

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

(21) **PI0804565-8 A2**



\* B R P I 0 8 0 4 5 6 5 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 3011012008  
(43) Data da Publicação: 20/07/2010  
(RPI 20631)

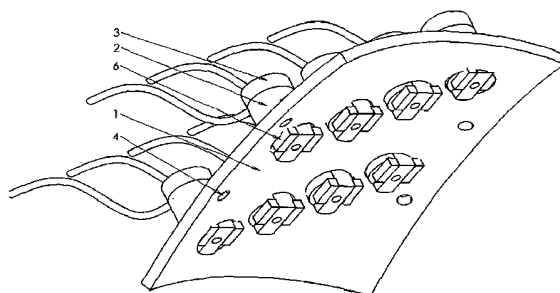
(51) *Int.Cl.:*  
G12B 5/00

(54) **Título: ARRANJO FLEXÍVEL DE SENSORES NÃO-DESTRUTIVOS PARA INSPEÇÃO DE COMPONENTES**

(73) **Titular(es):** Giovani Geremia, Lucio de Abreu Correa, Miguel Ignacio Serrano, Telmo Roberto Strohaecker

(72) **Inventor(es):** Giovani Geremia, Lucio de Abreu Correa, Miguel Ignacio Serrano, Telmo Roberto Strohaecker

(57) **Resumo:** Susceptível ao uso em equipamentos de inspeção automatizada. Este arranjo é construído com um material flexível que permite que os sensores do mesmo arranjo adquiram orientações diferentes quando contornam uma superfície de geometria complexa. Cada base garante aderência necessária para que cada sensor mantenha distância e ângulo constante respeito da superfície a ser inspecionada, independentemente da posição dos outros sensores pertencentes ao arranjo. A presente invenção visa solucionar os problemas da inspeção automatizada em componentes que apresentam superfícies de geometrias com plexas.





### Arranjo flexível de sensores não-destrutivos para inspeção de componentes

**Refere-se** a um arranjo flexível de **sensores não-destrutivos** para inspeção de componentes, para ser empregado em equipamentos de inspeção automatizada. Estes equipamentos proporcionam **informação** sobre as características do material do componente a ser **inspecionado**.

Na **indústria** há diversos componentes que trabalham em condições severas (ambientes corrosivos, solicitação em fadiga, temperaturas elevadas, **etc**), o que pode ocasionar falhas nos componentes. A falha de alguns destes componentes pode causar grandes prejuízos ou até mesmo danos **irreversíveis** ao **meio ambiente**.

10 A solução para este problema é a inspeção periódica destes componentes. Os componentes de grande importância, chamados críticos podem ser, por **exemplo**, os oleodutos de petróleo, pois os mesmos transportam milhares de litros de petróleo por dia e podem passar em **áreas** naturais ou de reservas **aquíferas**, onde vazamentos ocasionam um desequilíbrio **ecológico**. **Uma vez identificadas** as **áreas**

15 críticas a serem inspecionadas, poderosos scanners **são** utilizados para **percorrer** os **dutos** em pouco tempo e com grande eficiência com o intuito de identificar possíveis defeitos no material dos dutos. Para isto, os scanners **utilizam uma grande** quantidade de sensores não destrutivos que medem as propriedades do material do duto. Uma grande dificuldade para **realizar inspeção automatizada em dutos** é a

20 complexa geometria nas curvas, já que o equipamento de **inspeção** deve ter a capacidade de posicionar os sensores **não destrutivos de forma correta sobre** a superfície do duto. A presente patente garante a distância e **posição** constante dos sensores não **destrutivos com respeito a superfície** do duto, **obtendo** assim a **solução** para inspeção automatizada em curvas de dutos e qualquer **outra superfície**

25 de **geometria variável**.

Este **relatório** descritivo **refere-se** a Privilégio de Invenção (PI), **concedido** a uma concepção nova, **resultante da criação humana**, que representa um **avanço** em relação ao estado da técnica existente e que é suscetível a utilização industrial.

No passado, empregava-se apenas inspeção manual **em diferentes** pontos do

componente, O objetivo era, mediante **técnicas não destrutivas**, localizar defeitos do material nestes pontos e, assim, **avaliar** estatisticamente o dano presente no componente.

Na atualidade, é possível mapear defeitos de diversos componentes através de velozes scanners que, **através** de alguma **técnica** não destrutiva, **registram** as propriedades do material ponto a ponto. Deste modo, esta varredura dá uma **idéia** mais precisa do estado do componente. **Os** dados do mapeamento **são** salvos num computador para a devida análise. Com a finalidade de aumentar **a velocidade** de mapeamento, os scanners utilizam arranjos de sensores não **destrutivos** que permitem ampliar a área de leitura instantânea.

Os arranjos de sensores existentes hoje são fixados através **de** materiais rígidos, os quais são desenvolvidos para que exista um posicionamento correto de cada **sensor** com a **superfície** em **contato** e mantenha as distâncias entre os sensores constantes, obtendo assim uma **inspeção confiável**.

A busca no banco de patentes mostrou alguns modelos similares tais **como**: a **US4537074** que se refere a **transdutores ultra-sônicos** dispostos em **arco** são fornecidos, os quais compreendem vários anéis concêntricos de material **piezoelétrico** com tamanhos escolhidos de acordo com a profundidade de foco. A abertura total do transdutor é **dividida** em uma série de profundidades focais **contíguas**. Na parte mais próxima, apenas os elementos internos são **ativados**, e anéis maiores são ligados conforme a profundidade do foco é **aumentada**. **Os** tamanhos dos **anéis são** escolhidos **para** manter os erros de fase de **cada anel** dentro dos limites aceitáveis de acordo com as profundidades de campo para os quais foram energizados. As profundidades de transição onde a abertura é mudada são escolhidas para permitir **que** anéis de **tamanhos manufaturáveis** sejam empregados enquanto mantêm-se as **transições** de abertura que impedem a perda de resolução da imagem **ultra-sônica**. A **patente WO2006030793** se refere a uma ponta de prova **ultra-sônica** eletrônica radial compreende uma disposição eletrônica radial formada **por vários osciladores ultra-sônicos** **arranjados sucessivamente** em forma de arco em torno de um eixo de inserção, de modo que os **osciladores ultra-**

sônicos estejam selecionados eletronicamente para controlar a transmissão/recepção da onda ultra-sônica. A ponta de prova ultra-sônica radial inclui um membro de sustentação disposto no arranjo eletrônico radial, um membro de acoplamento que possui uma cavidade através da qual o membro de suporte é

5 inserido e um sulco de acoplamento para colocar um balão preenchido com um meio **ultra-sônico** unido para cobrir o arranjo de **sensores**, e um **membro** de preenchimento formado por um material adesivo que seja endurecido do estado líquido ao sólido, assim preenchendo a cavidade. A patente **JP60039554** se refere a um produto que deseja eliminar uma parte giratória mecânica, fazer um dispositivo

10 de pequeno porte, e melhorar a eficiência de **inspeção** fazendo a varredura de um material de **tubulação** ou de barra por um feixe **ultra-sônico** em **trajetória** circular. A tubulação a ser **inspecionada** passa através da base da **parte** detectara de falha e se move na direção da sua linha de eixo. Quanto a base para a qual um meio do **contato** (como água, etc.) deve **fluir**, um arranjo anular de pontas de provas é posto

15 em uma distância prescrita em volta da circunferência da **tubulação**. O **arranjo** das pontas de prova tem uma estrutura dividida em peças com simetria radial, sendo que, para cada elemento de ponta de prova, uma linha do tipo **de foco** é **fornecida**, de modo que tais linhas cruzem o eixo da tubulação a cada ângulo prescrito. Um feixe **ultra-sônico** atinge a **superfície** da tubulação como mostrado na **figura**. Uma

20 operação de detecção de falha em um sentido tangente a tubulação é feita operando em ordem a ponta **de prova**, e **outra** no **sentido longitudinal** da **tubulação** é executada movendo a tubulação no sentido axial.

Na literatura **patentária** foram encontrados alguns documentos que circunscrevem o tema. Todos os **inventos** acima citados têm **semelhanças com**

25 certas características da **presente invenção**, cada um apresentando **aplicação**, funcionamento ou **formas relacionáveis**, porém em nenhum **deles** se obtém o conjunto de variáveis necessárias **para comparar com o equipamento descrito neste relatório**. Em nenhuma das patentes pesquisadas, se obteve um equipamento que apresentasse **características próprias** auto-adaptabilidade ao **componente** a ser

30 **inspecionado** juntamente **com** a possibilidade de ser inserido em um sistema

autônomo de inspeção, o que torna este equipamento Único e exclusivo.

Os componentes **críticos** na indústria que precisam ser inspecionados periodicamente podem ser dutos, chapas, vasos de pressão, tanques, etc. O arranjo de sensores deve ser projetado para cada caso, pois depende da **forma** geométrica da superfície de cada componente. A forma geométrica do **arranjo** de sensores garante um posicionamento constante e correto dos mesmos sobre a superfície do componente.

Inclusive com a ampla utilização desses arranjos rígidos de sensores não destrutivos, usados em grande escala na inspeção automatizada de componentes, existem diversos problemas ainda sem solução. Um destes problemas é que os arranjos devem ser projetados para cada **componente**. Um problema maior ainda, acontece quando a superfície do componente possui uma geometria complexa ou variável ao longo da área a ser inspecionada como, por exemplo, a curva de um duto, onde temos áreas côncavas e convexas. Devido à rigidez do material que forma o arranjo, não é possível garantir a posição **correta dos sensores com** a superfície, tornando a inspeção **inviável**.

Com o intuito de superar estes problemas, é objeto da presente **invenção** um arranjo **flexível** de sensores não destrutivos que **se auto-ajusta a superfície** do componente, a qual consiste em um **elastômero** que mantém unidos os **sensores** entre si e permite orientações diferentes para cada sensor. Cada sensor é fixado a uma base individual, a qual garante a **posição correta** do sensor, independentemente da **orientação** do resto dos sensores **pertencentes ao** arranjo. A função da base é manter o sensor **não destrutivo** a uma distância e **posição** constante respeito da **superfície** do componente. Assim, visando o **contato** independente entre as bases e a **superfície** do componente a ser **inspecionado**, é proposto **um** meio de aderência individual através do princípio magnético ou do vácuo. Então, se o material do componente é **ferromagnético**, as **bases magnéticas** **posicionarão corretamente** os sensores sobre a superfície. No caso de materiais não ferromagnéticos como polímeros, **alumínio** ou **aço** inox, um sistema individual de vácuo **implementado** na base de cada sensor **pode** ser utilizado para garantir a

**correta** aderência com a superfície a ser inspecionada. O **elastômero** garante que a distancia entre as bases dos sensores permaneça aproximadamente constante.

Devido a flexibilidade do material com que é feito o arranjo de sensores, obtemos uma vantagem em **relação** ao estado da técnica existente. O arranjo pode  
5 assumir formas variáveis ao passar por uma superfície complexa, mas sempre **mantêm** o correto posicionamento dos sensores devido à **força** de aderência aplicada individualmente em cada base. Por causa da auto-adaptabilidade desse arranjo de sensores, é criada uma vasta rede de componentes que podem ser inspecionados autonomamente, como, por exemplo, curvas em dutos, *risers* e as  
10 mais diversas geometrias que antes não podiam ser **inspecionadas** de forma **automática**. O arranjo de sensores flexível se assemelha **aos arranjos de** sensores convencionais quando é utilizado em componentes que possuem superfícies **geométricas** simples como serem esféricas, **cilíndricas**, planas, **etc.**, **onde** a forma geométrica da superfície não muda. Para estes tipos de **componentes**, a forma da presente invenção é constante, como no caso de um arranjo rígido. A principal  
15 diferença entre a presente invenção e o estado da técnica e que **sua** forma se **auto-**ajusta com a superfície do componente, oferecendo maior **praticidade na hora** de inspecionar diferentes componentes. Por outro **lado**, oferece uma **solução** na inspeção automatizada de componentes com geometrias complexas, onde arranjos  
20 de sensores rígidos não conseguem acompanhar de forma **correta**.

#### **Breve Descrição das Figuras:**

**Fig. 1** mostra o arranjo de sensores com bases magnéticas.

**Fig. 2** mostra o arranjo de sensores com bases pneumáticas.

**Fig. 3** mostra o **elastômero** em perspectiva sem nenhuma deformação.

25 **Fig. 4** mostra o arranjo de sensores com **curvatura** em **outra** perspectiva.

#### **Descrição Detalhada da Invenção:**

**Em** coerência com as figuras acima relacionadas, o **objeto** da presente patente, consiste em um arranjo de sensores **não destrutivos** (3) fixados a bases individuais (2), as **quais** garantem **aderência** com a **superfície a ser inspecionada**

suficiente como para manter os sensores posicionados corretamente. O bloco de material flexível (1), como, por exemplo, um elastômero, mantém unidas as bases dos sensores entre si, permitindo **orientações** diferentes para cada sensor.

Na Fig. 1 apresenta-se o arranjo de sensores em **perspectiva**, onde se  
5 destacam as bases magnéticas (2) dos sensores (3) fixadas ao bloco de material flexível (1). Estas bases magnéticas possuem imãs (6) que desempenham a **função** de gerar a força de aderência entre as bases magnéticas e a **superfície** a ser inspecionada. Para que exista esta força de aderência, a superfície deve ser de material ferromagnético. Esta força é a responsável por garantir o **contato** das bases  
10 e a superfície, condição necessária para garantir a confiabilidade do ensaio. Para componentes constituídos por superfícies não **ferromagnéticas**, bases de vácuo (7) podem ser utilizadas para criar forças de aderência.

A Fig. 3 mostra o bloco (1) de material **flexível** sem nenhuma deformação, nesse **caso** ela estaria sobre uma **superfície** plana, **Nesta** figura, destacam-se as  
15 cavidades (5) onde são fixadas as bases (2) dos sensores. Estas cavidades podem ser de diversas formas e tamanhos, dependendo dos sensores **não destrutivos** (3) empregados. A quantidade e **distribuição** dos sensores são **variáveis**, dependendo do projeto do arranjo. **Na** Fig. 3 percebem-se **também** os furos de fixação (4) do arranjo flexível para colocar em um **scanner**.

20 Pode-se utilizar qualquer material **para** substituir o **elastômero** (1), desde que distância entre os sensores (3) se mantenha constante, assim como a distancia e ângulo entre os sensores e a **superfície** de inspeção, permitindo também orientações diferentes **para** cada sensor. As distribuições dos sensores (3), bem como os locais para a fixação no sistema de inspeção variam de acordo com o  
25 scanner de inspeção a ser utilizado, pois essas dependem dos **mecanismos** de fixação presentes em cada máquina para **inspeção autônoma**.

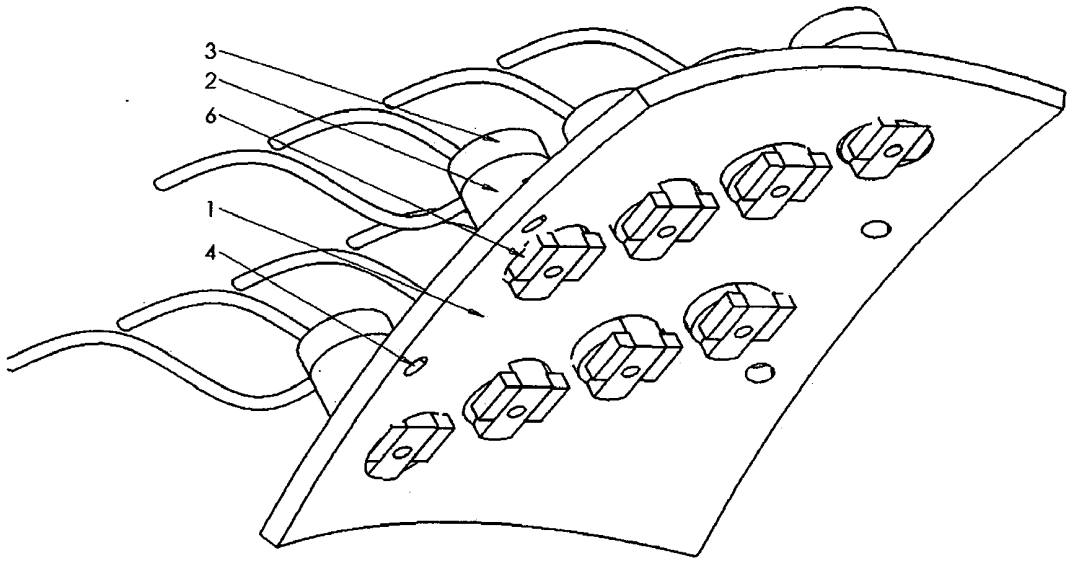
### **Reivindicações**

1. Arranjo flexível de sensores **não-destrutivos** para **inspeção** de componentes, caracterizado por ter a capacidade de se auto-ajustar a qualquer tipo de superfície independente da geometria, garantindo o correto posicionamento de cada sensor.  
5
2. Sistema, de acordo **com a reivindicação 1**, caracterizado por um conjunto de sensores não-destrutivos montados em suas respectivas **bases**, as quais se interligam entre **elas** através de um material flexível para formar o arranjo.
- 10 3. Sistema, de acordo com as reivindicações **1** e **2**, caracterizado **por** ter a capacidade de aderir sensores **não-destrutivos** em qualquer tipo de superfície, garantindo a **correta** posição de cada sensor sobre a superfície a ser inspecionada.
- 15 4. Sistema, de acordo com as reivindicações **1**, **2**, e **3**, caracterizado por oferecer **aderência** suficiente entre as bases dos **sensores** e a superfície **permitindo**, ao mesmo tempo, o deslocamento do conjunto em qualquer direção sobre a superfície do componente.
- 20 5. Sistema, de acordo com as reivindicações **1**, **2**, **3** e **4**, caracterizado por ser suscetível à **utilização** em **scanners**, para **inspeção automatizada não** destrutiva.
- 25 6. Sistema, **de acordo com as reivindicações 2 e 3**, caracterizado por bases individuais fixadas a cada sensor não-destrutivo, as quais garantem **aderência** suficiente para manter a **correta posição** de **cada sensor sobre** a superfície do componente a ser inspecionado.
- 30 7. Sistema, de acordo com as reivindicações **2**, **3**, **4** e **6**, caracterizado por possuir bases individuais que oferecem **forças** de aderência **suficientes** para manter-se em **contato** sobre a **superfície** junto com **cada sensor** e **permitir**, ao mesmo tempo, o deslocamento do conjunto em qualquer direção sobre a superfície a ser inspecionada.
8. Sistema, de **acordo com as reivindicações 1**, **2** e **3**, caracterizado por possuir um material flexível que **mantém** unidas as bases dos **sensores**



para formar o arranjo de sensores não-destrutivos.

- 35 9. Sistema, de acordo com as reivindicações 1, 2, 3, e 8, caracterizado por possuir um material flexível que tem a propriedade de manter unidas equidistantes as bases dos sensores, mas permitindo orientações diferentes para cada base quando contorna uma superfície de geometria complexa.



**Fig. 1:**



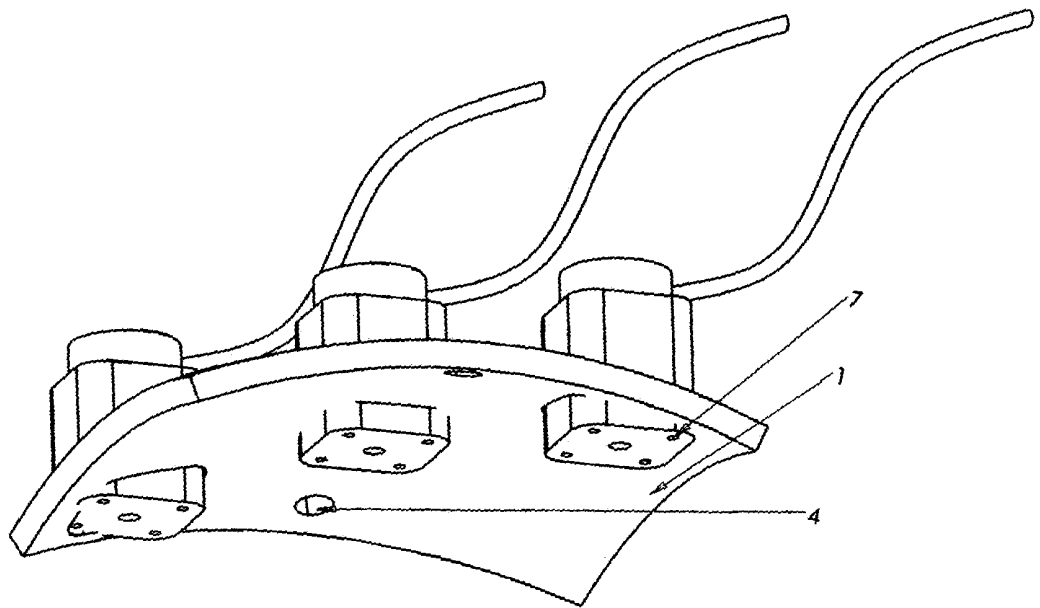
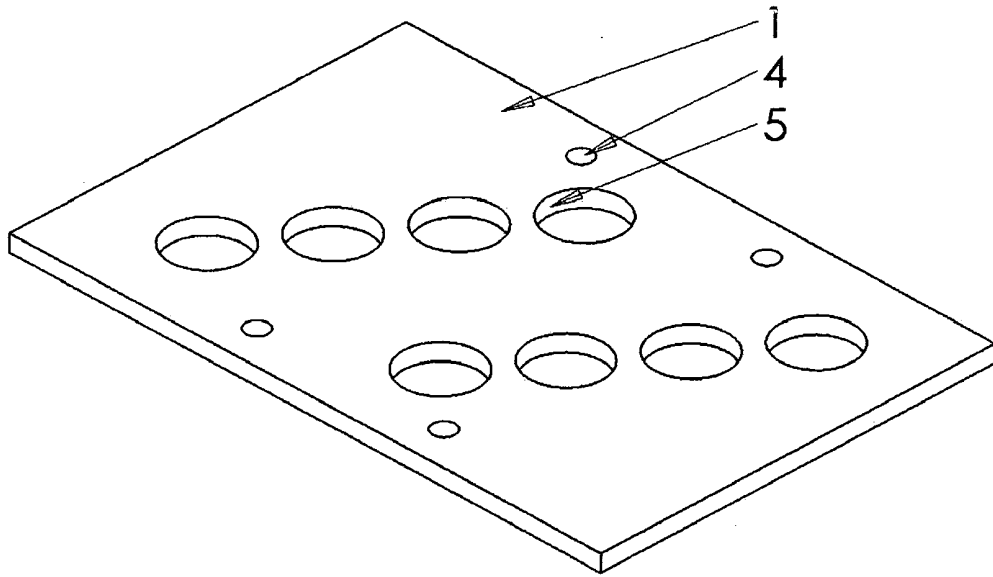
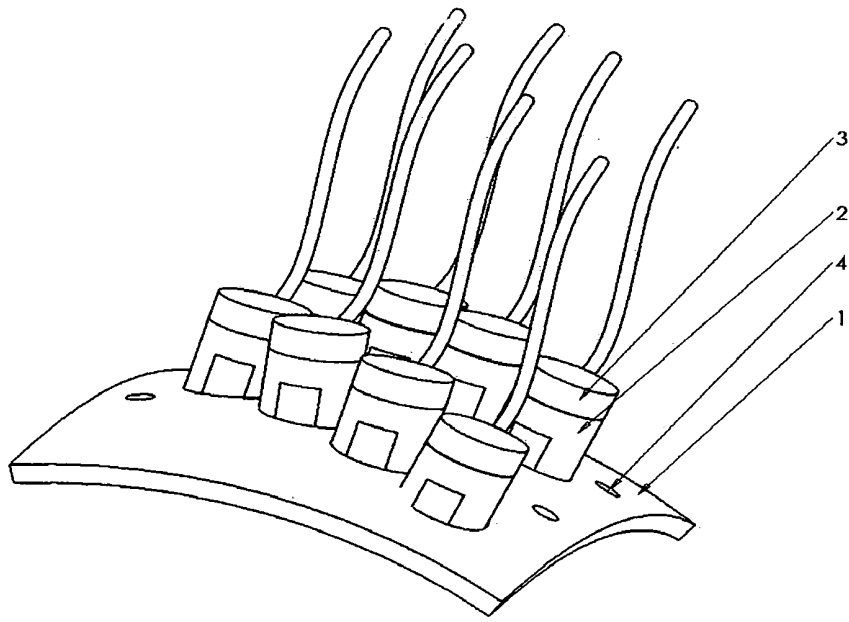


Fig. 2:



**Fig. 3**



**Fig 4:**

### Resumo

"Arranjo flexível de sensores **não-destrutivos** para inspeção de componentes", susceptível ao uso em equipamentos de **inspeção** automatizada. Este arranjo é construído com um material flexível que permite que os sensores do mesmo arranjo adquiram orientações diferentes quando contornam uma superfície de geometria complexa. Cada base garante aderência necessária para que cada sensor mantenha distância e ângulo constante respeito da superfície a ser **inspecionada**, independentemente da posição dos outros sensores pertencentes ao arranjo. A presente invenção visa solucionar os problemas da inspeção **automatizada** em componentes que apresentam **superfícies** de geometrias **complexas**.