



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0901912-0

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0901912-0

(22) Data do Depósito: 17/06/2009

(43) Data da Publicação do Pedido: 22/02/2011

(51) Classificação Internacional: G01N 21/956.

(54) Título: SISTEMA E MÉTODO PARA ANÁLISE DE SUPERFÍCIE DE OBJETOS

(73) Titular: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL - UCS. CGC/CPF: 88648761000103. Endereço: Rua Francisco Getúlio Vargas 1130, Cidade Universitária, Caxias do Sul, RS, BRASIL(BR)

(72) Inventor: GUILHERME HOLSBACH COSTA.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 17/06/2009, observadas as condições legais

Expedida em: 26/03/2019

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados



Relatório Descritivo de Patente de Invenção

Sistema e Método para Análise de Superfície de Objetos

Campo da Invenção

5 A presente invenção está direcionada a um sistema e um método para a análise da superfície de objetos, em especial containeres e veículos, para verificação da integridade do mesmo e presença de avarias, pequenas e/ou grandes.

10 Antecedentes da Invenção

 Cargas são geralmente acondicionadas em containeres ou baús, a serem transportados por um prestador de serviços terceirizado. No decorrer do transporte, avarias nos containeres são bastante comuns. Por questões logísticas, a ocorrência dessas avarias é de difícil rastreabilidade, impossibilitando a identificação do responsável pelo sinistro. Este tipo de problema acarreta prejuízos consideráveis a produtores e distribuidores de diversos ramos de atuação. Sendo assim, um sistema que execute a verificação automática da integridade de containeres ou similares é de grande aplicação prática no ramo de transporte de cargas. O mesmo sistema pode ser estendido à vistoria de veículos automotores, com finalidade semelhante.

 O estado da técnica aponta diversas soluções distintas para a resolução deste problema. Dentre os documentos buscados, apenas um foi considerado como similar ao Sistema Proposto: "*Automatic system for processing inspection data*", WO 2007/122221 tratado adiante por Sistema Existente.

25 O relatório descritivo desse documento estabelece que o Sistema Existente caracteriza-se como um "sistema para inspeção de containeres de frete". Mais especificamente, descreve-se como "**um sistema e um método** para processamento, armazenamento, recuperação e representação de **dados** de inspeção usados para gravar a condição de um container, incluindo qualquer dano".

As motivações do Sistema Existente são: dificuldade em manter um registro de danos visíveis, especialmente considerando o grande número de containeres manipulados; dificuldade no armazenamento de imagens de containeres sem o uso de grandes sistemas de armazenamento, assim como

5 recuperar estas informações armazenadas em um curto espaço de tempo; dificuldade em estimar a extensão dos danos através de imagens estáticas; dificuldade no armazenamento de vídeos, que normalmente requer grandes quantidades de recursos do sistema de armazenamento e de recuperação.

O sistema existente é capaz de recuperar imagens antigas de

10 containeres e compará-las com imagens mais recentes do mesmo container. Imagens passadas e atuais do container são analisadas por um processo computacional para determinar se existem áreas do container que estejam significativamente diferentes "**em cores ou em intensidade de cores**".

O resultado final é uma imagem 3-D do container com a localização de

15 qualquer dano visível mostrada em 3-D. Áreas danificadas que se estendam por mais de um lado ou em arestas do container permitem que uma estimativa da profundidade do amassado seja calculada. O documento descreve variações e modificações do sistema descrito. Dentre elas, destacam-se:

1) Um método que processe as imagens dos containeres e determine

20 pontos, linhas ou áreas em uma vista do container que possa compreender um dano visível (página 16, linha 6);

2) Um método que compreenda em processamento de imagens de containeres para determinar um valor numérico absoluto ou relativo que

25 descreva danos em excesso relativos a um pré-determinado valor (página 17, linha 30);

3) O uso de uma interface gráfica para um sistema de inspeção baseado em processamento de imagens destinado à investigação, exame ou medição de danos de containeres de frete.

Os problemas principais que envolvem a estimação de danos em

30 imagens bi-dimensionais, considerando a aplicação em questão, podem ser divididos em dois tipos:

- O objeto a ser inspecionado tem uma área superficial que pode atingir várias ordens de grandeza maior do que a área do dano. Esta diferença de dimensões implica na necessidade da aquisição de imagens com alta resolução e, por conseqüência da maioria das abordagens de processamento de imagens, na necessidade de sensores com alto custo de produção. Entretanto, técnicas de aquisição (obtenção) de imagens de alta resolução a partir de sensores com baixa resolução podem ser largamente encontradas na literatura científica.

- A estimação da profundidade dos danos (extensão dos danos nas três dimensões espaciais) não pode ser obtida com precisão através de uma única imagem (bidimensional) do objeto. Entretanto, técnicas chamadas *visão estereoscópica* são amplamente difundidas, com o objetivo de estimar dados tridimensionais a partir de imagens bidimensionais. Tais técnicas podem ser encontradas na literatura clássica, e não configuram um problema de pesquisa novo.

O sistema existente relata que as imagens são comparadas por diferenças de cores e de intensidade luminosa. Os objetos filmados são percebidos por diferenças de intensidades luminosas (de diferentes cores) espacialmente distribuídas que, por sua vez, compõem as imagens. Entretanto, o Sistema Proposto baseia-se na utilização de *laser*. O objeto em análise, neste caso, não é a imagem dos containeres, mas sim o comportamento do feixe de *laser* projetado sobre a superfície. A comparação das imagens dos containeres feita no Sistema Existente é substituída, no Sistema Proposto, pela comparação do comportamento do *laser* adquirido durante diferentes inspeções (momentos).

No Sistema Existente, é possível estimar características tridimensionais (apenas) de danos que se estendam por duas vistas do container (por exemplo, vista lateral e superior). No Sistema Proposto, baseado em *laser*, todo tipo de avaria pode ter suas características tridimensionais verificadas, independente de sua localização sobre a superfície do objeto inspecionado.

No Sistema Proposto o objeto de análise não é a imagem do container, mas sim a “imagem” do *laser*.

5 Dessa forma, não foi encontrada nenhuma anterioridade que comprometa a patenteabilidade da presente invenção, sendo a mesma nova e inventiva.

Sumário da Invenção

10 Em um primeiro aspecto, a presente invenção propõe um sistema para aquisição de imagens e análise da superfície de objetos a partir da incidência de um *laser* sobre o objeto e captura da imagem do *laser*. A principal vantagem da presente invenção é o desenvolvimento de um sistema com alta resolução (o que implica em sensibilidade para detectar pequenas avarias) a um baixo custo.

15 É um objeto da presente invenção um sistema de análise de superfície de objetos compreendendo:

- a) uma unidade de iluminação;
- b) uma unidade de aquisição de imagens;
- c) uma unidade de processamento.

20 Em uma realização preferencial, a aquisição das imagens é feita por uma câmera de vídeo.

Em um segundo aspecto, a presente invenção propõe um método para aquisição e identificação de irregularidades na superfície de objetos compreendendo as etapas de:

- a) varredura da superfície do objeto com um *laser*,
- 25 b) aquisição das imagens do *laser* sobre o objeto; e
- c) comparação das imagens adquiridas com imagens diferentes, de forma que as diferenças fiquem em evidência.

30 Em uma realização preferencial, a comparação é realizada com imagens anteriores do mesmo objeto, ou ainda de um objeto padrão. Preferencialmente o objeto é um contêiner de carga ou automóveis.

Estes e outros objetos da presente invenção serão melhor definidos pela descrição detalhada a seguir.

Descrição das Figuras

5 A figura 1 descreve o sistema da presente invenção adaptado para a inspeção de containeres em caminhões, onde a seta indica o sentido do deslocamento do caminhão.

A figura 2 descreve o efeito da projeção de um feixe de *laser* sobre uma imperfeição em uma superfície plana. Quando a forma do *laser* não for uma
10 linha, mas um único ponto deslocando-se em uma única direção e sentido, em relação ao sensor de imagens, esse ponto percorrerá uma trajetória similar a descrita pelo feixe representado na figura 2; A: Iluminador LASER; B: Imperfeição em uma superfície plana; C: Sistema de aquisição de imagens; D: Sensor de Imagem; E: Formação da projeção do feixe de LASER sobre o
15 sensor.

A figura 3 descreve e exemplifica o princípio básico do processo de aquisição de imagens e de detecção de avarias. Na figura 3(a) é ilustrado um exemplo de superfície (no caso um container) com uma avaria na posição marcada com um "X". Na figura 3(b) é ilustrado um padrão de iluminação por
20 *laser*, na forma de uma matriz de pontos com distribuição espacial uniforme. Na figura 3(c) são ilustrados diversos quadros (seqüências de imagens) adquiridos enquanto o container é deslocado defronte ao sistema de aquisição e iluminação. Nesses quadros, aparecem apenas os pontos de *laser* que são refletidos na superfície a ser analisada. Cada quadro corresponde a um
25 segmento da superfície. O conteúdo de cada quadro depende do movimento do container, que geralmente move-se com velocidade não uniforme e em mais de uma direção. Dado a características físicas do *laser*, a projeção da matriz de pontos é distorcida em regiões da superfície que contenham imperfeições (variações no relevo). Nessas regiões, a projeção dos pontos de *laser* é
30 percebida com uma distribuição espacial não-uniforme. A figura 3(d) ilustra o pré-processamento a ser realizado pelo sistema, de forma que o

comportamento do *laser* possa ser interpretado e que a posição da avaria possa ser identificada. As imagens são alinhadas de acordo com um único sistema coordenado de referência, gerando uma imagem (chamada mosaico) com resolução mais alta do que a de cada quadro.

5

Descrição Detalhada da Invenção

Os exemplos a seguir são apenas ilustrativos, não devendo ser encarados de forma restritiva.

10 Para efeitos da presente invenção, entendem-se como objetos a serem analisados quaisquer objetos que possam ser suscetíveis a avarias, como contêineres de carga e veículos. Preferencialmente, o objeto é um contêiner.

O sistema da presente invenção compreende os seguintes itens:

- 15 a) uma unidade de iluminação;
- b) uma unidade de aquisição de imagens;
- c) uma unidade de processamento.

20 A unidade de iluminação consiste em um dispositivo de iluminação *laser* (*light amplification by simulated emission*) e um dispositivo de iluminação na faixa do infra-vermelho (este último pode ser desnecessário quando o sistema for instalado em ambientes controlados). O feixe de *laser* utilizado pode possuir o formato linear ou de matriz (ou vetor) de pontos.

25 A unidade de aquisição de imagens: utiliza câmeras de vídeo (analógicas ou digitais, baseadas em sensores do tipo CMOS ou CCDs) e opcionalmente filtros ópticos destinados à seleção de ondas com comprimento de onda na faixa de frequência dos iluminadores utilizados (*laser* e infra-vermelho). Apenas uma câmera e opcionalmente um filtro (na faixa de frequência do *laser*) podem ser utilizados no caso de instalação do sistema em ambiente controlado.

30 A unidade de processamento: consiste de processadores e periféricos de entrada e saída e memórias. Pode ser baseado em plataforma dedicada (processadores digitais de sinais) ou em plataforma PC (*personal computer*).

O método para aquisição e identificação de irregularidades na superfície de objetos é um método que compreende as etapas de:

- a) varredura da superfície do objeto com uma unidade de iluminação;
- b) aquisição das imagens do *laser* sobre o objeto; e
- 5 c) comparação das imagens adquiridas com imagens diferentes, de forma que as diferenças fiquem em evidência.

Deve ser implementado um deslocamento relativo entre o objeto a ser vistoriado, como por exemplo um contêiner de um caminhão, e o sistema de aquisição de imagens (câmera e iluminadores). Por exemplo, o objeto a ser inspecionado pode ser deslocado na frente do feixe de *laser* e da câmera (que podem permanecer estáticos), de forma a que se execute uma varredura da superfície submetida à análise (ver Figura 1). A unidade de processamento analisa (processa) o comportamento do feixe de *laser* refletido nessa superfície, digitalizado pela unidade de aquisição de imagens, realizando a verificação e o registro das condições físicas dessa superfície.

O comportamento do *laser* refletido sobre a superfície é analisado para verificar a presença de padrões (de comportamento) indesejáveis (avarias). Entretanto, considerando-se que geralmente busca-se verificar uma alteração no estado físico da superfície, para que avarias pré-existentes possam ser ignoradas, uma vez localizada uma avaria, é necessário que a posição (coordenadas) da superfície em que se encontra essa avaria seja identificada. Assim, torna-se possível verificar a pré-existência ou não de avarias em tais coordenadas. Portanto, dois processos distintos podem ser definidos: (i) análise do comportamento do *laser* para identificar a existência de uma avaria;

25 (ii) identificação da posição da superfície em que se encontra a avaria.

A análise do comportamento do *laser* pode ser feita através de diversas técnicas bem estabelecidas na área de processamento de sinais, como, por exemplo, casamento de padrões, correlação, ou outras técnicas de reconhecimento de padrões. Um feixe de *laser* linear, quando projetado em uma superfície irregular, é percebido por um sensor de imagens de uma forma bastante característica, conforme ilustrado na Figura 2. Através da projeção do

laser é possível estimarem-se características tridimensionais da superfície em análise, mesmo através da utilização de uma única câmera. Sendo assim, a presença de avarias pode ser verificada, assim como suas dimensões tridimensionais podem ser estimadas.

5 O estabelecimento de um sistema único de coordenadas pode ser feito definindo-se a posição relativa entre todas as imagens adquiridas da superfície. As imagens são então organizadas obedecendo a esse sistema de coordenadas, formando uma única imagem, com resolução mais alta, chamada mosaico (ver Figura 3).

10 Uma relação pode ser estabelecida entre o sistema de coordenadas (mosaico) e o instante de tempo em que cada imagem do *laser* é adquirida. Assim, a posição no espaço referente a uma avaria detectada pode ser determinada.

As imagens adquiridas são originalmente compostas por diferentes
15 níveis de iluminação (tons de cinza ou cores, dependendo do tipo de câmera utilizado), contendo cenas que podem apresentar diversos objetos (de interesse ou não); dentre eles, detalhes da superfície dos containeres, a projeção do *laser* sobre a superfície inspecionada, reflexos, e outros objetos como paredes, árvores, pessoas, etc, dependendo do ambiente em que o
20 sistema é instalado. Ambientes controlados podem garantir que apenas a superfície de interesse esteja presente na cena e que as condições de iluminação sejam constantes. Neste caso, a identificação e a análise do feixe de *laser* nas imagens capturadas pode ser bastante simples, e apenas uma câmera de vídeo pode ser utilizada para ambos os processos — (i) e (ii) —
25 definidos anteriormente.

Ambientes que possuam variações de iluminação consideráveis podem requerer o uso filtros ópticos que permitam que a câmera capture apenas imagens na faixa de frequência do *laser*. Neste caso, uma segunda câmera pode ser empregada de forma que seja possível a construção do sistema de
30 coordenadas (mosaico). Nesta segunda câmera, da mesma forma, podem ser utilizados filtros ópticos e iluminadores adequados, como, por exemplo, na faixa

de frequências do infra-vermelho (IR). Iluminadores e filtros IR são comumente utilizados visando minimizar interferências causadas por outras fontes luminosas (luz solar, faróis, iluminação pública, sombras, etc.).

5 O sistema aqui descrito deve ser implementado no ponto de origem da carga e replicado em cada ponto no qual se deseja verificar a integridade do container. Sempre que repetido o processo de varredura, verificação e registro, as condições da superfície podem ser comparadas, constatando-se a alteração nas condições do container. Para tal, a unidade de iluminação e a unidade de aquisição de imagens devem possuir como alvo a superfície a ser vistoriada.

10 A largura da projeção do feixe de *laser* sobre essa superfície depende de como o sistema é configurado (ângulo de dispersão do *laser* e distância entre o emissor e o objeto a ser vistoriado, assim como das dimensões da matriz de pontos, quando se aplicar). A altura da projeção desse feixe deve abranger toda a altura da superfície submetida à análise.

15 Os algoritmos aplicados permitem a aquisição de imagens com resolução diversas vezes maior do que os limites do sistema físico de aquisição utilizado. Com isto, é possível o desenvolvimento de um sistema com alta resolução (o que implica em sensibilidade para detectar pequenas avarias) a um baixo custo.

20

Reivindicações

Sistema e Método para Análise de Superfície de Objetos

1. Sistema para análise de superfície de objetos caracterizado por
- 5 compreender:
- a) uma unidade de iluminação LASER;
 - b) uma unidade de aquisição de imagens; e
 - c) uma unidade de processamento;
- em que,
- 10 - o objeto é um contêiner que está acoplado a um caminhão;
- a unidade de iluminação LASER é adaptada para projetar um feixe de LASER em formato linear ou de matriz de pontos;
- a unidade de iluminação LASER compreende adicionalmente um dispositivo de iluminação na faixa do infra-vermelho;
- 15 - a unidade de aquisição de imagens utiliza câmeras de vídeo e/ou fotográficas analógicas ou digitais;
- a unidade de aquisição de imagens compreende filtros ópticos destinados à seleção de ondas com comprimento de onda na faixa de frequência dos iluminadores utilizados; e
- 20 - a unidade de processamento está adaptada para identificar a existência de uma avaria e identificar a localização da avaria no objeto.
2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela unidade de processamento ser um computador ou uma plataforma dedicada.
3. Método para análise da superfície de objetos, caracterizado por
- 25 compreender as etapas de:
- a) varredura da superfície do objeto com uma unidade de iluminação;
 - b) aquisição das imagens do *laser* sobre o objeto;
 - c) processamento das imagens através da utilização de um sistema único de coordenadas;
- 30 d) organização das diversas imagens em um mosaico, formando uma imagem de resolução mais alta através da correlação entre o sistema de

coordenadas e o instante no tempo em que cada imagem do padrão de *laser* é adquirida; e

e) comparação das imagens adquiridas com imagens diferentes, de forma que as diferenças fiquem em evidência;

5 em que,

- as ditas etapas são implementadas em um sistema conforme definido na reivindicação 1.

10 4. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pela varredura ser feita pelo deslocamento relativo entre o objeto e a unidade de iluminação.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo objeto se deslocar e a unidade de iluminação permanecer parada.

6. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo objeto permanecer parado e a unidade de iluminação se deslocar.

15 7. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pela comparação ser realizada entre a imagem capturada e uma imagem do mesmo objeto capturada em um momento anterior.

20 8. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pela comparação ser realizada por meio de técnicas de casamento de padrões, correlação, e técnicas de reconhecimento de padrões.

FIGURAS

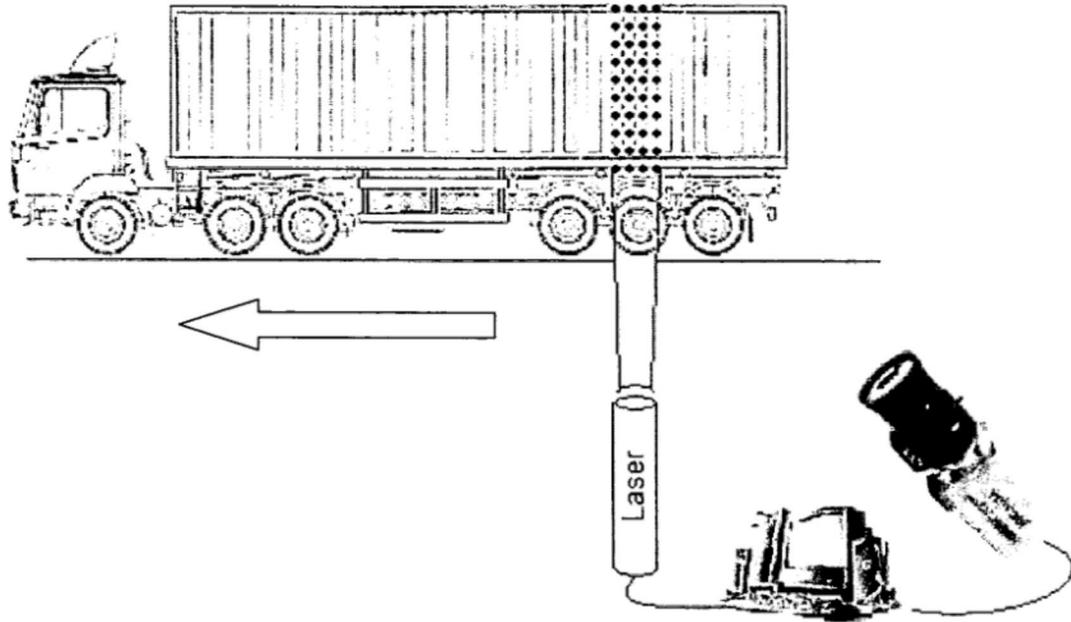


FIGURA 1

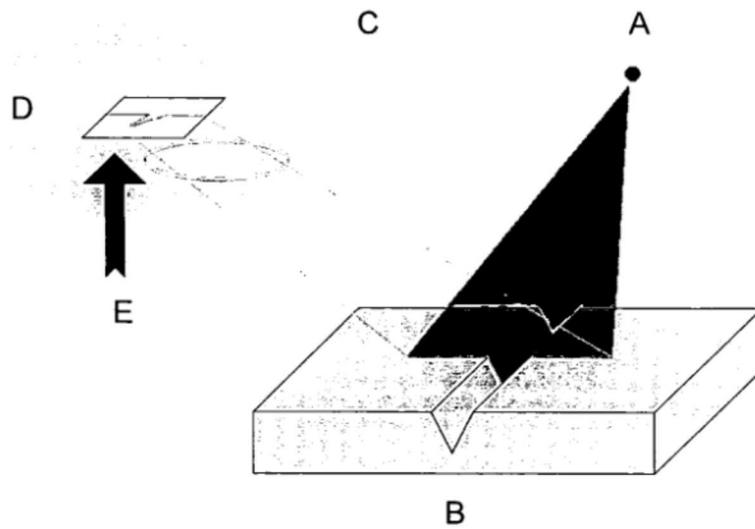


FIGURA 2

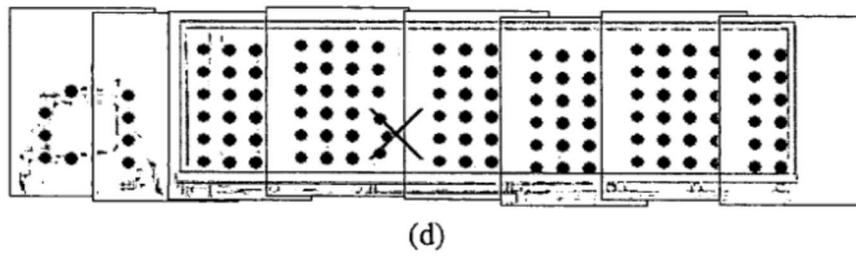
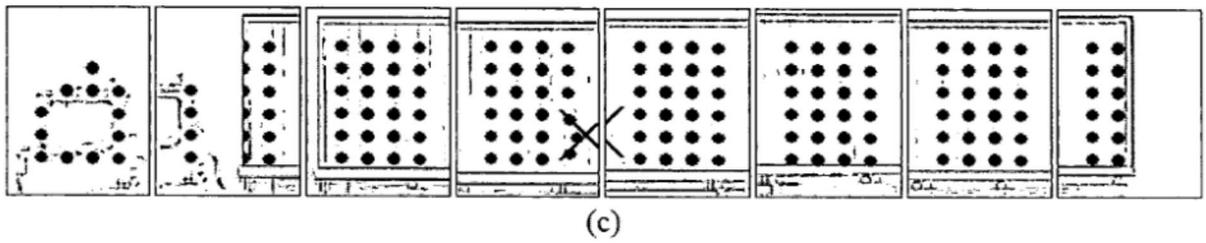
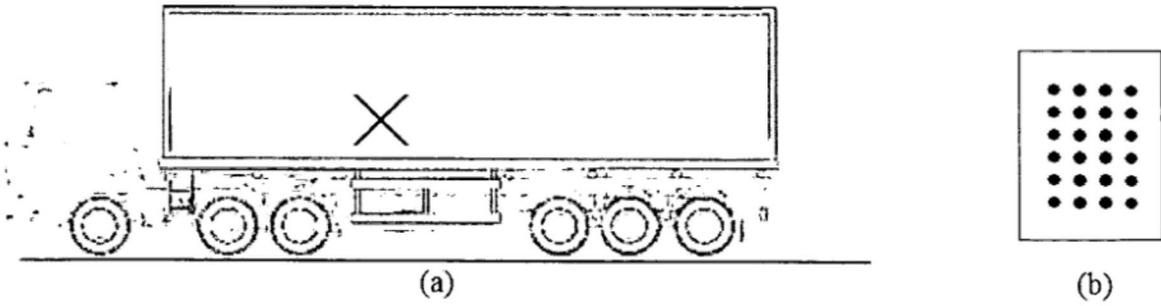


FIGURA 3