade instantânea respectiva da solução salina ativa. Valores de erro respectivos entre cada valor de parâmetro de concentração e um valor de concentração de atividade alvo do curso de eluição são computados. Dados de erros com base em uma pluralidade dos valores de erro computados são acumulados. Entre cursos de eluição sucessivos, pelo menos um parâmetro de desempenho do sistema de eluição é ajustado com base nos dados de erros acumulados.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Aspectos e vantagens adicionais da presente invenção tornar-se-ão evidentes a partir da seguinte descrição detalhada, tomada em combinação com os desenhos apensos, nos quais:

A figura 1 é um diagrama de bloco ilustrando esquematicamente elementos principais de um sistema de eluição de rubídio convencional;

As figuras 2a e 2b são gráficos que ilustram desempenho representativo do sistema de eluição da figura 1;

A figura 3 é um diagrama de blocos ilustrando esquematicamente elementos principais de um sistema de eluição de rubídio de acordo com uma modalidade da presente invenção;

5 A figura 4 ilustra um arranjo de válvula do tipo de aperto utilizável no sistema de eluição da figura 3;

A figura 5 ilustra esquematicamente um detector de pósitron utilizável no sistema de eluição da figura 3;

10 As figuras 6a-6d ilustram, esquematicamente, estados operacionais respectivos do sistema de eluição de rubídio da figura 3;

As figuras 7a-7c ilustram, esquematicamente, um primeiro algoritmo para controlar o sistema de eluição de rubídio da figura 3; e

15 As figuras 8a-8c ilustram, esquematicamente, um segundo algoritmo para controlar o sistema de eluição de rubídio da figura 3.

Será observado que em todos os desenhos apensos, aspectos similares são identificados por numerais de referênci

20 referências similares.

Descrição detalhada da modalidade preferida

A presente invenção provê um sistema de controle e eluição de rubídio (^{82}Rb) no qual a taxa de atividade de ^{82}Rb distribuído a um paciente pode ser controlado substancialmente de forma independente da condição do gerador de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$. Modalidades representativas são descritas abaixo com referência às figuras 3-8.

25

Na modalidade da figura 3, o sistema de eluição compreende reservatório 4 de solução salina estéril (por exemplo, 0,9% de injeção de cloreto de sódio); uma bomba 6

30

para aspirar solução salina a partir do reservatório 4 em uma taxa de fluxo desejada; uma válvula de gerador 16 para dosar o fluxo de solução salina entre um gerador de estrôncio-rubídio ($^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$) 8 e uma linha de desvio 18 que evita o gerador 8; um detector de pósitron 20 localizado à jusante do ponto de fusão 22 no qual os fluxos do gerador e desvio fundem; e uma válvula de paciente 24 para controlar o fornecimento de solução salina ativa a uma saída de paciente 10 e um reservatório de resíduo 26. Um controlador 28 é conectado à bomba 6, detector de pósitron 20 e válvulas 16 e 24 para controlar o sistema de eluição 14, de acordo com um algoritmo de controle desejado, como será descrito em maior detalhe abaixo.

Se desejado, o gerador de estrôncio-rubídio ($^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$) 8 pode ser construído de acordo com o pedido de patente norte-americana copendente número 11/312.368, do requerente, intitulado A Rubidium Generator for Cardiac Perfusion Imaging and Method of Making and Maintaining same, depositado em 21 de dezembro de 2005. Em tais casos, a bomba 6 pode ser uma bomba de baixa pressão como uma bomba peristáltica. Entretanto, outros tipos de gerador podem ser utilizados. Similarmente, outros tipos de bomba podem ser utilizados, com a condição somente de que a bomba selecionada seja apropriada para aplicações médicas e seja capaz de manter uma taxa de fluxo de solução salina desejada através do gerador.

As válvulas de gerador e paciente 16, 24 podem ser construídas em uma variedade de modos. Em princípio, a válvula de gerador pode ser fornecida como qualquer arranjo de válvula 16, apropriado, capaz de dosar fluxo de solução

salina entre o gerador 8 e a linha de desvio 18. Se desejado, a válvula de gerador pode ser integrada ao ponto de derivação 30 no qual o fluxo de solução salina é dividido. Alternativamente, a válvula de gerador 16 pode ser posicionada a jusante do ponto de derivação 30, como mostrado na figura 3. Em modalidades nas quais a tubagem flexível (por exemplo, silício) é utilizada para transportar o fluxo de solução salina, a válvula de gerador 16 pode ser fornecida como uma ou mais válvulas de "aperto", convencionais, do tipo ilustrado na figura 4. O uso de válvulas de aperto é benéfico em que permite que o fluxo de solução salina seja controlado em um modo prontamente repetível, e sem contato direto entre a solução salina e os componentes da válvula. Os fatores associados ao desenho da válvula de paciente 24 são substancialmente iguais àqueles discutidos acima para a válvula de gerador 16, com a exceção de que o fluxo de solução salina através da válvula de paciente 24 está (ou deve se assumir que esteja) transportando ^{82}Rb radioativo. Por conseguinte, embora qualquer desenho de válvula apropriado possa ser selecionado para a válvula de paciente 24, é particularmente benéfico evitar contato direto entre a solução salina ativa e componentes de válvula. Por esse motivo, válvulas de aperto são preferidas para a válvula de paciente 24.

Como se pode ver na figura 5, o detector de pósitron pode ser convenientemente fornecido como um cintilador disposto imediatamente adjacente a uma linha de alimentação 33 que transporta a solução salina ativa; um contador de fótons 34 opticamente acoplado ao cintilador

32; e um protetor contra radiação 36 que circunda o cintilador 32 e contador de fótons 34. O cintilador 32 pode ser fornecido por uma extensão de fibra óptica fluorescente, que absorve radiação Beta (e^-) gerada por decaimento de ^{82}Rb para produzir um fóton. O contador de fótons 34 (que pode, por exemplo, ser um detector H7155 fabricado por Hamamatsu) detecta fótons incidentes, e gera um sinal de detecção 38 que corresponde a cada fóton detectado. A proteção 36, que pode ser construída de chumbo (Pb), serve para proteger o cintilador 32 e contador de fótons 34 contra radiação Gama e Beta ambiente. Em algumas modalidades, o protetor contra radiação 36 tem aproximadamente 1,27 cm de espessura nas proximidades da fibra de cintilação 32, e pode estender-se (nas duas direções) pelo menos 5 vezes o diâmetro externo da linha de alimentação 33 a partir da fibra de cintilação 32. Esse arranjo suprime efetivamente o ingresso de radiação Gama e Beta ambiente ao longo do canal através do qual a linha de alimentação 33 passa. Como resultado, fótons espúrios são suprimidos, e a taxa na qual fótons são contados pelo contador de fótons 34 será proporcional à concentração de atividade de ^{82}Rb da solução salina ativa adjacente ao cintilador 32. Nas modalidades ilustradas, o número de fótons detectados em um período de tempo predeterminado é contato (por exemplo, pelo controlador 28), e o valor de contagem C_{det} é utilizado como um parâmetro de atividade que é proporcional à concentração de atividade de ^{82}Rb . Se desejado, uma constante de proporcionalidade K entre o parâmetro de atividade C_{det} e a concentração de atividade ^{82}Rb pode ser empiricamente determinada.

Em operação, a bomba 6 e válvulas 16, 24 podem ser controladas para encaminhar a solução salina através do sistema 14 de acordo com vários modos de operação, como pode ser visto nas figuras 6a-6d. Desse modo, por exemplo, em um modo de "Desvio para resíduo" do sistema ilustrado na figura 6a, as válvulas de gerador e paciente 16, 24 são posicionadas para encaminhar o fluxo inteiro de solução salina através da linha de desvio 18, e para dentro do reservatório de resíduo 26. Esse modo de operação é apropriado para inicializar o sistema 14 imediatamente antes do início de um curso de eluição.

A figura 6b ilustra um modo de "fluxo de linha de paciente" do sistema 14, no qual as válvulas de gerador e paciente 16, 24 são posicionadas para encaminhar o fluxo de solução salina através da linha de desvio 18 e para fora através da saída de paciente 10. Esse modo de operação pode ser utilizado antes de um curso de eluição para escorvar (isto é, expelir ar a partir da) linha de paciente 40 em preparação para inserção da saída de paciente em, por exemplo, uma veia de um paciente. Ao término de um curso de eluição, esse modo também pode ser utilizado para remover qualquer atividade de ^{82}Rb que resta na linha de paciente 40 para dentro do paciente, desse modo assegurando que o paciente receba a dose de atividade inteira necessária para imageamento PET.

A figura 6c ilustra um modo de "esperar por limite" do sistema 14, no qual as válvulas de gerador e paciente 16, 24 são posicionadas para encaminhar o fluxo de solução salina através do gerador 8, e para dentro do reservatório de resíduo 26. Esse modo de operação é apropriado durante o

início de um curso de eluição, enquanto a concentração de ^{82}Rb está aumentando a partir de zero, porém não atingiu ainda níveis desejáveis. A remoção dessa porção avançada do bolo de ^{82}Rb 12 para o reservatório de resíduo 26 evita expor o paciente à atividade de ^{82}Rb desnecessária e permite que a dosagem total de atividade distribuída ao paciente seja controlada estreitamente.

A figura 6d ilustra um modo de "eluição" do sistema 14, no qual a válvula de gerador 16 é controlada ativamente através de um circuito de controle 42 a partir do detector de pósitron 20 para dosar o fluxo de solução salina através tanto do gerador 8 como da linha de desvio 18. Os fluxos de solução salina de desvio e gerador 8 são então recombina-
dos (em 22) a jusante do gerador 8 para produzir uma solução salina ativa tendo uma concentração de atividade ^{82}Rb desejada. A válvula de paciente 24 é posicionada para orientar a solução salina ativa para a saída do paciente 10.

Na descrição acima, cada modo operacional é descrito em termos das etapas associadas na execução de um curso de eluição para suportar imageamento PET de um paciente. Entretanto, será apreciado que esse contexto não é essencial. Desse modo, por exemplo, um ou mais dos modos operacionais acima podem ser utilizados para facilitar calibragem do sistema, em cujo caso a saída do paciente 10 seria conectada a um calibrador de dose convencional (não mostrado), em vez de um paciente.

Como será reconhecido a partir da discussão acima, cada um dos modos operacionais do sistema de eluição é controlado pela unidade de controlador 28 que opera sob

controle de software. Como resultado, é possível implementar uma ampla variedade de processos automatizados, como necessário. Desse modo, por exemplo, cursos de eluição podem ser totalmente automatizados, com base em parâmetros alvo inseridos por usuário, que permite ao usuário evitar exposição desnecessária à radiação. Similarmente, é possível automatizar a calibragem desejada do sistema e protocolos de detecção de ruptura de ^{82}Sr , que assegura consistência bem como limita exposição dos usuários à radiação. Um benefício adicional de controle de sistema de eluição baseado em software é que registros de dados a partir de cada curso de eluição podem ser facilmente mantidos, o que auxilia não somente o diagnóstico do sistema, como também pode ser utilizado para assegurar que os parâmetros de eluição (por exemplo, concentração e duração de eluição) especificados para imageamento de PET tenham sido atendidos.

Como descrito acima, no modo de operação de "eluição" (figura 6d), a válvula de gerador 16 é controlada ativamente através de um circuito de controle 42 a partir do detector de pósitron 20 para dosar fluxo de solução salina através tanto do gerador 8 como da linha de desvio 18. A recombinação dos fluxos de solução salina de gerador e desvio correspondentes a jusante do gerador 8 produz uma solução salina ativa tendo uma concentração de atividade ^{82}Rb desejada. Preferivelmente, o circuito de controle 42 é implementado utilizando software apropriado executando no controlador 28. Algoritmos representativos para implementar o circuito de controle 42 são descritos abaixo com referência às figuras 7 e 8.

Na modalidade da figura 7, o controlador 28 implementa um algoritmo de controle baseado em limite, no qual a válvula de gerador 16 é controlada por comparação de concentração de atividade medida com uma concentração de atividade desejada. Se a concentração medida for mais elevada do que a concentração desejada, a válvula de gerador 16 orienta o fluxo de solução salina para a linha de desvio 18 em vez do gerador 8 e vice versa.

Em geral, o curso de eluição é projetado para gerar uma concentração de atividade de ^{82}Rb alvo que segue uma função desejada em tempo $C_M(t)$. Na modalidade da figura 7, $C_M(t)$ é uma função de onda quadrada tendo uma concentração de atividade constante predeterminada C_M e duração (t_2-t_1) , como pode ser visto pela linha pontilhada da figura 7b. Esses parâmetros podem ser fornecidos por entrada explícita de usuário utilizando a interface de usuário 44 (figura 3), ou calculados a partir de outros parâmetros inseridos pelo usuário, como uma dosagem total de atividade e taxa de fluxo de solução salina. Como será reconhecido, o perfil de atividade alvo $C_M(t)$ não necessita ser uma função de onda quadrada, outros perfis podem ser utilizados, como uma função de rampa, se desejado.

Em algumas modalidades, o perfil de atividade alvo $C_M(t)$ pode definir a concentração de atividade ^{82}Rb desejada na saída do paciente 10. Em tais casos, um perfil de alvo ajustado $C'_M(t)$ pode ser computado com base na taxa de fluxo selecionada e comprimento de linha de fornecimento de paciente, para responder por decaimento de ^{82}Rb esperado (e desse modo perda de atividade), na linha de fornecimento de paciente 40 entre o detector de pósitron 20 e a saída do

paciente 10. Esse arranjo é vantajoso em que permite que um usuário especifique uma quantidade de atividade (quer concentração de atividade ou dose total) fornecida ao paciente, e o circuito de controle 42 operará para casar com essa especificação, levando em consideração o decaimento de ^{82}Rb no sistema 14.

A figura 7a é um fluxograma ilustrando um algoritmo de controle de válvula baseado em limite representativo que pode ser utilizado na modalidade da figura 7. Para facilidade de ilustração, o fluxograma da figura 7a somente ilustra o circuito de controle. Etapas de processo e limite, relacionados à realização de transição entre vários modos de operação não são mostradas.

Na preparação para um curso de eluição, um usuário entra parâmetros alvo para a eluição. Esses parâmetros podem incluir quaisquer três entre: dose total de atividade, concentração de atividade alvo, duração de eluição e taxa de fluxo de solução salina. A partir dos parâmetros inseridos, o parâmetro restante pode ser calculado, e se desejado, um perfil alvo ajustado $C'_M(t)$ obtido (etapa S2).

No início do curso de eluição, o controlador 28 abre a válvula de gerador 16 (no tempo t_0 na figura 7b) para colocar o sistema de eluição 14 no modo "Esperar por limite". Durante esse período, o nível de atividade detectado pelo detector de pósitron começará a se elevar após a borda avançada da curva de bolo 'natural' 12 (figura 2a). Durante esse período, a válvula de paciente 24 permanece fechada, de modo que qualquer atividade eluída a partir do gerador 8 é passada para o reservatório de

resíduo 26. Quando a concentração de atividade detectada C_{det} excede o valor alvo C_M , o controlador 28 abre a válvula de paciente 24 (no tempo t_1 na figura 7b), e desloca para o modo de operação de "eluição".

5 Durante o modo de eluição, o controlador 28 obtém iterativamente um parâmetro atualizado de concentração C_{det} (em S4), que indica a concentração de atividade instantânea no detector de pósitron. O parâmetro de concentração C_{det} é então comparado com a concentração desejada C_M . Se C_{det} estiver abaixo da concentração desejada C_M (em S6), a
10 válvula de gerador 16 é aberta (em S8) de modo que solução salina flua através do gerador 8 para eluir a atividade de ^{82}Rb . Se C_{det} estiver acima da concentração desejada C_M (em S10), a válvula de gerador 16 é fechada (em S12) de modo
15 que a solução salina flua através da linha de desvio 18. Como pode ser visto na figura 7b, devido ao retardo em resposta, o resultado dessa operação é um perfil de concentração de atividade de dente-de-serra 46 centrado na concentração alvo C_M (ou C'_M). Ao término do curso de
20 eluição (tempo t_2 na figura 7b), o controlador 28 fecha a válvula de gerador 16 e coloca o sistema de eluição 14 no modo de "Fluxo de linha de paciente", que termina a eluição da atividade de ^{82}Rb a partir do gerador 8 e remove qualquer atividade de ^{82}Rb restante dentro da linha de
25 paciente 40 para dentro do paciente.

A figura 7c ilustra o perfil de concentração de atividade distribuído para o paciente como resultado do processo acima descrito. Como se pode ver a partir da figura 7c, nenhuma atividade de ^{82}Rb é distribuída para o
30 paciente durante o modo "Esperar por limite" (t_0-t_1).

Durante o modo de "eluição" (t_1-t_2), a concentração de atividade 46 segue um padrão de dente-de-serra centrado na concentração alvo C_M (ou C'_M). Finalmente, no modo "Fluxo de linha de paciente" (após t_2) a concentração de atividade
5 cai rapidamente à medida que a eluição de ^{82}Rb termina e a atividade residual é removida a partir da linha de fornecimento de paciente 40.

Como reconhecido, a precisão com a qual a concentração de atividade distribuída acompanha o perfil alvo $C_M(t)$, é
10 grandemente dependente do volume de linha entre o ponto de fusão 22 e o detector de pósitron 20. Em alguns casos excursões relativamente grandes a partir do perfil alvo $C_M(t)$ são aceitáveis. Entretanto, a resposta de circuito de controle é tal que a diferença não pode ser reduzida além
15 de certo limite. Como resultado, o "erro" entre o perfil alvo $C_M(t)$ e o perfil de concentração distribuída 46 (figura 7c) não pode ser eliminado na modalidade da figura 7. Uma técnica de modulação de largura de pulso que supera essa limitação é descrita abaixo com referência à figura 8.

20 A modalidade da figura 8 difere daquela da figura 7 principalmente no modo no qual a válvula de gerador 16 é controlada. Na modalidade da figura 7, a válvula de gerador 16 é aberta ou fechada com base em uma comparação entre a concentração de atividade detectada C_{det} e concentração de
25 atividade desejada. Ao contrário, na modalidade da figura 8, a válvula de gerador é aberta e fechada continuamente em uma frequência predeterminada. Qualquer frequência desejada pode ser utilizada, dependendo principalmente das propriedades físicas da válvula de gerador 16. Em algumas
30 modalidades, uma frequência entre 1 e 10 Hz (por exemplo, 5

Hz) pode ser utilizada. Para controlar dosar fluxo de solução salina entre o gerador 8 e a linha de desvio 18, o ciclo de carga da válvula 16 é variado. Desse modo, por exemplo, um ciclo de carga de "0" pode ter o efeito de orientar o fluxo inteiro de solução salina através da linha de desvio 18, e um ciclo de carga de "100" orienta o fluxo inteiro de solução salina através do gerador 8. Um ciclo de carga entre esses limites divide o fluxo de solução salina entre o gerador 8 e a linha de desvio 18 de acordo com o valor de ciclo de carga. A precisão com a qual o fluxo de solução salina pode ser dividido entre o gerador 8 e a linha de desvio 18 será determinada por um tamanho de etapa de ajuste mínimo, que pode ser um valor programável.

Como descrito acima, a quantidade de ^{82}Rb eluída a partir do gerador 8, para qualquer taxa de fluxo dada, dependerá do histórico de uso recente do sistema de eluição 14, e da taxa de produção instantânea de ^{82}Rb no gerador 8. Por conseguinte, é possível aperfeiçoar a precisão do sistema de eluição 14 por implementar um algoritmo de controle predizível, no qual modelos da válvula 16 e desempenho de gerador são utilizados para prever a quantidade de atividade de ^{82}Rb que será eluída a partir do gerador 8 para um dado ajuste de ciclo de carga.

Em particular, o desempenho de gerador pode ser modelado para prever a quantidade de atividade de ^{82}Rb que será eluída a partir do gerador para uma dada taxa de fluxo, como será descrito em maior detalhe abaixo. Em algumas modalidades, um calibrador de dose (não mostrado) é utilizado para medir o desempenho de gerador em termos de, por exemplo, a concentração de atividade de ^{82}Rb vs. volume

eluído. Esses dados podem ser utilizados para prever a concentração de atividade de ^{82}Rb eluída para qualquer taxa de fluxo de solução salina dada.

Além disso, a resposta de válvula de gerador pode ser modelada para permitir uma predição da taxa de fluxo através do gerador para qualquer taxa de fluxo de solução salina total dada (como determinado pelo ajuste de controle de bomba) e ciclo de carga de válvula. Em algumas modalidades, a resposta de válvula pode ser modelada em termos de parâmetros respectivos que definem os limites de ciclo de carga, superior e inferior, Π_{\max} e Π_{\min} , e uma razão de fluxo vs. inclinação de ciclo de carga L entre os limites superior e inferior. Com esse arranjo, o limite de ciclo de carga superior Π_{\max} representa o valor além do qual todo fluxo é considerado como sendo orientado para dentro do gerador 8. Inversamente, o limite de ciclo de carga inferior Π_{\min} representa o valor abaixo do qual todo fluxo é considerado como sendo orientado para dentro da linha de desvio 18. A razão de fluxo vs. inclinação de ciclo de carga L define a alteração na razão entre os fluxos respectivos através do gerador 8 e a linha de desvio 18 para valores de ciclo de carga situados entre os limites, superior e inferior.

Em casos onde a resposta de válvula é não linear, pode ser vantajoso substituir a razão de fluxo vs. parâmetro de inclinação de ciclo de carga L com um ou mais parâmetros definindo uma curva de resposta de válvula matemática.

No início do curso de eluição, o controlador 28 abre a válvula de gerador 16 (no tempo t_0 na figura 8b) para colocar o sistema de eluição no modo de "Esperar por

limite". Durante esse período, o nível de atividade detectado pelo detector de pósitron 20 começará a se elevar após a borda avançada da curva de bolo 'natural' 12 (figura 2a). Durante esse período, a válvula de paciente 24 permanece fechada, de modo que qualquer atividade eluída a partir do gerador é passada para o reservatório de resíduo 26. Quando a concentração de atividade detectada atinge a concentração alvo C_M (ou alvo ajustado C'_M , como aplicável), o controlador 28 abre a válvula de paciente 24 (no tempo t_1 na figura 8b), e se desloca para o modo de operação de "eluição".

Durante o modo de eluição, o controlador 28 implementa um algoritmo de controle predizível no qual os dados de desempenho de gerador anteriormente armazenados são utilizados (em S14) para estimar uma razão de fluxo que fornecerá a concentração de atividade alvo C_M (ou C'_M) no detector de pósitron 20, para a taxa de fluxo selecionada do curso de eluição. Essa razão de fluxo estimada (previsto) é então utilizada para controlar o ciclo de carga da válvula de gerador 16. O controlador 28 então obtém um parâmetro de concentração atualizado C_{det} (em S16), que indica a concentração de atividade instantânea no detector de pósitron 20. O parâmetro de concentração C_{det} é então comparado com a concentração alvo C_M (ou C'_M) para obter uma função de erro ΔC (em S18). Com base no valor da função de erro ΔC , o ciclo de carga da válvula de gerador 16 é ajustado. Se $\Delta C < 0$ (etapa S20), o ciclo de carga é aumentado (em S22) de modo que proporcionalmente mais solução salina flui através do gerador 8 para eluir mais atividade de ^{82}Rb . Se $\Delta C > 2$ (etapa S24), o ciclo de carga é

diminuído (em S26) de modo que proporcionalmente mais solução salina flui através da linha de desvio 18. Se nenhuma condição é atendida o ciclo de carga é mantido em seu estado atual (S28). Como se pode ver na figura 8b, o resultado dessa operação é um perfil de concentração de erro baixo 48 que casa estreitamente com a concentração alvo C_M (ou C'_M). Ao término do curso de eluição (tempo t_2 na figura 8b), o controlador 28 fecha a válvula de gerador 16 (isto é, reduz o ciclo de carga para "0") e coloca o sistema de eluição 14 no modo "Fluxo de linha de paciente", que termina a eluição de atividade de ^{82}Rb a partir do gerador 8 e remove qualquer atividade de ^{82}Rb restante dentro da linha de paciente 40 para o paciente.

A figura 8c ilustra o perfil de concentração de atividade 48 distribuído ao paciente como resultado do processo acima descrito. Como se pode ver a partir da figura 8c, nenhuma atividade de ^{82}Rb é distribuída ao paciente durante o modo de "Esperar por limite" (t_0 - y_1). Durante o modo de "eluição" (t_1 - t_2), a concentração de atividade segue estreitamente a concentração alvo C_M (ou C'_M). Finalmente, no modo "Fluxo de linha de paciente" (após t_2) a concentração de atividade cai rapidamente à medida que a eluição de ^{82}Rb termina e a atividade residual é removida a partir da linha de fornecimento ao paciente 40.

Na prática, verificou-se que o algoritmo de controle predizível acima descrito produz uma concentração de atividade de ^{82}Rb que casa estreitamente com o perfil alvo desejado $C_M(t)$, exceto durante os primeiros poucos segundos da eluição, onde erros de predição significativos podem

ocorrer. Em casos onde toda a atividade a partir do gerador deve ser eluída para atingir a dosagem total solicitada, esse erro deve ser tolerado. Entretanto, em outros casos é possível eliminar o erro por retardar o início do modo de
5 operação de "eluição". Desse modo, por exemplo, durante o modo de "esperar por limite", o nível de atividade detectado C_{det} pode ser monitorado e comparado com um limite (por exemplo, 90% da concentração alvo C_M). Quando o nível limite é atingido, o circuito de controle de válvula de
10 gerador 42 começa a operar como descrito acima com referência às figuras 8a e 8b, porém a válvula de paciente 24 permanece fechada de modo que a solução ativa continua a ser encaminhada para o reservatório de resíduo 26. Após um retardo predeterminado, a válvula de paciente 24 abre para
15 começar a fornecer solução salina ativa à saída do paciente 10. A duração do retardo pode ser calculada com base na atividade relativa da eluição. Por exemplo, em eluições nas quais a concentração de atividade alvo C_M é menor do que 10% da concentração máxima que o gerador 8 pode produzir;
20 um retardo de aproximadamente 10 segundos pode ser utilizado. Inversamente, para eluições nas quais a concentração de atividade alvo C_M é maior do que aproximadamente 70% da concentração máxima que o gerador 8 pode produzir, nenhum retardo pode ser necessário. Para
25 eluições nas quais a concentração de atividade alvo situa-se entre esses dois limites, um retardo intermediário pode ser calculado.

Como descrito acima, o algoritmo de controle predizível utiliza dados de desempenho de gerador
30 armazenados para modelar o desempenho de gerador e desse

modo permitir predição de uma razão de fluxo de válvula (ou de forma equivalente ciclo de carga) que fornecerá a concentração de atividade alvo C_M (ou C'_M) no detector de pósitron 20. Um modo de obter os dados de desempenho de gerador é calibrar o sistema de eluição 14 por executar um curso de eluição predefinido com a saída do paciente 10 conectada a um calibrador de dose convencional (por exemplo, um Capintec CRC-15). Tal curso de eluição de calibragem permite que o calibrador de dose seja utilizado para medir o desempenho do gerador em termos, por exemplo, de concentração de atividade de ^{82}Rb vs. volume eluído. Esses dados podem ser utilizados para prever concentração de atividade de ^{82}Rb eluída, para qualquer taxa de fluxo de solução salina dada, com uma precisão que declinará gradualmente com o tempo decorrido desde o curso de calibragem. A repetição do curso de calibragem em intervalos regulares (por exemplo, uma vez por dia) permite que os dados de desempenho de gerador sejam atualizados para rastrear alterações no desempenho de gerador à medida que o gerador 8 envelhece, e desse modo permitir predição de razão de fluxo precisa entre cursos de calibragem sucessivos. Se desejado, eluições de calibragem podem ser programadas para rodar automaticamente, por exemplo, como parte de um protocolo diário, que assegura precisão do sistema e ao mesmo tempo limita o potencial para erro humano.

Preferivelmente, cursos de eluição de calibragem são executados na mesma taxa de fluxo (por exemplo, 15 ml/min), e na mesma duração (por exemplo, 1 minuto). Isso permite que a meia-vida conhecida de ^{82}Rb (76 segundos) seja

utilizada para prever o tempo de decaimento de atividade detectado pelo calibrador de dose. Uma diferença entre os tempos de decaimento previsto e efetivo indica ruptura de ^{82}Sr . Por conseguinte, a ruptura de ^{82}Sr pode ser automaticamente detectada como parte de um protocolo de calibragem de sistema programado, por amostragem do nível de atividade no calibrador de dose em intervalos regulares por toda a duração de cada curso de eluição de calibragem, e por um período predeterminado após término do curso de calibragem. Os dados de calibragem resultantes rastreiam o nível de atividade no calibrador de dose, tanto como função de tempo como volume de solução salina ativa. Os dados de calibragem coletados durante a eluição permitem predição da curva de decaimento de ^{82}Rb após parar a eluição. A comparação entre essa curva de decaimento prevista e os dados de calibragem coletados após a eluição permite detecção de ruptura de ^{82}Sr .

Os dados de calibragem coletados durante a eluição podem ser utilizados também para calcular a constante de proporcionalidade K entre o parâmetro de atividade C_{det} e a concentração de atividade de ^{82}Rb . Em particular, a atividade instantânea detectada pelo calibrador de dose durante a eluição de calibragem é a convolução da concentração de atividade e a curva de decaimento de ^{82}Rb bem conhecida. Uma vez que a taxa de fluxo volumétrico de solução salina é conhecida, os dados de calibragem coletados durante a eluição podem ser utilizados para calcular a concentração de atividade efetiva da solução salina ativa que entra no calibrador de dose, e desse modo a constante de proporcionalidade K .

Na descrição acima, o algoritmo de controle predizível utiliza dados de desempenho de gerador armazenados para prever um ciclo de carga de válvula que fornecerá a concentração de atividade alvo C_M (ou C'_M) no detector de pósitron, e essa estimativa é utilizada para controlar a válvula de gerador 16. Um erro ΔC entre o parâmetro de concentração detectado C_{det} e concentração de atividade alvo C_M é, então, calculado e utilizado para ajustar a razão de fluxo (ciclo de carga) da válvula de gerador 16. Esse erro também pode ser utilizado como dados inseridos para um algoritmo de auto-sintonização para atualizar os parâmetros de resposta de válvula de gerador. Essa funcionalidade é útil para assegurar precisão do algoritmo de controle predizível, bem como compensar alterações de desempenho de válvula devido, por exemplo, ao desgaste e envelhecimento de componente.

Em algumas modalidades, o algoritmo de auto-sintonização utiliza dados de erros acumulados durante um número de cursos de eluição. Desse modo, por exemplo, durante cada curso de eluição, razões de fluxo desejadas podem ser calculadas (por exemplo, com base na taxa de fluxo de solução salina, concentração de atividade alvo C_M , e os dados de desempenho de gerador, armazenados) e valores de função de erro ΔC armazenados como uma função de razão de fluxo desejado. O acúmulo de valor de erro vs. dados de razão de fluxo durante um número de cursos de eluição pode ser então processado para obter um erro de inclinação ΔL . Esse valor de erro pode ser então utilizado para ajustar de forma incremental a razão de fluxo vs. parâmetro de inclinação de ciclo de carga L do valor de modo a acionar o

erro de inclinação ΔL em direção a zero.

O limite de ciclo de carga superior Π_{\max} pode ser ajustado com base em dados de erros acumulados durante eluições nos quais a concentração de atividade previsto a partir do gerador não pode atender o valor alvo desejado C_M . Essa situação pode ocorrer durante cursos de eluição realizados em direção ao término da vida útil do gerador 8, quando as taxas de produção de ^{82}Rb estão em seu nível mais baixo. Quando a concentração de atividade prevista a partir do gerador 8 é menor do que o valor alvo desejado C_M , o algoritmo de controle predizível operará para ajustar o ciclo de carga em seu valor de limite superior Π_{\max} . Nessa condição, se o parâmetro de concentração medido C_{det} for menor do que o valor alvo C_M , o valor de função de erro ΔC será um valor não zero, e o circuito corretivo (figura 8a) tentará aumentar adicionalmente o ciclo de carga. Se nenhum aumento adicional no parâmetro de concentração C_{det} ocorrer (como indicado por uma alteração no valor de função ΔC), então o valor de limite superior Π_{\max} pode ser reduzido por um tamanho de etapa predeterminado (por exemplo, 10^{-5}). Por outro lado, se a operação do circuito corretivo produzir um aumento na concentração detectada C_{det} , a inclinação dos dados de erros pode ser utilizada para aumentar o valor de limite superior Π_{\max} .

Se desejado, uma abordagem similar pode ser utilizada para corrigir histerese da válvula 16. Histerese se refere a um sistema que se comporta de forma diferente dependendo da direção de alteração de um parâmetro de entrada, normalmente envolvendo uma resposta retardada. No caso de uma válvula de aperto de dois estados do tipo ilustrado na

figura 4 as latências de abertura e fechamento podem diferir. Essa histerese de válvula se manifesta no algoritmo de controle de eluição baseado em limite descrito acima com referência à figura 7, e aparece como uma
5 diferença entre uma duração de eluição previsto (necessária para obter uma dose de atividade eluída desejada) e a duração de eluição efetiva necessária para obter essa dose. Por conseguinte, por monitorar o tempo de eluição efetivo para cursos de eluição do tipo "dose de atividade total", é
10 possível calcular um fator de histerese H, que pode ser aplicado ao ponto de ajuste de limite (isto é, a concentração de atividade alvo C_M) para compensar a histerese de válvula.

Nas modalidades acima, a válvula de gerador é
15 controlada como uma válvula de dois estados, que está "ligada" para orientar todo o fluxo de solução salina para dentro do gerador 8; ou "desligada" para orientar todo o fluxo de solução salina para dentro da linha de desvio 18. Na modalidade da figura 7, a válvula de gerador 16 é
20 controlada precisamente desse modo, em resposta a uma comparação de limite. Na modalidade da figura 8, a válvula 16 é ciclada continuamente em uma frequência predeterminada (por exemplo, 5 Hz) e o ciclo de carga ajustado para emular uma válvula de dosagem continuamente variável (ou
25 escalonada). Esses dois métodos de controle de válvula são particularmente apropriados para modalidades nas quais a válvula da figura 4, por exemplo, é controlada por um solenóide e uma mola. Entretanto, será reconhecido que uma válvula continuamente variável poderia ser utilizada, se
30 desejado. Por exemplo, a posição da válvula da figura 4

poderia ser controlada por um servo-motor, em cujo caso dosagem precisa de fluxo de solução salina, entre o gerador e as linhas de desvio, poderia ser obtida sem realização de ciclos da válvula entre os estados, "ligado" e "desligado".

5 Evidentemente, o uso de diferentes técnicas de controle de válvula de gerador envolveria diferenças correspondentes nos parâmetros de resposta e sinal de controle de válvula. Entretanto, com base nos ensinamentos fornecidos aqui, considera-se que todas essas modificações estão
10 compreendidas no alcance daqueles com conhecimentos comuns na técnica e, portanto, são considerados como compreendidos no escopo da presente invenção.

A(s) modalidade(s) da invenção descrita(s) acima é/são somente exemplar(es). O escopo da invenção deve, portanto,
15 ser limitado exclusivamente pelo escopo das reivindicações apenas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de controlar um sistema de eluição de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ tendo uma válvula de gerador para dosar um fluxo de solução salina entre um gerador de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ e uma linha de desvio acoplada a uma saída do gerador de tal modo que a solução salina que atravessa a linha de desvio fundirá com a solução salina eluída do gerador para fornecer uma solução salina ativa, o método sendo caracterizado por compreender as etapas de:

10 durante cada curso de eluição:

obter uma pluralidade de valores de parâmetro de concentração sucessivos em intervalos predeterminados, cada valor de parâmetro de concentração sendo indicativo de uma concentração de atividade instantânea respectiva da solução salina ativa;

15 computar valores de erro respectivos entre cada valor de parâmetro de concentração e um valor de concentração de atividade alvo do curso de eluição; e

20 acumular dados de erros com base em uma pluralidade dos valores de erros computados; e

entre cursos de eluição sucessivos, ajustar pelo menos um parâmetro de desempenho do sistema de eluição com base nos dados de erros acumulados.

25 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de ajustar pelo menos um parâmetro de desempenho do sistema de eluição compreende uma etapa de sintonizar um modelo de desempenho da válvula de gerador.

30 3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os dados de erros acumulados

compreendem os valores de erros computados como uma função de uma razão de fluxo estimada.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a etapa de sintonizar um modelo de desempenho da válvula de gerador compreende etapas de:

calcular uma inclinação dos dados de erro; e
ajustar um parâmetro de inclinação de resposta do modelo de válvula de gerador com base na inclinação calculada dos dados de erro.

5. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os dados de erros compreendem um ou mais valores de erro acumulados durante um período no qual uma concentração de atividade alvo de uma eluição excede a concentração de atividade prevista daquela eluição.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a etapa de sintonizar um modelo de desempenho da válvula de gerador compreende etapas de:

calcular uma inclinação dos dados de erro; e
ajustar um parâmetro de limite superior da válvula de gerador com base na inclinação calculada dos dados de erro.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a etapa de ajustar o parâmetro de limite superior compreende etapas de:

se a inclinação calculada for zero, reduzir o parâmetro de limite superior por um incremento predeterminado; e

de outro modo, calcular um valor de parâmetro de

limite superior ajustado utilizando a inclinação calculada.

8. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os dados de erros compreendem uma diferença entre uma duração de eluição prevista necessária para obter uma dose de atividade total desejada e uma duração de eluição efetiva.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a etapa de sintonizar um modelo de desempenho da válvula de gerador compreende uma etapa de ajustar um fator de histerese H com base na diferença entre as durações das eluições prevista e efetiva.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender ainda uma etapa de executar um retardo predeterminado entre cursos de eluição sucessivos.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender ainda as etapas de:

definir uma pluralidade de modos operacionais do sistema de eluição; e

durante cada curso de eluição, realizar transição automaticamente entre modos selecionados dos modos operacionais, de acordo com parâmetros inseridos pelo usuário, do curso de eluição.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a pluralidade de modos operacionais compreende:

um modo de "Desvio para resíduo" no qual o fluxo de solução salina inteiro é dirigido através da linha de desvio e para dentro de um reservatório de resíduo;

um modo de "fluxo de linha de paciente" no qual o fluxo de solução salina é dirigido através da linha de desvio e para fora através de uma saída de paciente;

um modo de "esperar por limite" no qual o fluxo de solução salina é dirigido através do gerador, e a solução salina ativa dirigida para dentro do reservatório de resíduo; e

um modo de "eluição" no qual o fluxo de solução salina é dosado entre o gerador e a linha de desvio, e a solução salina ativa dirigida para fora através da saída do paciente.

13. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que os parâmetros inseridos pelo usuário compreendem:

15 pelo menos um de uma duração desejada da eluição, e uma taxa de fluxo de solução salina desejada; e

pelo menos um de um perfil de concentração de atividade alvo e uma dose de atividade eluída total.

14. Método, de acordo com a reivindicação 1, 20 caracterizado por compreender ainda as etapas de:

definir um conjunto de um ou mais cursos de eluição predeterminados, cada um tendo conjunto respectivo de parâmetros predeterminados; e

25 executar o conjunto de cursos de eluição predeterminados de acordo com um programa predeterminado.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o programa predeterminado define um protocolo diário.

16. Método, de acordo com a reivindicação 14, 30 caracterizado pelo fato de que o conjunto de um ou mais

cursos de eluição predeterminados compreende uma eluição de calibragem para calibrar qualquer um ou mais de:

um desempenho do gerador;

5 uma constante de proporcionalidade entre o valor de parâmetro de concentração e a concentração de atividade instantânea da solução salina ativa.

17. Método, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o desempenho calibrado do gerador compreende qualquer um ou ambos de:

10 concentração de atividade de ^{82}Rb vs. volume eluído; e ruptura de ^{82}Sr .

18. Detector de pósitron para detectar concentração de atividade de ^{82}Rb instantânea de uma solução salina ativa gerada por um sistema de eluição de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ caracterizado
 15 por compreender:

uma fibra de cintilação disposta adjacientemente a uma linha de alimentação para transportar a solução salina ativa;

20 um contador de fótons operativamente acoplado à fibra de cintilação para detectar fótons gerados por aniquilação de pósitron dentro da fibra de cintilação; e

um protetor contra radiação que circunda a fibra de cintilação e pelo menos uma porção da linha de alimentação, para proteger pelo menos a fibra de cintilação contra
 25 radiação espúria.

19. Detector de pósitron, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que uma espessura do protetor contra radiação é da ordem de 1,27 cm.

30 20. Detector de pósitron, de acordo com a

reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o protetor contra radiação circunda uma extensão da linha de alimentação que corresponde a pelo menos cinco vezes um diâmetro externo ou a linha de alimentação, em cada direção

5 a partir da fibra de cintilação.

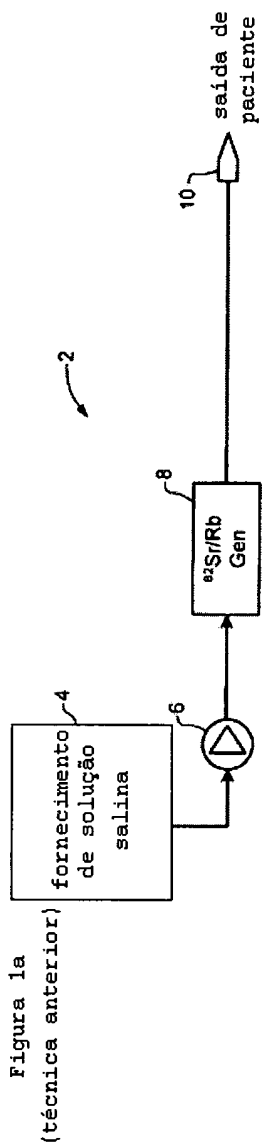


figura 2a
(técnica anterior)

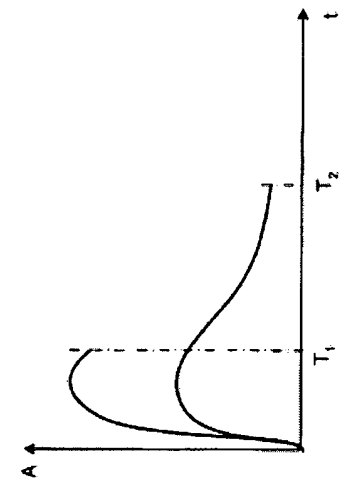
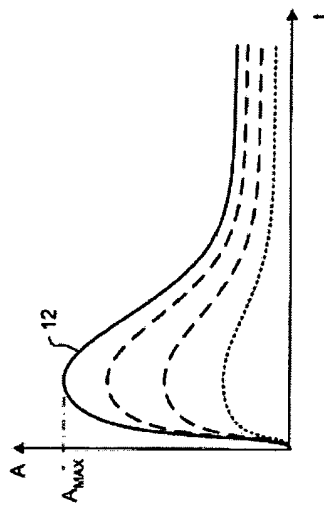
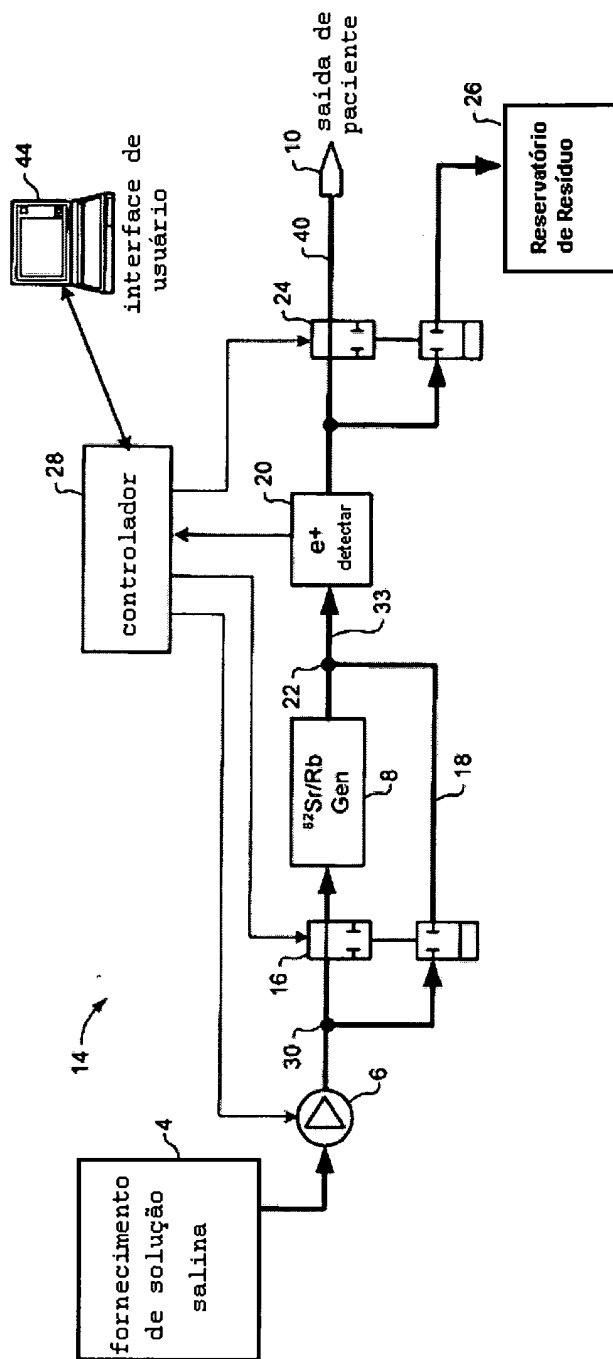


figura 3



→ t

figura 4

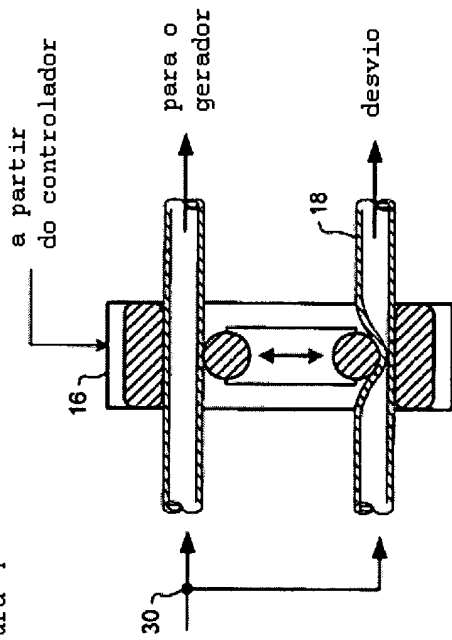


figura 5

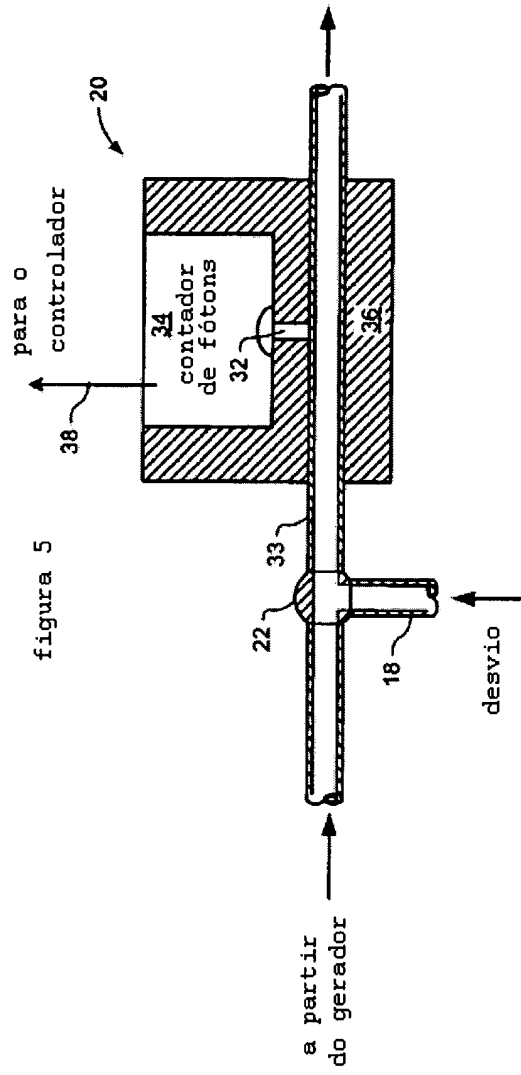


figura 6a

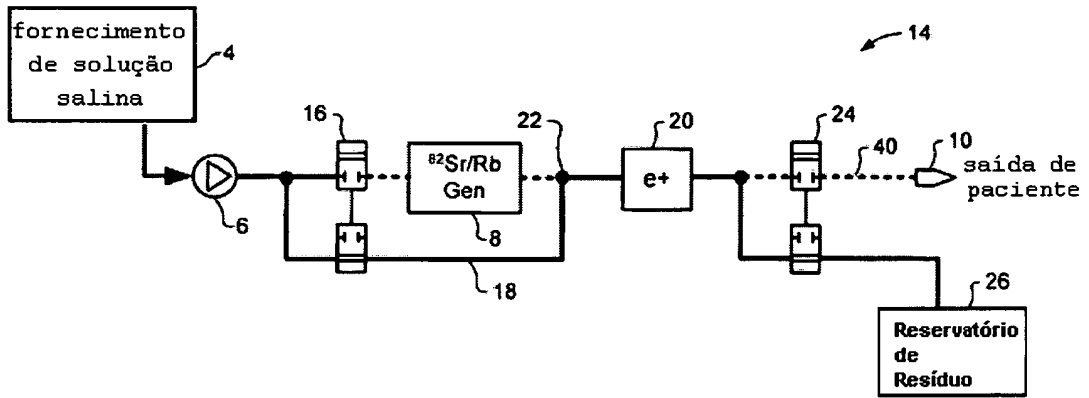


figura 6b

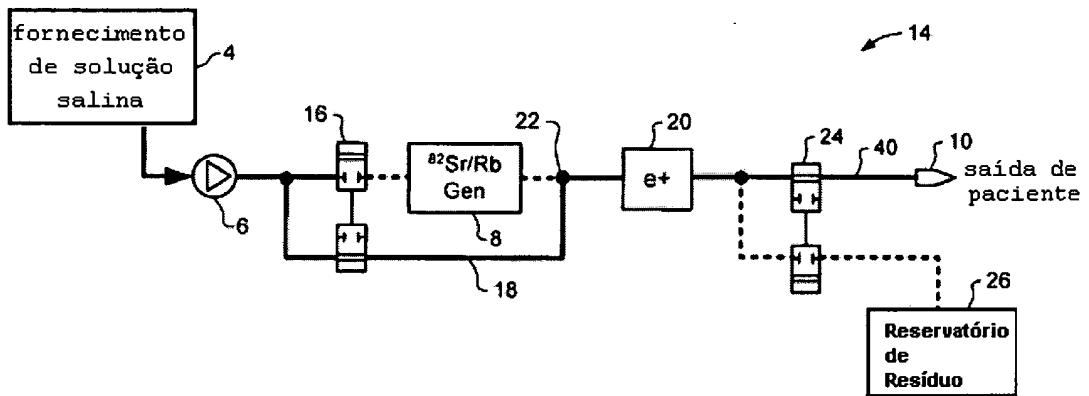


figura 6c

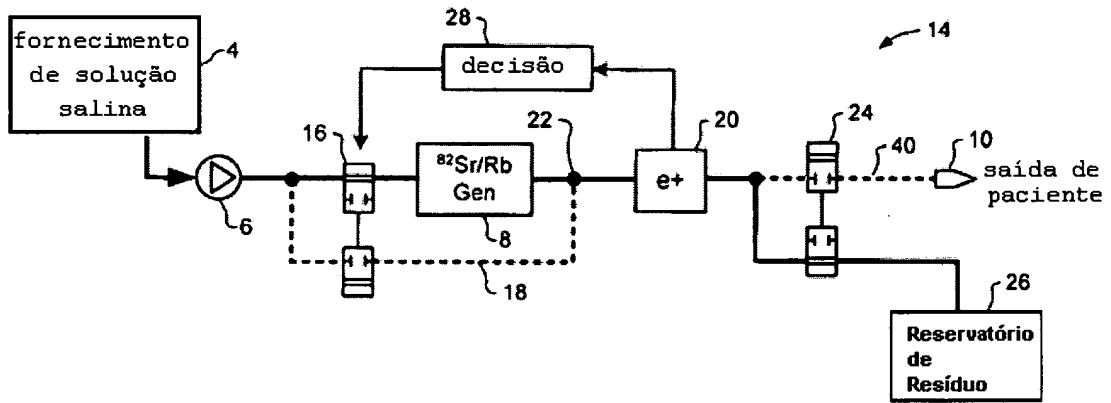


figura 6d

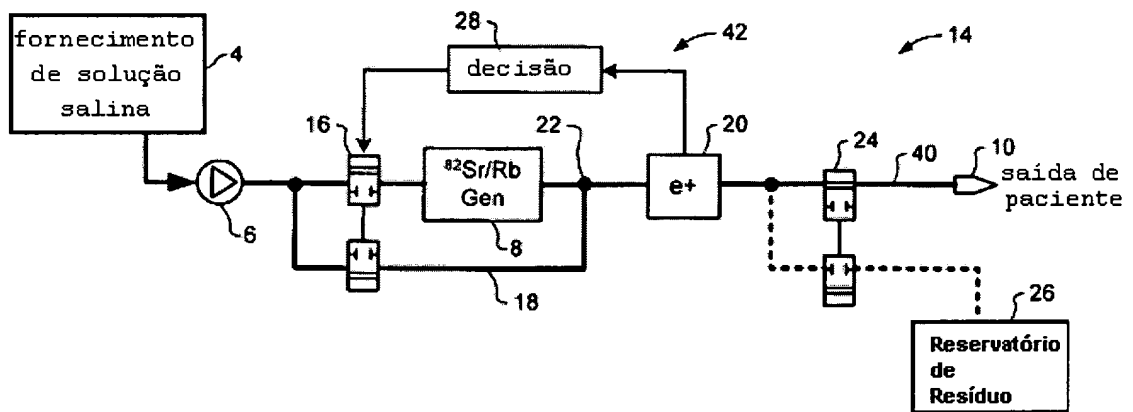


figura 7a

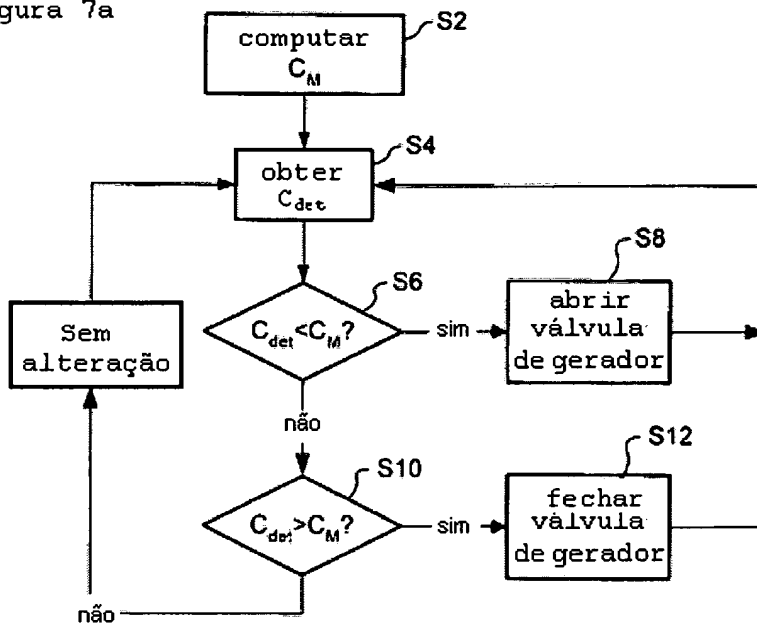


figura 7b

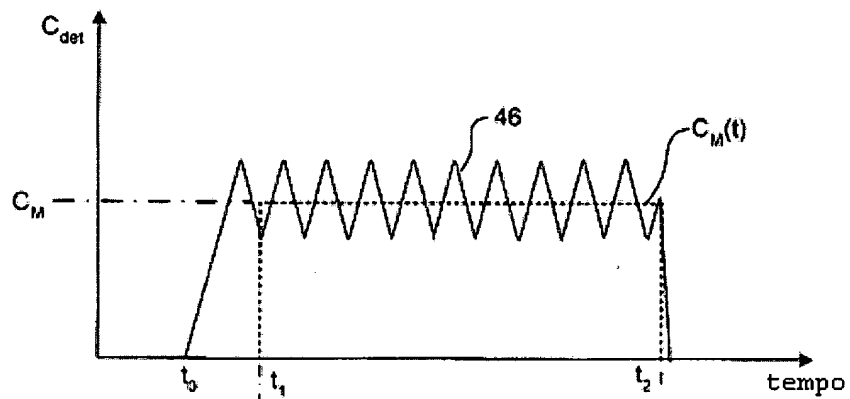


figura 7c

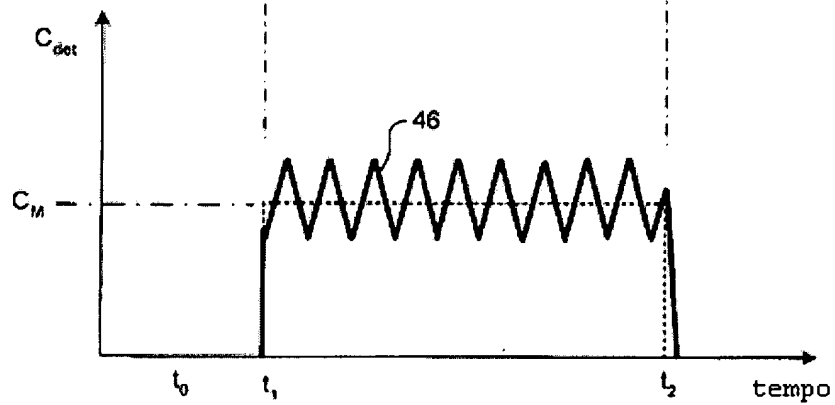


figura 8a

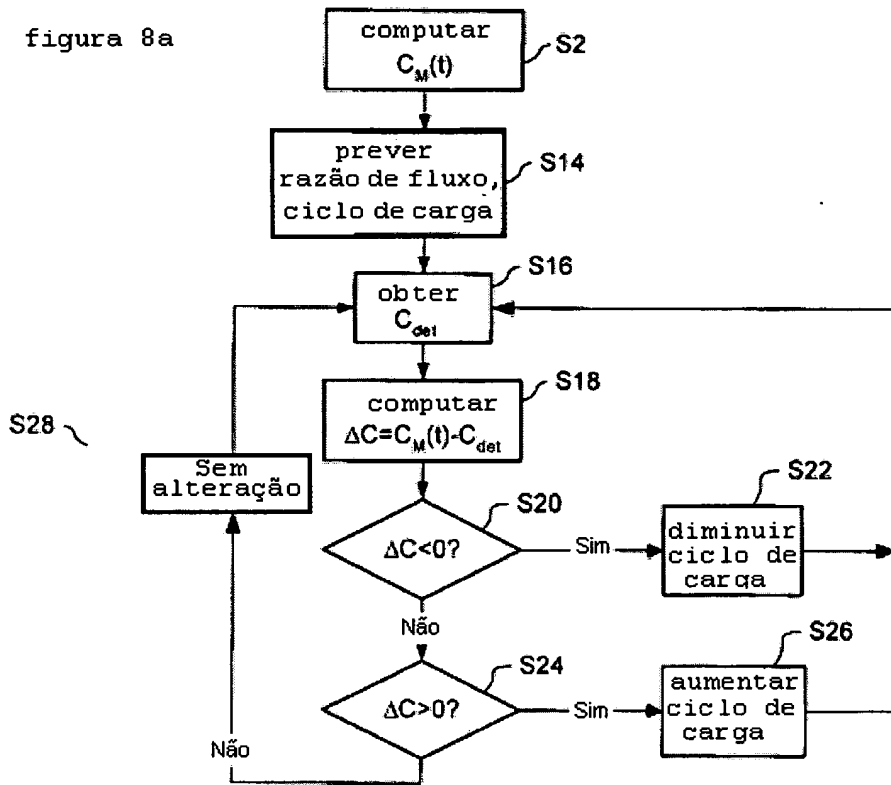


figura 8b

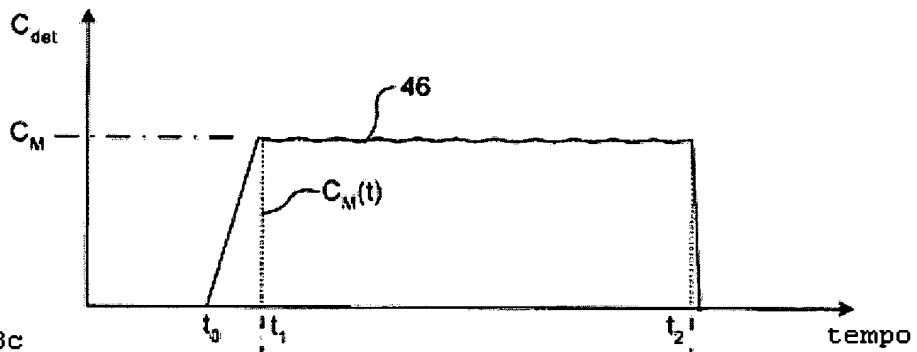
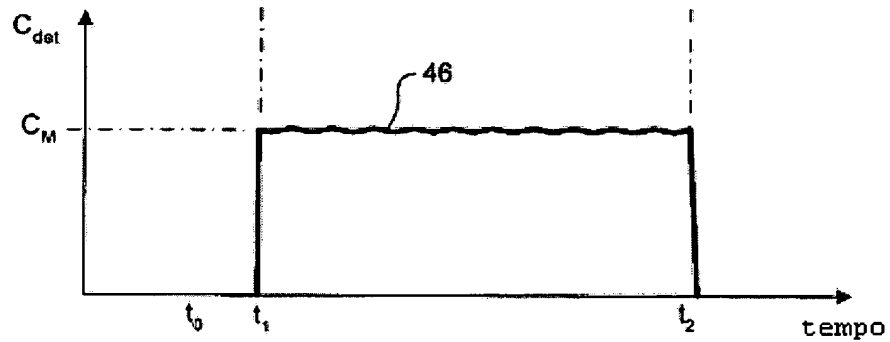


figura 8c



CONTROLE DE SISTEMA DE ELUIÇÃO DE RUBÍDIO

Um método de controlar um sistema de eluição de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ tendo uma válvula de gerador para dosar um fluxo de solução salina entre um gerador de $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ e uma linha de desvio acoplada a uma saída do gerador de tal modo que a
5 solução salina que atravessa a linha de desvio fundirá com a solução salina eluída que sai do gerador para fornecer uma solução salina ativa. Durante cada curso de eluição, diversos valores sucessivos de parâmetro de concentração
10 são obtidos em intervalos predeterminados. Cada valor de parâmetro de concentração é indicativo de uma concentração de atividade instantânea respectiva da solução salina ativa. Valores de erro respectivos entre cada valor de parâmetro de concentração e um valor de concentração de
15 atividade alvo do curso de eluição são computados. Dados de erros baseados em uma pluralidade dos valores de erro computados são acumulados. Entre cursos de eluição sucessivos, pelo menos um parâmetro de desempenho do sistema de eluição é ajustado com base nos dados de erros
20 acumulados.