



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

(21) **PI0620569-0 A2**



(22) Data de Depósito: 07/12/2006  
(43) Data da Publicação: 16/11/2011  
(RPI 2132)

(51) *Int.Cl.:*  
B61L 23/04  
B61L 1/18

(54) **Título:** MÉTODO E SISTEMA PARA A DETECÇÃO DE UMA INTERRUPÇÃO DE TRILHO OU DE UM VEÍCULO FERROVIÁRIO QUE SE DESLOCA EM UMA LINHA FÉRREA

(30) **Prioridade Unionista:** 08/12/2005 US 11/297,723

(73) **Titular(es):** General Electric Company

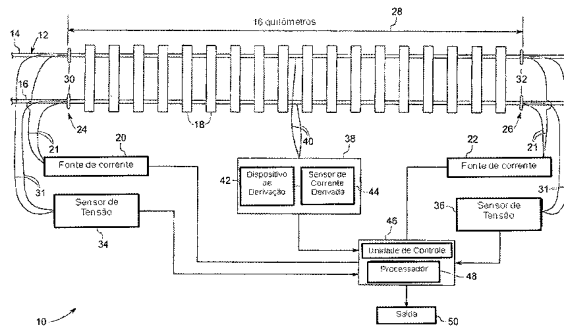
(72) **Inventor(es):** Todd Alan Anderson

(74) **Procurador(es):** Advocacia Pietro Ariboni S/C - API nº 404

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2006046763 de 07/12/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/067708de 14/06/2007

(57) **Resumo:** MÉTODO E SISTEMA PARA A DETECÇÃO DE UMA INTERRUPÇÃO DE TRILHO OU DE UM VEÍCULO FERROVIÁRIO QUE SE DESLOCA EM UMA LINHA FÉRREA. A invenção se refere a um sistema para a detecção de um veículo ferroviário e/ou interrupção de trilho em um grande bloco e a um método para detectar veículo ferroviário e/ou interrupção de trilho utilizando tal sistema. De acordo com uma realização da invenção, o sistema compreende pelo menos uma fonte de corrente (20, 22) adaptada para fornecer uma corrente para um bloco isolado (28) da linha férrea; pelo menos um sensor de tensão (34, 36) ligado ao bloco isolado da linha férrea e configurado para detectar a tensão ao longo do bloco isolado; um dispositivo de derivação (42) ligado ao bloco isolado e configurado a receber uma corrente derivada da corrente fornecida pela fonte de corrente (20, 22); um sensor de corrente derivada (44) ligado ao dispositivo de derivação (42) e adaptado para detectar a corrente derivada que flui através do dispositivo de derivação; uma unidade de controle (46) adaptada para receber sinais de entrada provenientes do sensor de tensão (34, 36) e do sensor de corrente derivada (44), bem como para comparar a corrente derivada e a tensão com relação ao valor limite para a corrente derivada e o valor limite para a tensão; e um dispositivo de medição de resistência auto-calibrável (66) conectado ao dispositivo de derivação (42) e configurado para monitorar a resistência do dispositivo de derivação.



**“MÉTODO E SISTEMA PARA A DETECÇÃO DE UMA INTERRUPTÃO DE TRILHO OU DE UM VEÍCULO FERROVIÁRIO QUE SE DESLOCA EM UMA LINHA FÉRREA”**

**CAMPO DA INVENÇÃO**

5 A invenção está relacionada, de uma forma geral, a um sistema para a detecção de um veículo ferroviário e/ou interrupção de trilho, e de uma forma mais específica, a um sistema para a detecção de um veículo ferroviário e/ou interrupção de trilho em um grande bloco, e a um método para detectar veículo ferroviário e/ou interrupção de trilho utilizando tal sistema.

10 **ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

Um sistema ferroviário convencional emprega um trilho de linha como uma parte de um caminho de transmissão de sinais, para que se detecte a existência tanto de um trem, quanto de uma interrupção do trilho em uma seção de um bloco. Em tal método, o trilho é dividido eletricamente em 15 diversas seções, cada uma das quais possuindo um comprimento pré-determinado. Cada seção forma uma parte de um circuito elétrico, a qual é referida como um circuito de linha. Um dispositivo transmissor e um dispositivo receptor são respectivamente dispostos nas extremidades do circuito de linha. O dispositivo transmissor transmite um sinal para que se detecte um trem, ou 20 uma interrupção em trilho de forma contínua ou em intervalos variáveis, e o dispositivo receptor recebe o sinal transmitido.

Caso não esteja presente um trem ou uma interrupção de trilho na seção a qual é formada pelo circuito de linha, o dispositivo receptor recebe o sinal transmitido pelo transmissor. Caso esteja presente um trem ou uma 25 interrupção de trilho, o receptor recebe um sinal modificado em relação ao transmitido pelo transmissor, devido à mudança no circuito elétrico formado pelo trilho e pela interrupção, ou pelo trilho e pelo trem. De uma forma geral, a presença do trem modifica o circuito de linha através da adição de uma

resistência derivada ou de desvio (shunt resistance). A presença da interrupção modifica o circuito através da adição de uma resistência maior no trilho. A detecção do trem ou da interrupção normalmente é possível através da comparação do sinal que é recebido com um valor limite determinado.

5 Os circuitos de linha convencionais são normalmente aplicados em blocos com cerca de 3,2 km (2,5 milhas) de comprimento, para que se possa fazer a detecção de um trem. Em tal bloco, um trem deve apresentar uma resistência derivada em torno de 0,06 ohms ou menor, e a resistência de lastro (ballast resistance), ou a resistência entre trilhos independentes, será  
10 normalmente maior do que 3 ohms para cada 305 metros (1.000 pés). Na medida em que o comprimento do bloco se torna maior, a resistência global do circuito de linha é reduzida devido à adição paralela da resistência de lastro entre os trilhos. Através destas adições de caminhos de corrente paralelos, uma corrente adicional flui através do lastro e dos dormentes e  
15 proporcionalmente menos através do receptor. Desta forma, a relação sinal/ruído dos circuitos de linha se torna menor com a presença de um trem.

Em um exemplo, circuitos de linha como base em fibras ópticas podem ser empregados para os blocos de maior extensão (por exemplo, maiores do que 4,8 km (3 milhas), para que se detecte trens e as interrupções  
20 nos trilhos. No entanto, o custo para a implementação dos circuitos de linha como base em fibras ópticas é relativamente alto e a sua durabilidade pode ser inferior. Em um outro exemplo, a resistência de lastro é aumentada e o comprimento do bloco do circuito de linha pode ser aumentado de acordo. No entanto, o custo de manutenção para que se mantenha uma resistência de  
25 lastro relativamente alta é muito elevado.

Assim, é desejável um sistema e um método aperfeiçoados para a detecção de um veículo ou de uma interrupção de trilho em blocos grandes.

### DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

De acordo com uma forma de realização da presente invenção, um método para a detecção de uma interrupção de trilho ou a presença de um veículo ferroviário inclui fornecer uma corrente para um bloco isolado de uma linha férrea. A tensão gerada no bloco isolado da linha férrea é medida. Uma corrente derivada que flui através de uma derivação que se encontra acoplada no bloco isolado é medida por meio de um sensor de corrente. O método ainda inclui monitorar um sinal proporcional à corrente derivada com relação à tensão, para que se detecte uma interrupção no trilho ou a presença de um veículo ferroviário.

De acordo com outra forma de realização da presente invenção, um método para detectar uma interrupção do trilho ou a presença de um veículo ferroviário inclui fornecer uma corrente para um bloco isolado de uma linha férrea. A tensão gerada no bloco isolado da linha férrea é medida. A corrente derivada que flui através de uma derivação ligada no bloco isolado é medida por meio de um sensor de corrente. O método adicionalmente compreende comparar um sinal proporcional à corrente derivada e a tensão, com relação a um valor limite para a corrente derivada e com um valor limite para a tensão, de modo a detectar a interrupção do trilho ou a presença de um veículo ferroviário.

De acordo com ainda outra forma preferencial de realização da presente invenção, um sistema para que se detecte a interrupção do trilho ou a presença de um veículo ferroviário inclui uma fonte de corrente adaptada para que forneça uma corrente para um bloco isolado de uma linha férrea. Um sensor de tensão é ligado no bloco isolado e é configurado para que detecte a tensão no bloco isolado. Um dispositivo de derivação é ligado no bloco isolado e é configurado de modo a receber a corrente derivada da corrente fornecida pela fonte de corrente. Um sensor da corrente derivada é ligado no dispositivo

de derivação e é adaptado de modo a detectar a corrente derivada que flui através do dispositivo de derivação. Uma unidade de controle é adaptada de modo a receber os sinais de entrada a partir do sensor de tensão e do sensor de corrente derivada, bem como para monitorar a variação da corrente derivada com relação à tensão, para detectar a interrupção do trilho ou a presença de um veículo ferroviário.

De acordo com mais uma forma de realização da presente invenção, um sistema para detectar uma interrupção no trilho ou a presença de um veículo ferroviário inclui uma fonte de corrente adaptada para fornecer uma corrente para um bloco isolado de uma linha férrea. Um sensor de tensão é ligado no bloco isolado e é configurado para detectar a tensão ao longo do bloco isolado. Um dispositivo de derivação é ligado no bloco isolado e é configurado de modo a receber uma corrente derivada a partir da corrente fornecida por meio da fonte de corrente. Um sensor de corrente derivada é ligado a um dispositivo de derivação e é adaptado para detectar a corrente derivada que flui através do dispositivo de derivação. Uma unidade de controle é adaptada para receber os sinais de entrada a partir do sensor de tensão e do sensor da corrente derivada, bem como para comparar a corrente derivada e a tensão com relação a um valor limite para a corrente derivada com um valor limite da tensão, de modo a detectar a interrupção do trilho ou a presença de um veículo ferroviário.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

Essas e outras características, aspectos e vantagens da presente invenção poderão ser mais bem compreendidos quando da leitura da descrição detalhada que segue, com referência aos desenhos que acompanham, nos quais os caracteres iguais representam partes ou peças iguais em todos os desenhos, nos quais:

A figura 1 é um diagrama de bloco de um sistema de detecção de

um veículo ferroviário e/ou uma interrupção de trilho de acordo com uma forma exemplar de realização da invenção;

5 A figura 2 é um gráfico representando as variações na corrente derivada com relação à tensão aplicada, como uma função de resistência média de lastro para um sistema de detecção de um veículo ferroviário e/ou uma interrupção de trilho apresentando um dispositivo localizado a meio caminho através de uma seção de bloco isolado de uma linha férrea, de acordo com uma forma exemplificativa de realização para a invenção;

10 A figura 3 é um gráfico representando as variações da corrente derivada com relação à tensão aplicada, tendo uma interrupção de trilho em uma fonte de corrente junto com um circuito elétrico equivalente, de acordo com uma forma de realização de exemplo da invenção;

15 A figura 4 é um gráfico representando as variações da corrente derivada com relação à tensão aplicada, tendo a presença de um trem em uma fonte de corrente junto com um circuito elétrico equivalente, de acordo com uma forma de realização de exemplo da invenção;

20 A figura 5 é um diagrama esquemático de um circuito equivalente de um sistema de detecção de um veículo ferroviário e/ou uma interrupção de trilho, o qual representa a resistência do trilho e a resistência de lastro, como sendo dois parâmetros agrupados, sem a presença da interrupção do trilho ou do veículo ferroviário;

25 A figura 6 é um gráfico representando as variações da corrente derivada em função da tensão aplicada, tendo a presença de uma interrupção do trilho próxima ao dispositivo de corrente derivada de uma seção de bloco isolado de um alinhamento férrea, junto com um circuito elétrico equivalente, de acordo com uma forma de realização da invenção;

A figura 7 é um gráfico representando as variações da corrente derivada em relação à tensão aplicada, tendo a presença de um trem próximo

ao dispositivo de corrente derivada de uma seção de bloco isolado de uma linha férrea, junto com um circuito elétrico equivalente, de acordo com uma forma de realização da invenção;

5 A figura 8 é um gráfico representando as variações do valor limite da corrente derivada em relação ao valor limite da tensão aplicada, de acordo com uma forma de realização da invenção;

A figura 9 é um diagrama esquemático de um circuito elétrico equivalente de um dispositivo de medição da resistência de seis vias, de acordo com uma forma de realização da invenção; e

10 As figuras 10 e 11 são fluxogramas ilustrando exemplos de processos de detecção de um veículo ferroviário e/ou uma interrupção de trilho de acordo com certas formas de realização da presente.

#### **DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES PARTICULARES**

15 Referindo-se de forma geral à figura 1, e de acordo com várias formas de realização da invenção, é ilustrado um sistema de detecção de uma interrupção no trilho ou da presença de veículo ferroviário, e representado no todo pela referência numérica 10. Na forma de realização ilustrada, o sistema 10 inclui uma linha férrea 12 apresentando um trilho esquerdo 14, um trilho direito 16 e uma pluralidade de dormentes 18 os quais se estendem entre, e  
20 são em geral transversais, os trilhos 14, 16. Os dormentes 18 são fixados nos trilhos 14, 16 e fornecem um suporte lateral para os trilhos 14, 16, configurados de modo a permitir a movimentação de veículos, tais como trens, bondes, veículos em testes e similares.

25 Duas fontes de corrente contínua (DC) 20 e 22 são ligadas de forma a se comunicarem respectivamente com o final da primeira e da segunda extremidades 24 e 26 de uma seção de bloco isolado 28, formada entre duas junções isoladas 30, 32 da linha férrea 12, por meio de diversos cabos 21. No exemplo ilustrado, a seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12

tem comprimento de aproximadamente 16 km (10 milhas). Contudo, todos aqueles técnicos no assunto poderão perceber que o comprimento específico da seção de bloco isolado 28 não é um fator essencial para a invenção. Na forma de realização ilustrada, as fontes de corrente 20, 22 são configuradas para suprir força elétrica condicionada para a seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12. Dois sensores de tensão 34, 36 também são respectivamente ligados nas primeira e segunda extremidades 24, 26 da seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12, por meio de uma pluralidade de cabos 31. Os sensores 34, 36 são configurados para detectar a tensão gerada nos trilhos 14, 16.

Uma unidade receptora 38 é acoplada na seção de bloco isolado 28 por meio de vários cabos 40. No exemplo ilustrado, a unidade receptora 38 pode estar localizada a meio-caminho (por exemplo, em cerca de 8 km (5 milhas) das extremidades 24, 26) da linha férrea 12. A unidade receptora 38 inclui um dispositivo de derivação 42 (por exemplo, um resistor de derivação) e um sensor da corrente derivada 44 ligado em comunicação com dispositivo de derivação 42. O dispositivo de derivação 42 é configurado para receber uma corrente derivada da corrente fornecida pelas fontes de correntes 20, 22. O sensor da corrente derivada 44 é configurado para detectar a corrente derivada que passa pelo dispositivo de derivação 42. Uma unidade de controle 46 é acoplada de forma a poder se comunicar com a unidade receptora 38, com as fontes de corrente 20, 22 e com os sensores de tensão 34, 36. Em uma forma de realização, a unidade de controle 46 é adaptada de modo a receber as informações dos sensores de tensão 34, 36 e do sensor de corrente derivada 44, bem como para monitorar as variações da corrente derivada em relação à tensão, para detectar uma interrupção no trilho ou a presença de veículos ferroviários na seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12.

Quando a seção de bloco 28 da linha férrea 12 não está ocupada pelo veículo ferroviário, ou não é detectada uma interrupção do trilho, a tensão

ao longo da seção de bloco 28, a qual está relacionada com a corrente derivada que flui através do dispositivo de derivação 42, é constante, desde que não existam alterações nas condições ambientais. Quando a seção de bloco 28 da linha férrea 12 é ocupada pelas rodas de um veículo ferroviário, ou então quando existe uma interrupção, a tensão ao longo da seção de bloco 28 varia quando comparada com a condição na qual a seção do bloco da linha férrea não é ocupada pelas rodas de um veículo ferroviário, ou então quando não existe uma interrupção na linha férrea. A mudança na tensão ao longo da seção de bloco 28, ou então a mudança na corrente derivada que flui através do dispositivo de derivação 42, pode ser monitorada para que se identifique a presença de uma interrupção de trilho ou de um veículo ferroviário. As redes neurais, os algoritmos de classificação, ou outros similares podem ser usados para que se diferencie entre uma interrupção de trilho ou a presença de um veículo ferroviário em uma seção de bloco 28 da linha férrea 12.

Em outra forma de realização, a unidade de controle 46 é adaptada para receber os sinais de entrada a partir dos sensores de tensão 20 e 22 e do sensor de corrente derivada 44, e para comparar a corrente derivada e a tensão com relação a um valor limite para a corrente derivada e com relação a um valor limite para a tensão, a fim de detectar uma interrupção de trilho ou a presença de um veículo ferroviário na seção de bloco 28 da linha férrea 12. Em um exemplo, caso a variação da corrente derivada e da tensão, com relação ao valor limite para a corrente derivada e com relação ao valor limite para a tensão, seja maior do que um valor limite pré-determinado, a presença de uma interrupção de trilho ou a presença de um veículo ferroviário é indicada. Deve ser observado que, da forma como é aqui empregado, o termo "valor limite predeterminado" pode significar diversos valores entre diversos limites predeterminados. O valor limite predeterminado é determinado como uma função do valor limite para a corrente derivada e do valor limite para

a tensão. A taxa de variação da corrente derivada e da tensão, com relação ao valor limite para a corrente derivada e com relação ao valor limite para a tensão, podem ser usados para distinguir entre a presença de um trem e/ou de uma interrupção de trilho a partir das alterações das resistências de lastro, ou outras variações em condições operacionais normais, ou para que se forneçam as informações relativas à velocidade do trem, a posição do trem, ou similares. As formas de realização supra-indicadas serão explicadas com maiores detalhes em relação a figuras que seguem.

A unidade de controle 46 inclui um processador 48, o qual apresenta um circuito, um hardware e/ou um software o qual permite o processamento dos sinais a partir dos sensores de tensão 34, 36 e do sensor da corrente derivada 44. Como será de fácil percepção pelos técnicos no assunto, o processador 48 pode compreender um microprocessador, um controlador lógico programável (PLC), um módulo lógico ou similares. A unidade de controle 46 é ainda adaptada de modo a controlar as fontes de corrente 20, 22 de forma a prover pulsos de corrente de forma alternada entre as primeira e segunda extremidades 24, 26 da seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12. A unidade de controle 46 também está adaptada de modo a comutar a polaridade das fontes de corrente 20, 22 de modo a reverter o fluxo de corrente através da seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12. As medições dos sensores de tensão 34, 36 e do sensor da corrente derivada 44 podem ser equalizadas a partir das médias, de modo a suprimir os erros sistêmicos ou galvânicos.

Em algumas formas de realização, a unidade de controle 46 pode adicionalmente incluir um banco de dados e um algoritmo, o qual é implementado na forma de um programa de computador que é executado por meio do computador da unidade de controle ou pelo processador 48. O banco de dados pode ser configurado para que se armazene as informações

predefinidas sobre o sistema 10 de detecção da interrupção de trilho/veículo. O banco de dados pode também incluir conjuntos de instruções, mapas, tabelas de pesquisa, variáveis e similares. Tais conjuntos de instruções, mapas e tabelas de pesquisas são operacionais de modo a correlacionar as características da corrente derivada e da tensão para detectar a interrupção do trilho ou a presença de um veículo ferroviário. O banco de dados também pode ser configurado para armazenar o quanto atualmente detectado ou as informações detectadas atinentes à corrente derivada, à tensão na seção de bloco 28 isolado, aos veículos ferroviários, e assim por diante. O algoritmo pode permitir o processamento das informações detectadas atinentes à corrente derivada, à tensão e ao veículo ferroviário. Qualquer um dentre os parâmetros supracitados pode ser, de forma seletiva e/ou dinâmica, adaptado ou alterado em relação ao tempo. Em um exemplo, a unidade de controle 46 é configurada de modo a atualizar o valor limite da corrente derivada e o valor limite da tensão com base no valor da resistência de lastro, uma vez que o valor da resistência de lastro varia devido às mudanças nas condições ambientais, tais como a umidade, as precipitações e similares. O processador 48 transmite sinais de indicação para uma unidade de saída 50, por meio de uma porta de conexão física ou por meio de uma conexão sem fio de baixo alcance, tal como um protocolo infravermelho, um protocolo Bluetooth, uma rede de área local sem fio IEEE 802.11 ou similares. Em geral, o sinal de indicação pode ser fornecido como uma simples indicação do status, ou pode ser usado para ativar ou marcar um *flag*, tal como um alerta baseado na corrente derivada e na tensão detectadas. Em certas formas de realização, pode ser usada uma única fonte de corrente e uma unidade de recepção, de acordo com as formas de realização da presente invenção, de modo a detectar uma interrupção de trilho ou a presença de um veículo ferroviário na seção de bloco isolado 28 da linha 12.

Fazendo-se agora referência a figura 2, é mostrado um gráfico que representa a variação da corrente derivada com relação à tensão aplicada, como sendo uma função da resistência média de lastro, para um sistema de detecção de uma interrupção do trilho ou presença de veículo, o qual possui um dispositivo de derivação 42 localizado a cerca de meio caminho na seção de bloco isolado da linha férrea. A curva 52 representa uma condição do circuito "sem interrupção/trem", a curva 54 representa a presença de um trem na fonte de corrente, a curva 56 representa a presença do trem nas proximidades do dispositivo de derivação, a curva 58 representa a presença de uma interrupção do trilho nas proximidades do dispositivo de derivação, e a curva 60 representa a presença de uma interrupção do trilho próxima à fonte de corrente. Quando a presença do trem é deslocada a partir da fonte de corrente na direção ao dispositivo de derivação da seção de bloco isolado, tanto a corrente derivada quanto a correspondente tensão aplicada são incrementadas. Quando da presença da interrupção do trilho muda a partir da fonte de corrente na direção do dispositivo de derivação da seção de bloco isolado, tanto a corrente derivada quanto a correspondente tensão aplicada são reduzidas.

Fazendo-se novamente referência à figura 1, da forma como foi supra-discutido, a unidade de controle 46 é adaptada para que receba sinais de entrada a partir dos sensores de tensão 34 e 36 e do sensor da corrente derivada 44, bem como para comparar a corrente derivada e a tensão com relação ao valor limite para a corrente derivada e com relação ao valor limite para a tensão, de modo a detectar uma interrupção do trilho ou a presença de um veículo ferroviário na seção isolado do bloco 28 da linha férrea 12.

Fazendo-se ora referência a figura 3, é mostrado um gráfico que representa a variação da corrente derivada com relação à tensão que foi aplicada, tendo-se uma interrupção de trilho na fonte de corrente (por exemplo,

na fonte de corrente 20), junto a um circuito elétrico equivalente. No exemplo ilustrado, a unidade de controle 46 é configurada para que determine uma “zona de segurança” 62 como base no valor da resistência da interrupção do trilho. De acordo com uma forma de realização da invenção, a tensão (V) através da seção de bloco isolado da linha férrea é determinada de acordo com a seguinte relação:

$$V \geq V_1 + I_A R_{break} \quad (1)$$

em que  $V_1$  é o valor limite original da tensão sem interrupção e sem trem,  $I_A$  é a corrente que é aplicada pela fonte de corrente,  $R_{break}$  é a resistência devida à interrupção do trilho na fonte de corrente. Na figura 3, “R PERCURSO E DERIVAÇÃO” é um valor agrupado da resistência que contém todas as resistências do trilho, do lastro, e do dispositivo de derivação. Deve ser observado que, da forma como são aqui utilizados, os termos “valor limite da tensão” e “valor limite para a corrente derivada” podem assumir diversos valores, dentro de certos limites de tensão e de corrente derivada. No exemplo ilustrado, quando é detectada a presença de uma interrupção de trilho na fonte de corrente, a corrente derivada permanece constante, mas a tensão aplicada aumenta.

Fazendo-se agora referência a figura 4, um gráfico representa a variação da corrente derivada com relação à tensão aplicada, com a presença de um trem na fonte de corrente (por exemplo, na fonte de corrente 20) juntamente com um circuito elétrico equivalente. De acordo com uma forma de realização da invenção, a tensão (V) ao longo da seção de bloco isolado da linha férrea é determinada de acordo com a seguinte relação:

$$V \leq \frac{I_A V_1 R_{train}}{V_1 + I_A R_{train}} \quad (2)$$

A corrente derivada ( $I$ ) é determinada de acordo com a seguinte relação:

$$I \leq \frac{I_A^2 R_{train}}{I_A R_{train} + V_1} \quad (3)$$

em que  $V_1$  é o valor limite da tensão,  $R_{train}$  é a resistência devida à presença do trem na fonte de corrente, e  $I_A$  é corrente que é aplicada por meio da fonte de corrente. Nos exemplos que são ilustrados, quando é detectada a presença do trem na fonte de corrente, a corrente derivada e a tensão aplicada são reduzidas.

Fazendo-se referência à figura 5, é mostrado um diagrama esquemático mostrando um circuito equivalente ao do sistema que detecta a interrupção do trilho ou a presença de um veículo, o qual representa um meio de aproximar as resistências do trilho e do lastro no circuito. A resistência de lastro ( $R_b$ ) é determinada de acordo com a relação:

$$R_b = \frac{I_1(I_A R_{shunt} + V_1)}{I_A^2 - I_1^2} \quad (4)$$

A resistência da linha férrea ( $R_t$ ) é determinada de acordo com a relação:

$$R_t = \frac{2V_1 - 2I_1 R_{shunt}}{I_A - I_1} \quad (5)$$

em que  $V_1$  é o valor limite para a tensão,  $I_1$  é o valor limite para a corrente derivada sem interrupção / sem trem,  $R_{shunt}$  é a resistência do veículo do dispositivo de derivação, e  $I_A$  é a corrente aplicada para a fonte de corrente.

Fazendo-se agora referência à figura 6, um gráfico representa a

variação da corrente derivada com relação à tensão aplicada, e com a presença de uma interrupção de trilho próxima ao dispositivo de derivação da seção de bloco isolado da linha férrea, juntamente com um circuito equivalente. De acordo com a forma de realização ilustrada, a tensão (V) ao longo da seção de bloco isolado da linha férrea é determinada de acordo com a seguinte relação:

$$V \geq \frac{I_A(V_1(I_A(R_{break} + R_s) + V_1) + R_{break}I_1^2R_s)}{I_A(I_A(R_{break} + R_s) + V_1) - I_1^2R_{break}} \quad (6)$$

A corrente derivada (I) é determinada de acordo com a seguinte relação:

$$I \leq \frac{I_1I_A(I_A R_s + V_1)}{I_A(I_A(R_{break} + R_s) + V_1) - I_1^2R_{break}} \quad (7)$$

em que  $V_1$  é o valor para a tensão,  $I_1$  é o valor limite para a corrente derivada sem interrupção e sem trem,  $R_b$  é a resistência da interrupção,  $R_s$  é a resistência de derivação, e  $I_A$  é a corrente que é aplicada pela fonte de corrente. No exemplo ilustrado, quando é detectada a presença de uma interrupção do trilho próxima ao dispositivo de derivação da seção de bloco isolado, a tensão que é aplicada permanece aproximadamente constante, mas a corrente derivada é reduzida.

A figura 7 é uma representação gráfica da variação da corrente derivada com relação à tensão que é aplicada, considerando a presença de um trem próximo do dispositivo de derivação no centro da seção de bloco isolado da linha férrea. Também é mostrado um diagrama esquemático de uma forma do circuito elétrico. De acordo com as formas de realização da presente invenção, a tensão (V) ao longo da seção de bloco isolado da linha férrea é determinada de acordo com a seguinte relação:

$$V \leq \frac{I_A(V_1(I_A R_s R_{train} + (R_s + R_{train})V_1) - I_1^2 R_s^3)}{I_1^2 R_s^2 + I_A(I_A R_{train} R_s + V_1(R_{train} + R_s))} \quad (8)$$

A corrente derivada (I) é determinada de acordo com a relação:

$$I \leq \frac{I_1 I_A R_{train} (I_A R_s + V_1)}{I_1^2 R_s^2 + I_A(I_A R_{train} R_s + V_1(R_{train} + R_s))} \quad (9)$$

5 em que  $V_1$  é o valor limite para a tensão,  $I_1$  é o valor limite para a corrente derivada sem interrupção e sem trem,  $R_{train}$  é a resistência de derivação pelo trem,  $R_s$  é a resistência do dispositivo de derivação, e  $I_A$  é a corrente aplicada por meio da fonte de corrente. No exemplo ilustrado, quando é detectada a presença do trem nas proximidades do dispositivo de derivação, o qual está  
10 localizado próximo ao centro da seção de bloco isolado, a corrente derivada é reduzida, mas a aplicada permanece constante.

Fazendo-se referência agora à figura 8, um gráfico representa a variação da corrente derivada com relação à tensão aplicada. No exemplo ilustrado, a unidade de controle 46 (figura 1) é configurada para que faça a  
15 determinação da “zona de segurança” 62 tendo como base o valor da resistência de desvio do veículo ferroviário ou o valor de resistência da interrupção no trilho. Quando muda a resistência do lastro, por exemplo, devido a mudanças nas condições ambientais, a unidade de controle atualiza o valor limite da corrente derivada e o valor limite da tensão com base no valor da  
20 resistência de lastro. Uma “zona de segurança” 64 atualizada é determinada por meio do valor limite para a corrente derivada atualizada e do valor limite para a tensão atualizada.

Fazendo-se agora referência a figura 9, é ilustrado um dispositivo de medição 66 auto-calibrável. No exemplo ilustrado, o dispositivo de medição auto-calibrável 66 inclui um dispositivo de medição de resistência de seis vias,  
25 o qual é configurado para que monitore a resistência do dispositivo de

derivação, isto é, a resistência de derivação ( $R_s$ ). Um circuito elétrico equivalente ao dispositivo de medição de resistência de seis vias 66 inclui um resistor fixo 68, um resistor de linha 70 e um resistor de derivação 42 (isto é, resistor sob medição) ligados na forma de um triângulo. O resistor fixo 68, o resistor de linha 70 e o resistor de derivação 42 são ligados a um dispositivo de monitoração de resistência 72. Os problemas de medição relativos à contaminação podem ser resolvidos forçando a tensão a um ponto médio entre o resistor fixo 68 e o resistor de linha 70 para o mesmo potencial que a da fonte de corrente. O dispositivo de medição de resistência 66 de seis vias contém um amplificador de ganho unitário (op-amp), que mantém a tensão ao longo das entradas em aproximadamente zero volt. O dispositivo 72 é usado para monitorar e calibrar a resistência do resistor de derivação 42, de forma conhecida pelos técnicos no assunto. Como resultado, é melhorada a precisão da medição. O dispositivo de medição auto-calibrável pode ser incorporado dentro de um dormente da linha férrea.

A figura 10 apresenta um diagrama de fluxo que ilustra um método para que se detecte a interrupção do trilho ou a presença de um veículo, de acordo com uma forma de realização da presente invenção. O método inclui fornecer uma corrente para a seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12 por meio das fontes de corrente 20 e 22, tal como representada na etapa 74. A unidade de controle 46 controla as fontes de corrente 20 e 22 para que estas enviem pulsos de corrente, de forma alternada, a partir de ambas as extremidades da seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12. A polaridade das fontes de corrente 20 e 22 pode ser comutada de modo a reverter o fluxo de corrente através da seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12. A medição dos sensores de tensão 34 e 36 e do sensor de corrente derivada 44 pode ser calculada como médias de modo a eliminar os erros sistemáticos e galvânicos. A tensão gerada nos trilhos 14, 16 é detectada por meio dos sensores de

tensão 34, 36, tal como representado na etapa 76. O dispositivo de derivação 42, ligado na seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12, recebe uma corrente derivada a partir da corrente fornecida pela fonte de corrente. Em um exemplo, o dispositivo de derivação 42 está localizado no meio do caminho da  
5 seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12. A corrente derivada que flui através do dispositivo de derivação 42 é medida por meio do sensor de corrente derivada 44, tal como representado na etapa 78.

A unidade de controle 46 pode receber sinais de entrada dos sensores de tensão 34 e 36 e do sensor de corrente derivada 44, bem como  
10 monitora as variações da corrente derivada com relação à tensão, da forma como é representada por meio da etapa 80. A variação da corrente derivada com relação à tensão que é monitorada para detectar a interrupção do trilho ou a presença de um veículo ferroviário na seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12, da forma como é representado em 82.

A figura 11 apresenta um fluxograma mostrando outra forma de  
15 realização de um método para a detecção de uma interrupção de trilho ou da presença de veículo ferroviário de acordo com a presente invenção. O método inclui fornecer energia elétrica para a seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12 através das fontes de corrente 20 e 22, tal como representado na etapa 84.  
20 A unidade de controle 46 controla as fontes de corrente 20 e 22 para que estas forneçam pulsos de corrente, de forma alternada, a partir de ambas as extremidades da seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12. A tensão que é gerada nos trilhos 14 e 16 é detectada por meio dos sensores de tensão 34 e 36, tal como representado por meio da etapa 86. O dispositivo de derivação  
25 42, que é ligado na seção de bloco isolado 28 da linha férrea 12, recebe uma corrente derivada da corrente fornecida pela fonte de corrente. A corrente derivada que flui através do dispositivo de derivação 42 é medida por meio do sensor de corrente derivada 44, tal como representado na etapa 88. Na forma

de realização ilustrada, é empregado um dispositivo de medição de resistência auto-calibrável para monitorar e para calibrar a resistência do dispositivo de derivação 42, por um certo período de tempo.

Na forma de realização ilustrada, a unidade de controle 46 recebe  
5 sinais de entrada a partir dos sensores de tensão 34 e 36 e do sensor de corrente derivada 44, e então compara a corrente derivada e a tensão com relação ao valor limite para a corrente derivada e ao valor limite de tensão, tal como é representado na etapa 90. O resultado da comparação é usado para detectar a interrupção do trilho ou a presença de um veículo ferroviário na seção  
10 de bloco isolado 28 da linha férrea 12, da forma como é representada por meio da etapa 92. Por exemplo, caso a variação da corrente derivada e da tensão, com relação ao valor limite para a corrente derivada e ao valor limite para a tensão, venha a ser maior do que um valor limite predeterminado, é configurada a presença de uma interrupção do trilho ou presença de veículo. O valor limite predeterminado é calculado como uma função do valor limite para a corrente  
15 derivada e do valor limite para a tensão. A unidade de controle 46 ainda atualiza o valor limite para a corrente derivada e o valor limite para a tensão com base no valor da resistência de lastro, uma vez que o valor da resistência de lastro varia devido a mudanças nas condições ambientais, tais como a unidade, as precipitações ou outros similares. As técnicas supramencionadas, de acordo  
20 com as formas de realização da presente invenção, permitem a diferenciação entre a presença de uma interrupção de trilho ou de um trem dentro de uma ampla gama de variações nas resistências do trilho e do lastro.

Apesar de terem sido aqui descritas e ilustradas certas  
25 características da invenção, diversas modificações e alterações poderão ocorrer aos técnicos no assunto. Portanto, deve ser entendido que as reivindicações anexas pretendem cobrir todas estas modificações e alterações que recaiam dentro do verdadeiro espírito e escopo da invenção.

### REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA A DETECÇÃO DE UMA INTERRUPTÃO DE TRILHO OU DE UM VEÍCULO FERROVIÁRIO QUE SE DESLOCA EM UMA LINHA FÉRREA, que compreende os passos de:

5                   fornecer uma corrente (74, 84) para um bloco isolado (28) da linha férrea;

                  medir uma tensão (76, 86) gerada ao longo do bloco isolado da linha férrea;

                  medir uma corrente derivada (78, 88) que flui através de um dispositivo de derivação (42) conectado ao bloco isolado por meio de um sensor de corrente (44);

                  comparar um sinal proporcional à corrente derivada e à tensão (90) com relação a um valor limite para a corrente derivada e com relação a um valor limite para a tensão; e

15                  monitorar a resistência do dispositivo de derivação por meio de um dispositivo de medição da resistência auto-calibrável (66).

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender o passo de monitorar a resistência do dispositivo de derivação por meio de um dispositivo de medição de resistência de seis vias.

20                  3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de fornecer a corrente de uma forma alternada a partir da primeira extremidade (24) e da segunda extremidade (26) do bloco isolado (28) da linha férrea.

                  4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente o passo de monitorar a taxa de alteração da corrente derivada e da tensão com relação ao valor limite para a corrente derivada e ao valor limite para a tensão.

                  5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado

por compreender adicionalmente o passo de determinar a velocidade do veículo ferroviário, tomando como base a taxa de alteração da corrente derivada e da tensão, com relação ao valor limite para o a corrente derivada e ao valor limite da tensão.

5                   6.       MÉTODO, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por compreender adicionalmente o passo de determinar o valor da resistência de derivação do veículo ferroviário e o valor da resistência de interrupção do trilho.

10                   7.       MÉTODO, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por compreender adicionalmente o passo de determinar uma zona de segurança (62) com base no valor da resistência de derivação do veículo ferroviário e no valor da resistência da interrupção do trilho.

15                   8.       MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente o passo de atualizar o valor limite da corrente derivada e o valor limite da tensão com base no valor para a resistência do lastro.

9.       SISTEMA PARA A DETECÇÃO DE UMA INTERRUPÇÃO DE TRILHO OU DE UM VEÍCULO FERROVIÁRIO QUE SE DESLOCA EM UMA LINHA FÉRREA, caracterizado por compreender:

20                   pelo menos uma fonte de corrente (20, 22) adaptada para fornecer uma corrente para um bloco isolado (28) da linha férrea;

                  pelo menos um sensor de tensão (34, 36) ligado ao bloco isolado da linha férrea e configurado para detectar a tensão ao longo do bloco isolado;

25                   um dispositivo de derivação (42) ligado ao bloco isolado e configurado a receber uma corrente derivada da corrente fornecida pela fonte de corrente (20, 22);

                  um sensor de corrente derivada (44) ligado ao dispositivo de derivação (42) e adaptado para detectar a corrente derivada que flui através do

dispositivo de derivação;

uma unidade de controle (46) adaptada para receber sinais de entrada provenientes do sensor de tensão (34, 36) e do sensor de corrente derivada (44), bem como para comparar a corrente derivada e a tensão com relação ao valor limite para a corrente derivada e o valor limite para a tensão; e

um dispositivo de medição de resistência auto-calibrável (66) conectado ao dispositivo de derivação (42) e configurado para monitorar a resistência do dispositivo de derivação.

10. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de medição de resistência auto-calibrável (66) compreende um dispositivo de medição de resistência de seis vias configurado para monitorar a resistência do dispositivo de derivação (42).

11. SISTEMA de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (46) é adaptada de modo a monitorar a taxa de variação da corrente derivada e da tensão, com relação ao valor limite para a corrente derivada e ao valor limite para a tensão.

12. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (46) é adaptada para determinar a velocidade do veículo ferroviário com base na taxa de variação da corrente derivada e da tensão com relação ao valor limite para a corrente derivada e ao valor limite para a tensão.

13. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (46) é configurada para determinar o valor da resistência de derivação do veículo ferroviário e o valor da resistência da interrupção de trilho.

14. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (46) é configurada para determinar uma zona de segurança (62) com base no valor da resistência de

derivação do veículo ferroviário e no valor da resistência da interrupção de trilho.

5           15. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (46) é configurada para atualizar o valor limite para a corrente derivada e o valor limite para a tensão, tendo como base o valor da resistência de lastro.

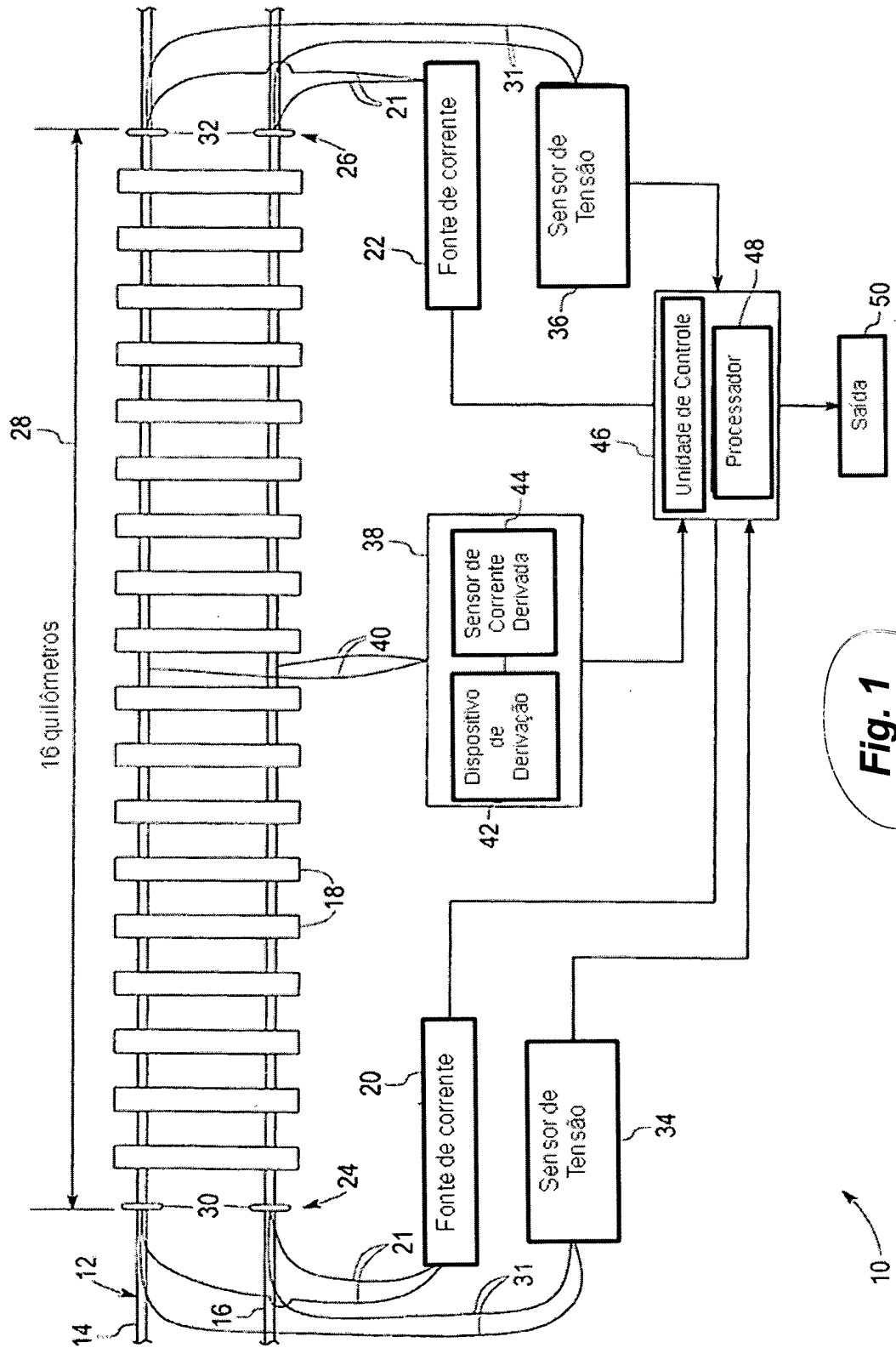
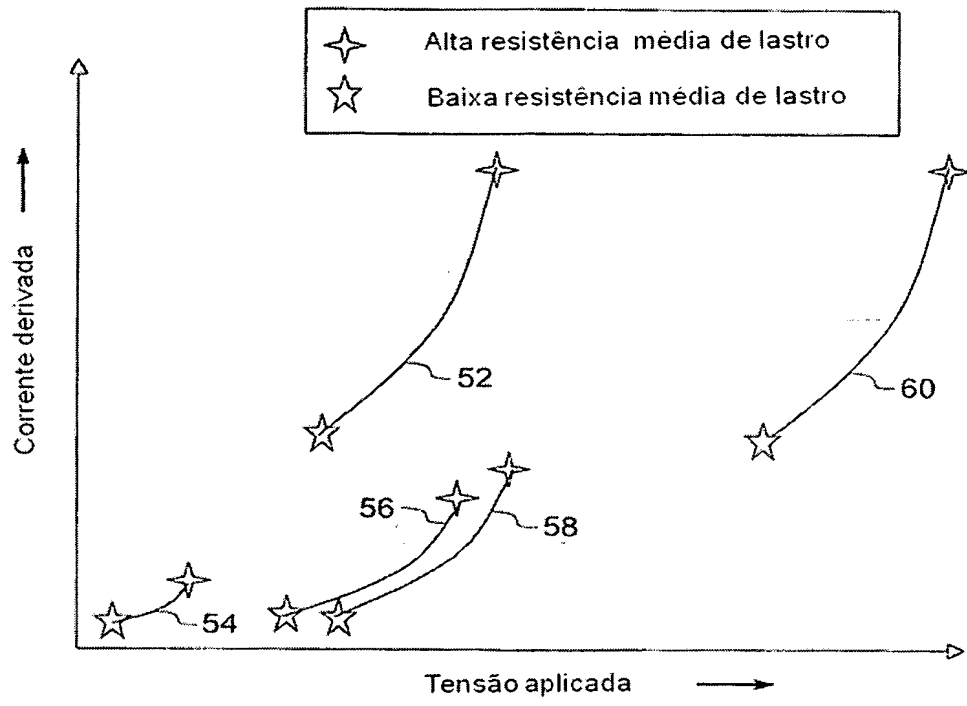


Fig. 1



**Fig. 2**

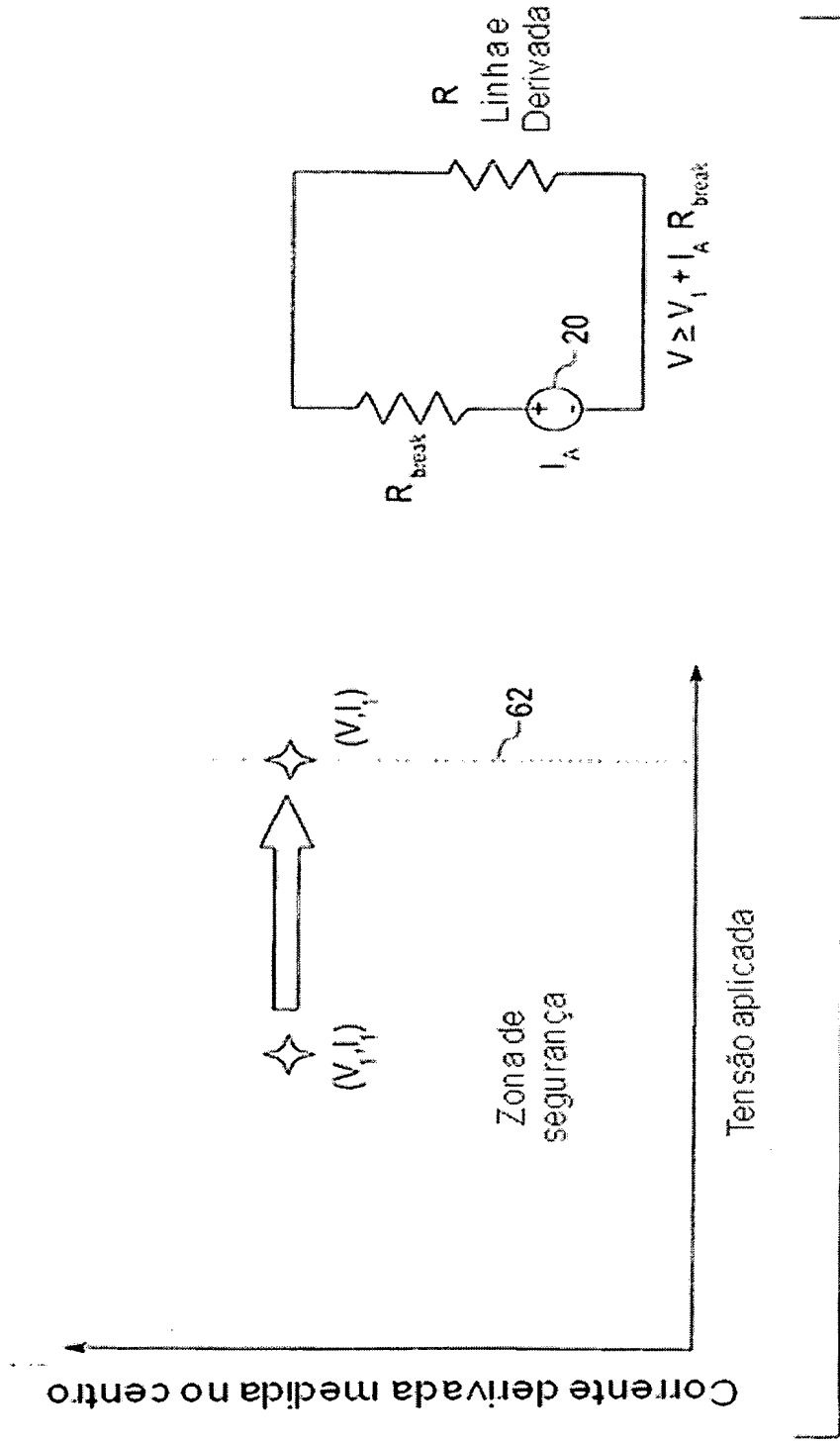


Fig. 3

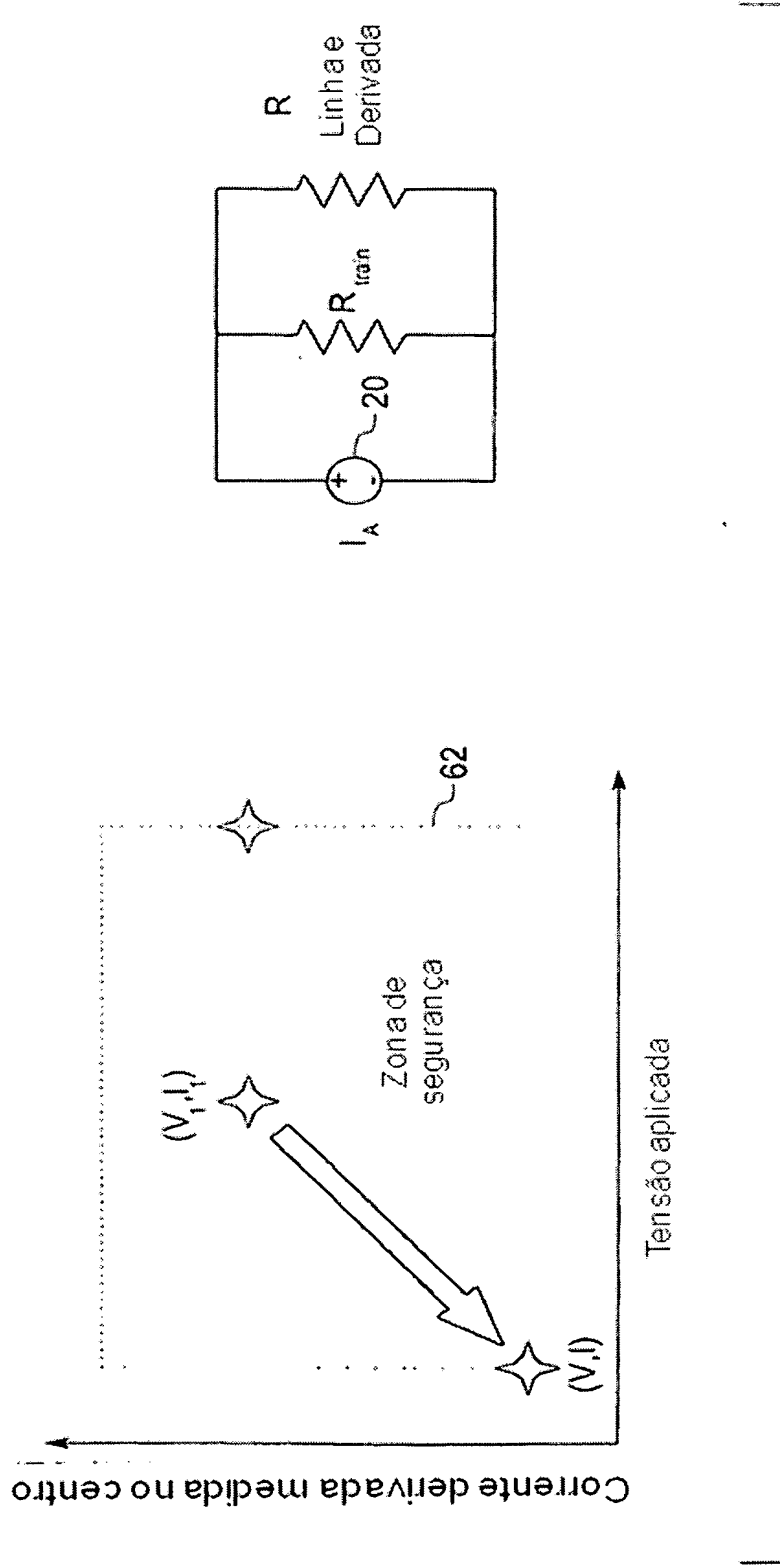
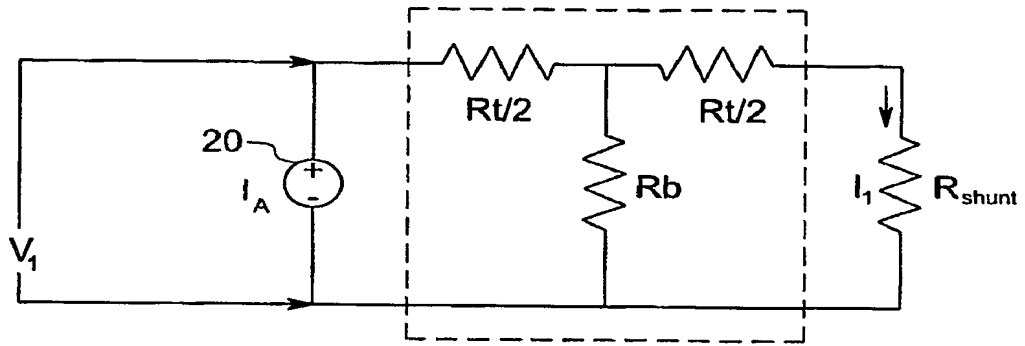


Fig. 4



**Fig. 5**

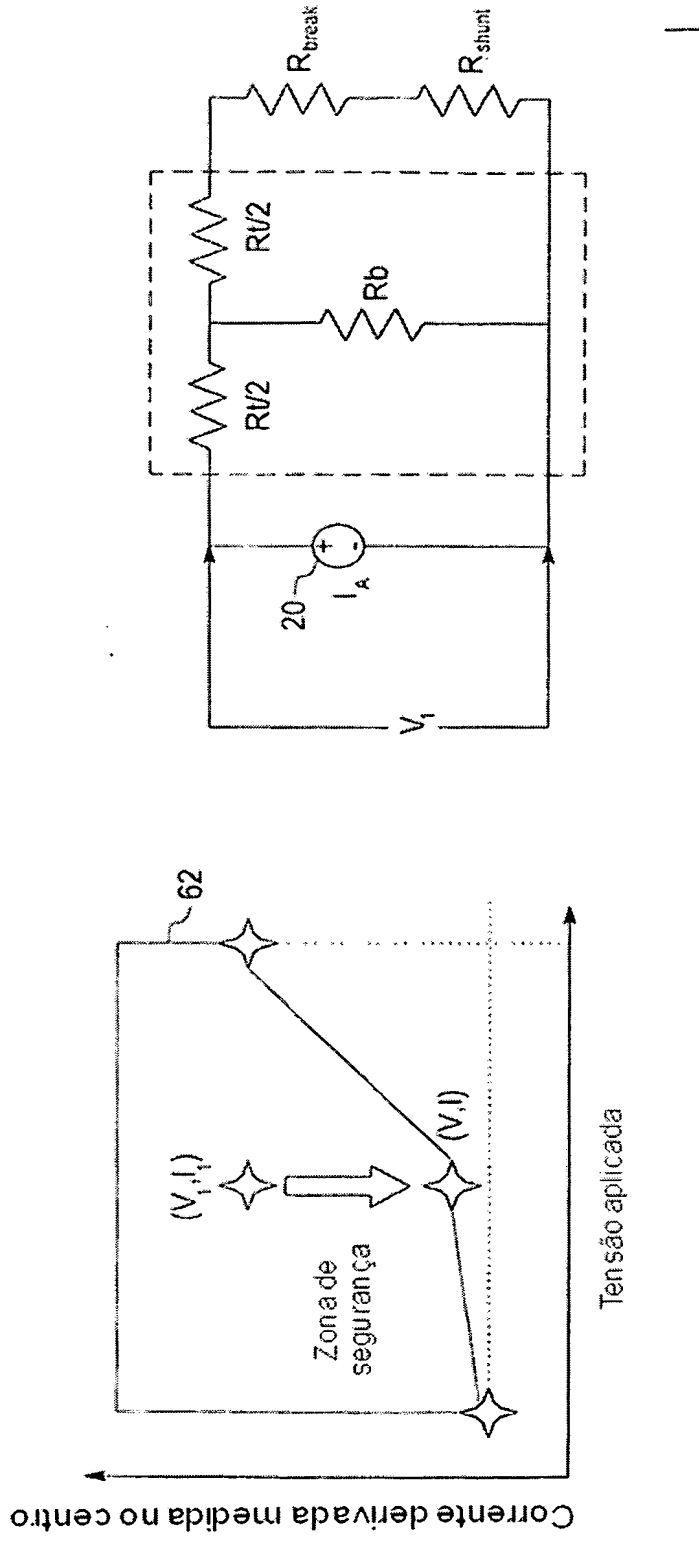


Fig. 6

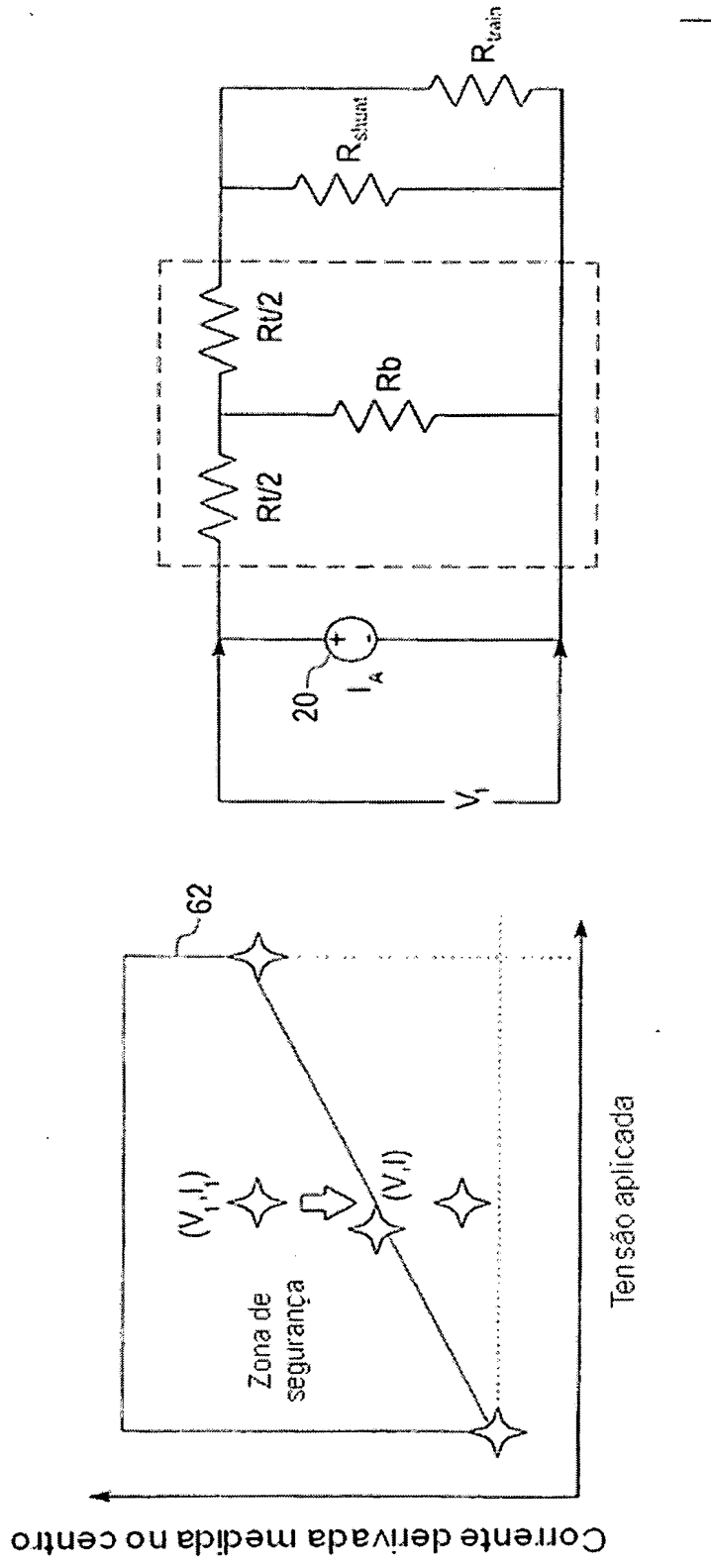
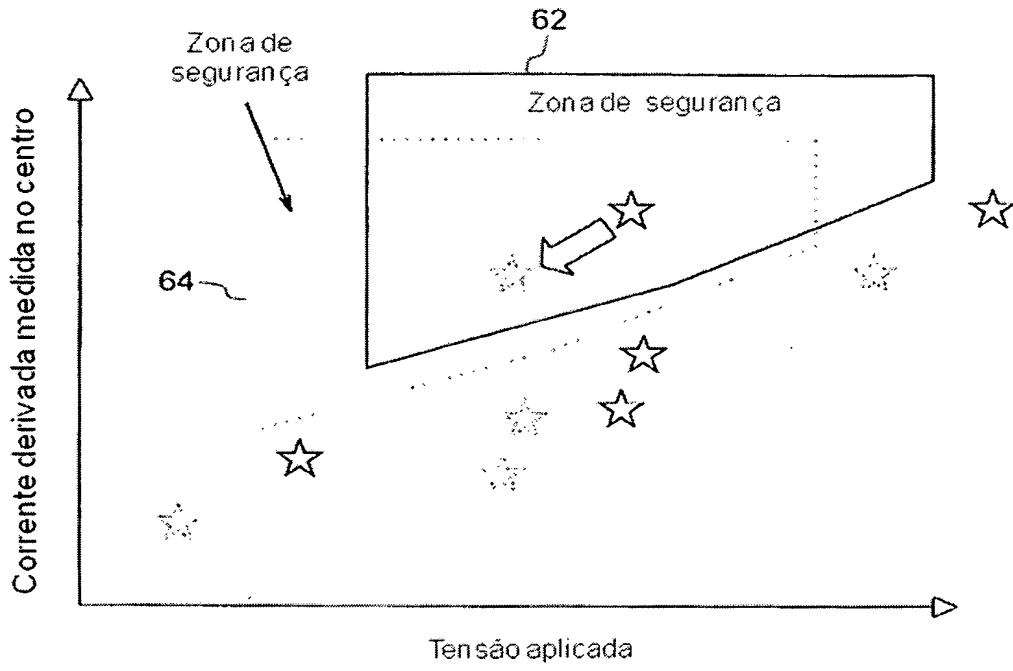
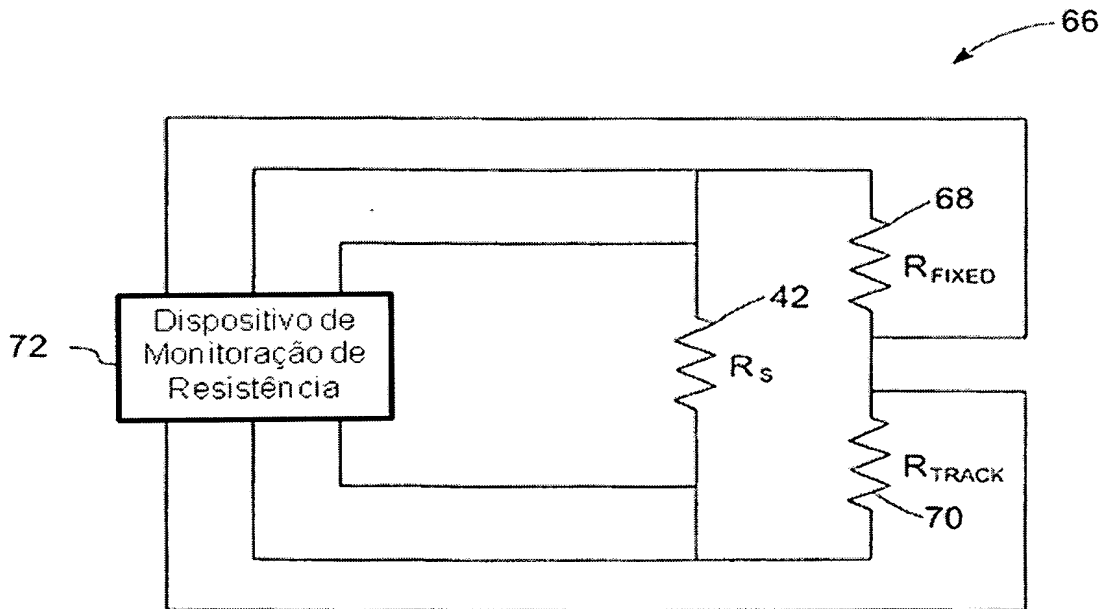


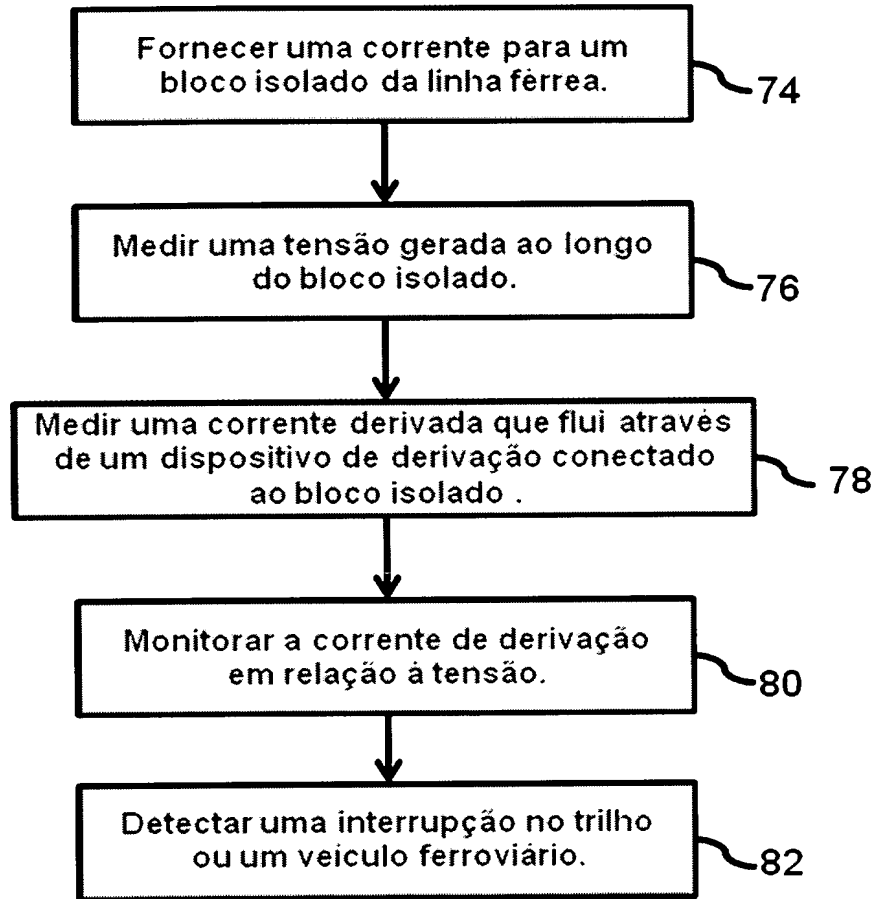
Fig. 7

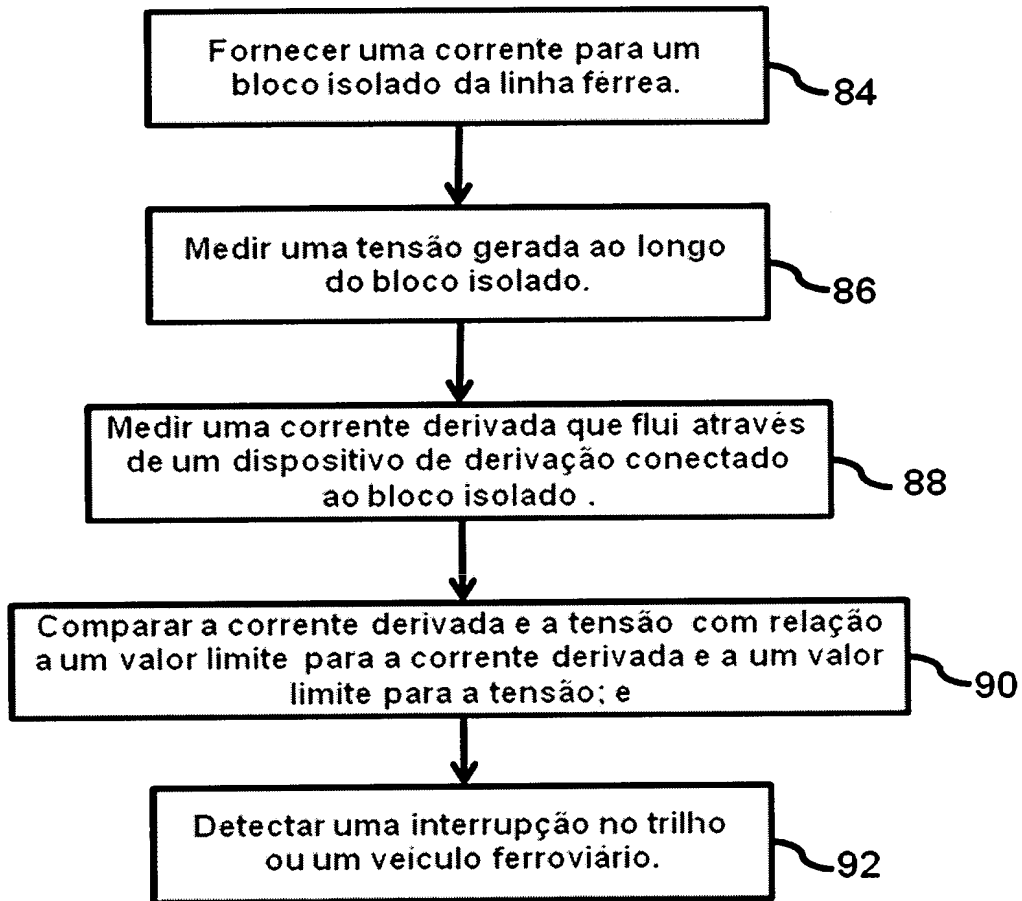


**Fig. 8**



**Fig. 9**

**Fig. 10**

**Fig. 11**

**RESUMO****“MÉTODO E SISTEMA PARA A DETECÇÃO DE UMA INTERRUPTÃO DE TRILHO OU DE UM VEÍCULO FERROVIÁRIO QUE SE DESLOCA EM UMA LINHA FÉRREA”**

5           A invenção se refere a um sistema para a detecção de um veículo ferroviário e/ou interrupção de trilho em um grande bloco e a um método para detectar veículo ferroviário e/ou interrupção de trilho utilizando tal sistema. De acordo com uma realização da invenção, o sistema compreende pelo menos uma fonte de corrente (20, 22) adaptada para fornecer uma corrente para um bloco isolado (28) da linha férrea; pelo menos um sensor de tensão (34, 36) ligado ao bloco isolado da linha férrea e configurado para detectar a tensão ao longo do bloco isolado; um dispositivo de derivação (42) ligado ao bloco isolado e configurado a receber uma corrente derivada da corrente fornecida pela fonte de corrente (20, 22); um sensor de corrente derivada (44) ligado ao dispositivo de derivação (42) e adaptado para detectar a corrente derivada que flui através do dispositivo de derivação; uma unidade de controle (46) adaptada para receber sinais de entrada provenientes do sensor de tensão (34, 36) e do sensor de corrente derivada (44), bem como para comparar a corrente derivada e a tensão com relação ao valor limite para a corrente derivada e o valor limite para a tensão; e um dispositivo de medição de resistência auto-calibrável (66) conectado ao dispositivo de derivação (42) e configurado para monitorar a resistência do dispositivo de derivação.

10

15

20