



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

(11) PI 0700553-9 B1

(22) Data do Depósito: 30/01/2007

(45) Data de Concessão: 16/01/2018



* B R P I 0 7 0 0 5 5 3 B 1 *

(54) Título: PROCESSO DE INSERÇÃO DE UM ELEMENTO ANTERIOR E, A SEGUIR, DE UM ELEMENTO SEGUINTE NO SOLO AO LONGO DE UMA TRAJETÓRIA TEÓRICA, SUPORTE DE REGISTRO DE INFORMAÇÕES E SISTEMA DE INSERÇÃO DE UM ELEMENTO ANTERIOR E, A SEGUIR, DE UM ELEMENTO SEGUINTE NO SOLO AO LONGO DE UMA TRAJETÓRIA PARA A REALIZAÇÃO DE UMA OBRA

(51) Int.Cl.: E01B 29/32; E01B 35/02

(52) CPC: E01B 29/32, E01B 35/02

(30) Prioridade Unionista: 23/02/2006 FR 0601595

(73) Titular(es): ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES

(72) Inventor(es): NICOLAS MILESI; IAN ROBERTSON

**“PROCESSO DE INSERÇÃO DE UM ELEMENTO ANTERIOR E, A SEGUIR,
DE UM ELEMENTO SEGUINTE NO SOLO AO LONGO DE UMA
TRAJETÓRIA TEÓRICA, SUPORTE DE REGISTRO DE INFORMAÇÕES E
SISTEMA DE INSERÇÃO DE UM ELEMENTO ANTERIOR E, A SEGUIR, DE
UM ELEMENTO SEGUINTE NO SOLO AO LONGO DE UMA TRAJETÓRIA
PARA A REALIZAÇÃO DE UMA OBRA”**

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção trata de um processo e de um sistema de inserção de elementos no solo, e de um suporte de gravação de informações para esse processo.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] Existem processos de inserção de um elemento anterior (i – 1) e, a seguir, depois de um elemento seguinte (i) no solo ao longo de uma trajetória teórica para a realização de uma obra por meio de um braço de inserção com deslocamento guiado. Esses processos existentes compreendem:

- uma etapa de determinação de posições nominais nas quais os elementos devem ser inseridos no solo em função da trajetória teórica;
- uma etapa de guiamento automático do braço de inserção em direção a uma posição-alvo na qual deve ser inserido o elemento seguinte em função da posição nominal estabelecida para o elemento seguinte e de levantamentos topográficos.

[003] Por exemplo, esses processos são utilizados para inserir grampos em lajes de concreto para suportar trilhos de uma via de estrada de ferro. Em particular, isso é utilizado durante a realização de estradas de ferro sem balastro ou sem travessa. Por exemplo, esses processos de inserção estão descritos nos pedidos de patente EP 0 803 609 e EP 1 178 153.

[004] O braço de inserção deve estar situado acima do solo com grande precisão. Para isso, costuma-se comandar o deslocamento do braço em função de levantamentos topográficos (ver EP 1 178 153).

[005] Esses processos são satisfatórios. Em particular, eles permitem posicionar cada elemento com um erro absoluto pequeno em relação à posição nominal na qual esse elemento deveria ter sido inserido. Por “erro absoluto” de posicionamento do elemento (i), designa-se aqui a diferença D_{ai} entre a posição das coordenadas X_{mi} , Y_{mi} , Z_{mi} na qual o elemento (i) está realmente inserido no solo e a posição nominal de coordenadas X_{ni} , Y_{ni} , Z_{ni} estabelecida para esse elemento. Os processos existentes permitem manter o erro absoluto em uma faixa compreendida entre, por exemplo, em ± 1 mm. Diz-se então que a precisão absoluta do processo é de ± 1 mm.

[006] Com essa precisão absoluta, o erro relativo D_{ri} de posicionamento entre o elemento (i – 1) e o elemento (i) está compreendido em uma faixa que é duas vezes mais extensa do que a tolerada para o erro absoluto. Por “erro relativo” D_{ri} de posicionamento entre o elemento (i – 1) e o elemento (i) designa-se a diferença entre o erro absoluto D_{ai} de posicionamento do elemento (i) e o erro absoluto D_{ai-1} de posicionamento do elemento (i – 1).

[007] No caso de vias de estradas de ferro, o erro absoluto é limitado para impedir que os passageiros de um trem possam sentir vibrações desagradáveis. Os processos existentes permitem atingir esse objetivo.

[008] Todavia, nos processos existentes, nada é feito para reduzir o erro relativo de posicionamento. Assim, em um caso extremo, a seguinte situação pode ocorrer: o elemento (i – 1) apresenta um erro absoluto de + 1 mm em uma direção, e o elemento (i) apresenta um erro absoluto de – 1 mm na mesma direção. Esses dois erros absolutos estão cada um na faixa dos erros absolutos aceitáveis. Todavia, nessas condições, o erro relativo D_{ri} é

igual a 2 milímetros, o que pode ser considerado inaceitável, pois, por exemplo, isso pode provocar vibrações desagradáveis para os passageiros.

[009] É, portanto, desejável reduzir o erro relativo.

[010] A presente invenção se propõe a satisfazer esse desejo propondo um processo de inserção de elementos no solo que permite reduzir o erro relativo de posicionamento desses elementos.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[011] A presente invenção tem, portanto, por objeto um processo de inserção de um elemento anterior e, a seguir, de um elemento seguinte no solo, no qual o processo compreende as etapas de:

- uma etapa de determinação de um erro absoluto de posicionamento do elemento anterior em relação à posição nominal na qual o elemento anterior deveria ter sido inserido; e
- uma etapa de guiamento automático do braço de inserção em direção a uma posição alvo na qual deve ser inserido o elemento seguinte, que também é realizada em função do erro absoluto de posicionamento determinado para o elemento anterior, de modo a reduzir o erro de posicionamento relativo do elemento seguinte em relação ao elemento anterior.

[012] No processo acima, o fato de levar em conta o erro absoluto de posicionamento do elemento anterior durante o guiamento do braço de inserção para a posição alvo na qual deve ser inserido o elemento seguinte permite reduzir o erro relativo de posicionamento desse elemento seguinte em relação ao elemento anterior.

[013] Os erros de realização desse processo podem comportar uma ou mais das seguintes características:

- uma etapa de cálculo da posição alvo adicionando-se a pelo menos uma coordenada da posição nominal em uma direção dada, a metade do erro absoluto de posicionamento do elemento anterior na mesma direção;

- uma operação de medida da posição, na qual o braço de inserção insere o elemento anterior no solo, medida essa que é realizada por uma estação de medida posicionada sobre um terminal de levantamentos topográficos, e uma operação de subtração da posição medida na posição nominal estabelecida para o elemento anterior;

- a etapa de guiamento é também realizada em função de medidas da posição do braço de inserção realizadas:

- por uma primeira estação de medida situada sobre um primeiro terminal de levantamentos topográficos quando o braço se desloca ao longo de uma primeira seção da trajetória teórica; e

- por uma segunda estação de medida situada sobre um segundo terminal de levantamentos topográficos distante do primeiro terminal, quando o braço de inserção se desloca ao longo de uma segunda seção da trajetória teórica, e no qual o processo comporta:

- uma etapa de estimativa do desvio dimensional entre as coordenadas da posição do braço de inserção a partir das medidas da primeira estação e as coordenadas para a mesma posição do braço de inserção obtidas a partir das medidas da segunda estação; e

- durante a etapa de guiamento, o braço de inserção é guiado para a posição alvo também em função desse desvio estimado, de modo a reduzir o erro de posicionamento relativo do elemento seguinte em relação ao elemento anterior durante a passagem da primeira seção para a segunda seção;

- o desvio estimado é utilizado para guiar o braço de inserção pelo menos para a inserção dos $\underline{n}$ primeiros elementos sucessivos ao longo da segunda seção, em que $\underline{n}$ é um número inteiro superior ou igual a dez;

- uma etapa de cálculo da posição alvo dos $\underline{n}$ primeiros elementos sucessivos da segunda seção adicionando a pelo menos uma das

coordenadas da posição nominal em uma direção dada, o desvio estimado nessa mesma direção dividida por n ;

- os elementos inseridos no solo são grampos de via de estrada de ferro.

[014] Esses modos de realização do processo apresentam ainda as seguintes vantagens:

- calcular a posição alvo adicionando às coordenadas da posição nominal a metade do erro absoluto de posicionamento do elemento anterior permite minimizar o erro relativo de posicionamento;

- guiar o braço de inserção para a posição alvo em função do desvio estimado entre as medidas realizadas com as primeira e segunda estações de medida permite, por exemplo, manter o erro relativo de posicionamento do elemento seguinte em relação ao elemento anterior em uma praia aceitável durante a passagem entre a primeira e a segunda seções da trajetória teórica;

- guiar o braço de inserção em função do desvio estimado para a inserção dos pelo menos dez primeiros elementos sucessivos ao longo da segunda seção permite fazer uma diminuição progressiva desse desvio estimado, mantendo ao mesmo tempo os erros de posicionamento em uma faixa aceitável.

[015] A presente invenção tem também por objeto um suporte de gravação de informações que comporta instruções para a execução do processo acima quando essas instruções são executadas por uma calculadora eletrônica.

[016] A presente invenção tem ainda por objeto um sistema de inserção de um elemento anterior e, a seguir, de um elemento seguinte no solo ao longo de uma trajetória teórica para a realização de uma obra, sistema esse que compreende:

- um braço de inserção com deslocamento guiado, braço esse que está apto a inserir os elementos no solo;

- pelo menos uma estação de medida posicionada sobre um primeiro terminal de levantamentos topográficos, estação essa que é própria para medir a posição do braço de inserção; e

- uma unidade de guiamento dos deslocamentos do braço de inserção em função dos levantamentos topográficos e da trajetória teórica.

[017] Essa unidade de guiamento está apta a executar o processo de inserção acima.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A presente invenção será mais bem compreendida com a leitura da descrição que será feita a seguir, dada unicamente a título de exemplo não limitativo e feita em relação aos desenhos, nos quais:

- a figura 1 é uma ilustração esquemática em perspectiva de um sistema de inserção de grampos para a construção de uma via de estrada de ferro;

- a figura 2 é uma ilustração esquemática de um grampo que pode ser inserida por meio do sistema da figura 1;

- a figura 3 é uma ilustração esquemática em vista superior do sistema da figura 1; e

- a figura 4 é um fluxograma de um processo de inserção de grampos por meio do sistema da figura 1.

DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES PARTICULARES

[018] A figura 1 representa um sistema (2) de inserção de grampos (4) em uma laje de concreto (6).

[019] Na continuação desta descrição, as características e funções bem conhecidas do técnico no assunto não estão descritas detalhadamente.

[020] O sistema (2) compreende um veículo (10) de transporte de um dispositivo comandável (12) de inserção dos grampos (4).

[021] O veículo (10) está montado sobre quatro rodas, das quais duas são diretrizes e as outras duas são motrizes, permitindo realizar um deslocamento autônomo desse veículo segundo uma direção dada. O veículo (10) comporta uma face posterior sobre o qual está fixado, sem nenhum grau de liberdade, o dispositivo (12).

[022] O dispositivo (12) compreende um braço de inserção dos grampos e um mecanismo comandável (16) de posicionamento do braço (14) em relação à superfície superior da laje de concreto (6).

[023] O braço (14) está apto a inserir simultaneamente dois grampos (4) na laje (6) quando ela não endureceu ainda. Para esse fim, o braço (14) está apto a realizar o processo de inserção descrito no pedido de patente EP 0 803 609, que consiste em fazer vibrar a laje (6) ainda fresca durante a inserção dos grampos.

[024] Por exemplo, o braço (14) possui uma forma geral em H e suporta sobre sua parte inferior dois macacos em cuja extremidade estão fixados dois grampos (4) destinadas a serem inseridas na laje (6) frescamente fundida. O braço (14) está apto a manter os grampos (4) com um afastamento que corresponde ao gabarito da via de estrada de ferro a ser instalada. O braço (14) comporta apenas um grau de liberdade que permite deslocar os grampos (4) a serem fixadas ao longo de um eixo Z. O eixo Z é aqui definido como sendo perpendicular à superfície superior da laje (6). Um eixo X paralelo à direção de deslocamento do veículo (10) e um eixo Y perpendicular aos eixos X e Z foram também representados na figura 1. Esses eixos X, Y, Z são, por exemplo, solidários ao veículo (10) e definem direções ortogonais.

[025] O braço (14) está, por exemplo, descrito com mais detalhes no pedido de patente EP 0 803 609.

[026] O mecanismo (16) está apto a deslocar o braço (14) com seis graus de liberdade, ou seja, três graus de liberdade em rotação em torno dos eixos X, Y e Z e três graus de liberdade em translação em torno dos eixos X, Y e Z.

[027] O veículo (10) compreende também uma unidade de guiamento (20) apta a guiar o dispositivo (12) em função de levantamentos topográficos e de medidas recebidas por meio de um receptor (22).

[028] A unidade (20) está também apta a comandar o deslocamento do veículo (10).

[029] A unidade (20) é, por exemplo, realizada por uma calculadora eletrônica programável embarcada no veículo (10), própria para executar o processo da figura 4. Para esse fim, a calculadora está conectada a um suporte de gravação (26) que contém instruções para a execução do processo da figura 4, quando essas instruções são executadas pela calculadora.

[030] O braço (14) comporta em sua face posterior refletores (30) aptos a cooperar com uma estação de medida (32) instalada na beira da via de estrada de ferro a ser instalada. Por exemplo, três refletores (30) estão fixados sobre o braço (14).

[031] Um refletor (34) está também fixado no chassi do veículo (10). Por exemplo, esse refletor (34) está montado no teto do veículo (10).

[032] A estação (32) está verticalmente instalada sobre um tripé a um terminal (36) de levantamentos topográficos. A posição geográfica do terminal (36) em um referencial ligado à terra foi previamente medida e é conhecida da unidade (20).

[033] A estação (32) comporta um dispositivo laser de medida de distâncias dotado de um emissor ótico e de um receptor ótico que permitem conhecer com uma precisão muito grande a distância e o ângulo que separam

a estação (32) do conjunto dos refletores (30 e 34) portados respectivamente pelo braço (14) e pelo veículo (10).

[034] A estação (32) é também dotada de um emissor de rádio (38) que envia o resultado das medidas efetuadas a cada instante pelo dispositivo (32) em direção do receptor (22) portado pelo veículo (10).

[035] Mais detalhes sobre o guiamento do braço (14) em função dos levantamentos topográficos e das medidas da estação (32) são fornecidos no pedido de patente EP 1 178 153.

[036] A figura 2 representa um exemplo de um grampo (4) destinada a receber um trilho e a transmitir o esforço exercido por um veículo ferroviário que transita sobre esse trilho à laje (6).

[037] Para esse fim, o grampo (4) compreende uma placa (40) de matéria rígida, tal como ferro fundido, e duas fixações (42) que possuem, cada uma, uma haste roscada que permite fixar o trilho sobre o grampo (4) por meio de porcas. O grampo (4) comporta ainda duas hastes (44) de grampagem que possuem uma forma geralmente cilíndrica e asseguram a retenção na laje (6) depois que essa laje endureceu.

[038] A figura 3 representa o veículo (10) durante seu deslocamento ao longo de uma trajetória teórica (50). A direção de deslocamento do veículo (10) ao longo da trajetória (50) está representada por uma seta (52). Nessa figura 3, os elementos já descritos em relação à figura 1 portam as mesmas referências numéricas. As coordenadas da trajetória (50) no referencial ligado à terra estão, por exemplo, gravadas na memória (26).

[039] Mais precisamente, essa figura 3 representa uma seção (54) da trajetória (50) na qual apenas as medidas da estação (32) são utilizadas para guiar o braço de inserção.

[040] Considerando que o alcance da estação (32) é limitado, terminais de levantamentos topográficos são colocados em intervalos regulares

ao longo da trajetória (50). Por exemplo, os terminais de levantamentos topográficos estão colocados ao longo da trajetória (50) a cada 50 a 100 metros. Apenas três terminais adicionais (56 a 58) estão representados aqui. O terminal (57) fica imediatamente a jusante do terminal (36). A posição a jusante é aqui definida em relação à direção de deslocamento do veículo (10).

[041] O sistema (2) compreende também uma segunda estação (60) de medida da posição do braço (14) posicionada sobre o terminal (57) de levantamentos topográficos. Essa estação é, por exemplo, idêntica à estação (32) e permite medir a posição do braço (14) quando o veículo se desloca sobre uma seção (62) da trajetória (50).

[042] No sistema (2), as seções (54 e 62) estão parcialmente encavaladas em um intervalo ΔC .

[043] O funcionamento do sistema (2) vai ser descrito a seguir em relação ao processo da figura 4, no caso particular em que o veículo (10) está inicialmente sobre a seção (54) da trajetória (50).

[044] O processo se inicia por uma fase (70) em que são usadas apenas as medidas da estação (32) unicamente para guiar o braço de inserção (14).

[045] Mais precisamente, durante a etapa (74), a unidade (20) guia o braço (14) para uma posição alvo pré-calculada na qual deve ser inserido um par $(i - 1)$ de grampos em função das coordenadas X_{ci-1} , Y_{ci-1} , Z_{ci-1} . As coordenadas X_{ci-1} , Y_{ci-1} , Z_{ci-1} foram calculadas previamente. O cálculo dessas coordenadas será descrito a seguir no caso particular das coordenadas X_{ci} , Y_{ci} , Z_{ci} da posição alvo em que deve ser inserido o par seguinte (i) de grampos.

[046] Durante a etapa (74), a unidade (20) comanda, durante uma operação (76), o deslocamento do veículo (10) ao longo da trajetória (50) para posicionar o braço (14) nas proximidades da posição alvo na qual deve

ser inserido o par $(i - 1)$ de grampos. Tipicamente, no fim da operação (76), o braço (14) está situado a ± 1 cm da posição alvo.

[047] Depois de atingir a posição alvo, durante uma operação (78), a unidade (20) comanda o mecanismo (16) para posicionar o braço (14) sobre sua posição alvo, com uma precisão superior. Tipicamente, no fim da operação (78), o braço (14) está situado a ± 1 mm da posição alvo.

[048] Terminada a etapa (74), durante uma etapa (80), a unidade (20) determina o erro absoluto de posicionamento do par $(i - 1)$ de grampos em relação a uma posição nominal na qual o par devia ser inserido. Aqui, a posição nominal é representada pelas coordenadas X_{ni-1} , Y_{ni-1} , Z_{ni-1} da posição do braço de inserção. O estabelecimento das coordenadas está descrito mais detalhadamente a seguir no caso particular das coordenadas X_{ni} , Y_{ni} , Z_{ni} da posição nominal do par seguinte (i) de grampos.

[049] Mais precisamente, durante a etapa (80), a estação (80) mede, durante uma operação (82), a posição do braço (14) e transmite a posição medida na unidade (20).

[050] Durante a operação (82), a unidade (20) adquire as coordenadas X_{mi-1} , Y_{mi-1} e Z_{mi-1} da posição do braço (14) medida. Essas coordenadas estão, por exemplo, expressas em uma referência ortonormada cujos eixos são paralelos aos eixos X, Y e Z e que é fixa em relação ao terminal (36).

[051] A seguir, durante uma operação (84), as coordenadas medidas são subtraídas das coordenadas X_{ni-1} , Y_{ni-1} , Z_{ni-1} da posição nominal na qual o par $(i - 1)$ de grampos deveria ser inserido em teoria. No fim da operação (84), o erro absoluto D_{ai-1} de posicionamento do par $(i - 1)$ é obtido.

[052] A seguir, durante uma etapa (86), o par de grampos $(i - j)$ é inserido na laje (6) de concreto fresco utilizando, por exemplo, o processo

descrito em EP 0 803 609. Durante a etapa (86), o braço (14) é mantido na posição medida durante a operação (82).

[053] Depois que o par $(i - 1)$ de grampos tiver sido inserido, durante uma etapa (88), a unidade (20) estabelece as coordenadas X_{ni} , Y_{ni} , Z_{ni} da posição nominal na qual deve ser inserido o par (i) de grampos seguinte. Por exemplo, conhecendo as coordenadas da trajetória (50) e um espaçamento predeterminado entre dois pares de grampos sucessivas ao longo dessa trajetória, a unidade (20) pode calcular as coordenadas X_{ni} , Y_{ni} , Z_{ni} da posição nominal na qual deve ser inserido, em teoria, o par (i) de grampos. Para que essas coordenadas possam ser exploradas pela unidade (20) durante o guiamento do braço de inserção, elas devem ser comparadas com as coordenadas da posição atual do veículo. Essa comparação só pode ser realizada se as coordenadas atuais do braço ou do veículo e as coordenadas nominais forem comparadas em uma referência comum. Para expressar essas diferentes coordenadas em uma referência comum, são utilizados os levantamentos topográficos do terminal (36) e as medidas da estação (32). Por exemplo, aqui, a referência comum é a referência ortonormada cujas direções são colineares aos eixos X, Y e Z definidos anteriormente e cuja origem é fixa em relação ao terminal de levantamentos topográficos (36). Assim, utilizando-se os levantamentos topográficos do terminal (36), as coordenadas X_{ni} , Y_{ni} , Z_{ni} são expressas nessa referência comum. A referência comum é, por exemplo, também utilizada para expressar as coordenadas X_{ci} , Y_{ci} , Z_{ci} bem como as coordenadas X_{ni} , Y_{ni} e Z_{ni} .

[054] A seguir, durante uma etapa (90), a unidade (20) calcula as coordenadas X_{ci} , Y_{ci} , Z_{ci} da posição alvo na qual deve ser inserido o par (i) de grampos seguinte. Essas coordenadas estão expressas na referência comum. Durante a etapa (90), a posição alvo é calculada em função do erro absoluto D_{ai-1} determinado durante a etapa (80). Mais precisamente, para a inserção dos

$\underline{n}$ primeiros pares de grampos da seção (54), as coordenadas X_{ci} , Y_{ci} , Z_{ci} são, por exemplo, calculadas por meio das seguintes relações:

$$\begin{aligned} X_{ci} &= X_{ni} + D_{x,i-1}/2 + E_x/n \\ Y_{ci} &= Y_{ni} + D_{y,i-1}/2 + E_y/n \\ Z_{ci} &= Z_{ni} + D_{z,i-1}/2 + E_z/n \end{aligned} \quad (1)$$

em que:

- $D_{x,i-1}$, $D_{y,i-1}$ e $D_{z,i-1}$ são as coordenadas do erro absoluto D_{ai-1} determinado durante a etapa (80), respectivamente segundo os eixos X, Y e Z da referência comum; e

- E_x , E_y e E_z são as coordenadas, respectivamente segundo os eixos X, Y e Z, da referência comum, de um desvio de medida E entre as medidas realizadas a partir da estação (32) e de uma estação anterior situada sobre o terminal (56).

[055] A estimativa das coordenadas E_x , E_y e E_z está descrita mais detalhadamente a seguir no caso particular da diferença de medidas das estações (32 e 60).

[056] Tipicamente $\underline{n}$ é um inteiro superior ou igual a dez.

[057] Se durante a etapa (90), o par de grampos seguinte a ser inserido não fizer parte das $\underline{n}$ primeiros grampos da seção, nesse caso as coordenadas X_{ci} , Y_{ci} e Z_{ci} são calculadas por meio da seguinte relação:

$$\begin{aligned} X_{ci} &= X_{ni} + (D_{x,i-1}/2) \\ Y_{ci} &= Y_{ni} + (D_{y,i-1}/2) \\ Z_{ci} &= Z_{ni} + (D_{z,i-1}/2) \end{aligned} \quad (2)$$

[058] No fim da etapa (90), o processo retorna à etapa (74) para inserir o par (i) de grampos seguinte.

[059] As etapas (74 a 90) são repetidas continuamente enquanto o braço (14) percorre a seção (54) da trajetória (50).

[060] Todavia, quando o braço (14) atinge o intervalo de encavalamento ΔC , paralelamente à etapa (80), a estação (60) mede, durante uma etapa (94), a posição do braço (14). A etapa (90) é, de preferência, realizada simultaneamente com a etapa (82), de modo a reduzir os erros de medida do desvio E.

[061] A seguir, a estação (60) envia as medidas realizadas para a unidade (20), durante uma etapa (96).

[062] Durante uma etapa (98), a unidade (20) avalia o desvio E entre as medidas realizadas pela estação (32) e as realizadas pela estação (60). Para esse fim, durante a etapa (98), a unidade (20) estabelece o valor das coordenadas E_x , E_y e E_z a partir da diferença entre as medidas realizadas durante as etapas (82 e 94), bem como em função dos levantamentos topográficos dos terminais (36 e 57). De fato, observou-se que as coordenadas X_{mi} , Y_{mi} , Z_{mi} obtidas a partir das medidas realizadas pela estação (32) não são estritamente idênticas às obtidas a partir das medidas da estação (60). Esse desvio dimensional E pode então conduzir, durante a passagem da seção (54) para a seção (62), a uma ultrapassagem dos valores admissíveis para o erro relativo. No final da etapa (98), os valores E_x , E_y e E_z são armazenados para serem utilizados durante a inserção dos $\underline{n}$ primeiros pares de grampos da seção (62).

[063] Quando o braço (14) tiver percorrido a totalidade da seção (54), então a fase (70) termina e se inicia uma nova fase (100) em que são utilizadas apenas as medidas da estação (60) para guiar o braço (14) durante o percurso da seção (62).

[064] No início dessa fase (100), os valores E_x , E_y e E_z utilizados durante o cálculo das coordenadas da posição alvo dos $\underline{n}$ primeiros pares a serem inseridos, que são os estimados durante a etapa (98) da fase de utilização anterior.

[065] Paralelamente à etapa (100), por exemplo, a estação (32) é deslocada e posicionada a seguir sobre o terminal (58) situado imediatamente a jusante do terminal (57). Assim, o processo que foi descrito no caso particular das seções (54 e 62) é repetido entre a seção (62) e a seção imediatamente a jusante dela. Portanto, as fases (70 e 100) são repetidas ao longo de todo o percurso da trajetória (50) pelo veículo (10).

[066] Diversos outros modos de realização são possíveis. Por exemplo, as estações (32 e 60) são adaptadas, como variante, para comunicar entre si as medidas realizadas de uma mesma posição do braço (14). A partir das medidas das estações (32 e 60), a estação (32) e/ou a estação (60) corrige suas próprias medidas a fim de assegurar uma diminuição progressiva do desvio E durante a passagem da seção (54) para a seção (62).

[067] O cálculo da posição alvo em função do erro absoluto de posicionamento do par de grampos anteriores pode ser realizado sem nunca levar em conta o desvio E. Inversamente, o procedimento descrito aqui para reduzir progressivamente o desvio E pode ser realizado sem correção da posição alvo em função do erro absoluto de funcionamento do par de grampos anterior.

[068] Outras referências comuns podem ser utilizadas, por exemplo, a referência comum pode ser solidária do veículo (10).

[069] O processo de inserção descrito aqui no caso particular de inserção de grampos para suportar vias estradas de ferro pode ser adaptado para inserir qualquer elemento necessário à realização de uma obra.

REIVINDICAÇÕES

1. PROCESSO DE INSERÇÃO DE UM ELEMENTO ANTERIOR E, A SEGUIR, DE UM ELEMENTO SEGUINTE NO SOLO AO LONGO DE UMA TRAJETÓRIA TEÓRICA (50), para a realização de uma obra por meio de um braço de inserção guiado no deslocamento, processo esse que compreende:

- uma etapa (88) de determinação de posições nominais nas quais os elementos devem ser inseridos no solo em função da trajetória teórica;

- uma etapa (74) de guiamento automático do braço de inserção em direção a uma posição alvo na qual deve ser inserido o elemento seguinte em função da posição nominal estabelecida para o elemento seguinte e de levantamentos topográficos;

caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente:

- uma etapa (80) de determinação de um erro absoluto de posicionamento do elemento anterior em relação à posição nominal na qual o elemento anterior deveria ter sido inserido; e

- a etapa (74) de guiamento automático do braço de inserção para uma posição alvo na qual deve ser inserido o elemento seguinte, também realizada em função do erro absoluto de posicionamento determinado para o elemento anterior, de modo a reduzir o erro de posicionamento relativo do elemento seguinte em relação ao elemento anterior.

2. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o processo compreende uma etapa de cálculo da posição alvo adicionando-se a pelo menos uma coordenada da posição nominal em uma direção dada, a metade do erro absoluto de posicionamento do elemento anterior na mesma direção.

3. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de determinação do erro absoluto de posicionamento compreende:

- uma operação (82) de medida da posição na qual o braço de inserção insere o elemento anterior no solo, medida essa que é realizada por uma estação de medida posicionada sobre um terminal de levantamentos topográficos; e

- uma operação (84) de subtração da posição medida na posição nominal estabelecida para o elemento anterior.

4. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa (74) de guiamento é também realizada em função de medidas da posição do braço de inserção realizadas:

- por uma primeira estação (32) de medida situada sobre um primeiro terminal (36) de levantamentos topográficos quando o braço se desloca ao longo de uma primeira seção (54) da trajetória teórica; e

- para uma segunda estação (60) de medida situada sobre um segundo terminal (57) de levantamentos topográficos distante do primeiro terminal, quando o braço de inserção se desloca ao longo de uma segunda seção (62) da trajetória teórica;

no qual o processo compreende adicionalmente:

- uma etapa (98) de estimativa do desvio dimensional entre as coordenadas da posição do braço de inserção a partir das medidas da primeira estação e as coordenadas para a mesma posição do braço de inserção obtidas a partir das medidas da segunda estação; e

- durante a etapa (74) de guiamento, o braço de inserção é guiado para a posição alvo também em função desse desvio estimado, de modo a reduzir o erro de posicionamento relativo do elemento seguinte em relação ao

elemento anterior durante a passagem da primeira seção (54) para a segunda seção (62).

5. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o desvio estimado é utilizado para guiar o braço de inserção pelo menos para a inserção dos n primeiros elementos sucessivos ao longo da segunda seção (62), em que n é um número inteiro superior ou igual a dez.

6. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o processo compreende uma etapa (90) de cálculo da posição alvo dos n primeiros elementos sucessivos da segunda seção (62) adicionando a pelo menos uma das coordenadas da posição nominal em uma direção dada, o desvio estimado nessa mesma direção dividida por n .

7. PROCESSO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato dos elementos inseridos no solo serem grampos (4) de via de estrada de ferro.

8. SUPORTE (26) DE REGISTRO DE INFORMAÇÕES, caracterizado por comportar todas as instruções necessárias para a execução de um processo de inserção conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7, quando essas instruções forem executadas por uma calculadora eletrônica.

9. SISTEMA DE INSERÇÃO DE UM ELEMENTO ANTERIOR E, A SEGUIR, DE UM ELEMENTO SEGUINTE NO SOLO AO LONGO DE UMA TRAJETÓRIA PARA A REALIZAÇÃO DE UMA OBRA, sistema esse que compreende:

- um braço (14) de inserção com deslocamento guiado, braço esse que está apto a inserir os elementos no solo;

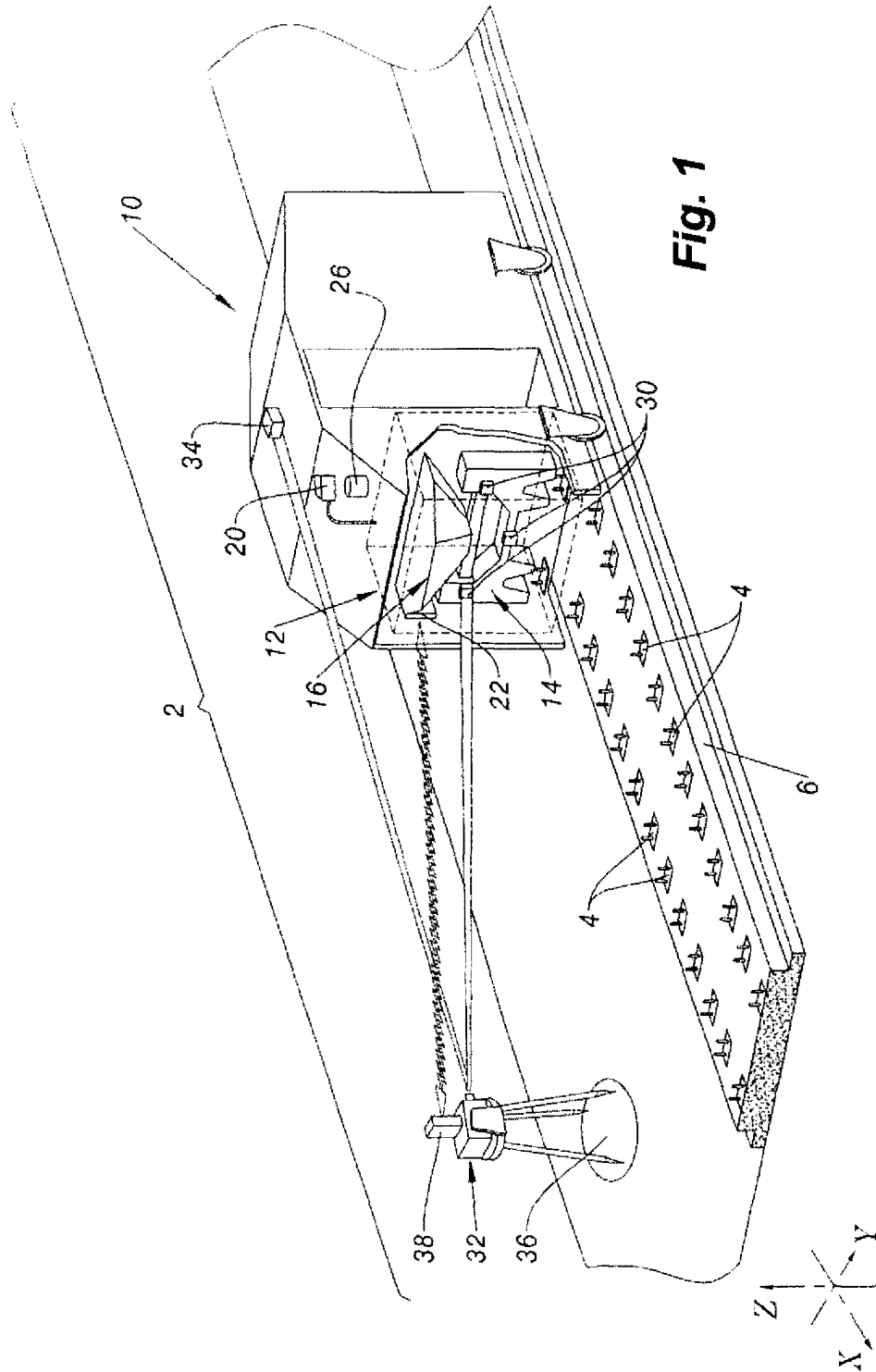
- pelo menos uma estação (32) de medida posicionada sobre um primeiro terminal (36) de levantamentos topográficos, estação essa que é própria para medir a posição do braço de inserção; e

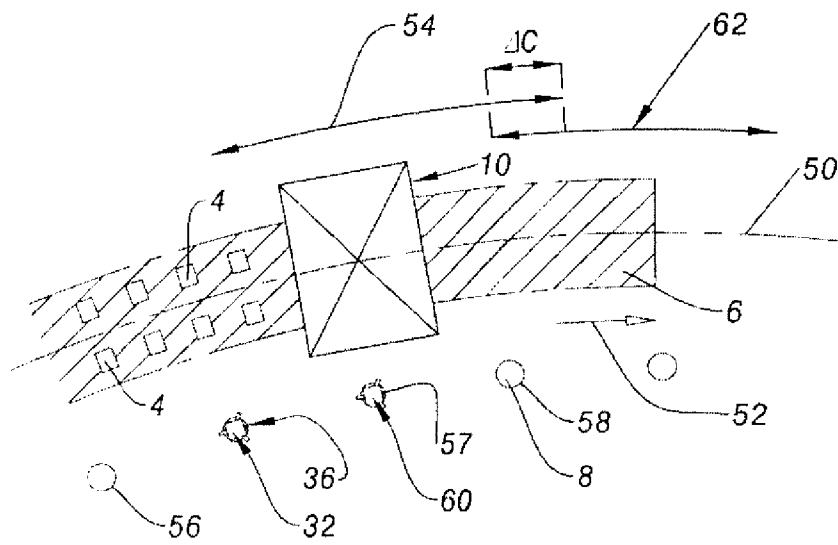
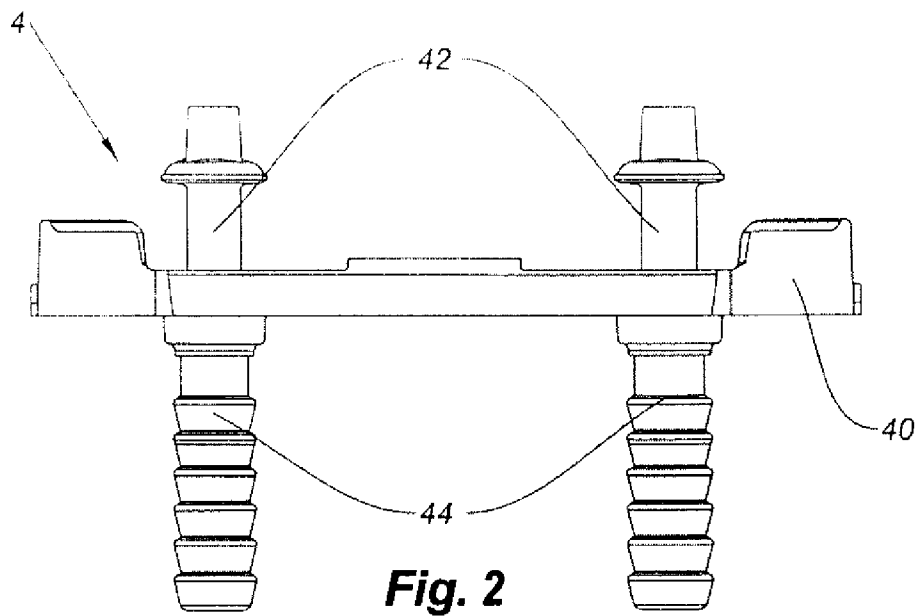
- uma unidade (20) de guiamento dos deslocamentos do braço de inserção em função dos levantamentos topográficos e da trajetória teórica;

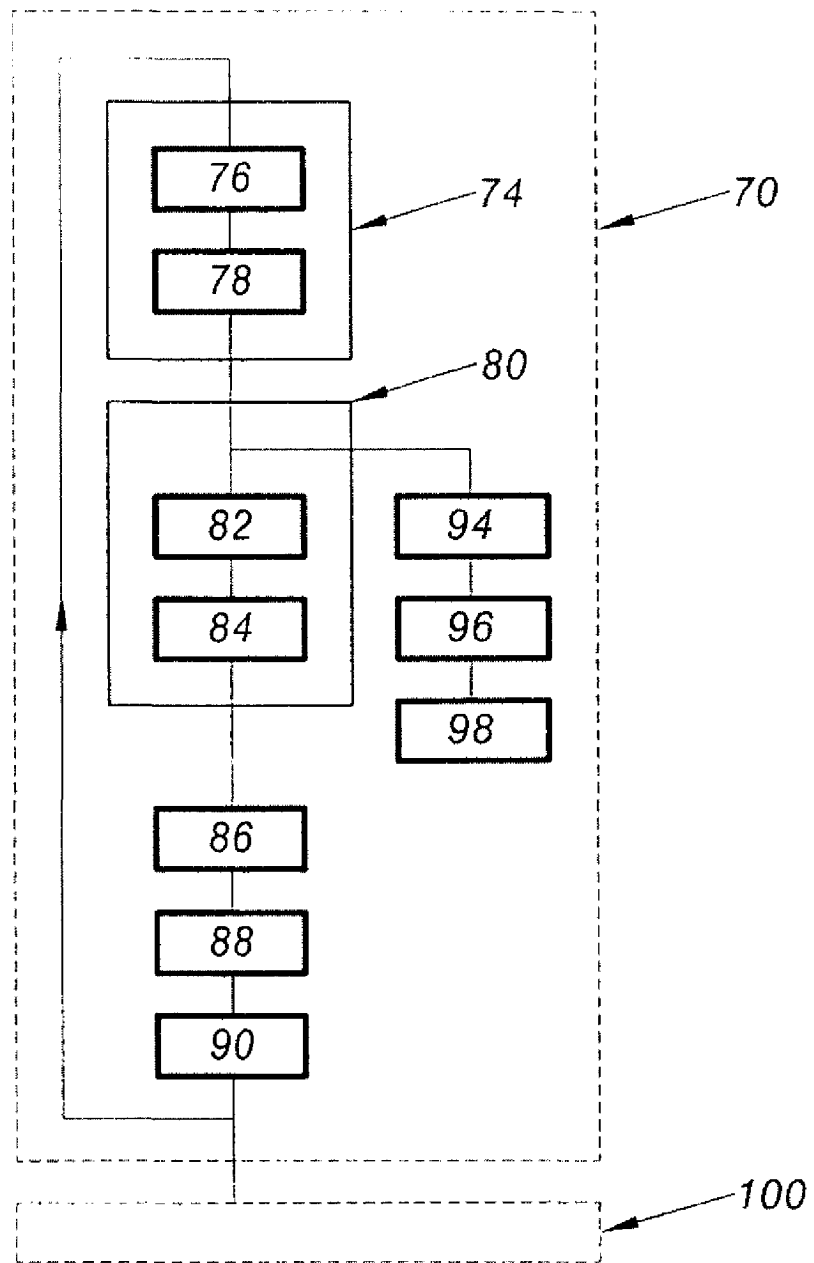
caracterizado pelo fato de que compreende uma calculadora eletrônica, e

- um suporte (26) de registro de informações, conforme definido na reivindicação 8.

10. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o sistema comporta pelo menos uma segunda estação (60) de medida posicionada sobre um segundo terminal (57) de levantamentos topográficos, e essa segunda estação está apta a medir a posição do braço de inserção sobre uma porção de trajetória teórica, em que a posição do braço de inserção é também mensurável pela primeira estação (32) de medida, e no qual a unidade de guiamento (20) está apta a executar um processo de inserção conforme definido em qualquer uma das reivindicações 4 a 7.





**Fig. 4**