



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS CARAÚBAS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

HEMESON GUILHERNE TEIXEIRA

**PROPOSTA DE UM DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO DE PRESSÃO NOS PNEUS
DE AUTOMÓVEIS**

CARAÚBAS – RN

2018

HEMESON GUILHERNE TEIXEIRA

**PROPOSTA DE UM DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO DE PRESSÃO NOS PNEUS
DE AUTOMÓVEIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como exigência final para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Francisco de Assis Brito Filho – UFERSA.

CARAÚBAS – RN

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

T266p Teixeira, Hemeson Guilherme. Proposta de um dispositivo para medição de pressão nos pneus de automóveis / Hemeson Guilherme Teixeira. - 2018.
37 f. : il.

Orientador: Francisco de Assis Brito Filho.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2018.

1. Sensores. 2. RADAR. 3. Internet das coisas.
4. medição de pressão. I. Brito Filho, Francisco de Assis, orient. II. Título.

HEMESON GUILHERNE TEIXEIRA

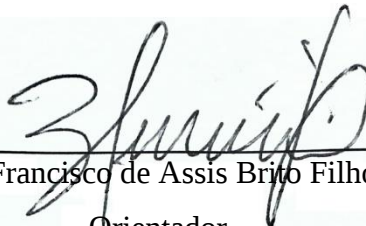
**PROPOSTA DE UM DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO DE PRESSÃO NOS PNEUS
DE AUTOMÓVEIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como exigência final para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Francisco de Assis Brito Filho – UFERSA.

APROVADO EM 19 / 04 / 2018

BANCA EXAMINADORA



Dr. Francisco de Assis Brito Filho
Orientador



Dr. Hugo Michel Câmara De Azevedo Maia



Me. Juan Rafael Filgueira Guerra

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo.

A meus pais, Benedito e Maria, por sempre ficarem ao meu lado e por muitas vezes colocarem as necessidades, minha e do meu irmão, antes das deles.

Agradeço também a meus familiares por me ajudar quando precisei, Roberto, Rosean, Neta, Valquides e Terezinha.

Ao meu orientador Professor Brito Filho, por me conduzir pelos caminhos certos através das orientações.

A banca examinadora por todas as considerações feitas afim de enriquecer este trabalho.

A minha companheira, Thaís, e colegas de casa, Adilino, Paulo e Lucas, por toda força pra me deram.

RESUMO

A calibragem inadequada dos pneus de automóveis pode causar, dentre outros problemas, o desgaste precoce do pneu, o que pode ocasionar graves acidentes. O Sistema de monitoramento dos pneus é um equipamento capaz de monitorar a sua pressão e informar ao condutor sobre alguma irregularidade. Estes sistemas se encontram instalados de fábrica em alguns veículos atuais e podem ser encontrados no mercado separadamente, porém, com um custo bem elevado. Como grande parte da população brasileira está nas classes D e E, surge a necessidade e uma oportunidade de mercado para um dispositivo de baixo curso. Capaz de medir a pressão dos pneus de forma automática e informar irregularidades ao condutor, ou até mesmo, atuar de forma autônoma, com o uso da internet das coisas. Este trabalho apresenta uma análise de dispositivos automotivos de medição de pressão disponíveis no mercado e instalados de fábrica, e propõe um novo método para medição através de radiofrequência. Resultados de medição utilizando um módulo RADAR são apresentados como prova de conceito inicial, para validar o seu uso no método proposto.

Palavras-Chave: Sensores, RADAR, Internet da Coisas, Medição de pressão, *TPMS*.

ABSTRACT

Inadequate calibration of car tires can cause, among other problems, premature wear of the tire, which can lead to serious accidents. The Tire Monitoring System is an equipment capable of monitoring your pressure and informing the driver of any irregularities. These systems are factory-installed on some current vehicles and can be found on the market separately, but at a very high cost. As a large part of the Brazilian population is in the D and E classes, there is a need and a market opportunity for a low cost device. Able to measure tire pressure automatically and report irregularities to the driver, or even, to act autonomously, using the internet of things. This work presents an analysis of automotive pressure measurement devices available on the market and factory installed, and proposes a new method for measurement by radiofrequency. Measurement results using a RADAR module are presented as initial proof of concept, to validate its use in the proposed method.

Keywords: Sensors, RADAR, Internet of Things, Pressure measurement, TPMS.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tensão em função da distância	30
Gráfico 2 - Frequência em função da distância	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Avarias causadas pela calibragem incorreta	9
Figura 2 - Diagrama ilustrativo da Internet das Coisas	10
Figura 3 - Sistema autônomo da PSA.....	11
Figura 4 - Elementos fundamentais na transmissão e recepção de sinais no RADAR	14
Figura 5 - Possíveis aplicações para IoT	16
Figura 6 - Sensores dTPMS que substituem a válvula convencional.....	18
Figura 7 - Sensor dTPMS que substitui a tampa da válvula de ar.....	19
Figura 8 - Sensor instalado na parte interna do pneu	19
Figura 9 - Sensor que substitui a válvula.....	20
Figura 10 - TPMS instalado na roda.....	20
Figura 11 - Símbolo de alerta do TPMS.....	20
Figura 12 - Ícone de alerta do TPMS no painel de instrumentos de um veículo	21
Figura 13 - Estruturas que compõem o pneu.....	23
Figura 14 - Efeito da pressão na parte da borracha do pneu que toca o solo	23
Figura 15 - Funcionamento do sensor	24
Figura 16 - Diagrama de blocos do HB100.....	25
Figura 17 - HB100.....	25
Figura 18 - Módulo HB100 em funcionamento	26
Figura 19 - Fonte de alimentação	26
Figura 20 - Osciloscópio utilizado	27
Figura 21 - Sinal de saída com o alvo 1 a 30cm.....	27
Figura 22 - Sinal de saída com o alvo 1 a 15cm.....	27
Figura 23 - Sinal de saída com o alvo 1 a 1cm.....	28
Figura 24 - Sinal de saída com o alvo 2 a 30cm.....	28
Figura 25 - Sinal de saída com o alvo 2 a 15cm.....	29
Figura 26 - Sinal de saída com o alvo 2 a 1cm.....	29

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	9
1.1.	MOTIVAÇÃO	10
1.2.	OBJETIVOS	12
1.2.1.	Objetivo Geral.....	12
1.2.2.	Objetivos Específicos	12
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1.	SENSORES	13
2.2.	MEDIÇÃO POR RF (RADAR)	14
2.3.	INTERNET DAS COISAS.....	15
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1.	ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS	17
3.1.1.	Dispositivos Instalados De Fábrica	20
3.1.2.	Dispositivos Disponíveis No Mercado	21
3.2.	DISPOSITIVO PROPOSTO	23
4.	RESULTADOS	26
5.	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	32
6.	REFERÊNCIAS.....	33

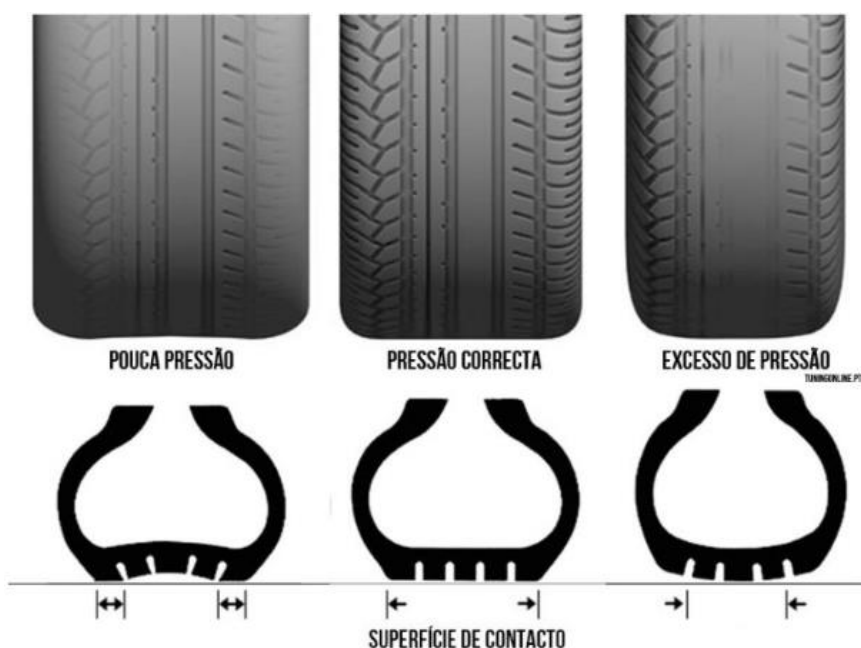
1. INTRODUÇÃO

Calibrar os pneus do automóvel é um ato simples, prático e sem custo ao motorista, pois pode ser feito em postos de combustível que possuem bombas de ar para calibragem. Porém, não é comum a todos os condutores. O ideal é calibrar semanalmente para manter uma boa conservação e funcionamento do veículo.

A baixa pressão nos pneus pode fazer com que o automóvel fique mais suscetível a aquaplanagem, ocasionando maiores danos e impactos, reduzindo a sua estabilidade e tornando o ato de dirigir mais perigoso. O excesso de pressão pode causar a redução da eficiência na frenagem, maiores impactos a suspensão e conforto comprometido em terrenos com trepidações, entre outras avarias (MICHELIN, 2018).

Cada um dos pontos citados acima é capaz de ocasionar um acidente, além do que o veículo irá consumir mais combustível e terá um desgaste precoce dos pneus. Através da Figura 1 pode-se observar o efeito físico da pressão com relação ao desgaste. Observa-se que pouca pressão faz com que o pneu curve a parte central da borracha que toca o solo para seu interior, ocasionando um maior desgaste em suas laterais, já o excesso de pressão faz o oposto, ocasiona um maior desgaste na parte central da borracha curvada para seu exterior.

Figura 1 - Avarias causadas pela calibragem incorreta

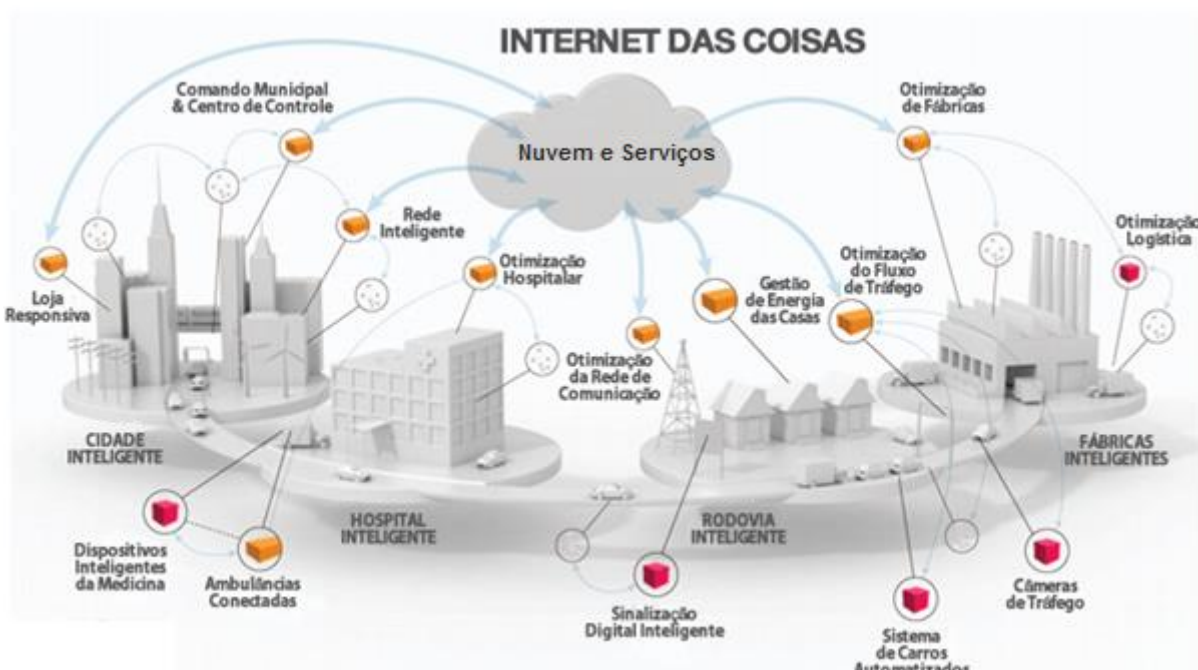


Fonte: Automóveis Online (2017)

Atualmente o homem presencia um rápido avanço tecnológico, onde são constantemente criadas novas e melhores tecnologias a partir de conhecimentos científicos, afim de melhorar cada vez mais, processos, segurança, eficiência e consequentemente, a vida num contexto geral (LONGO, 1989).

A Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*) é um conceito que vem revolucionando a indústria, com o objetivo de conectar todos os dispositivos, aparelhos, objetos, casas, prédios, carros, ruas, fábricas e muito mais. A IoT vem melhorando processos, produtividade, segurança, e usabilidade, apresentando diversos outros benefícios. A Figura 2 ilustra um diagrama da conectividade da IoT, com especificações das interligações de sistemas em casas, prédios, hospitais, fábricas e em toda a cidade (LIMA, 2017).

Figura 2 - Diagrama ilustrativo da Internet das Coisas



Fonte: Dimauro (2014) Adaptado pelo autor

1.1. MOTIVAÇÃO

Segundo Martins (2014), a utilização do pneu mal calibrado tende a prejudicar a vida útil do pneu e trazer riscos à segurança do motorista. Com a baixa calibragem o pneu tem sua resistência elevada exigindo mais do motor, que por sua vez consome mais, chegando a um aumento de 25% no consumo. Além disso, ocasionando desgaste prematuro dos pneus, causado

pelo superaquecimento da carcaça. O desgaste irregular deixa mais acessível às avarias, que pode ocasionar o rompimento da borracha, onde, em altas velocidades pode acarretar acidentes.

Muito fala-se de como serão os dias no futuro com robôs humanoides, casas inteligentes, eletrodomésticos controlados por voz, carros autônomos e muito mais. Alguns desses propósitos estão bem próximos da realidade atual, como é o caso dos carros autônomos que já são testados em alguns lugares pelo mundo (FEITOSA, 2013).

Atualmente existem vários veículos com específicos níveis de automação, um exemplo é encontrado no centro técnico da PSA (Peugeot Citroën), em Vélizy, na França. Está na etapa de testes, carros onde o piloto pode soltar o volante e conversar ao celular como se fosse um passageiro, porém, esse modelo ainda necessita das decisões dos pilotos para seguir o caminho. A grande diferença entre este automóvel e os normalmente comercializados é que estes possuem mais de 20 dispositivos entre câmeras, sensores, lasers e radares, localizados em sua carroceria e vários processadores em seu porta-malas, o que realizam toda a sistematização, tornando o veículo inteligente (*smart*) e, por conseguinte autônomo. A Figura 3 mostra um carro com o sistema autônomo da PSA, onde duas pessoas conversam e aproveitam o passeio.

Figura 3 - Sistema autônomo da PSA



Fonte: Rodriguez (2017).

Segundo Martinelli e Cataldi (2017), estima-se que em 2025 já serão comercializados carros totalmente autônomos, o usuário precisa apenas informar pra onde deseja ir. Portanto toda pesquisa relacionada ao assunto será de suma importância para realização desse grande sonho.

Atualmente alguns automóveis já vêm de fábrica com equipamentos capazes de informar irregularidades na pressão de seus pneus, porém essa tecnologia é limitada a carros de alto valor monetário sendo assim inacessível para grande parte da população.

Diante da significância do dispositivo algumas empresas de equipamento automotivo investiram na tecnologia e criaram equipamentos semelhantes ou até melhores, que hoje são comercializados no mercado. Esse fato fez com que grande parte da população ganhasse acessibilidade a essa tecnologia, mesmo com o alto valor cobrado pelas empresas que vendem este equipamento. Segundo a revista digital Geografia News (2017) aproximadamente 46% da população brasileira recebe apenas 1.356,00 reais mensais.

1.2. OBJETIVOS

Neste tópico serão abordados os objetivos, geral e específico, relacionados ao trabalho proposto.

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar os dispositivos já encontrados no mercado capazes de medir pressão nos pneus e propor um novo dispositivo usando radiofrequência para medição de baixo custo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Estudar sistemas para medição da pressão nos pneus;
- Analisar os dispositivos existentes no mercado;
- Desenvolver uma proposta para medição da pressão nos pneus;
- Testar em laboratório o módulo transceptor HB100.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SENSORES

Sensores são dispositivos capazes de detectar e responder a entradas, sejam elas físicas ou não físicas como a luz, calor, movimento, pressão ou qualquer outra variável perceptível em determinado ambiente. Ao receber o sinal de entrada o sensor altera sua resistência, capacitância ou indutância, de acordo com a variação da grandeza medida, emitindo um sinal de saída proporcional ao de entrada. A saída pode ser interpretada de várias formas, como acionamento de motor, buzinas, luzes ou mesmo dados que podem ser transportados e posteriormente decodificados (BORGES; DORES, 2010).

Os sensores estão cada vez mais presentes no dia a dia da sociedade, atualmente são encontrados em casas, empresas, fábricas, ou até mesmo na rua, sensores de temperatura, pressão, movimento, presença entre outros. Suas aplicações só tendem a evoluir a cada dia, logo, novos tipos de sensores surgem, com diversas junções, mas, cada um desses dispositivos tem suas particularidades e características que, precisam ser de conhecimento do projetista (NEWTON C BRAGA, 2012).

A Internet das Coisas deve iniciar um novo ramo no mercado digital. Para que a IoT consiga interação com o ser humano, deverá ser capaz de coletar e analisar dados comportamentais das pessoas, onde estiverem presentes, transformando os hábitos e gostos de seus usuários em dados digitais, impulsionando o interesse de diversas empresas. Os grandes responsáveis por toda essa coleta e organização de dados são os sensores, assim, a precisão é uma característica muito importante nestes dispositivos, pois quanto mais preciso, melhor a qualidade da informação proporcionando maior confiabilidade ao usuário (COSSINI, 2017).

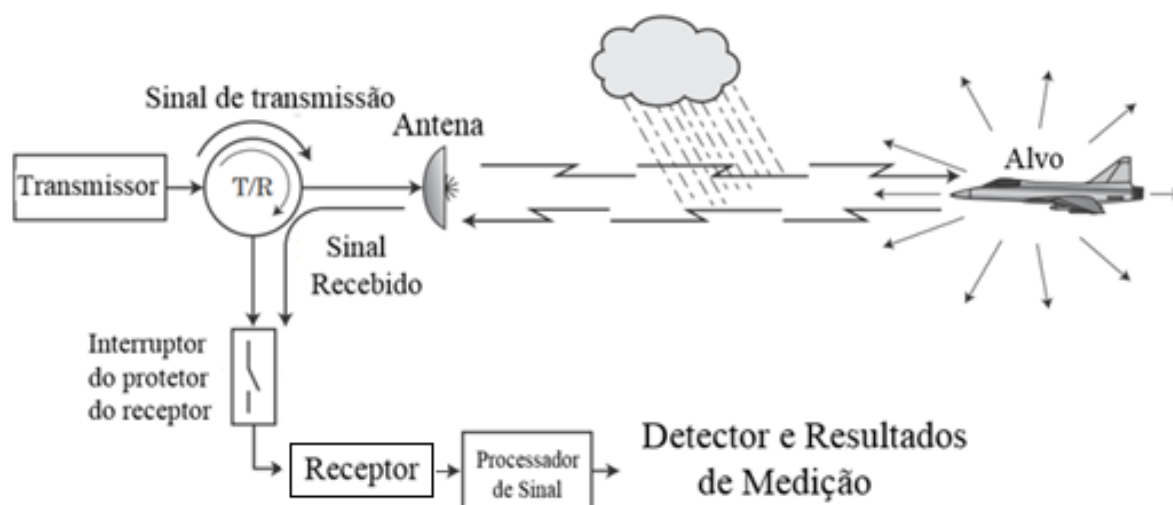
Segundo a empresa Cloudtweaks (2014) a IoT e os sistemas inteligentes são baseados em três pilares básicos, os sensores, a conectividade e os usuários e processos. No futuro, o mundo será visto através de lentes sensoriais, e os resultados serão transportados por redes a sistemas bidirecionais, para combinar dados, pessoas, sistemas e processos. Como resultados estes processos abrem caminhos para novos serviços e aplicações de forma inteligente.

2.2. MEDIÇÃO POR RF (RADAR)

O RADAR, abreviatura em inglês para *Radio Detection And Ranging*, é um dispositivo capaz de detectar um determinado objeto através de ondas eletromagnéticas e a partir destas fazer cálculos de distância, velocidade, altura e movimento, dentre outras. Foi na Segunda Guerra Mundial que o RADAR ganhou destaque e vem evoluindo desde então (PARKER, 2010).

Segundo Scheer (2010) o RADAR é um equipamento que transmite Ondas Eletromagnéticas (OEM) de radiofrequência em uma região de interesse e recebe essas OEM quando refletidas pelo alvo naquela região. Os principais sistemas que formam um RADAR são a antena, o transmissor, o receptor e o processador de sinais. A Figura 4 mostra os principais elementos na transmissão do sinal pelo RADAR, propagação através da atmosfera, reflexão do sinal pelo alvo e recepção dos sinais refletidos.

Figura 4 - Elementos fundamentais na transmissão e recepção de sinais no RADAR



Fonte: Scheer (2010) Adaptado pelo autor

As ondas eletromagnéticas são geradas pelo transmissor. A antena recebe as OEM e envia para o meio de propagação que geralmente é a atmosfera. O transmissor e o receptor são conectados a antena através de um dispositivo de transmissão e recepção simultânea (T/R), este dispositivo permite a troca paralela de dados entre o transmissor-antena e o receptor-antena, sem que o receptor seja danificado pela alta potência do transmissor. As ondas refletidas são enviadas para o receptor, onde o sinal é amplificado e convertido de RF para frequência

intermediária (IF). O sinal é aplicado a um conversor analógico-digital e posteriormente enviado para o processador de sinais (SCHEER, 2010).

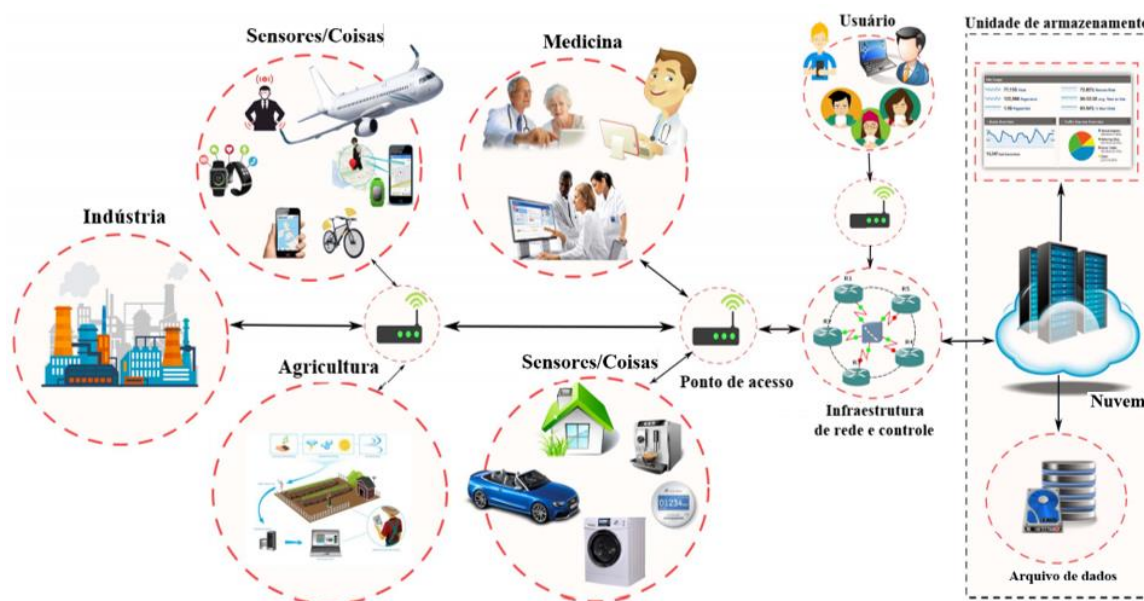
Segundo a Nasa (1998) os radares possuem inúmeras aplicações. O RADAR que faz a medição do vento, por exemplo, é de grande importância para os setores militares, governamentais, civis e comerciais, tornando possíveis as medições do vento em lançamentos de foguetes, medição de turbulências em voos, permitindo que os pilotos saibam com antecedência sobre áreas com turbulências e melhorar a previsão do tempo, dentre outras aplicações.

2.3. INTERNET DAS COISAS

IoT é o termo usado para uma nova evolução das tecnologias de comunicação. Que consiste em fazer a ligação humano-objeto e objeto-objeto, essa conexão torna possível que os aparelhos respondam de forma a auxiliar os seres humanos em seus afazeres do cotidiano, seja no trabalho ou apenas tornando a vida de seus usuários mais cômoda. Isso se deve a autonomia graças aos sensores, processadores, dentre outros dispositivos dos sistemas (SANTAELLA, 2013).

Segundo Farhan et al. (2017) em uma conferência em Sydney, a IoT atraiu atenção durante a última década devido à grande possibilidade de aplicações em diversas áreas, dentre estas biomédica, agricultura, tecnológica e industrial entre outras. Um exemplo de aplicação é a geladeira inteligente, que pode informar ao usuário quando o estoque de alguma comida está em baixa, ou verificar e informar, sobre a data de validade dos produtos. Nesse mesmo contexto, é possível até solicitar ao usuário novas compras de produtos, que poderia apenas escolher a forma de pagamento enquanto a geladeira pesquisaria pelos produtos automaticamente, verificar os preços, estabelecendo a quantidade de acordo com os desejos do usuário, finalizando a compra informando o endereço. Outro exemplo, é a casa inteligente, que pode ser acessada pelo smartphone ou tablet e a partir destes verificar sistemas de segurança, iluminação ou até programar uma determinada temperatura, para quando chegar do trabalho encontrar um clima mais agradável para descanso. A Figura 5 ilustra setores nos quais a Internet das Coisas pode atuar.

Figura 5 - Possíveis aplicações para IoT



Fonte: FARHAN et al., 2017 Adaptado pelo autor.

É previsível que até o ano de 2020 serão mais de dezenas de bilhões de aparelhos inteligentes e a qualidade do serviço se deve a comunicação, visualização e processamento de dados em tempo real. Devido ao crescimento na quantidade de dispositivos conectados à internet diversos problemas iram aparecer. Até o momento cada aparelho funciona de forma separada, criando e processando seus próprios dados e com seus próprios protocolos, ou seja, são sistemas isolados uns dos outros, mas no futuro é preciso que deixem de ser apenas ilhas de sistemas isoladas para ser uma grande rede de aparelhos conectada, portanto problemas de interoperabilidade, compatibilidade de dados, segurança e privacidade na transferência de dados dentre outros problemas, precisam de análise, revisão e solução, o que já chama a atenção de empresas e acadêmicos pesquisadores (FARHAN et al., 2017).

A IoT vem a contribuir também ao carro autônomo com ferramentas de rastreamento e navegação, sistemas de entretenimento e comunicação, manutenção preventiva, acionamento automático de chamadas de emergência, assistência técnica remota entre outras aplicações (SILVA, 2017). Atualmente já se encontram no mercado montadores de automóveis com softwares e hardwares para conectar seus veículos, como exemplo a Mercedes. Esses softwares e hardwares servem para conectar o veículo a internet, possibilitando o envio de informações para partes interessadas, além de ajudar na tomada de decisões do motorista, buscando melhorias para a viagem e reduzindo acidente Ranjan (2017).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi feita uma análise dos sistemas de medição da pressão nos pneus existentes no mercado, afim de compreender como funcionam e tecnologia empregada. Foi observado que esta é uma tecnologia de alto custo monetário, levando em consideração que a maioria da população brasileira se concentra nas classes sociais C, D e E.

Diante do problema apresentado neste trabalho e com o decorrer das análises, foi elaborada uma proposta de desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo, capaz de detectar a baixa e a alta pressão nos pneus de automóveis.

3.1. ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS

Sistema de Monitoramento da Pressão nos Pneus (TPMS do inglês *Tire-Pressure Monitoring System*), como o próprio o nome diz, é um equipamento que tem a função de monitorar a pressão nos pneus de veículos, seja de pequeno ou grande porte, apresentando ao condutor as informações em tempo real e alertando alguma eventual irregularidade na pressão. A forma como são apresentadas as informações variam para cada modelo e fabricante.

A pressão do ar precisa ser verificada a cada semana para evitar eventuais problemas oriundos da calibragem nas rodas. O TPMS acaba com essa necessidade, pois está constantemente verificando e enviando a informação ao condutor.

Segundo Bortolin (2013) o equipamento é tão importante que já existem leis que impõem as montadoras a vender automóveis com o TPMS instalado de fábrica, como nos Estados Unidos e na Europa por exemplo.

Os Sistemas de Monitoramento da Pressão nos Pneus são divididos em duas classes, indiretos e diretos. O TPMS indireto (iTPMS), são dispositivos que não entram em contato com o pneu, mas que, através de dados externos são capazes de detectar irregularidades na pressão do pneu. Geralmente utiliza os sensores do Sistema de Frenagem a Prova de Travamento das Rodas (ABS do inglês *Antilock braking system*) do veículo para calcular a taxa de giros de cada roda. Este sistema se baseia na ideia de que, um pneu menos inflado, possui um diâmetro menor e assim, terá uma velocidade angular maior, ou seja, este método realiza uma medida relativa. O iTPMS não verifica diretamente a pressão nos pneus, mas coleta parâmetros da roda para fazer cálculos físicos que estimam a diferença de pressão em determinado pneu em relação aos demais. Suas vantagens em relação ao sistema direto é que requer uma menor manutenção em termos de programação e instalação. Suas desvantagens são

que o sistema precisa ser reiniciado após cada calibragem ou na compra de pneus novos. O condutor tem que estar atento para que os pneus estejam sempre em iguais condições de tamanho, ou seja, na compra de pneus o jogo inteiro teria que ser trocado igualmente. Evitando a diferença de tamanho e se por acaso um ficar mais gasto que os outros, o sistema mostrará informações incorretas, além do fato de que esse sistema faz medições com o automóvel em movimento (PNEUS ONLINE, 2018).

O TPMS direto (dTPMS) utiliza sensores que são instalados diretamente nos pneus e coletam informações confiáveis sobre cada roda. As informações são enviadas para o computador de bordo, painel de instrumentos do veículo, ou algum display que acompanhe o equipamento. Os sensores são capazes de medir a pressão e temperatura interna da borracha em tempo real e devido a sua localização devem ser alimentados por pequenas baterias. Atualmente alguns sensores já são alimentados por sistema sem fio, através da indução eletromagnética, o que garante uma melhor vida útil, permitindo um aumento da frequência de dados transmitidos e ainda, reduz o peso de cada sensor, em relação aos que usam baterias.

O dTPMS pode ser instalado tanto na parte interna, quanto na parte externa do pneu, através da válvula de ar. Existem três tipos de encapsulamento para o sensor. O primeiro tipo é um dispositivo preso ao aro que substitui a válvula de ar convencional, ilustrado através da Figura 6. No segundo encapsulamento, o sensor substitui a tampa da válvula convencional do pneu, desta forma havendo sempre a necessidade de ser retirado para a calibragem, exemplo na Figura 7. No terceiro tipo de encapsulamento, o sensor é instalado na parte interna do pneu, preso a borracha, como mostra a Figura 8.

Figura 6 - Sensores dTPMS que substituem a válvula convencional



Fonte: Schrader (2018)

Figura 7 - Sensor dTPMS que substitui a tampa da válvula de ar



Fonte: Steelmate (2018)

Figura 8 - Sensor instalado na parte interna do pneu



Fonte: Seva (2018)

Os sensores instalados dentro dos pneus são colocados na própria borracha, ou no próprio aro substituindo a válvula de escape convencional. Algumas vantagens do dTPMS são que, envia as informações reais coletadas diretamente de cada roda, é imune a diferença de tamanhos dos pneus, apresenta sincronização simples após o rodízio dos pneus, e faz leituras com o veículo em inércia. Como desvantagens tem-se que são mais caros em relação aos iTPMS, embora possuam uma simples sincronização pós rodízio, a reinstalação pode exigir um mecânico com ferramentas adequadas, alguns sensores necessitam de ser trocados por inteiro quando a bateria acaba, e por serem dispositivos frágeis, podem sofrer danos na montagem ou desmontagem.

3.1.1. Dispositivos instalados de fábrica

Segundo Samahá (2017) o sistema de monitoramento dos pneus tem sido cada vez mais acolhido pelas montadoras brasileiras, até mesmo carros de entrada como Fiat Uno e Chevrolet Onix recebem o sistema indireto, já modelos como Fiat Toro e importados de luxo como o Volkswagen Touareg recebem o sistema direto.

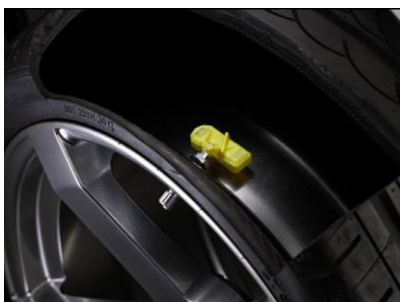
Grande parte das montadoras, optam por um TPMS direto preso ao aro que substitui a válvula de ar convencional, como mostra a Figura 9. A Figura 10 ilustra o sensor instalado na roda. O sinal de alerta, representado pelo ícone da Figura 11, é inserido no painel de instrumentos do carro como demonstrado na Figura 12, e serve para alertar ao condutor sobre alguma irregularidade na pressão dos pneus.

Figura 9 - Sensor que substitui a válvula



Fonte: Extreme Terrain (2018)

Figura 10 - TPMS instalado na roda



Fonte: Tire Kingz Of Georgia (2018)

Figura 11 - Símbolo de alerta do TPMS



Fonte: Hudo (2018)

Figura 12 - Ícone de alerta do TPMS no painel de instrumentos de um veículo



Fonte: Kaltire (2018)

A Tabela 1 mostra alguns automóveis com o sistema de monitoramento da pressão nos pneus instalado de fábrica.

Tabela 1 - Automóveis com o TPMS instalado de fábrica

Marca	Modelo	Tipo de TPMS
Hyundai	Tucson	dTPMS
Audi	A4	dTPMS
Chevrolet	S10	dTPMS
Chevrolet	Camaro	dTPMS
Chevrolet	Captiva	dTPMS
Fiat	Toro	dTPMS
Ford	Fusion	dTPMS
Ford	Focos	dTPMS

3.1.2. Dispositivos disponíveis no mercado

Os dispositivos encontrados no mercado são dTPMS. Estes podem variar bastante quanto a forma de apresentação das informações ao condutor e quanto ao que informam. Alguns sensores podem informar apenas se há alguma irregularidade na pressão de um dos pneus, bem como existem sensores que informam a quantidade de pressão, a temperatura e a identificação de cada pneu.

A análise dos dispositivos foi feita através dos sites das respectivas empresas, ou por sites de venda independentes. A Tabela 2 mostra alguns equipamentos TPMS encontrados no mercado para automóveis.

Tabela 2 - Dispositivos TPMS encontrados no mercado

Descrição	Forma de instalação dos sensores	Forma de apresentação das informações	Informações apresentadas	Preço (R\$)
STEELMATE / TP-11	Sensor que substitui a tampa da válvula	Display instalado ao painel do veículo	Pressão, temperatura e identificação de cada pneu	544,62
STEELMATE / TP-05	Sensor que substitui a válvula	Tela multimídia do veículo	Pressão, temperatura e identificação de cada pneu	681,63
STEELMATE / TP-08	Sensor que substitui a válvula	Display acoplado ao isqueiro do veículo	Pressão, temperatura e identificação de cada pneu	678,20
STEELMATE / TP-S2	Sensor que substitui a tampa da válvula	Display alimentado por energia solar instalado ao painel do veículo	Pressão, temperatura e identificação de cada pneu	613,13
STEELMATE / TP-03S	Sensor que substitui a tampa da válvula	Display acoplado ao isqueiro do veículo	Pressão, temperatura e identificação de cada pneu	178,12
STEELMATE / TP-72P	Sensor que substitui a tampa da válvula	Display acoplado ao isqueiro do veículo	Pressão, temperatura e identificação de cada pneu	578,88
TPMS 201 T6X 15 67 PSI	Sensor que substitui a válvula	Display instalado ao painel do veículo	Pressão e identificação de cada pneu	498,90
BLE TPMS	Sensor que substitui a tampa da válvula	Aplicativo instalado ao celular, tablet ou central multimídia	Pressão, temperatura e identificação de cada pneu	444,49
Kit Sensor De Pressão Para Pneu Tpms Otr 02m	Sensor que substitui a tampa da válvula	Display instalado ao painel do veículo	Pressão, temperatura e identificação de cada pneu	300,00
TPMS para celular e central multimídia	Sensor que substitui a tampa da válvula	Aplicativo instalado ao celular ou central multimídia	Pressão, temperatura e identificação de cada pneu	207,37

3.2. DISPOSITIVO PROPOSTO

O dispositivo se baseia no efeito da pressão sobre a banda de rodagem do pneu. A banda de rodagem é a parte do pneu que fica em contato direto com o solo, ilustrada pela Figura 13. Com a baixa pressão (vista no caso 1 da Figura 14), o pneu tem a banda de rodagem curvada para seu interior e, com a alta pressão (vista no caso 3 da Figura 14) o pneu tem esta mesma parte da borracha curvada para seu exterior, como ilustra a Figura 14.

Figura 13 - Estruturas que compõem o pneu



Fonte: Michelin (2018) Adaptado pelo autor

Figura 14 - Efeito da pressão na parte da borracha do pneu que toca o solo

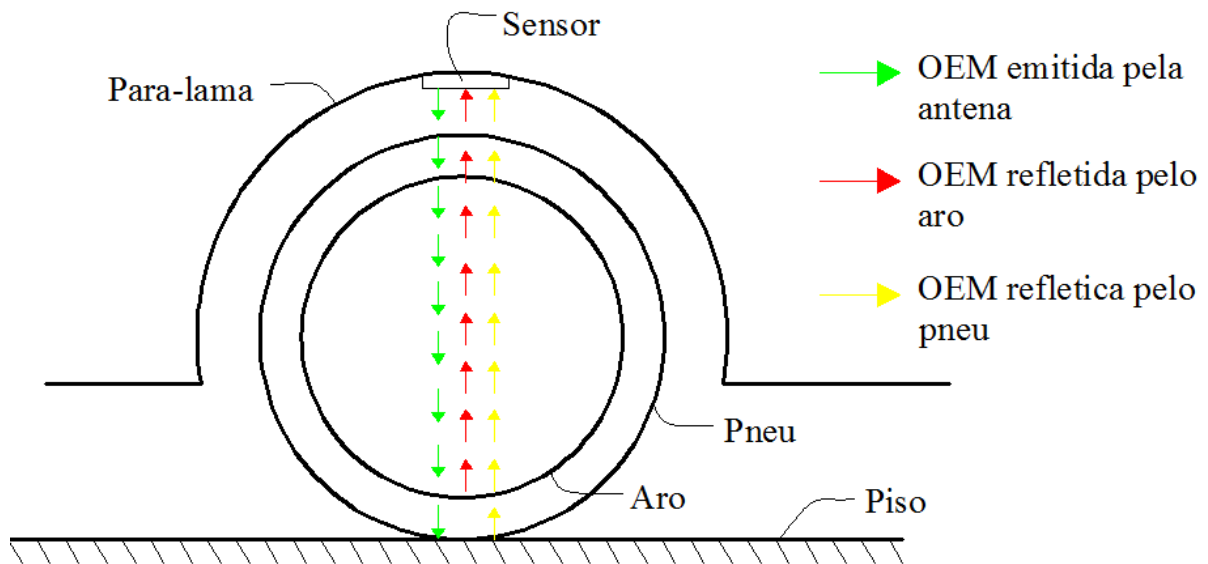


Fonte: Matias (2017)

O dispositivo é um TPMS indireto (iTPMS) para ser aplicado à IoT. É constituído por um nó de IoT, formado por um sensor e processadores, instalado ao para-lama no automóvel capaz de enviar as informações, sem fio, a um aparato instalado no painel do veículo para informar ao condutor sobre alguma irregularidade. O nó de IoT é instalado no para-lama do automóvel de forma que as ondas eletromagnéticas emitidas pelo RADAR, cruzem a união entre a banda de rodagem e o piso. Esta região foi escolhida por sofrer um maior efeito de curvatura da borracha, devido a força peso do veículo se concentrar nesta parte da borracha. As

OEM são refletidas pelo aro e pela banda de rodagem. O sensor, então, capta as OEM refletidas e faz o processamento de dados a partir de cálculos físicos para determinação da pressão no pneu. A Figura 15 ilustra o funcionamento do sensor.

Figura 15 - Funcionamento do sensor



Fonte: Autoria própria

O cálculo para detecção da pressão é feito através da diferença da distância do pneu e do aro. Desta forma é possível saber a distância entre a banda de rodagem e o aro. O cálculo para detecção da pressão é feito através da Equação 1:

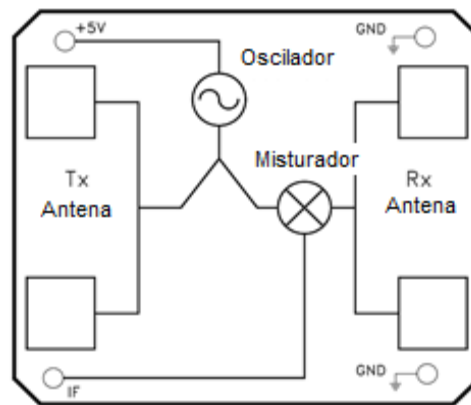
$$dP - dA \quad (1)$$

Onde dP é a distância do sensor até o pneu e dA é a distância do sensor até o aro. Inicialmente o sensor terá um valor de referência para a pressão correta (PC) em relação a distância entre a banda de rodagem e o aro. Desta forma existem três possíveis resultados distintos.

- Se $dP - dA = PC$. O pneu está calibrado;
- Se $dP - dA < PC$. O pneu está com baixa pressão e precisa ser calibrado;
- Se $dP - dA > PC$. O pneu está com excesso de pressão e precisa ser calibrado.

Para o teste inicial foi utilizado o módulo transceptor HB100. O módulo HB100 é um RADAR da série HB de módulos sensores de movimento por micro-ondas baseados no efeito Doppler bi-estáticos de banda X. O módulo é constituído por um Oscilador Dielétrico Ressonador (DRO do inglês *Dielectric Resonator Oscillator*), um misturador de micro-ondas e as antenas de transmissão e recepção, como ilustra a Figura 16.

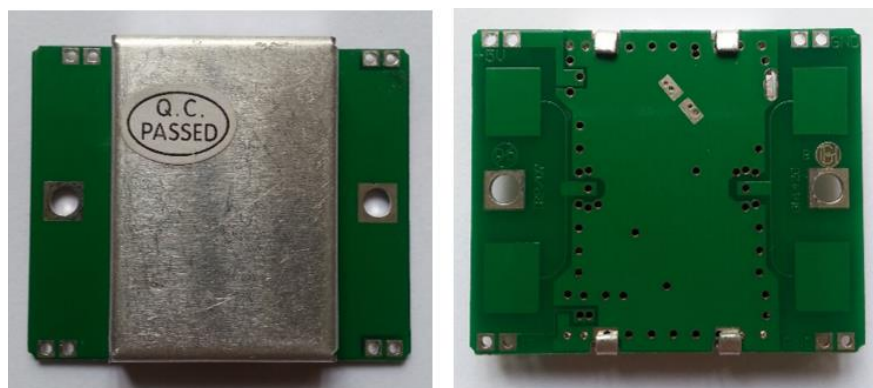
Figura 16 - Diagrama de blocos do HB100



Fonte: Agil Sense (2018) Adaptado pelo autor

O HB100 é um forte candidato para ser o sensor do dispositivo iTPMS proposto neste trabalho. Suas características são compatíveis com as do sensor, necessárias para construção do dispositivo TPMS. A Figura 17 mostra o módulo HB100.

Figura 17 - HB100



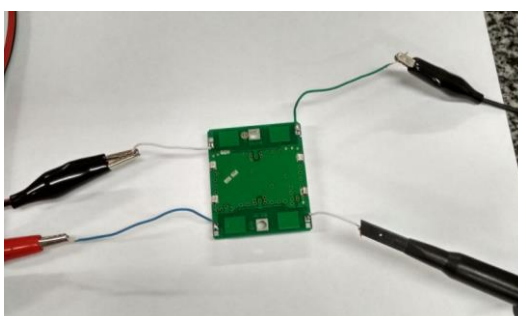
Fonte: Autoria própria

4. RESULTADOS

O primeiro teste com o módulo transceptor HB100 foi feito para verificar a viabilidade de seu uso no dispositivo proposto no presente trabalho. O teste tem por objetivo analisar o comportamento do módulo em relação a dois alvos de materiais diferente, um não condutor e um condutor. Consiste em fixar o módulo em um determinado lugar, inserir o alvo a sua frente e observar no osciloscópio a variação da frequência e da tensão em função da distância do alvo. O primeiro alvo é uma prancheta de madeira, material não condutor, e o segundo é um braço humano, material condutor.

O experimento foi realizado nos laboratórios da instituição, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) – campus Caraúbas, com o auxílio de uma fonte de alimentação e um osciloscópio, fornecidos pelo laboratório. A Figura 18 mostra o HB100 em funcionamento, sobre a bancada. As Figuras 19 e 20, respectivamente, mostram a fonte de alimentação e o osciloscópio, utilizados.

Figura 18 - Módulo HB100 em funcionamento



Fonte: Autoria própria

Figura 19 - Fonte de alimentação



Fonte: Autoria própria

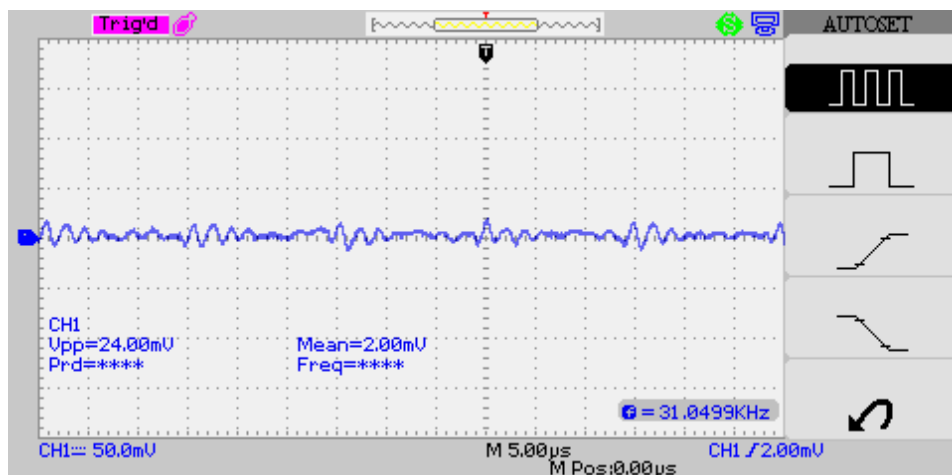
Figura 20 - Osciloscópio utilizado



Fonte: Autoria própria

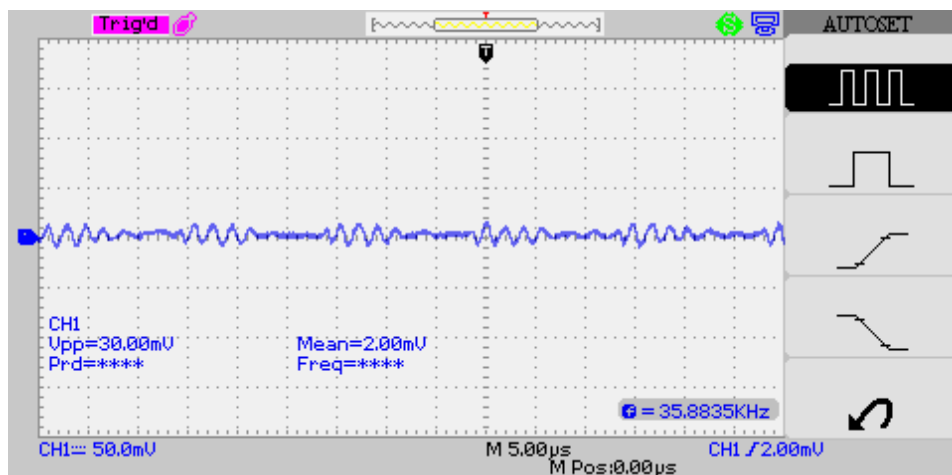
As Figuras 21, 22 e 23 mostram, respectivamente, através do osciloscópio o sinal de saída do módulo quando o alvo 1 (prancheta) é colocado a aproximadamente 30, 15 e 1 cm do HB100.

Figura 21 - Sinal de saída com o alvo 1 a 30cm



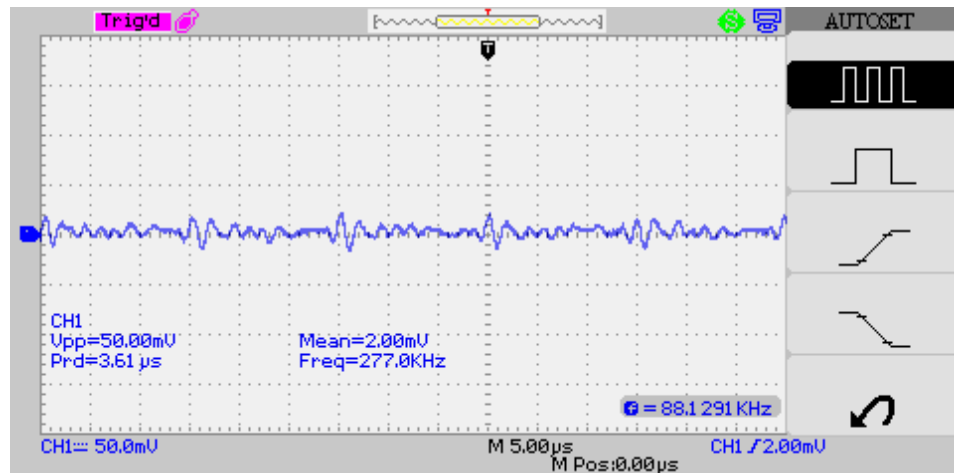
Fonte: Autoria própria

Figura 22 - Sinal de saída com o alvo 1 a 15cm



Fonte: Autoria própria

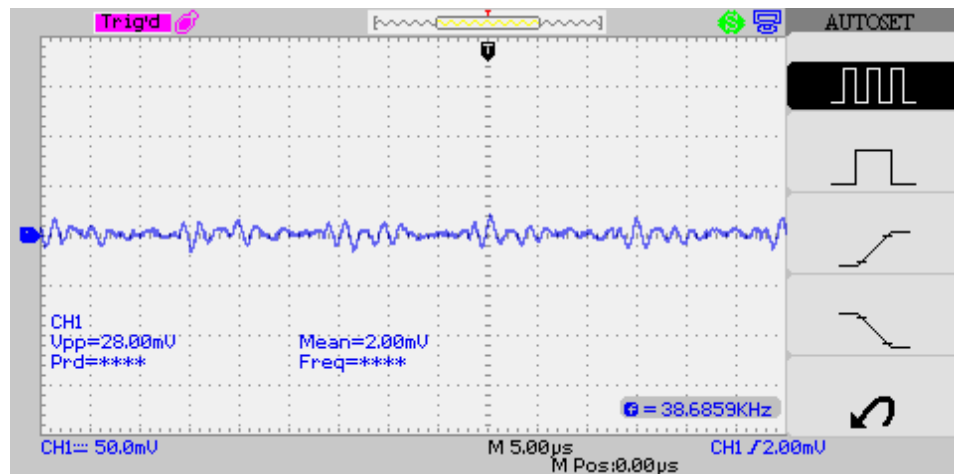
Figura 23 - Sinal de saída com o alvo 1 a 1cm



Fonte: Autoria própria

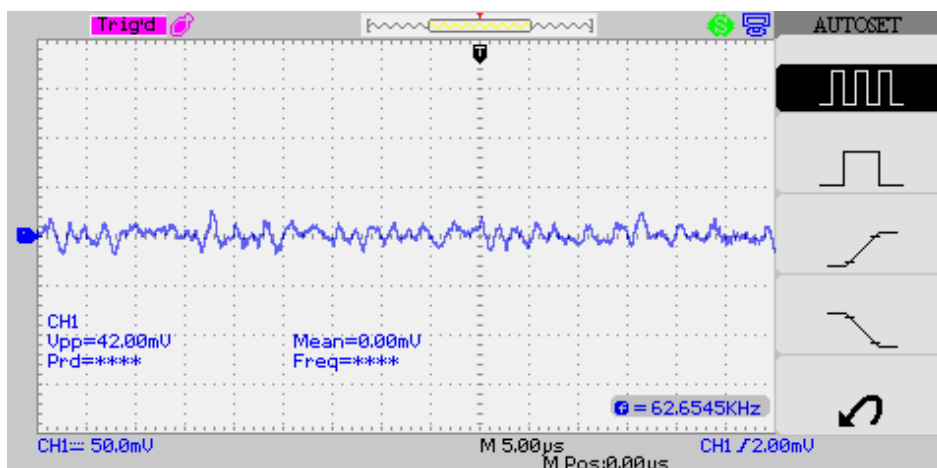
Posteriormente foi inserido o alvo 2 (braço humano) e refeita a análise colocando-o a 30, 15 e 1cm do módulo, os resultados podem ser vistos através das Figuras 24, 25 e 26, respectivamente.

Figura 24 - Sinal de saída com o alvo 2 a 30cm



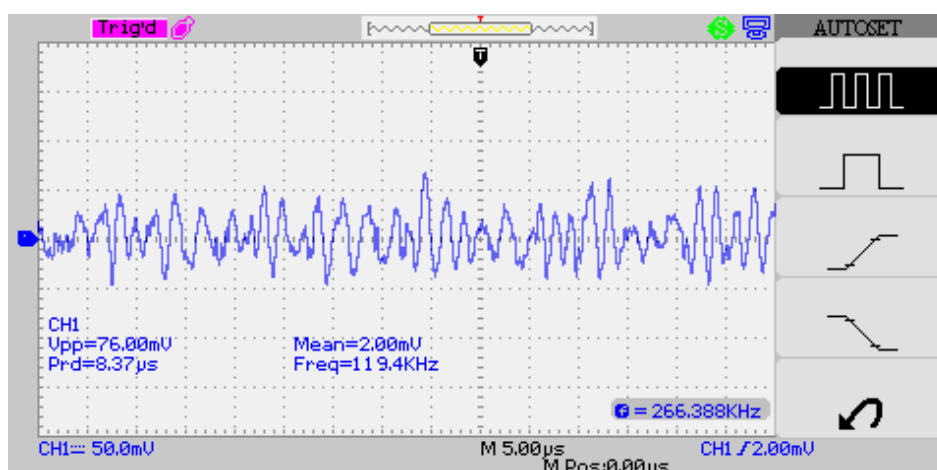
Fonte: Autoria própria

Figura 25 - Sinal de saída com o alvo 2 a 15cm



Fonte: Autoria própria

Figura 26 - Sinal de saída com o alvo 2 a 1cm



Fonte: Autoria própria

Através dos dados obtidos no osciloscópio foram construídas as Tabelas 3 e 4 mostradas abaixo. Com os valores das tabelas foi possível a criação dos Gráficos 1 e 2 através do *software* LibreOffice. O Gráfico 1 mostras as curvas de variação de tensão dos Alvos 1 e 2. O Gráfico 2 mostra as curvas de variação de frequência dos Alvos 1 e 2.

Tabela 3 - Tabelas referentes ao Alvo 1

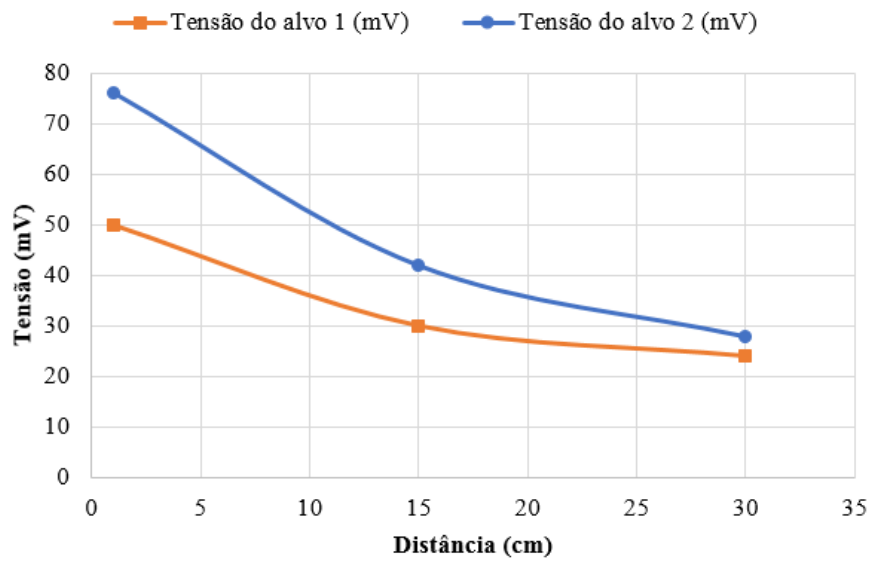
Alvo 1	
Distância (cm)	Tensão (mV)
30	24
15	30
1	50

Alvo 1	
Distância (cm)	Frequência (kHz)
30	31,05
15	35,88
1	88,13

Tabela 4 - Tabelas referentes ao Alvo 2

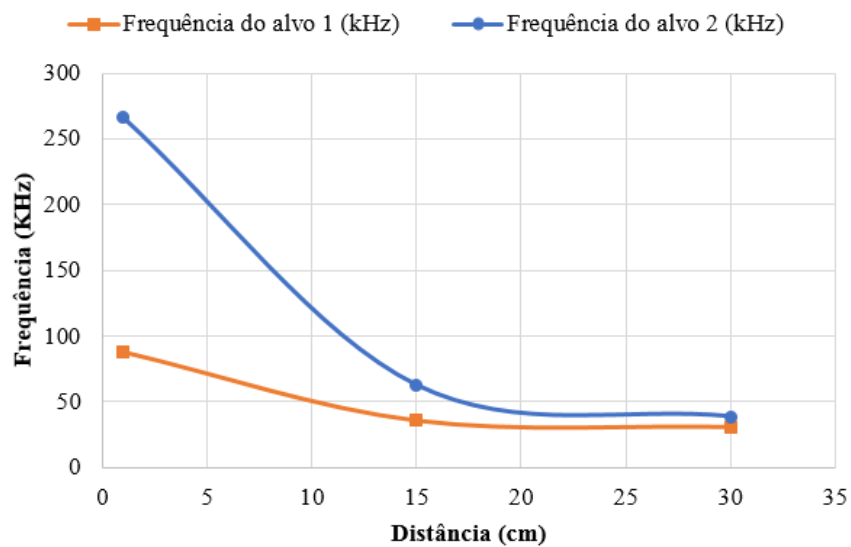
Alvo 2		Alvo 2	
Distância (cm)	Tensão (mV)	Distância (cm)	Frequência (kHz)
30	28	30	38,69
15	42	15	62,65
1	76	1	266,39

Gráfico 1 - Tensão em função da distância



Fonte: Autoria própria

Gráfico 2 - Frequência em função da distância



Fonte: Autoria própria

Os resultados obtidos no teste foram satisfatórios, visto que é possível observar claramente que, o módulo HB100 cumpre com a proposta de variação da frequência em função da distância do alvo e é sensível a diferentes materiais.

5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A partir dos estudos realizados por meio do levantamento bibliográfico foi possível fazer a análise dos dispositivos com embasamento teórico suficiente para entender como cada um funciona, o que possibilitou a inspiração da construção de um dispositivo, de baixo custo, capaz de medir a pressão nos pneus de forma indireta (iTPMS).

A partir dos testes experimentais realizados, pode-se constatar que o módulo HB100 é adequado para ser utilizado como sensor de distância do dispositivo proposto. De acordo com os resultados obtidos no teste feito em laboratório, o módulo se comporta de forma satisfatório, em relação a mudança de frequência e amplitude em função da distância, sendo sensível a materiais de permissividades elétricas diferentes, que são parâmetros essenciais para o funcionamento eficiente do dispositivo.

Possíveis trabalhos futuros:

- Estudo aprofundado sobre a viabilidade do módulo HB100 para este projeto;
- Estudo de novos sensores capazes de detectar a distância entre o pneu e o aro;
- Testes em pneus e aros;
- Testes em automóveis.

6. REFERÊNCIAS

AGIL SENSE (Org.). **HB Series Selection List**. Disponível em: <http://www.agilsense.com/useruploads/files/01_HB_selection_list_ver300.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2018.

AGUIRRE, Luis Antonio. **Fundamentos de instrumentação**. São Paulo: Pearson Education, 2013. 332 p.

AUTOMÓVEIS ONLINE (Org.). **O que é mais seguro? Pneus mais vazios ou cheios?** 2017. Disponível em: <<https://noticias.automoveis-online.com/o-que-e-mais-seguro-pneus-mais-vazios-ou-cheios/>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

BALANIS, C.A., **Antenna Theory – Analysis and Design**. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc. NY, EUA. 2005.

BORGES, Lucília Pereira; DORES, Rodrigo de Carvalho. **AUTOMAÇÃO PREDIAL SEM FIO UTILIZANDO BACNET/ZIGBEE COM FOCO EM ECONOMIA DE ENERGIA**. 2010. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.ene.unb.br/adolfo/Monographs/Graduation/TG10_Lucília_P._Borges_e_Rodrigo_C._Dores.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2018.

BORTOLIN, Fernando. **TPMS. Isso Ainda Fará Parte De Sua Vida. Prepare-se!** 2013. Disponível em: <<http://www.transportepress.com/o-tpms-ainda-fara-parte-de-sua-vida-prepara-se/>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

CLOUDTWEAKS (Ed.). **INFOGRÁFICO IOT - O QUE É A INTERNET DAS COISAS?** 2014. Disponível em: <<https://cloudtweaks.com/2014/09/what-is-the-internet-of-things/>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

CONNECT PARTS (Org.). **Sensor Pressão TPMS 201 T6X 15 67 PSI Wireless Vazamentos Pressão Pneus**. Disponível em: <<https://www.connectparts.com.br/sensor-de-pressao-tpms-201-t6x-15-67-psi->>

44619/p?idsku=2002920&gclid=CjwKCAjwk9HWBRAPeiwA6mKWabOOS566oNr9EiaquPW8s1YNLtgGuvHADn8SWg_N_ZpYtNcRCTPQiRoCMvEQAvD_BwE>. Acesso em: 16 abr. 2018

COSSINI, Fabio. **SENSORES, ATUADORES, DISPOSITIVOS: É POR AÍ QUE COMEÇA A INTERNET DAS COISAS**. 2017. Disponível em: <<http://innovationinsider.com.br/sensores-atuadores-dispositivos-e-por-ai-que-comeca-internet-das-coisas/>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

DIMAURO, Alessandro. **Internet of things**. 2014. Disponível em: <<http://www.satiztpm.it/internet-things/?lang=en>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

EXTREME TERRAIN (Org.). **TPMS Sensor (13-18 Wrangler JK; 2018 Wrangler JL)**. Disponível em: <<https://www.extremeterrain.com/tpms-sensor-1315-jk-j103446.html>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

FARHAN, Laith et al. A survey on the challenges and opportunities of the Internet of Things (IoT). **2017 Eleventh International Conference On Sensing Technology (icst)**, [s.l.], p.1-5, dez. 2017. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icsenst.2017.8304465>. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/8304465/>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

FEDERAL, Câmara. Já tenho idade para dirigir!.

FEITOSA, Carlos Eduardo Alves; TONETE, John Marlon Carvalho; DE OLIVEIRA, Luiz Fernando Pinto. Controle de direção veicular através da aplicação do sensor ultra-sônico HC-SR04.

GEOGRAFIA NEWS (Ed.). **Atualidade Faixas Salariais x Classe Social**. 2017. Disponível em: <<https://www.geografianews.com/single-post/2017/07/14/Faixas-Salariais-x-Classe-Social>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

HUGO (Org.). **Sistema de monitorização da pressão dos pneus**. Disponível em: <<https://portal.a4-klub.pl/a4-b6b7-uklad-kontroli-cisnienia-w-oponach/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

KALTIRE (Ed.). **WHY IS MY TPMS LIGHT FLASHING? IT COULD BE TIME FOR A NEW SENSOR.** Disponível em: <<https://info.kaltire.com/why-is-my-tpms-light-flashing-it-could-be-time-for-a-new-sensor/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

LIMA, Welton Dias. A Internet das Coisas. **TECNOLOGIAS EM PROJEÇÃO**, v. 8, n. 2, p. 67-78, 2017.

MARTINELLI, Dora; CATALDI, Alberto. **CARRO AUTÔNOMO OU QUASE? CONHEÇA OS NÍVEIS DE AUTONOMIA.** 2017. Disponível em: <<http://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2017/10/carro-autonomo-ou-quase-conheca-os-niveis-de-autonomia.html>>. Acesso em: 25 fev. 2018.

MARTINS, Márcio. **Pneu descalibrado faz carro gastar até 25% mais.** 2014. Disponível em: <<https://www.campograndenews.com.br/veiculos/pneu-descalibrado-faz-carro-gastar-ate-25-mais>>. Acesso em: 23 fev. 2018.

MATIAS, Eder. **Calibrar os pneus corretamente.** 2017. Disponível em: <<http://www.avaliacarros.com/2017/01/calibrar-os-pneus-corretamente/>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

MERCADO LIVRE (Org.). **TPMS.** Disponível em: <[https://lista.mercadolivre.com.br/tpms#D\[A:tpms\]](https://lista.mercadolivre.com.br/tpms#D[A:tpms])>. Acesso em: 16 abr. 2018.

MICHELIN (Org.). **Saiba como é um pneu MICHELIN por dentro.** Disponível em: <<http://www.michelin.com.br/tudo-sobre-carros/Conheca-seu-pneu/michelin-por-dentro>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

NASA (Ed.). **Remote Sensing and Lasers.** 1998. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/RemoteSensing.html>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

NEWTON C BRAGA (Org.). **Entenda as especificações dos sensores (ART645).** 2012. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/eletronica/52-artigos-tecnicos/artigos-diversos/4888-art645>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

PARKER, Michael. Radar Basics. **Digital Signal Processing** **101**, [s.l.], p.191-200, 2010. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-1-85617-921-8.00020-1>.

PNEUS ONLINE (Comp.). **TPMS: Sistema de vigilância da pressão dos pneus**. Disponível em: <<https://www.pneus-online.pt/tpms-conseils.html>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

RANJAN, Kumar. The lattice: An intelligent grid for connected car industry. **2017 Ieee Transportation Electrification Conference (itec-india)**, [s.l.], p.23-27, dez. 2017. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/itec-india.2017.8333887>. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8333887/>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

RODRIGUEZ, Henrique. **Como é “não dirigir” um carro autônomo?** 2017. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/como-e-nao-dirigir-um-carro-autonomo/>>. Acesso em: 25 fev. 2018.

SAMAHÁ, Fabrício. **Como funcionam os monitores de pressão dos pneus**. 2017. Disponível em: <<http://bestcars.uol.com.br/bc/informe-se/noticias/como-funcionam-os-monitores-de-pressao-dos-pneus/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

SANTAELLA, Lucia et al. Desvelando a internet das coisas. **Revista GEMInIS**, v. 4, n. 2, p. 19-32, 2013.

SCHEER, Jim; HOLM, William A. **Principles of modern radar**. SciTech Pub., 2010.

SCHRADER PERFORMANCE SENSORS (Org.). **TPMS: O INÍCIO**. Disponível em: <http://www.schraderinternational.com/Schrader-Past-To-Present/Pioneering-TPMS/TPMS-The-Beginnings10e1.html?sc_lang=pt-BR-SA>. Acesso em: 08 abr. 2018.

SEVA (Ed.). **TPMS SEVA**. Disponível em: <<http://www.seva.com.br/tpms/>>. Acesso em: 06 abr. 2018.

SILVA, Leandro Jamir. **INTERNET DAS COISAS**. 2017. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Disponível em:

<https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/3940/TCC_FINAL_LEANDRO_JAMIR_SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 mar. 2018.

STEELMATE (Org.). **Products**. Disponível em: <http://www.steel-mate.com.hk/index.php>. Acesso em: 09 abr. 2018.

TIRE KINGZ OF GEORGIA. **TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM**. Disponível em: <<https://www.tirekingzatl.com/services/tpms/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

LONGO, Waldimir Pirró. Ciência e Tecnologia: evolução, inter-relação e perspectivas. **Anais do 9º Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 1, p. 42, 1989.