

# TIC's em Pneumáticos

Pedro Miguel Almeida e Sousa  
Instituto Superior de Engenharia do Porto  
E-mail: 11010757@isep.ipp.pt

## Abstracto

Nos dias de hoje de mobilidade constante, e necessidades de transporte rápidas, seguras e com o mais baixo custo possível, torna-se necessário criar e utilizar sistemas que permitam assegurar isso mesmo. É por isso objecto de estudo neste paper, a utilização de tecnologias em pneumáticos e sua evolução, tanto a nível de veículos ligeiros como pesados.

## 1. Introdução

Existem várias tecnologias envolvidas em pneumáticos, desde a utilização de pneus “run-flat” que permitem rolar mesmo estando furados, por um determinado período de tempo, mas causando a sua destruição. Sistemas que libertam um produto químico para selar a furo. Sistemas de monitorização de pressão de pneus. Sistemas de auto-pressurização de pneus. E mesmo pneus sem ar, como o TWEEL da Michelin.

## 2. Monitorização de pressão

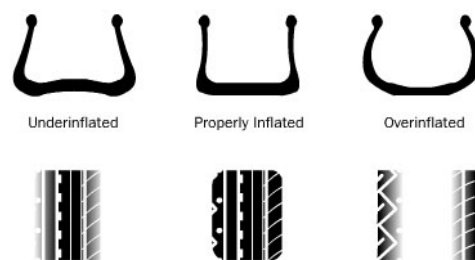
É um dado estatístico que 40% de todos os furos são devidos a pneus sub-pressurizados, e que um pneu a rolar fora dos valores óptimos de pressurização está a sofrer um maior desgaste e a causar um maior consumo de combustível. Por essa razão começaram a aparecer sistemas de monitorização de pressão dos pneus.

Os sistemas de monitorização de pressão de pneumáticos existem há algumas décadas. Têm como objectivo monitorizar a pressão de ar de cada pneu continuamente ou intermitentemente, e notificar o condutor através de um interface, caso o nível óptimo de pressão de ar do pneu sofra alteração.



Figura 1. Interface Siemens VDO

No entanto, é necessária a imobilização do veículo e intervenção do condutor para efectuar as correcções necessárias, como por exemplo o enchimento do pneu através de equipamento externo, ou mesmo a substituição do mesmo.



© 2000 How Stuff Works

Figura 2. Pressurização pneus

Detectar um pneu ligeiramente sob ou sub-pressurizado é extremamente difícil devido ao facto de não ser facilmente visível, logo só com sistemas de monitorização é possível assegurar que o veículo circula a todo o momento com a pressão adequada, e caso ocorra um furo, notificar o condutor, e se necessário tomar medidas, limitando a velocidade do veículo (em sistemas mais interventivos), para que o problema seja resolvido.

Circular com a pressão adequada nos pneus, permite um consumo de combustível menor em cerca de 10%, o tempo de vida dos pneus é prolongado, a emissão de CO<sub>2</sub> é diminuída, o ruído em estrada minimizado, e a segurança em condução aumentada.

As mais-valias e resultados que este tipo de sistemas alcançou, levaram a uma disseminação veloz da tecnologia, e nos dias de hoje é frequente ser um equipamento de série nos veículos para o consumidor geral. Em alguns países, entre eles os EUA, é mesmo obrigatório a instalação e utilização deste tipo de equipamentos, por parte dos fabricantes automóveis em todos os veículos novos (Tread Act). Os restantes veículos que não possuem a tecnologia, têm já uma grande variedade de escolha para aplicação destes equipamentos.

### 2.1. Siemens

A Continental, que recentemente adquiriu a Siemens VDO, criadora dos sistemas de monitorização de pneus mais recentes, tem à disposição dos fabricantes 2 soluções de monitorização de pressão dos pneus.

O Tire Guard, trata-se de um TPMS (tire pressure monitoring system), que monitoriza através de sensores colocados em cada roda, a pressão de cada pneu, e depois envia, por comunicação rádio “wireless”, para o ECU, processada por um software próprio e enviada para um interface gráfico no interior do veículo, integrado no painel de instrumentos do veículo.



**Figura 3. Sensor de pressão**

O sensor de roda é colocado no interior da jante, está acoplado à válvula de insuflação de ar do pneu, e funciona por comunicação sem fios, tendo uma pilha que permite a sua utilização por 5 anos ou 1 milhão de km.



**Figura 4. Sensor de pressão**

O ITS (intelligent tire system), o sistema mais recente da monitorização de pneus, que permite a comunicação directa e sem alimentação do hardware do pneu. É composto por vários sensores, alguns integrados no pneu em si, sistemas de comunicação via rádio e identificação electrónica, que é depois integrada no sistema do veículo.

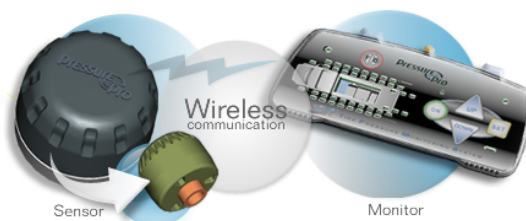
O sistema permite monitorizar a pressão individual dos pneus, detectar variações de pressão, e fornece uma grande quantidade de informação à ECU do veículo que corre o software do equipamento. Entre essa informação encontramos, notificação se o pneu é “run-flat”, temperatura do pneu, quilometragem efectuada, desgaste de pneus (altura das “threads”), e o nível de fricção.

Os benefícios deste tipo de tecnologia são claros, permitem que a electrónica esteja integrada directamente nos pneus, e assim seja possível obter muito mais informação sobre os mesmos. A informação do veículo é

transmitida directamente para o sistema electrónico do veículo (ECU). Pode trazer informações úteis para outros sistemas do veículo, como sistemas de segurança activa e passiva. Pode registar, através da ECU do veículo informação pertinente. Melhor eficiência a nível de consumo de combustível, por detecção de carga, optimização de torque, pressão dos pneus, e dinâmica de condução. Por não necessitar de qualquer tipo de alimentação (pilha), não exige manutenção.

## 2.2. Pressure Pro

No entanto nem todos os veículos possuem este tipo de tecnologia instalados, e torna-se demasiado dispendioso instalá-los, ou mesmo impossível por questões do foro técnico, por essa razão esta companhia criou um sistema externo de monitorização. Este sistema funciona com 4 sensores de pressão externos, que se ligam à válvula do pneu, alimentados a pilha, com comunicação por rádio frequência, que comunicam com uma unidade central ligada à alimentação do veículo. Esta unidade central dispõe de um interface gráfico capaz de notificar o condutor caso ocorra um problema.



**Figura 5. Sensor externo**

## 3. Auto-pressurização

Os sistemas de auto-pressurização ou insuflação automática de pneumáticos surgiram no início da década de 90, sendo os militares os primeiros a utilizá-los. A possibilidade de poder adequar a pressão de pneus para a melhor aderência possível, nos mais adversos tipos de terreno, e de poder continuar o percurso, com o enchimento automático do pneu em caso de furo, foram os principais atractivos, face ao sistema de monitorização que apenas permitia sinalizar o condutor caso existisse um problema.

O sucesso destes sistemas levou a que surgissem novas aplicações, e à rápida difusão da tecnologia ao longo dos anos. Inicialmente para veículos pesados de transporte, posteriormente veículos de competição, e mais recentemente para veículos de consumo geral, desde ligeiros a todo terreno.

As grandes vantagens da aplicação deste tipo de sistemas consistem em monitorizar a pressão de ar dos pneus, e detectar quando a pressão de ar de um pneu é

alterada; em notificar o condutor do problema através de uma consola ou interface no painel de instrumentos; e insuflar o pneu para níveis aceitáveis, retomando na medida do possível a pressão ideal.

### 3.1. Princípio de funcionamento

Embora exista uma grande variedade de sistemas de auto-pressurização com designs diferentes, todos partilham elementos comuns.

Todos utilizam uma válvula que isola os pneus, para que quando a pressão de um pneu é testado a pressão de ar dos restantes não influencia a medida e/ou auto-pressurização.

Todos possuem um método de medir a pressão de pneus, normalmente por sensores centrais, que depois reenviam a informação para a unidade de controlo electrónica (ECU) e posteriormente para o painel do condutor.

Possuem também uma fonte de ar, que pode ser um sistema já existente, como travões ou sistemas pneumáticos, caso não prejudique o funcionamento normal destes sistemas. Por essa razão são feitas verificações do nível pressão de ar existente, para assegurar que o sistema original funciona sem problemas. O sistema pode também ter uma fonte própria de ar como veremos mais à frente.

Tem que existir também um meio de transportar o ar pressurizado da fonte para os pneumáticos, isto é feito normalmente pelos eixos.



Figura 6. Cubo de roda

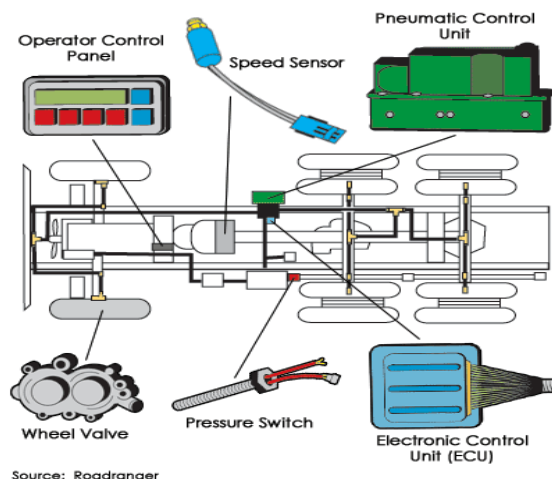
Nestes casos usa-se um cubo de eixo selado com uma mangueira que liga o cubo à válvula do pneu, outra solução possível é a de um tubo que está instalado no interior do eixo, sendo o eixo considerado uma conduta.

E por fim, é necessário um respiro para libertar a pressão de ar excessiva, sem danificar o cubo ou um selos.

### 3.2. Sistema central

Criado pela General Motors, e pela Dana Corporation o sistema central de auto-pressurização de pneumáticos (CTIS – central tire inflation system) tem como objectivo proporcionar um controlo da pressão de ar em cada pneu, como forma de melhorar a performance em superfícies distintas. Por exemplo, baixar a pressão num pneu, aumenta a área de contacto do mesmo com a superfície, tornando a aderência em superfícies moles, muito mais eficiente, reduzindo também os danos a essa mesma superfície. Isto poderá ser importante em locais de construção e agricultura. No fundo permitir que o condutor possa controlar a pressão dos pneus individualmente, permite melhorar a manobrabilidade do veículo.

Outra função do sistema central de auto-pressurização é a de manter a pressão de ar nos pneus, mesmo que exista uma pequena fuga, ou furo. Neste caso o sistema insufla ar automaticamente baseando-se na pressão de ar programada.



Source: Roadranger

Figura 7. Esquema CTIS

Tendo a figura 1 presente, vemos que existe uma válvula no final de cada eixo, chamada válvula de roda, e que no caso de ser um eixo de pneu duplo que a válvula é ligada apenas ao pneu exterior, de forma a balancear a pressão entre os dois pneus.



Figura 8. Válvula de roda

A função desta válvula é a de isolar o pneu quando o sistema não está em uso e assim retirar pressão do selo prolongando o seu tempo de vida. Permite também insuflar o pneu quando necessário e vice-versa.



**Figura 9. ECU**

A unidade de controlo electrónica (ECU) montada por trás do banco do passageiro é o cérebro do sistema. Processa os comandos pedidos pelo condutor, monitoriza todos os sinais do sistema, e verifica contínua ou interruptamente (milissegundos, segundos, minutos), conforme programado, se a pressão dos pneus desejada está a ser mantida. A ECU é que envia os comandos para a unidade pneumática de controlo (PCU), que por sua vez controla directamente as válvulas de roda e o sistema de ar pressurizado.



**Figura 10. PCU**

A PCU contém um sensor que transmite as leituras de pressão dos pneus para a ECU.



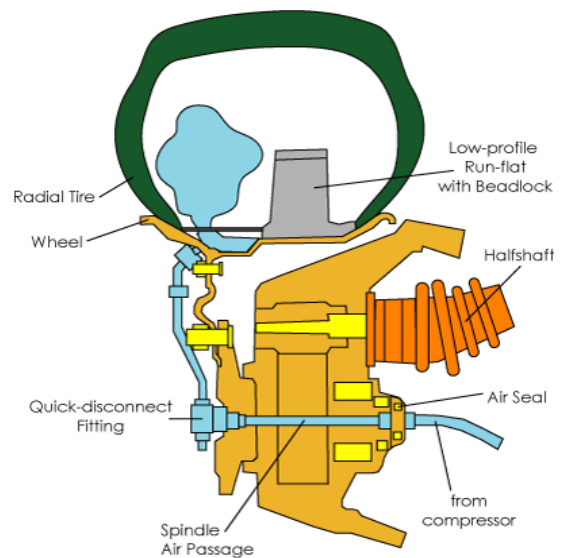
**Figura 11. Interface de controlo Spice - Dana**

O interface de controlo (OCP – operator control panel) permite ao condutor seleccionar a pressão pneumática pretendida, conforme as necessidades de aderência e piso, existindo já selecções pré-definidas para os vários tipos de piso. Esta unidade mostra a pressão dos pneus actual, o tipo de piso escolhido, e o estado do sistema.

Quando um veículo viaja a uma velocidade elevada, exemplo de condução em auto-estrada, a pressão dos pneus deve ser alta para prevenir danos. Por essa razão este sistema, possui um sensor de velocidade, semelhante ao usado nos sistemas de ABS, ou EBS, para que a velocidade do veículo seja transmitida ao ECU, e o sistema possa actuar automaticamente, caso o condutor tenha-se esquecido de escolher o tipo de estrada correcto.

Este tipo de sistema usa o ar proveniente do mesmo compressor que fornece o ar ao sistema de travões. Um comutador de pressão assegura que o sistema de travões tem prioridade, prevenindo que o CTIS retire ar do tanque de ar comprimido até que o sistema esteja completamente carregado.

Resumindo, o sistema tem a seguinte ordem de funcionamento, a ECU diz à PCU para verificar a pressão dos pneus e se coincide com a escolhida com o condutor, ou com os dados recolhidos pela ECU referentes ao tipo de condução. Caso o sistema detecte que uma alteração de pressão é necessária, verifica se existe pressão suficiente no tanque de reserva dos travões, e em caso afirmativo corrige a pressão dos pneus. No caso da insuflação aplica uma ligeira pressão na válvula de roda para que esta permita a passagem de ar até chegar à pressão pretendida. No caso contrário é aplicado um vácuo ligeiro à válvula de roda para permitir a saída de ar do pneu até chegar à pressão pretendida.



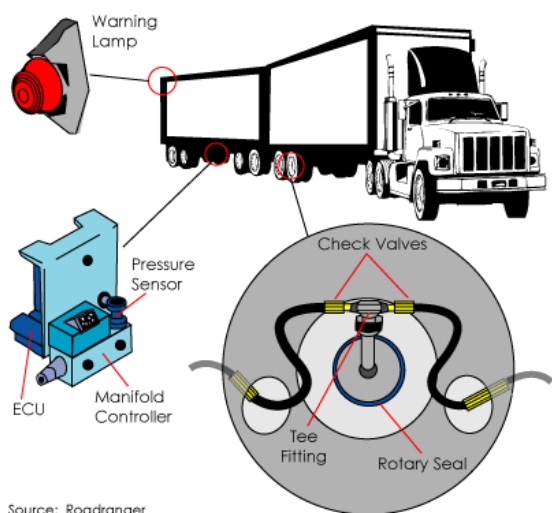
Source: Lynch Hummer

**Figura 12. Esquema válvula de roda**

Na figura vemos claramente onde estão localizados os tubos que permitem a passagem do ar desde o compressor até à roda, onde podemos destacar o cubo da roda, que permite desligar o sistema da roda no caso de ser necessário trocar de pneu. O tubo que liga do cubo da roda à válvula do pneu, e o tubo que viaja dentro do eixo que liga ao compressor. Neste caso particular a roda está equipada com o sistema “run-flat” da Michelin.

### 3.3. Road Ranger

Outro sistema semelhante, mas com aplicações mais específicas, como atrelados dos camiões é o TMS (tire maintenance system). Este sistema criado pela Dana Corporation monitoriza e corrige, caso necessário, a pressão dos pneus nos atrelados. A fonte de ar utilizada neste sistema é o sistema de travões do atrelado.



Source: Roadranger

Figura 13. TMS

Os principais componentes deste sistema são a junta rotativa, o conjunto de tubagens de ligação e o “manifold”.



Figura 14. Junta rotativa

A junta rotativa é composta por uma chumaceira, anéis rotativos, esferas, juntas de óleo e ar. Liga o tubo de ar pressurizado da parte rotativa do eixo à parte não rotativa do eixo e tem um respiro para libertar pressão excessiva de ar. As juntas de ar e óleo previnem a contaminação do ar.

As tubagens fornecem o caminho para o ar chegar às rodas, e possuem válvulas de roda cujo funcionamento já foi explicado no subcapítulo anterior.

O “manifold” contém uma válvula de protecção de pressão, que assegura que o sistema não retire ar do tanque de ar comprimido do sistema dos travões do atrelado caso este não possua a pressão mínima para que funcione correctamente, semelhante ao sistema anterior. Possui também um filtro de ar para assegurar que o ar insuflado é limpo e livre de partículas que possam danificar o sistema e impedir o seu correcto funcionamento. Bem como um sensor de pressão que mede a pressão dos pneus, e solenóides para controlar o fluxo de ar para os pneus.

Tal como no sistema anterior, este também possui um ECU que controla o sistema, verifica o status do mesmo, executa diagnósticos em caso de avaria, e notifica-o caso ocorra um problema através da luz de aviso colocada no atrelado visível pelo espelho retrovisor.

Como este sistema tem como principal função manter a pressão ideal nos atrelados (andamento maioritariamente em auto-estrada), o funcionamento interrupto é o mais adequado, salvaguardando assim, a longevidade do sistema, uma vez que não é necessário estar sempre em carga. Esta verificação é conseguida enviando uma série de impulsos de ar pelas tubagens, e caso a pressão desejada não seja conseguida o sistema corrige-a.

Tabela 1. Economia

Potential Fleet Savings (Annual)

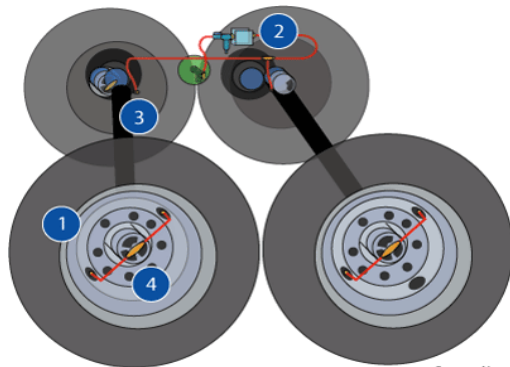
Improved fuel economy	Extended tread life of tires	Increased uptime	Prevents blowouts
<b>\$150 Savings</b> per vehicle, per year, by correcting 10% underinflation, assuming 90,000 miles driven at 6 mpg with average diesel fuel price of \$2.00 per gallon. <small>Tires underinflated by 10% will cause fuel penalties of around 0.5%*</small>	<b>\$320 Savings</b> assuming 10% accelerated wear per year, \$250 per tire, 8 tires per trailer. <small>10% underinflation can shorten tread life by 9 to 16%*</small>	<b>\$320 Savings</b> in labor costs per vehicle, per year, by eliminating manual checks, assuming one minute per tire to check and record tire pressure weekly, and a labor rate of \$50 per hour.	<b>\$300 Savings</b> average per road call, not including the cost of a replacement tire/retread, lost revenue, or late delivery charges. <small>TMB (Tire Retread Information Bureau)</small>

payback  
in a year  
or less.

### 3.4. AIRGO

Criado pela Syegon, este sistema é caracterizado pela monitorização constante usando uma série de válvulas para detectar a perda de pressão.

Ao contrário dos outros sistemas apresentados até ao momento, o sistema AIRGO não usa o ar do sistema de travões do veículo, mas sim do sistema pneumático de suspensão.



**Figura 15. AIRGO**

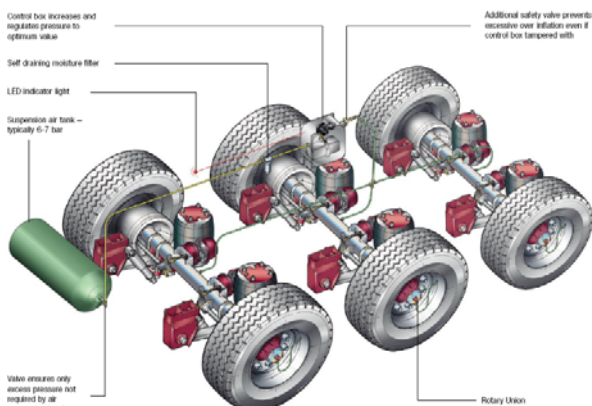
Pela figura é fácil perceber que o sistema usa os eixos como condutas para fazer o ar chegar aos cubos de roda, caso estes sejam estanques, ou através de tubagens através do eixo para o seu correcto funcionamento.

Como é um sistema que permanece sempre em carga, e de funcionamento constante, as juntas, cubos, e outro equipamento são feitas de carbono e aço, em vez de borracha.

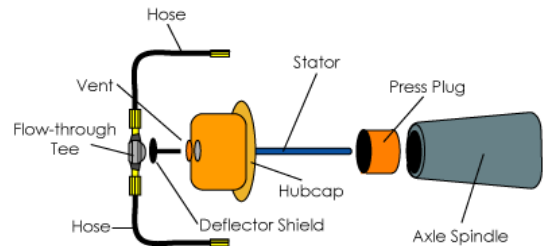
Uma luz indicadora avisa o condutor caso ocorra uma alteração significativa de pressão.

### 3.5. Meritor

O sistema MTIS (Meritor tire inflation system) é semelhante ao sistema TMS (subcapítulo 4.2). Criado por uma empresa britânica com o mesmo nome, está projectado para atrelados, utiliza ar comprimido do sistema de suspensão pneumático para corrigir a pressão dos pneus. A grande diferença é que possui uma caixa de controlo que efectua todo o processo incluindo o controlo do fluxo de ar para cada roda. No fundo é composto por 2 componentes, o módulo de controlo e o sistema de juntas rotativas e respectivas tubagens.



**Figura 16. Meritor**



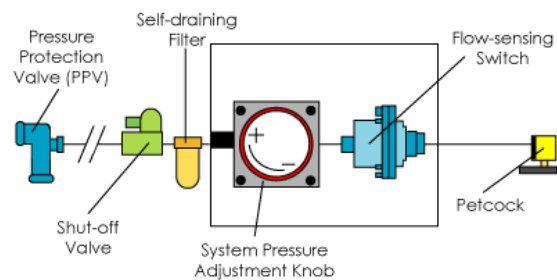
**Figura 17. Junta Rotativa**

A junta rotativa é composta por uma mangueira flexível que liga à válvula do pneu, por uma válvula de roda (cujo funcionamento já foi explicado), por um estátor (peça não rotativa) que está dentro do eixo, e por um T que vai fazer a ligação dos tubos ao cubo de roda. Este T possui um selo dinâmico que permite a rotação, previne a perda de pressão quando ar pressurizado passa do eixo para o cubo, através de um tubo que atravessa o estátor até ao T.



**Figura 18. Junta rotativa**

Possui também um respiro, caso exista excesso de pressão, e um escudo deflector para prevenir que qualquer tipo de contaminantes possa danificar o sistema (exemplo de um camião a descarregar terra). Caso o sistema possua eixos pressurizados, a existência do tubo deixa de ser necessária, existe sim um selo entre a roda e o eixo para manter os mesmos pressurizados.



**Figura 19. Sistema de controlo**

Source: Meritor

A caixa de controlo possui uma válvula de encerramento, que detém o ar de chegar ao sistema, bem como um filtro para remover humidade e contaminantes. O “petcock” permite que sejam feitas manutenções ao sistema, libertando o sistema de pressão. Tal como os outros sistemas referidos anteriormente, este sistema possui uma válvula de protecção que assegura que o sistema não retire ar do sistema principal de fornecimento de ar que diminua a sua performance (sistema de travões).



**Figura 20. Caixa de controlo**

Possui também um botão para ajustar a pressão de ar do sistema, uma vez que este sistema também funciona de modo contínuo. E um sensor de fluxo que indica ao condutor, através de um indicador luminoso, quando existe uma quantidade considerável de ar a ser insuflada para um pneu, indicando um furo.

### 3.6. Pressure guard

Construído pela Pressure Guard, de origem alemã, é um sistema em todo semelhante ao Meritor.



**Figura 21. Junta rotativa T**

### 3.7. Tiremaax

Construído pela Henrickson, é um sistema de auto-pressurização em todo semelhante ao Road Ranger que

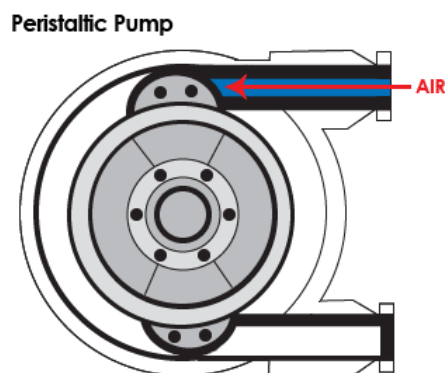
utiliza um interface de controlo portátil para configurar o sistema de pressão.



**Figura 22. Unidade portátil de controlo**

### 3.8. EnTire

Construído pela EnTire, é um sistema de auto-pressurização que utiliza um sistema de fornecimento de ar próprio. Em particular uma válvula que retira ar da atmosfera. Por sua vez utiliza uma bomba peristáltica para insuflar o pneu. O objectivo é de manter uma pressão constante conforme a programação desejada.



As the tire rotates, air is drawn through the valve into the reservoir part of the tube and is then pushed through the peristaltic part of the tube by the rolling of the tire...

©2004 HowStuffWorks

**Figura 23. Bomba peristáltica**

### 3.8. Inovação

Existem alguns sistemas em desenvolvimento que apenas vou referir, uma vez que ainda se encontram em estágios de desenvolvimento bastante iniciais. Entre eles está o Air Hub da Bridgestone Cycle, que tem por objectivo utilizar o sistema peristáltico e aplicá-lo a bicicletas e motos. A Pirelli também se encontra a estudar soluções semelhantes.

A facilidade deste sistema é que usa o próprio movimento da roda para fazer movimentar a bomba, e assim insuflar o pneu conforme necessário sem ser necessário a utilização de tubagens.

#### 4. Conclusão

A nível de monitorização é claro que a tecnologia vai permitir obter informação muito útil, não só a nível de segurança, como funcionamento do veículo. Monitorizar a pressão pneumática, a temperatura de pneu, desgaste, fricção, velocidade, entre outros (exemplo do sistema Siemens), vão permitir que a ECU do veículo consiga interagir mais sistemas do veículo com essa informação e otimizar o seu funcionamento, para o tipo de condições que enfrenta (piso, atmosféricas).

Para os veículos que não possuem este tipo de tecnologia, já existem vários sistemas de baixo custo que providenciam soluções adequadas. Para veículos novos, já é frequente encontrar esse tipo de equipamentos como série.

O sistema de auto-pressurização, munido deste tipo de informação, com a mais-valia de poder alterar a pressão pneumática de acordo com especificações ou do condutor ou do próprio software, permitirá obter, mais segurança, fácil adaptação aos pisos e condições de aderência com a alteração automática de pressão pneumática. Deixar de ser necessário a utilização de um pneu sobresselente, de parar quando sofremos um furo, uma vez que o sistema poderá compensar automaticamente esses casos. Tornando os transportes pesados, mais seguros, mais económicos, mais fiáveis, mais rápidos.

Penso que o futuro trará uma rápida expansão deste género de tecnologias, a obrigatoriedade da monitorização de pneumáticos em todo o tipo de veículos, e quiçá mais tarde a auto-pressurização para o consumidor geral.

#### 10. References

[1] How Stuff Works,

Sítio: <http://auto.howstuffworks.com/>.

[2] Meritor, Manual de Instalação,

Sítio: <http://www.arvinmeritor.com/home/default.asp>.

[3] Tiremaax, Manual de Instalação,

Sítio: [http://www.hendrickson-intl.com/products/product\\_detail/tiremaax.asp](http://www.hendrickson-intl.com/products/product_detail/tiremaax.asp).

[4] Dana Corporation, Manual de Instalação Road Ranger, Sítio: <http://www.dana.com/>.

[5] Siemens VDO Continental,

Sítio: <http://www.vdo.com/home>.

[6] Pressure Pro,

Sítio: <http://www.advantagepressurepro.com/>.

[7] General Motors,

Sítio: <http://www.gm.com/>.

[8] Syegon,

Sítio: <http://www.syegon.com/index2.htm>.

[9] Pressure Guard,

Sítio: <http://www.pressureguard.com/>.