

**DAP - PROJETO DE UM DISPOSITIVO AUTOMÁTICO DE PESAGEM****FLÁVIO NAPOLITANO; JORGE NEI BRITO; SÉRGIO FRANCISCO DELA ANTÔNIO**

*DEPARTAMENTO DE PROJETO MECÂNICO – FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
– UNICAMP / DEPARTAMENTO DE MECÂNICA – FUNREI / INSTITUTO DE PESQUISAS  
TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT*

**RESUMO**

Um dos principais conceitos a ser seguido pelo empresariado para suplantarem a concorrência e conquistar maior espaço no mercado é o desenvolvimento tecnológico e a eficiência de seus produtos e serviços. Foi baseado nestes conceitos e pressentindo a necessidade do mercado de uma inovação no que se refere à pesagem de carga (transportada) que se desenvolveu o Dispositivo Automático de Pesagem - DAP. Sua aplicação no mercado é ampla, sendo perfeitamente adaptável a caminhonetes, caminhões leves, médios ou pesados, ou em qualquer outro veículo utilizado no transporte de carga (vagões de trem) - areia, minério, combustíveis, cana de açúcar etc. - agilizando, principalmente, o transporte de produtos perecíveis e de animais. Os atuais sistemas de pesagem de carga são demorados e pouco práticos, além de exigir um elevado custo, a exemplo das balanças de pesagem de carga instaladas em rodovias, provocando longas filas de espera e dificultando muitas vezes a fluidez do tráfego. Através do DAP, o peso da carga transportada é fornecido de maneira instantânea e eficiente, com grande margem de segurança, e em qualquer ponto da rodovia, uma vez que este dispositivo é acoplado ao próprio veículo.

**INTRODUÇÃO**

A motivação para o desenvolvimento desse trabalho nasceu na empresa ENGESA - Engenheiros Especializados S.A., no Departamento de Projetos, onde era evidente a grande dificuldade de se fazer a pesagem de veículos longos. Com seus doze metros de comprimento, esses veículos necessitam de balanças especiais para a pesagem de sua carga.

Pressentindo que essa dificuldade também se estendia ao mercado, e que este tinha necessidade de uma inovação no que se refere à pesagem de carga transportada, idealizou-se o DAP - Dispositivo Automático de Pesagem.

Este dispositivo é constituído basicamente de sensores, como por exemplo células de carga, que são acoplados à suspensão do veículo e ligados a uma unidade de avaliação de pesagem, onde deverá ser feito o registro analógico ou digital das cargas transportadas. Essas informações possibilitam a transmissão via rádio frequência a uma unidade externa ao veículo, caracterizando o monitoramento à distância.

Dessa forma, a idéia do DAP passa a ser uma opção mais rápida para o controle das cargas transportadas. Hoje este controle é realizado pelas balanças convencionais, instaladas nos postos de fiscalização ao longo das rodovias.

A perspectiva de aplicação do DAP no mercado é ampla, sendo perfeitamente adaptável a caminhonetes, caminhões leves, médios ou pesados, ou em qualquer outro veículo utilizado no transporte de carga, agilizando, principalmente, o transporte de produtos perecíveis e de animais.

O controle atual das cargas através das balanças instaladas nas rodovias brasileiras muitas vezes fazem com que os caminhões permaneçam por longo tempo nas filas.

Este período de espera, até que suas cargas sejam pesadas, tornam o tráfego lento, chegando até mesmo a invadir a rodovia.

A lentidão na pesagem das cargas pelo sistema convencional motivou o surgimento no mercado de Balanças Seletivas, possibilitando uma redução de até 70% no número de caminhões fiscalizados. Nos postos de aferição de peso, essas balanças têm o objetivo de reduzir o tempo de espera do motorista, pois possibilitam a pesagem do veículo com velocidade de até 60 km/h. As Balanças Seletivas liberam caminhões que estejam vazios ou abaixo dos limites, não dispensando a pesagem em balanças convencionais para os demais veículos, Revista AutoBAN [1].

2

O DAP, além de não necessitar de nenhum outro dispositivo auxiliar de pesagem, tem ainda outras vantagens, tais como:

- \_ maior segurança, conforto e estabilidade do veículo: o DAP fornece o peso por roda ou eixo, facilitando uma melhor distribuição da carga;

- \_ melhor conservação das estradas: o DAP minimiza os acidentes nos casos de transporte com excesso de peso. Neste caso o DAP acusa de maneira rápida e precisa o limite da carga a ser transportada, compatível com a capacidade do veículo, simplificando a fiscalização;

- \_ monitoramento com precisão durante o período de garantia do veículo: além de registrar o peso, o DAP funciona como uma "caixa preta", registrando, monitorando e controlando à distância a carga transportada.

A falta de um controle mais eficiente das cargas transportadas pode ser vista pela declaração do diretor de operações rodoviárias do DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Jesus Pinheiro, Jornal Estado de São Paulo [2].

Ele cita textualmente: "A BR-020, que liga Brasília a Barreira, que devido ao excesso de carga e o intenso tráfego de caminhões carregados com soja, tem destruído, todos os anos, cerca de seus 300 km. As estradas federais são feitas para durar 10 anos, porém com excesso de carga a vida média não passa 5 anos. O excesso de carga afeta o caminhão reduzindo sua vida útil. O DNER acredita que a sobrecarga é responsável pelo sucateamento da frota de caminhões do país. Nas estradas o piso afunda, formando "costelas" e nas curvas o asfalto se deforma e se espalha. O DNER não tem cálculos dos prejuízos que a sobrecarga provoca nas rodovias, mas sabe que o custo de restauração de 1 km, é de US\$ 100,000.00. Além disso, o prejuízo não é só material pois um caminhão ou ônibus com excesso de peso é um perigo para os passageiros e para os demais motoristas que trafegam nas estradas".

Além da declaração do Diretor do DNER, outros fatores também foram decisivos na idealização do projeto DAP, tais como:

- \_ a tendência do avanço da eletrônica embarcada em caminhões pesados, Revista Carga e Transporte [3];

- \_ a melhoria das rodovias brasileiras como consequência das privatizações e o maior rigor na

fiscalização dos pesos transportados;

\_ a declaração do ex-piloto de Fórmula 1, Nelson Piquet:

"O monitoramento via satélite já é uma realidade, só os valores transportados o justificam, inibindo furtos e diminuindo-se valores dos seguros", Revista Transportes [4];

\_ pelos números do mercado, frota nacional de 1.650.000 caminhões e da aquisição de 50.000 novas unidades/ano, Revista NTC [5];

\_ pela necessidade de renovação da frota nacional de caminhões.

Pelo exposto acima conclui-se que o DAP pode ser um marco no controle de cargas transportadas por veículos de transporte de carga, acompanhado a evolução tecnológica dos novos tempos.

Neste trabalho é mostrado o desenvolvimento do projeto do DAP.

### **TEORIA DE FUNCIONAMENTO**

O DAP, Figura 1, consiste basicamente de duas partes. A primeira composta de sensores acoplados à suspensão do veículo (V). Estes sensores podem ser de força (células de carga) para uso em suspensões convencionais que utilizam feixes de molas ou sensores de pressão (transdutores de pressão) para uso em suspensões pneumáticas. Estes sensores (1) acoplados à suspensão (14) do veículo (V), transformam a força (F) exercida na suspensão, devido a carga do veículo em sinais elétricos.

A segunda parte do dispositivo, ou seja, a unidade de avaliação de pesagem (2), constitui-se de um sistema modular destinado a tratar os sinais provenientes dos sensores (1).

O sistema modular (2) é composto de um módulo de alimentação (4) que é ligado à bateria do veículo (V); um módulo condicionador/amplificador dos sinais (5) provenientes dos sensores (1); um módulo somador (6); um módulo de alarme (7), que permite o ajuste de valores definidos de níveis de alarme de peso total medido, de peso por eixo e/ou de peso por roda do veículo; um módulo de leitura (8), onde é feita a leitura do peso total, do peso por eixo e/ou do peso por roda do veículo, o que pode ser feito de maneira analógica (9) ou digital (10) ou registrado; um módulo de memória (M) onde ficam armazenadas todas as leituras.

Os sensores (1) registram eletricamente a força (F) na suspensão (14), sendo diretamente proporcional à carga. Uma vez distribuídos os sensores (1) na suspensão (14) e instalada a unidade de avaliação de pesagem (2), por exemplo na cabina do veículo, a leitura da carga pode ser feita através do acionamento de uma chave, botão, leitura do código de um cartão magnético, por código de acesso digitado em teclado, mediante leitura de onda eletromagnética (controle remoto), dentre outros.

3

Sobre a ótica funcional, cabe dizer que os sensores (1) são basicamente conversores mecânicos elétricos que transformam a força (F) na suspensão (14) causada pela carga em sinais elétricos que são transmitidos através de cabos (11) a unidade de avaliação de pesagem (2) interna do veículo (V). Pode-se também transmitir via rádio-frequência os seus registros a equipamentos receptores

(13) fora do veículo (V), caracterizando monitoramento do peso do veículo a distância.

Figura 1. Esquema do DAP.

Fez-se sua montagem num veículo *pick-up* e realizou-se vários testes comprovando sua funcionalidade, esta montagem não contempla a parte de emissão dos sinais via rádio-frequência para um receptor fora do veículo.

## **CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO**

### **Célula de carga:**

A célula de carga, Figuras 2 e 3, é construída em aço e projetada para uma carga de 50kgf. Trabalha em ponte de "Wheatstone" completa, Figura 4, com Strain Gages de 350 ohms, comprimento de 5mm e gage factor de 2,0.

Figura 2. Detalhe das células de carga.

Figura 3. Vista superior da célula de carga

O estudo da geometria da célula de carga foi baseada em literaturas clássicas: Timoshenko [6], Timoshenko e Krieger [7], Timoshenko e Goodier [8], Roark e Raymond [9] Timoshenko e Lessells [10], Ugural [11], Massa [12], Catálogo Alpha [13] Catálogo MTS [14] e Gomes [15].

Figura 4. Ponte de Wheatstone completa.

A escolha dos equipamentos de medição, tipos de extensômetros e tipos de ligações das pontes para os extensômetros, foram definidos após pesquisas em 4

literaturas clássicas: Dally e Rilley [16], Doeblin [17], Dover e Adams [18], Perry e Lissner [19], Potma [20], Norton [21] e Holman [22].

### **Condicionador/amplificador de sinais:**

O condicionador/amplificador de sinais têm as seguintes funções:

- prover tensão de excitação DC para os sensores (células de carga ou transdutores de pressão);
- amplificar os sinais provenientes dos sensores, estes sinais são da ordem de dezenas de mV;
- fazer a somatória das leituras dos sensores de tal forma que tenhamos o peso por eixo e o peso total do veículo;
- prover indicação das leituras dos pesos de maneira fácil e rápida no painel do veículo, isto é feito através de uma chave seletora e um indicador digital. A unidade dos pesos é em Kg;

O esquema básico do condicionador/amplificador de sinais é mostrado na Figura 5 e tem os seguintes detalhes técnicos:

- alimentado com a própria tensão da bateria do veículo (12VDC);
- componentes eletrônicos de baixo consumo de energia e baixo custo;
- facilmente instalado no painel do veículo, seu tamanho é equivalente ao de um toca fitas;
- montagem robusta e compacta.

Na Figura 6. tem-se a vista geral do condicionador de sinais. juntamente com as 4 células de carga e os cabos de ligação.

Na Figura 7 tem-se o painel frontal do condicionador.

Figura 5. Esquema básico do condicionador/amplificador de sinais.

Figura 6. Vista geral do condicionador de sinais.

Figura 7. Painel frontal do condicionador.

Na Figura 8 tem-se o painel traseiro, onde os conectores para as células de carga estão à esquerda e o conector de alimentação no lado direito.

Figura 8. Painel traseiro.

5

Na Figura 9. tem-se uma vista dos circuitos eletrônicos.

Figura 9. Circuitos eletrônicos.

### **Simulação de instalação na suspensão de um veículo**

Para comprovar a funcionalidade do DAP, projetou-se duas estruturas metálicas que foram instaladas em um veículo tipo pick-up – Saveiro. O objetivo desta montagem é simular a suspensão e a longarina, a qual sustenta a carroceria, de um veículo de carga.

As células de carga foram instaladas entre estas estruturas possibilitando conhecer o peso colocado sobre as mesmas.

Foram instaladas duas células de carga na parte de frente das estruturas, simulando um eixo dianteiro, e duas na parte traseira, simulando um eixo traseiro.

Na Figura 10 tem-se a montagem das estruturas no veículo tipo pick-up saveiro, vista da parte superior que seria a carroceria do veículo de carga.

Figura 10. Montagem das estruturas no veículo tipo pick-up saveiro, vista da parte superior.

Na Figura 11 tem-se o detalhe de uma das células de carga montada entre as estruturas. A estrutura inferior simula o eixo e a superior a carroceria de um veículo de carga

Figura 11. Detalhe da de uma das células de carga montada entre as estruturas.

### **CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

A motivação deste trabalho é o projeto do DAP - Dispositivo Automático de Pesagem. Este dispositivo está patentado no INPI sobre No PI-920.0.286-2.

A versão atual mostra que o DAP é um dispositivo viável e de ampla aplicação prática e inteligente no controle de cargas.

Para trabalhos futuros pretende-se implementar este dispositivo com outros tipos de sensores e montá-lo em um caminhão de carga. A implementação do controle via rádio frequência também em uma implementação prevista para uma etapa futura.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Revista AutoBAN, no 8, janeiro, 2000.
- [2] SOARES, A. R., "DNER instalará balança móvel para coibir excesso de carga", **O Estado de São Paulo**, 16 fevereiro, 1997.
- [3] **Revista Carga & Transporte**, no 117, 1996.
- [4] **Revista Transportes**, no 318, setembro, 1993.
- [5] **Revista NTC**, Associação Nacional do Transporte Rodoviário de Cargas, no 19, setembro, 1999.
- [6] TIMOSHENKO, S.P. **Resistência dos Materiais**. Livro Técnico S/A, 1996.

6

- [7] TIMOSHENKO, S.P., KRIEGER, S.W. **Theory of**

**Plates and Shells.** Second Edition McGraw Hill Book Company, 1959.

[8] TIMOSHENKO, S.P., GOODIER, J.N. **Theory of Elasticity.** Third Edition McGraw Hill Book Company, 1982.

[9] ROARK, J.R. **Fórmulas for Stress and Strain.** Fourth Edition McGraw Hill Book Company, 1965.

[10] TIMOSHENKO, S.P., LESSELLS, J.M. **Applied Elasticity.** First Edition London Constable and Company LTD, 1960.

[11] UGURAL, A.C. **Stresses in Plates and Shells.** McGraw Hill Book Company, 1981.

[12] MASSA EMILIO. **Costruzioni degli Elementi Delle Macchine.** Vol. 1, 2, Stamperia Cesare Tamburini, Milano, 1956/58.

[13] CATÁLOGO **Alpha Instrumentos.** São Paulo, SP. 1989.

[14] CATÁLOGO da **MTS.**

[15] GOMES, A. N. **Uma Contribuição ao Estudo de Células de Carga Resistivas.** Dissertação de Mestrado, FEM - Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, 1982.

[16] Flávio Napolitano. **Dispositivo Automático de Pesagem.** BR n. PI 9200286-2 20 jan. 1992. **Revista da Propriedade Industrial,** Rio de Janeiro, No 1304, 28 novembro, 1995.

[17] DALLY, J.W., RILEY W.F. **Experimental Stress Analysis.** Second Edition McGraw Hill Book Company, 1987.

[18] DOEBLIN, ERNEST O. **Measurements System and Application and Design.** McGraw Hill Book Company, 1996.

[19] DOVER, RICHARD C. AND ADAMS, PAUL H. **Experimental Stress Analysis and Motion Measurementes.** Prentice-Hall of India LTD, New Delhi, 1965.

[20] PERRY, C.C. AND LISSNER, H.D. **The Strain Gage Primer.** Second Edition, McGraw Hill Book Company, New York, 1962.

[21] POTMA, T. **Strain Gages Theory and Application.** Philips, Papaerbacks, 1967.

[23] NORTON, H. N. **Handbook of Transducers for Eletronic Measuring System.** Prentice-Hall, 1969.

[28] Holman, J. P., **Experimental Methods for Engineers,** McGraw-Hill, 1978.

#### **SOBRE OS AUTORES**

**Flávio Napolitano:** Engenheiro Mecânico pela FEI - Faculdade de Engenharia Industrial; Mestre em Engenharia Mecânica pela UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas); Doutorando em Engenharia Mecânica pela UNICAMP e autor da Patente No BR PI 9200586-2 e Professor Convidado do Curso Extensão de Estratégias de Empresas do Instituto de Economia da UNICAMP em Gestão da Produção. [flavio\\_napolitano@yahoo.com.br](mailto:flavio_napolitano@yahoo.com.br)

**Jorge Nei Brito:** Engenheiro Mecânico pela PUC - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais; Mestre em Engenharia Mecânica pela UFU - Universidade Federal de Uberlândia; Doutorando pela UNICAMP e Professor do DEMEC - Departamento de Mecânica da FUNREI - Fundação de Ensino Superior de São João del Rei desde

1986. briufsj.eduto@.br;

**Sérgio Francisco Dela Antônio:** Engenheiro Eletrônico  
pela FESP - Faculdade de Engenharia São Paulo;  
Mestrando pela UNICAMP e Responsável pelo  
Laboratório de Veículos e Componentes da Divisão de  
Tecnologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do  
Estado de São Paulo – IPT. sergiofda@gmail.com.TL