



**CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**FABRICIO BALBINOT**

**SISTEMA SEM FIO PARA MONITORAMENTO DE PRESSÃO DE  
PNEUS EM VEÍCULOS PESADOS COMO ÔNIBUS, CAMINHÕES E  
MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Caxias do Sul**

**2022**

**FABRICIO BALBINOT**

**SISTEMA SEM FIO PARA MONITORAMENTO DE PRESSÃO DE  
PNEUS EM VEÍCULOS PESADOS COMO ÔNIBUS, CAMINHÕES E  
MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Trabalho apresentado para o Curso de  
Engenharia Elétrica, do Centro  
Universitário Uniftec como parte dos  
requisitos para avaliação da unidade  
curricular de TCC.**

**Orientador: Prof. Geison Luis Rasia**

**Caxias do Sul**

**2022**

**FABRICIO BALBINOT**

**SISTEMA SEM FIO PARA MONITORAMENTO DE PRESSÃO DE  
PNEUS EM VEÍCULOS PESADOS COMO ÔNIBUS, CAMINHÕES E  
MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

Trabalho apresentado para o Curso de Engenharia Elétrica, do Centro Universitário Uniftec como parte dos requisitos para avaliação da unidade curricular de TCC.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Professor Orientador: Esp. ou Me ou Dr. Xxxx XXI**

---

**Professor Avaliador: Esp. ou Me ou Dr. Xxxx XXI**

---

**Professor Avaliador: Esp. ou Me ou Dr. Xxxx XXI**

**Caxias do Sul  
2022**

# **SISTEMA SEM FIO PARA MONITORAMENTO DE PRESSÃO DE PNEUS EM VEÍCULOS PESADOS COMO ÔNIBUS, CAMINHÕES E MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Fabricio Balbinot**

Autor

fabricio94.balbinot2@gmail.com

**Prof. Geison Luis Rasia**

Orientador

geisonrasia@acad.ftec.com.br

**Resumo:**

**Palavras-chave:.**

# **WIRELESS SYSTEM FOR MONITORING TIRE PRESSURE IN HEAVY VEHICLES SUCH AS BUSES, TRUCKS AND AGRICULTURAL MACHINES**

**Fabricio Balbinot**

Author

fabricio94.balbinot2@gmail.com

**Geison Luis Rasia**

Teacher Advisor

geisonrasia@acad.ftec.com.br

***Abstract:***

***Keywords:***

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de pneu com pressão baixa,.....	14
Figura 2: Exemplo de Sensor de pressão e instalação na roda.....	16
Figura 3: Exemplo de sistema TPMS com medição direta.....	17

## LISTA DE GRÁFICOS

Nenhuma entrada de índice de ilustrações foi encontrada.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
TPMS	<i>Tire Pressure Monitoring System</i>
ECU	<i>Electronic Control Unit</i>
HDVs	<i>Heavy-Duty Vehicles</i>
ISSO	<i>International Organization for Standardization</i>
LCVs	<i>Light-Commercial Vehicles</i>
TNO	<i>Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek</i>

BIT - Banco de Informações de Transportes -

NHTSA | National Highway Traffic Safety Administration

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT

RNTRC

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA</b>	<b>11</b>
2.1 OBJETIVOS GERAIS	11
2.2 Objetivos específicos	11
2.3 JUSTIFICATIVA	11
<b>3 LEGISLAÇÃO</b>	<b>13</b>
3.1 CONTRAN	13
<b>4 TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO DE PRESSÃO PARA PNEUS</b>	<b>14</b>
4.1 MEDIÇÃO INDIRETA	14
4.2 MEDIÇÃO DIRETA	15
4.2.1 Leitor de pressão	16
4.2.2 Central de monitoramento	16
<b>5 PRESSÃO DE PNEUS</b>	<b>17</b>
5.1 SOLICITAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO	17
5.2 PROPOSTA EXECUTIVA	17
5.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	17
5.4 DESENVOLVIMENTO DA PCI	17
5.5 DESENVOLVIMENTO DE FIRMWARE	18
5.6 MONTAGEM DE PROTÓTIPOS	18
5.7 TESTES DE HOMOLOGAÇÃO EM LABORATÓRIO	18
5.8 ENVIO DE PROTÓTIPOS AO CLIENTE	18
5.9 MONTAGEM EM LINHA DE PRODUÇÃO	18
<b>6 DESENVOLVIMENTO DO PROEJTO</b>	<b>18</b>
6.1 ESTUDO DAS LANTERNAS	18
6.2 PROJETO DO HARDWARE	18
6.3 REVISÃO DO CIRCUITO E REUNIÃO DE DFEMA	18
6.4 DESENVOLVIMENTO E MONTAGEM DA PCI	18
6.4 DESENVOLVIMENTO DO FIRMWARE	18
6.4.1 Análise inicial de lógica de controle e configuração	19
6.4.2 Visão geral das lógicas	19
6.4.3 Lógica de calibração	19
6.4.4 Lógica de configuração	19
6.4.5 Lógica operacional	19
6.5 TESTES DE LABORATÓRIO	19



6.6 APROVAÇÃO.....	19
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>20</b>

## 1 INTRODUÇÃO

## 2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

### 2.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo do trabalho é projetar toda a parte eletrônica de um sistema de TPMS para monitoramento da pressão dos pneus em veículos da linha pesada como ônibus, caminhões e máquinas agrícolas para pneus que utilizam ar como fluido.

### 2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos podem ser divididos em cinco principais partes, citas nos tópicos a seguir.

- a) Projetar o *hardware* do *display* de monitoramento.
- b) Desenvolver o software de controle do *display*.
- c) Projetar o *hardware* dos sensores sem fio.
- d) Desenvolver o *software* de controle do *display*.
- e) Avaliar o funcionamento do sistema em uma aplicação real.

### 2.3 JUSTIFICATIVA

O número de veículos tem crescido rapidamente em todos os países, este crescimento é reflexo do desenvolvimento da economia e poder de aquisição da população, junto a estes avanços as exigências de segurança em automóveis aumentou, dentre elas está a exigência de sistema de monitoramento de pressão para pneus. (Quan Xin *et al* 2019)

Há uma grande tendência mundial para a adoção de TPMS sustentada por três grandes pilares, redução de acidentes, redução nas emissões de CO<sub>2</sub>, e redução do consumo de combustível.

Cada país possui uma justificativa para a adoção de TPMS, por exemplo nos Estados Unidos da América a NHTSA estima que 535 mortes e 23000 acidentes são causados anualmente devido a pneus furados, ou estouros de pneus, não há como mensurar qual é a influência da baixa pressão nestes acidentes, porém há estudos que comprovam que pneus com pressão incorreta possuem suas características

nominais modificadas, deixando o veículo susceptível a eventos inesperados como, por exemplo aquaplanagem, resistência de atrito e ruptura. Do ponto de vista custo benefício o TPMS é de grande valia, fazendo com os pneus sejam calibrados com maior frequência, o custo não pode ser avaliado apenas no veículo equipado com o sistema, pois se um acidente for evitado, um possível congestionamento e danos a patrimônios públicos, ou de terceiros também serão evitados (NHTSA, pii TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM FMVSS No. 138, 2001)

Na Europa o grande objetivo da utilização de TPMs é a redução de combustíveis fósseis e redução de CO<sub>2</sub>. Resultados obtidos por um estudo realizado pela TNO, organização holandesa de pesquisa científica, mostrou ser possível uma economia de 0,2% a 0,3% de combustível nas categorias LCV e HDV, além de mostrar que todos os benefícios econômicos da utilização de um sistema TPMS se sobressaem frente os custos de implementação, seja pela diminuição do desgaste dos pneus até a redução de acidentes. (Zyl *et al* 2019)

No Brasil não há exigências e regulamentações governamentais para a utilização de sistemas de monitoramento de pressão de pneus, porém a tendência mundial é real e a possibilidade de ser uma exigência no Brasil existe. A tabela a seguir mostra quais países e blocos econômicos já possuem regulamentação e exigem TPMS de série.

**Tabela 1: Regulamentação e ano em diferentes regiões do mundo.**

China	2017 - Regulamentação 2019 - Obrigatoriedade do TPMS para novos veículos
União Europeia	2012 – Regulamentação: EC661 – 2009 2012 – Obrigatoriedade para todos novos veículos homologados 2014 - Para todos os veículos novos
Indonésia, Israel, Malásia, Filipinas e Turquia	Exigência ao atendimento da norma Européia. 2014 – Obrigatoriedade de TPMS para novos veículos
Rússia	2015
Coreia do Sul	2013 – Regulamentação

e Japão	2013 – Obrigatoriedade do TPMS em novos veículos 2015 – Obrigatoriedade em veículos existentes.
Taiwan	2012 – Regulamentação 2013 – Exigência do TPMS em novos veículos
Estados Unidos da América	2005 – Regulamentação: FMVSS138 2005 – Obrigatoriedade do TPMS em novos veículos

**Fonte: NXP**

Devido a grande tendência mundial é questão de tempo até que TPMS sejam exigidos no Brasil, veículos leves já possuem a tecnologia embarcada, porém não há sistemas nacionais de TPMS para linha de veículos pesados. Devido a região da serra gaúcha ser uma grande montadora de ônibus, caminhões e semirreboques o desenvolvimento de um sistema TPMS para linha pesada nesta mesma região, possui um grande potencial de ser implantado nas montadoras, além de os veículos possuírem todos os benefícios citados nos parágrafos anteriores.

### **3 LEGISLAÇÃO**

#### **3.1 CONTRAN**

## 4 TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO DE PRESSÃO PARA PNEUS

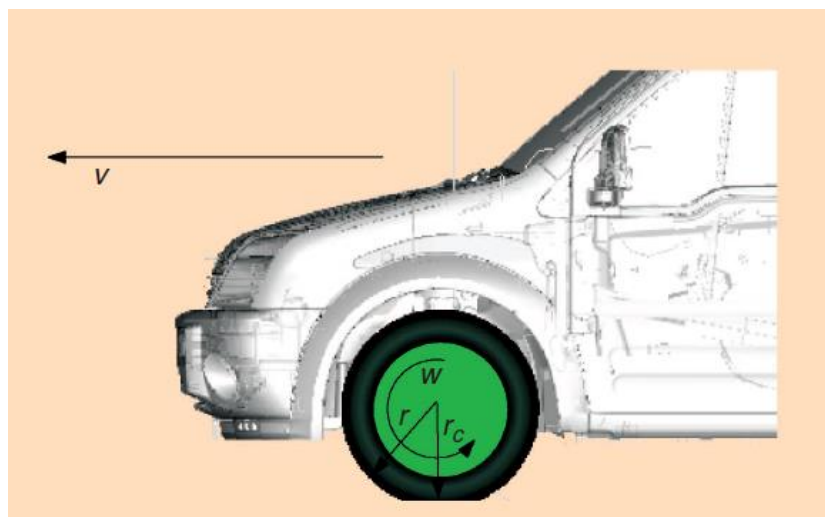
Um sistema TPMS tem a finalidade de alertar o motorista quando um ou mais pneus estão com a pressão interna abaixo do limite pré-definido de pressão para o modelo de pneu e podem ser classificados em dois principais grupos, o grupo de medição direta e o grupo de medição indireta, cada sistema possui vantagens e desvantagens. (VELUPILLAI, 2007 e GÜVENÇ, 2007).

### 4.1 MEDIÇÃO INDIRETA

A medição indireta utiliza dados de velocidade medidos pelo sistema de ABS, o algoritmo, para detecção de baixa pressão o algoritmo realiza os cálculos utilizando o modelo mecânico do pneu. (Xin *et al*, 2019)

Se um pneu estiver com pressão abaixo da nominal o raio efetivo será menor do que o dos outros pneus do veículo fazendo com que ele tenha uma velocidade angular maior do que um pneu que está com a pressão normalizada, a Figura 1 ilustra a relação entre o raio efetivo e o raio nominal. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

**Figura 1: Exemplo de pneu com pressão baixa,**



Fonte: (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

Veículos com sistema de ABS por exemplo tem a capacidade de aferir a velocidade individual de cada roda, neste caso basta um o algoritmo que relacione as velocidades para determinar se há um pneu com pressão abaixo da nominal. Este modelo de aferição não requer hardware resumindo-se ao algoritmo de controle.

(VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

O sistema de medição indireta se aproveita de sistemas já existentes no veículo podendo detectar pressão baixa em dos pneus.

Segundo VELUPILLAI et al. (2007) existe uma série de desvantagens na medição indireta, como não ocorrer aviso de pressão baixa se dois pneus do mesmo eixo ou do mesmo lado estiver com a pressão abaixo da nominal, ocorrer falso positivo em situações em que o veículo esteja em estradas com neve e ocorra o deslizamento dos pneus.

O autor XING et al. também concorda que o sistema de medição indireta pela velocidade não é preciso e possui desvantagens como não indicar o nível de pressão real dos pneus, mas só um alerta sonoro e/ou visual, falha no alerta quando pneus do mesmo lado estiverem com pressão baixa, além da confiabilidade ser baixa.

A vantagem de um sistema TPMS de medição indireta é que ele não utiliza hardware adicional e toda parte principal está concentrada no algoritmo, outra vantagem é que este modelo de sistema não requer programação de sensores no sistema quando a troca de rodas e pneus for efetuado, após a calibração basta resetar o sistema, desta forma ele considerará que aquela calibração é a padrão. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

## 4.2 MEDIÇÃO DIRETA

Sistemas TPMS de medição direta necessitam de um sensor de pressão para cada pneu do veículo e é instalado no interior do pneu, transmitindo as informações através de tecnologias sem fio possuindo maior precisão na medição de pressão em comparação com o sistema de medição indireta. Estes sensores costumam utilizar baterias de lítio como fonte de alimentação, motivo este que enfrenta restrições ambientais. (Xin *et al*, 2019).

Pode-se observar que de acordo com os autores sistemas de medição direta possuem algumas desvantagens frente o sistema de medição indireta, pois são necessário componentes específicos para esta aplicação, mas também apresentam grande vantagem na precisão podendo indicar a pressão real de cada pneu em tempo real.

#### 4.2.1 Leitor de pressão

O módulo leitor de pressão necessita de dimensões reduzidas, além de precisar ser leve frente o peso de um pneu, para reduzir as forças centrífugas, geralmente é instalado junto a válvula conforme mostra Figura 1 e são projetados para atender temperaturas de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $120^{\circ}\text{C}$ . (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

**Figura 2: Exemplo de Sensor de pressão e instalação na roda.**



Fonte: (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

A válvula além de possibilitar inflar o pneu quando necessário exerce a função de antena do transmissor sem fio, a tecnologia aplicada nos sensores geralmente é CMOS reduzindo ao máximo o consumo da bateria, pois espera-se uma longa vida útil do sensor. Além da tecnologia construtiva o uso ideal da energia disponível é parte muito importante e técnicas de gerenciamento de energia precisam ser aplicadas para reduzir o consumo da bateria. Existem modelos que enviam a informação de hora em hora quando o veículo está parado e outros que possuem sensores de velocidade desligando a transmissão quando não há movimento. Sensores mais elaborados também podem possuir um receptor de baixa frequência integrado, assim podem receber comandos de uma central equipada com transmissor, portanto o sensor somente realizará a leitura da pressão sob a solicitação da central. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

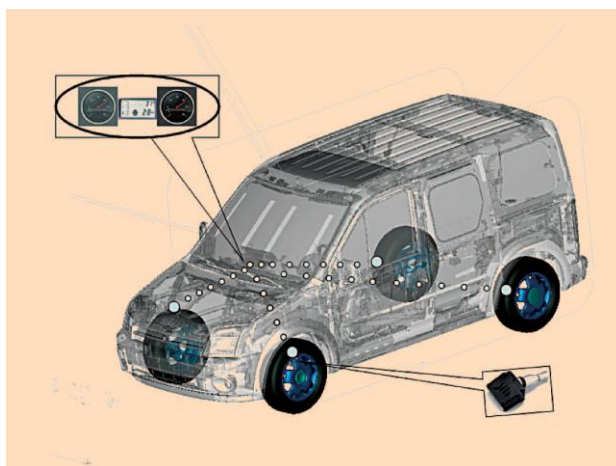
#### 4.2.2 Central de monitoramento

A central de monitoramento recebe a informação dos sensores sem fio através de uma antena, podendo emitir alertas e em modelos mais avançados exibir no display



qual pneu está com pressão baixa e qual é a pressão exatamente. Para a central fazer a distinção entre pneus é necessário programar cada sensor na central de forma a identificar que sensor está em cada roda, quando pneus ou sensores são substituídos uma nova programação necessita ser realizada. A central de monitoramento pode ser alimentada diretamente pela bateria do veículo, ou até mesmo por uma bateria portátil. A Figura 3 mostra um exemplo de TPMS com medição direta, sistema este composto por 4 sensores e uma central de monitoramento. (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

**Figura 3: Exemplo de sistema TPMS com medição direta.**



Fonte: (VELUPILLAI, 2007; GÜVENÇ, 2007)

## 5 PRESSÃO DE PNEUS

A pressão do pneus necess

### 5.1 SOLICITAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO

### 5.2 PROPOSTA EXECUTIVA

### 5.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

### 5.4 DESENVOLVIMENTO DA PCI

5.5 DESENVOLVIMENTO DE FIRMWARE

5.6 MONTAGEM DE PROTÓTIPOS

5.7 TESTES DE HOMOLOGAÇÃO EM LABORATÓRIO

5.8 ENVIO DE PROTÓTIPOS AO CLIENTE

5.9 MONTAGEM EM LINHA DE PRODUÇÃO

## **6 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO**

6.1 ESTUDO DAS LANTERNAS

6.2 PROJETO DO HARDWARE

6.3 REVISÃO DO CIRCUITO E REUNIÃO DE DFEMA

6.4 DESENVOLVIMENTO E MONTAGEM DA PCI

6.4 DESENVOLVIMENTO DO FIRMWARE

#### **6.4.1 Análise inicial de lógica de controle e configuração**

#### **6.4.2 Visão geral das lógicas**

#### **6.4.3 Lógica de calibração**

#### **6.4.4 Lógica de configuração**

#### **6.4.5 Lógica operacional**

### **6.5 TESTES DE LABORATÓRIO**

### **6.6 APROVAÇÃO**

## **6 CONCLUSÃO**

## REFERÊNCIAS

VELUPILLAI, Sankaranarayanan; GÜVENÇ Levent. **Tire Pressure Monitoring**. IEEE CONTROL SYSTEMS MAGAZINE. 25 ed. dez. 2007.

CHEN, K.; YEH, C. Preventing Tire Blowout Accidents : A Perspective on Factors Affecting Drivers ' Intention to Adopt Tire Pressure Monitoring System. n. 77, p. 1–14, 2018.

Quan Xin *et al* 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1314** 012100

**PAPER • OPEN ACCESS**

Automobile tire pressure monitoring technology  
and development trend

To cite this article: Quan Xin *et al* 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1314** 012100

Quan Xin *et al* 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1314** 012100. **Automobile tire pressure monitoring technology and development trend**

Zyl *et al* 2019: **Study on Tyre Pressure Monitoring Systems (TPMS) as a means to reduce Light- Commercial and Heavy-Duty Vehicles fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions**

TNO 2013 R10986 | final report

Study on Tyre Pressure Monitoring  
Systems (TPMS) as a means to reduce  
Light- Commercial and Heavy-Duty  
Vehicles fuel consumption and CO<sub>2</sub>  
emissions

Date

29 July 2013

Author(s)

Stephan van Zyl  
Sam van Goethem  
Stratis Kanarachos  
Martin Rexeis  
Stefan Hausberger  
Richard Smokers

## ANEXOS

**NXP** A Global Solution for Tire Pressure Monitoring Systems *A Global Solution  
for Tire Pressure Monitoring Systems*