

Procedimentos para a Construção de uma Bancada de Teste Para Sensor de Velocidade do Sistema de Freio Antitravamento

Procedures for the Construction of a Test Bench Anti-Lock Brake System

Ronnis Tarles Dantas Costa^{1*}, Dorgival Albertino da Silva Junior¹

RESUMO

Este trabalho descreve os procedimentos para construção de uma bancada de teste para sensores de velocidade da roda do sistema de freio antitravamento. São apresentados os desenhos mecânicos do projeto e descrições dos procedimentos de confecção e montagem. É proposto um esquema elétrico de controle com especificações de componentes e configurações pertinentes aos mesmos. Com isso, o gerenciamento da bancada é feito por um Raspberry Pi com programação Python.

Palavras chaves: Bancada de teste; sensores de velocidade; sistema de freio antitravamento.

ABSTRACT

This work describes the procedures for building a test bench for anti-lock brake system wheel speed sensors. The mechanical drawings of the project and descriptions of the manufacturing and assembly procedures are presented. An electrical control scheme is proposed with component specifications and relevant configurations. With this, the management of the bench is done by a Raspberry Pi with Python programming.

Keywords: Test bench; speed sensors; Anti-Lock Brake System.

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

*E-mail: ronnis.costa@alunos.ufersa.edu.br

INTRODUÇÃO

A decisão de utilizar o transporte particular para uma pessoa que deseja se deslocar de um lugar para outro é tomada a partir de critérios como conforto, flexibilidade de horários e conveniência (QUADROS, 2022). Nesse contexto, o sistema de freio antitravamento é uma tendência automobilística muito utilizada atualmente.

O sistema de freio Anti-Lock Brake System (ABS) é um importante item de segurança veicular (PECOLT et al., 2021). Onde é utilizado na indústria automotiva com o intuito de reduzir a distância de frenagem, ao passo que aumenta o controle direcional sobre o veículo (PECOLT et al., 2021). Para que isso ocorra, o ABS modula a pressão de freio através da relação de escorregamento, sendo esta uma variável de controle do sistema (KOYLU; TURAL, 2021).

Essa relação de escorregamento é calculada com base nas velocidades das rodas e do veículo em si (KOYLU; TURAL, 2021). Quando o veículo se encontra em movimento, o sensor de velocidade da roda produz uma onda, em que a sua frequência é proporcional a sua velocidade (FERNÁNDEZ et al., 2021; PECOLT et al., 2021). Tornando assim, o pleno funcionamento do sensor de velocidade da roda, essencial para o bom desempenho do sistema de freio ABS como um todo.

O principal desafio para o profissional de reparo automotivo é reduzir os subfatores sem eliminar potenciais causadores do problema (ALTINISIK; HUGUL, 2020). Pode-se citar, como método de diagnóstico, a inspeção visual, que durante as últimas décadas foram aprimoradas com a introdução de equipamentos modernos, ampliando as capacidades do procedimento (ALTINISIK; HUGUL, 2020). Diante deste cenário, uma bancada de teste para sensor de velocidade da roda do ABS amplia as possibilidades de diagnóstico nesse sistema.

Este trabalho descreve os procedimentos de construção da bancada de teste. Onde a mesma deve ser capaz de reproduzir a faixa de operação do sensor de velocidade da roda do ABS, para que assim, seja possível simular a velocidade de uma das rodas com o veículo estacionado. A mesma deverá ser gerenciada por um Raspberry Pi através de uma tela sensível ao toque.

Essas simulações são feitas através da rotação da roda fônica do ABS por meio de um sistema mecânico, de duas polias e uma correia, onde uma das polias é acoplada a um motor de passo e a outra é acoplada a roda fônica. Os valores de rotações do motor correspondem a valores de velocidade da roda do veículo.

Dessa forma, o profissional de reparo automotivo pode utilizar essa bancada de teste para sensor de velocidade do ABS em conjunto com outros equipamentos de diagnose automotiva como scanner e osciloscópio. Com isso, poderá coletar um maior conjunto de dados para chegar a um diagnóstico mais preciso e em menos tempo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Modelo de veículo compatível com a bancada

A bancada pode ser desenvolvida para qualquer veículo equipado com sistema ABS. Podendo ser veículo de passeio ou de transporte de cargas ou até mesmo uma moto de cilindrada mais elevada. Cada modelo de veículo terá suas particularidades, no que diz respeito a suas dimensões e funcionalidades, no entanto, todos vão apresentar um conjunto de características, que de certa forma, são inerentes ao sistema ABS como roda, roda fônica e unidade de controle eletrônico.

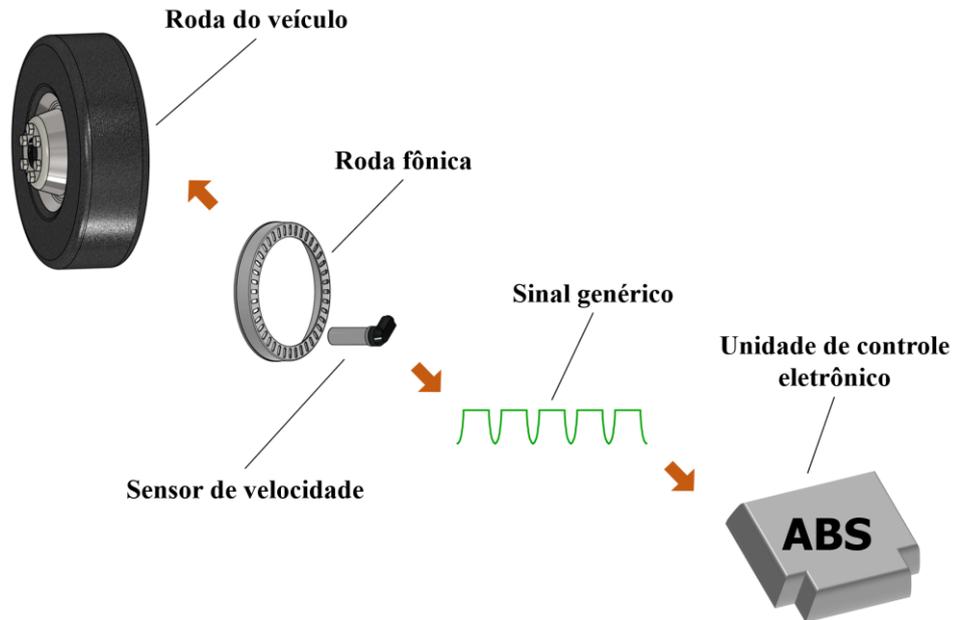
Funcionamento do sistema Anti-Lock Brake System (ABS)

Um sistema ABS de forma genérica apresenta três componentes principais, sendo eles um sensor de velocidade, uma roda fônica e uma unidade de controle eletrônico. De forma que, à medida que a roda do veículo gira a roda fônica acoplada a mesma gira também, de modo que ambas apresentam a mesma velocidade angular. A roda fônica apresenta uma certa quantidade de furos ou rasgos, na face que fica direcionada ao sensor de velocidade, o que provoca oscilações de tensão no sinal elétrico do mesmo.

A unidade de controle eletrônico do sistema ABS interpreta essas variações de tensão e cruza com valores de tempo para assim determinar a velocidade da roda do veículo, dessa forma, com o sinal do sensor de velocidade, a unidade de controle eletrônico consegue identificar quando a roda do veículo está girando ou parada. Possibilitando identificar se uma das rodas do veículo está travada ou não durante o processo de frenagem, com isso, a unidade eletrônica pode controlar o atuador hidráulico

ou pneumático para modular a força de frenagem e assim suavizar o processo. A Figura 1 ilustra um sistema ABS genérico.

Figura 1 - Sistema ABS genérico



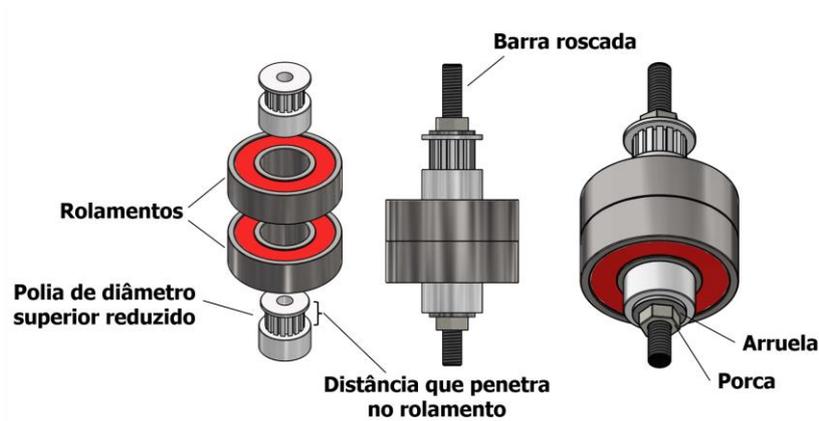
Fonte: Autoria própria

Sistema mecânico da bancada

Na confecção do sistema mecânico devem ser utilizados alguns elementos prontos e outros fabricados. Podem-se citar como exemplos de elementos prontos a roda fônica do veículo, o motor de passo e o suporte do motor. Já em relação aos elementos fabricados ou montados, pode-se citar o rotor da roda fônica, suporte do rotor e o suporte auxiliar do motor de passo.

Na montagem do rotor devem ser utilizados dois rolamentos, uma barra roscada, duas arruelas, duas porcas e duas polias. Onde a polia montada na parte inferior do rotor deve ter seu diâmetro da parte superior reduzido de modo a encaixar perfeitamente dentro do rolamento. A Figura 2 ilustra os componentes que formam o rotor da roda fônica e a Tabela 1 suas especificações.

Figura 2 - Rotor



Fonte: Autoria própria

Tabela 1 - Componentes do rotor

Componentes	Dimensões
Polia GT2 20 dentes	5x16x16 mm (dxDxA)
Rolamento 6202	15x35x11 mm (dxDxL)
Barra roscada	3/16" x 100 mm
Porca	3/16"
Arruela	5x15 mm (dxD)
d: diâmetro interno / D: diâmetro externo / A: altura / L: largura	

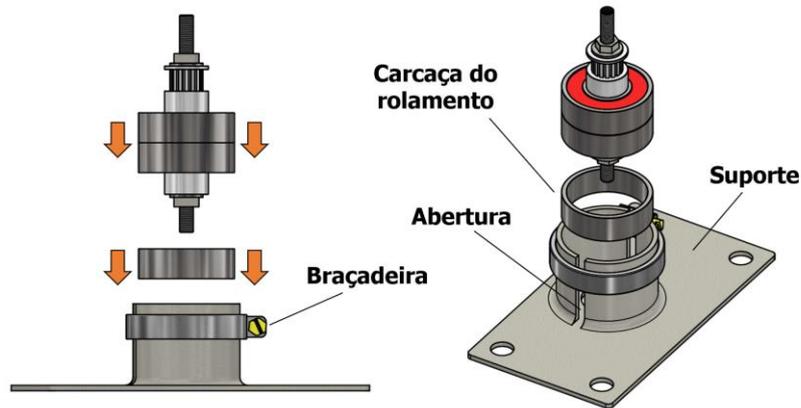
Fonte: Autoria própria

Para montar o rotor no suporte, deve ser utilizada uma carcaça externa de rolamento como espaçador, com as mesmas especificações dos rolamentos do rotor. Essa carcaça permite a elevação do rotor dentro do suporte, por esse motivo, a utilização da carcaça como espaçador torna a confecção do suporte mais simplificada.

Para fixação do rotor no suporte, é utilizada uma braçadeira de modo a pressionar as paredes laterais do suporte sobre as partes externas dos rolamentos, isso é possível

devido às aberturas encontradas nas laterais do suporte. A situação e os elementos descritos são ilustrados na Figura 3.

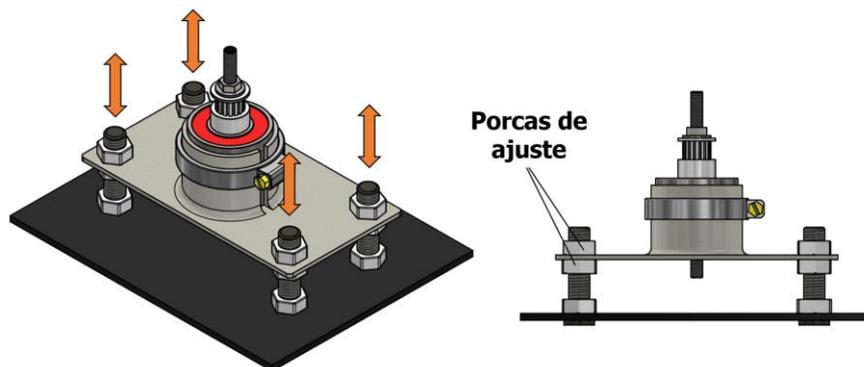
Figura 3 - Montagem do rotor



Fonte: Autoria própria

O suporte do rotor tem a finalidade de sustentá-lo, juntamente com a roda fônica do veículo, ao passo que possibilita o ajuste do alinhamento da correia que liga a polia do rotor a polia do motor. O alinhamento pode ser controlado de acordo com as alturas das porcas de ajustes encontradas próximas das junções entre duas arestas superiores da peça, como ilustrado na Figura 4, onde os parafusos utilizados devem ter 8 mm de diâmetro e sua altura irá depender da altura do motor escolhido.

Figura 4 - Suporte do rotor

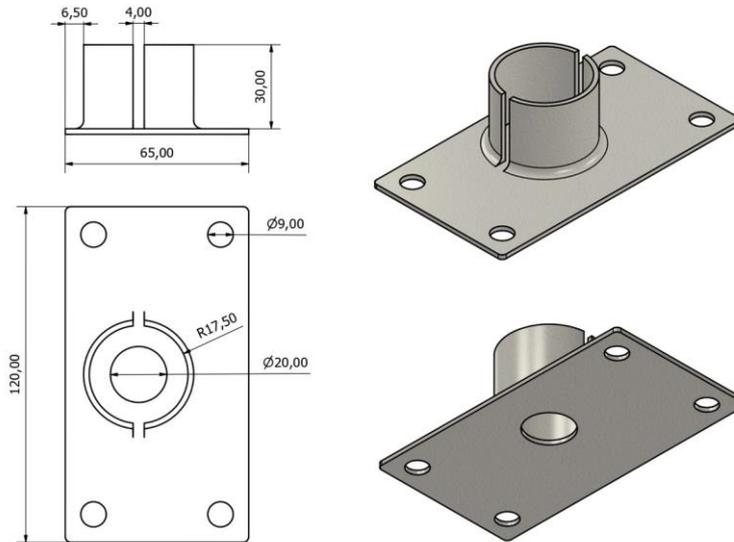


Fonte: Autoria própria

Na confecção do suporte do rotor, assim como no auxiliar do motor, devem ser utilizadas chapas de aço SAE 1020 de 2 mm. As Figuras 5 e 6 ilustram os suportes e suas

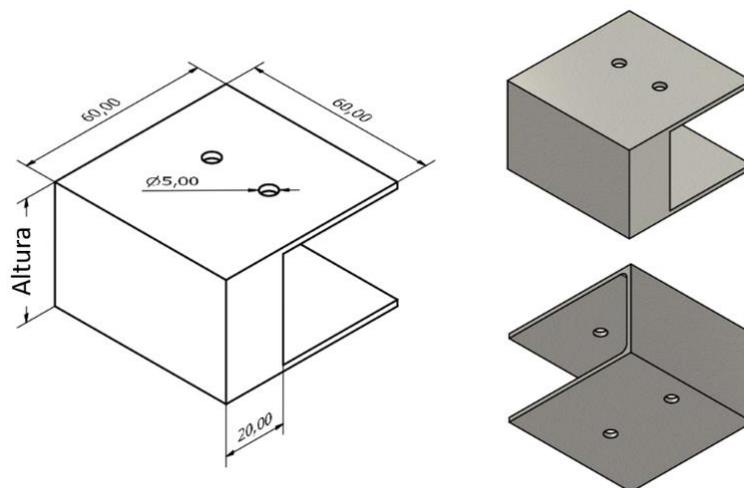
dimensões. Onde a altura do suporte auxiliar do motor deve ser igual a altura do motor escolhido.

Figura 5 - Suporte do rotor



Fonte: Autoria própria

Figura 6 - Suporte auxiliar do motor

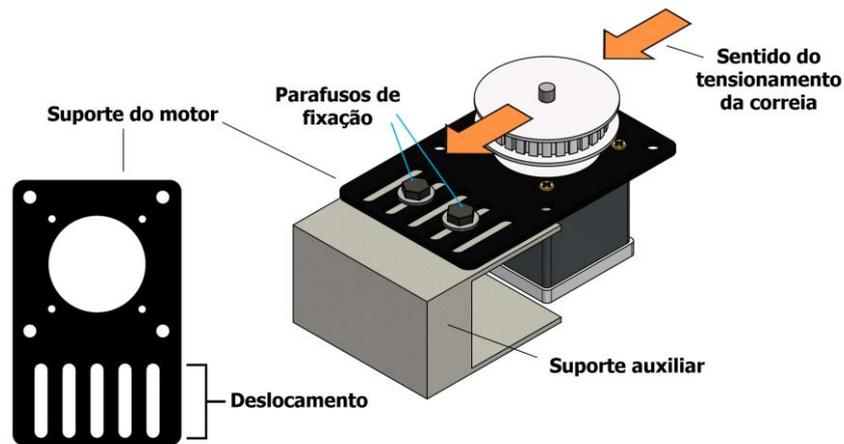


Fonte: Autoria própria

O tensionamento da correia que liga a polia do motor à polia do rotor é feito de acordo com o deslocamento longitudinal do suporte do motor juntamente com o próprio

motor sobre o suporte auxiliar. Onde ao encontrar o nível de tensão desejado basta fixar a posição com os parafusos e porcas que unem as superfícies dos dois suportes. A Figura 7 ilustra a situação descrita.

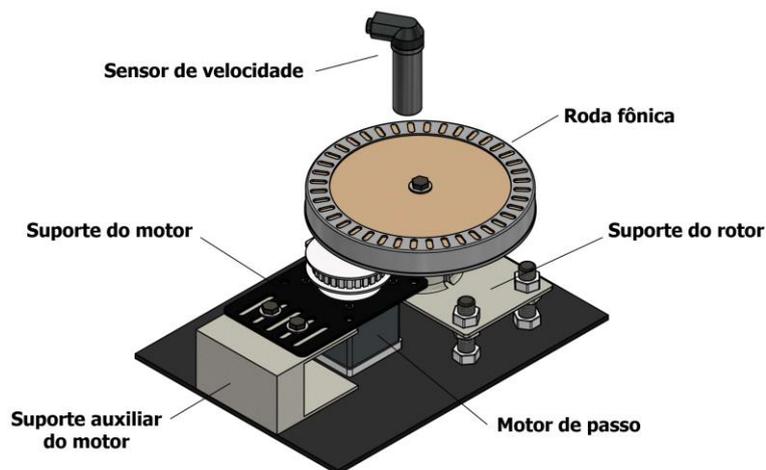
Figura 7 - Tensionamento da correia



Fonte: Autoria própria

A Figura 8 ilustra o sistema mecânico montado, onde com ele é possível girar a roda fônica do sistema ABS e com isso simular a rotação da roda do veículo. A polia escolhida para o motor é uma GT2 de 60 dentes.

Figura 8 - Sistema mecânico da bancada



Fonte: Autoria própria

Esquema elétrico da bancada

O circuito elétrico proposto para a bancada de teste é formado por cinco elementos principais. Sendo eles: Um motor de passo Nema 23 – 19 kg.cm / 4,2 A – Action, módulo drive de motor de passo TB6600 4A, duas fontes de tensão contínua de 19 V – 3,42 A, um módulo regulador de tensão LM2596 e o Raspberry Pi 3B+.

Esse motor de passo possui oito fios, que permitem a ligação do mesmo de três formas distintas. Ele pode ser ligado na forma bipolar em série e paralelo e na forma unipolar. A opção de ligação proposta para a bancada é a bipolar em série, de forma que o consumo de corrente é de 2,1 A de acordo com o Datasheet do motor.

O drive TB6600 4A permite o controle de corrente e do número de Passos Por Revolução (PPR) do motor. Esse controle é feito através de seis interruptores, onde três deles são responsáveis pelo controle da corrente e os outros três responsáveis pelo controle do número de PPR.

Na bancada indica-se utilizar as configurações de 400 PPR e 1,5 A com corrente de pico de 2,0 A. Esse valor de corrente foi escolhido por ser o valor mais próximo da corrente de trabalho do motor e com a corrente de pico menor que a mesma, já que não se tem exatamente esse valor de corrente nas possibilidades de seleção do drive. As configurações de correntes e PPR estão ilustrados na Tabela 2.

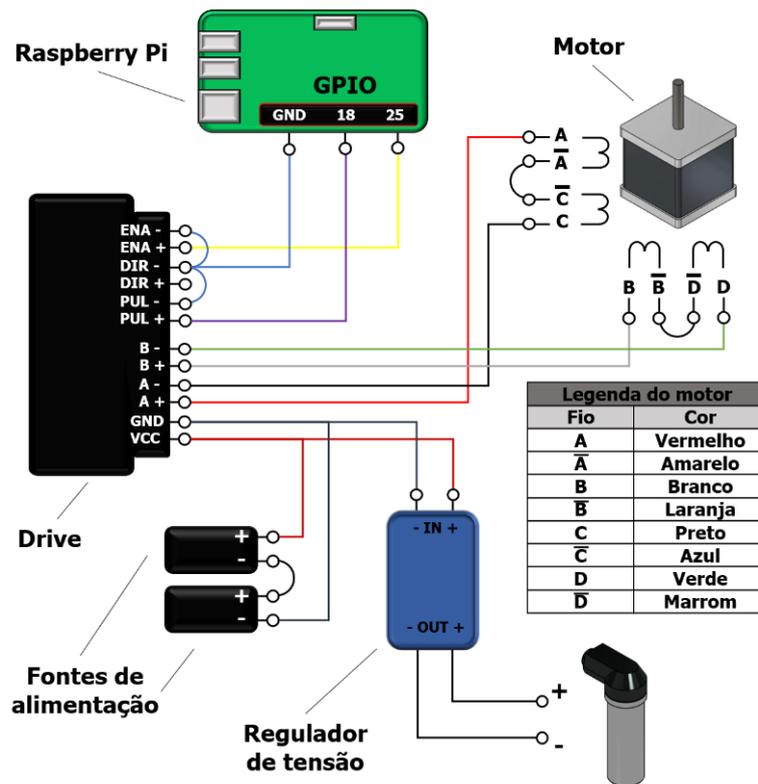
Tabela 2 - Controle de PPR e corrente do drive TB6600 4A

PPR	SW1	SW2	SW3	Corrente (A)	Pico (A)	SW4	SW5	SW6
200	ON	ON	OFF	0,5	0,7	ON	ON	ON
400	ON	OFF	ON	1,0	1,2	ON	OFF	ON
400	OFF	ON	ON	1,5	1,7	ON	ON	OFF
800	ON	OFF	OFF	2,0	2,2	ON	OFF	OFF
1600	OFF	ON	OFF	2,5	2,7	OFF	ON	ON
3200	OFF	OFF	ON	2,8	2,9	OFF	OFF	ON
6400	OFF	OFF	OFF	3,0	3,2	OFF	ON	OFF
-	-	-	-	3,5	4,0	OFF	OFF	OFF

Fonte: Retirado da carcaça do drive

O drive TB6600 4A e o módulo LM2596 possuem faixas de alimentação de respectivamente de 9 a 42 V e 3,2 a 40 V. Dessa forma, as duas fontes de 19 V – 3,42 A ligadas em série que formam uma tensão de alimentação de 38 V com 3,42 A podem alimentar ambos os componentes. A Figura 9 ilustra o esquema elétrico da bancada.

Figura 9 - Esquema elétrico da bancada



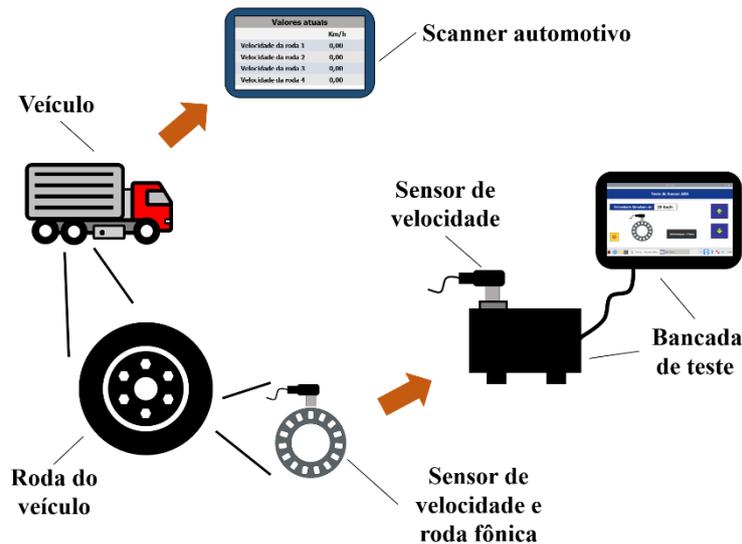
Fonte: Autoria própria

Bancada de teste em conjunto com o scanner automotivo

O esquema mostrado na Figura 10 mostra o esquema de ligação da bancada de teste com o scanner. Com o veículo estacionado, pode-se simular a velocidade do mesmo em uma das rodas acoplando o próprio sensor de velocidade da roda à bancada de simulação ou utilizando um sensor externo plugado ao chicote do veículo.

Com o sensor já conectado à bancada, o profissional de reparo automotivo pode controlar quais valores de velocidade ele deseja simular através da tela sensível ao toque do equipamento. Dessa forma, é possível utilizar uma estratégia de diagnóstico baseada nas simulações de velocidades.

Figura 10 - Esquema de ligação da bancada com o scanner



Fonte: Autoria própria

O scanner automotivo permite a visualização dos valores lidos pelos sensores do veículo, como valores de pressões, temperaturas e velocidades em tempo real. Dessa forma, é possível observar os valores de velocidades da roda do veículo em km/h no momento da simulação e comparar com os valores de comando da bancada que deverá ficar visível na tela do equipamento.

No entanto, para que isso ocorra, o scanner deve se comunicar corretamente com o módulo ABS. O módulo ABS não se comunica diretamente com o scanner, geralmente ele se comunica com o módulo de controle do veículo. Essa comunicação ocorre através da rede CAN (Controller Area Network), que posteriormente chega até a tomada de diagnóstico do veículo.

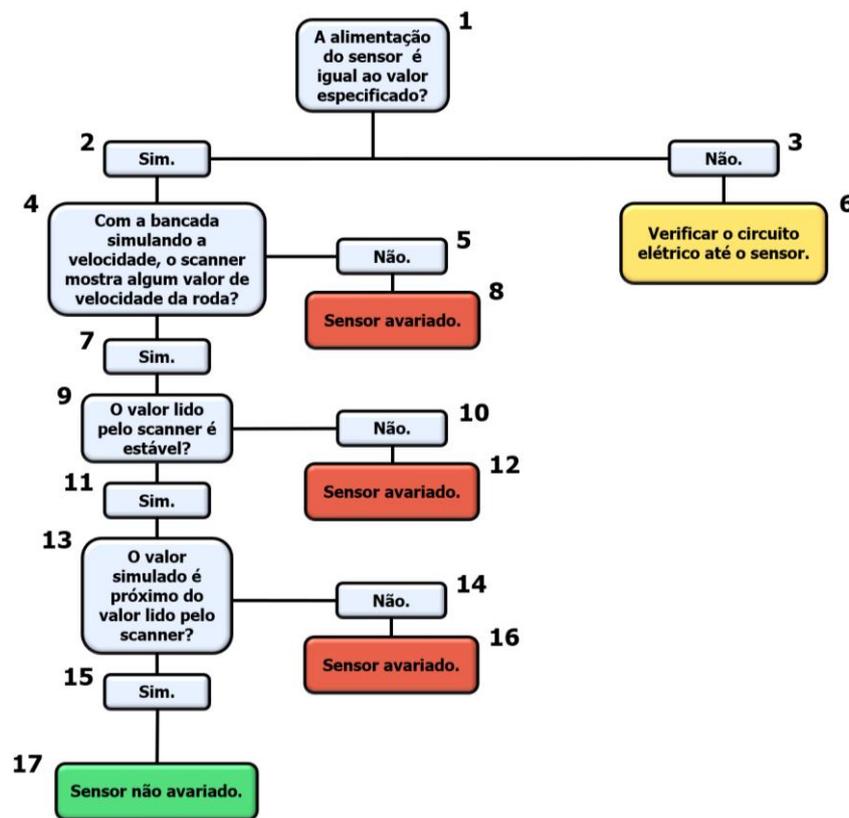
Por sua vez, o scanner é conectado à tomada de diagnóstico, ocasionando assim, a comunicação entre o módulo ABS e scanner. Dessa forma, para visualização dos valores atuais das velocidades das rodas do veículo, é necessária a integridade da comunicação do módulo ABS e dos elementos situados entre ele e o scanner.

Com o scanner conectado no veículo, outra condição que deve ser atendida é o reconhecimento do componente sensor de velocidade pelo módulo ABS. Pois, em algumas situações aparecerá uma mensagem, relatando o sinal inexistente deste componente, no campo em que deveria estar a velocidade atual da roda.

Com tais condições satisfeitas, é possível criar duas linhas de diagnósticos distintas para avaliar o estado do sensor de velocidade. A primeira delas, usando o próprio sensor do veículo, é mais indicada para o diagnóstico dos sensores de fácil acesso, pois assim, pode ser facilmente removido sem a necessidade da remoção da roda.

O primeiro passo a ser feito nessa linha de diagnóstico é verificar se a tensão de alimentação está igual ao valor especificado para o componente. Se essa condição for atendida, deve-se remover o sensor e acoplá-lo à bancada, com seu chicote ligado ao veículo, e iniciar uma sequência de passos de acordo com o fluxograma ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - Guia de diagnóstico sugerido para sensores de fácil acesso



Fonte: Autoria própria

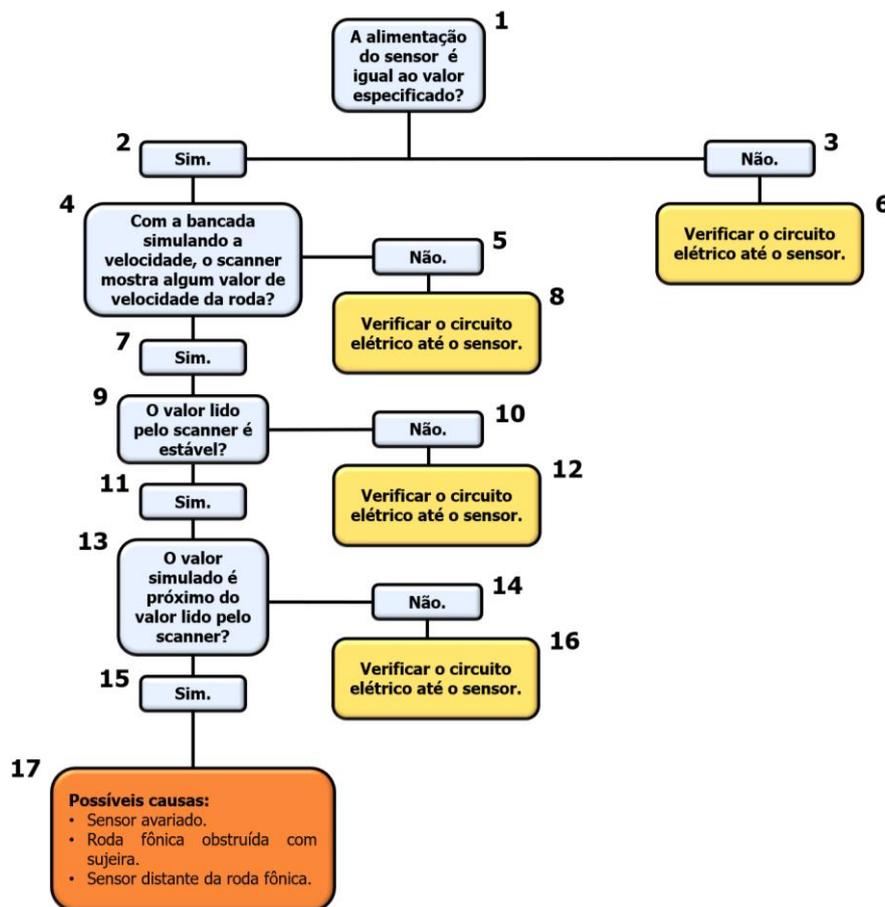
Com a sequência de condições ilustradas no fluxograma, pode-se observar que nos pontos 8, 12 e 16 o profissional de reparo automotivo chegaria à conclusão de que o sensor de velocidade está danificado e deve ser substituído. No ponto 17, o profissional de reparo conclui que o sensor se encontra em perfeito estado de funcionamento.

Chegar à conclusão de que o sensor se encontra em perfeito estado, é um importante fator na linha de diagnóstico. Pois, mesmo que exista algum outro problema no sistema ABS, o profissional de reparo elimina um dos seus potenciais causadores e pode partir para outros procedimentos em busca da falha.

A segunda linha de diagnóstico, utiliza um sensor de velocidade externo acoplado ao chicote do veículo. Essa modalidade é mais indicada para os sensores de difícil acesso. Para uma inspeção visual, por exemplo, é necessária a remoção da roda.

Assim como na primeira linha de diagnóstico, o primeiro passo a ser feito nessa linha de diagnóstico é verificar se a tensão de alimentação está igual ao valor especificado para o componente. Se essa condição for atendida, deve-se conectar um sensor de velocidade externo ao chicote do veículo e iniciar uma sequência de passos de acordo com o fluxograma ilustrado na Figura 12.

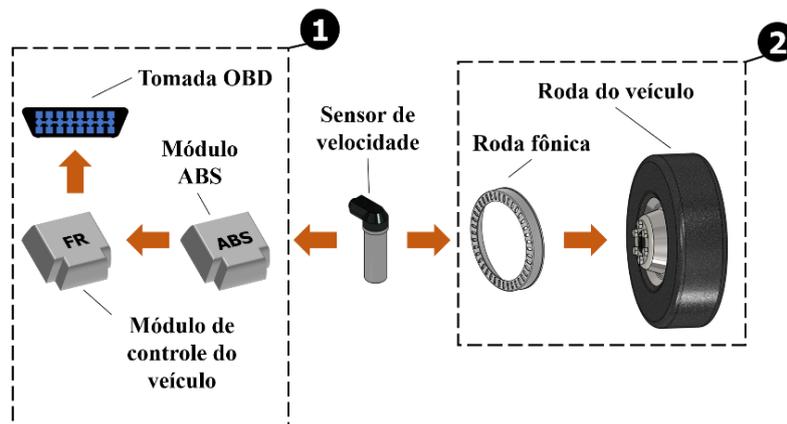
Figura 12 - Guia de diagnóstico sugerido para sensores de difícil acesso



Fonte: Autoria própria

Nos pontos 16 e 17 do fluxograma, tem-se o isolamento do defeito entre dois campos principais, onde os mesmos são ilustrados na Figura 13. Dessa forma, a partir do campo que se encontra o problema, o profissional de reparo automotivo irá buscar as possíveis causas do problema de forma mais filtrada.

Figura 13 - Campos onde se encontra o defeito



Fonte: Autoria própria

Supondo que o defeito esteja no campo 1, não há necessidade de remover a roda. Desse modo, evita a perda de tempo com a remoção e eventuais gastos com a troca do retentor da mesma, no momento da inspeção visual daquela área onde encontram-se o sensor e a roda fônica. Dessa forma, o profissional de reparo pode concentrar seus esforços em busca do defeito de maneira mais restrita, o que facilita o processo.

Caso o defeito esteja situado no campo 2, o profissional de reparo irá fazer a remoção da roda de forma mais confiante, já que, o mesmo saberá que o defeito se encontra naquela região, facilitando assim, o diagnóstico no sistema.

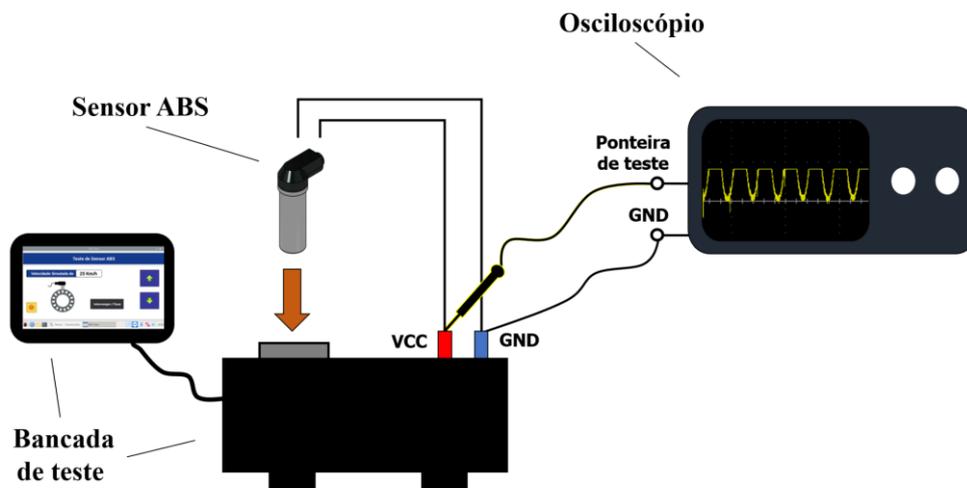
Com a remoção da roda, o profissional de reparo pode avaliar a roda fônica e o sensor. Caso necessário, poderá fazer a substituição do sensor ou da roda fônica ou ainda a limpeza da roda fônica, tudo a depender da situação encontrada pelo reparador após a remoção da roda.

Nos pontos 6, 8, 12, apesar de terem o mesmo enunciado do ponto 16, não são capazes de fazer o isolamento do defeito em dois campos principais como citado anteriormente. Pois, nesses pontos, ainda existem etapas da linha de diagnóstico a serem verificadas.

Bancada de teste em conjunto com osciloscópio

Para o teste individual do sensor de velocidade da roda, é necessária a utilização de um osciloscópio juntamente com a bancada. Pois, nessa modalidade, deve-se analisar o comportamento do sinal elétrico gerado pelo sensor conectado à bancada. A Figura 14 ilustra o esquema de ligação.

Figura 14 - Esquema de ligação da bancada com o osciloscópio



Fonte: Autoria própria

Com o sensor acoplado à bancada e alimentado pela mesma, deve-se conectar o aterramento (GND) do osciloscópio ao da bancada e a ponta de prova ao positivo (VCC). Com isso, deve-se iniciar a simulação e observação do comportamento do sinal do sensor. Para que o sensor seja considerado em bom estado, seu sinal deve apresentar algumas características.

Essas características são sinal contínuo ao longo do teste, período e amplitude do sinal homogêneo. A não continuidade do sinal durante o teste pode indicar um defeito intermitente, onde, em alguns momentos, o sensor apresenta características de um componente em perfeito estado e em outros momentos características de componente avariado. Nessa situação, o sensor de velocidade deve ser substituído.

Com relação ao período e amplitude do sinal, deve-se observar sua homogeneidade ao longo do tempo de simulação. No caso de haver variações severas nesses parâmetros, o sensor também deve ser substituído.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema mecânico desenvolvido é capaz de girar a roda fônica do sistema de freio ABS. O sistema foi pensado de maneira que seus componentes podem ser facilmente adquiridos ou fabricados, o que facilita a construção da bancada para estudo. No esquema elétrico contém todos os elementos necessários para a bancada, no entanto pode ser facilmente adaptado para utilização de outros componentes de mesmas funcionalidades.

Com a bancada de teste para sensor de velocidade da roda do ABS, é possível reproduzir toda a faixa de operação do sensor de velocidade da roda do sistema de freio ABS. Onde ao se comparar com os valores interpretados pelo scanner automotivo é possível aplicar duas linhas de diagnóstico distintas para este sistema de freio. Além de uma terceira linha de diagnóstico baseada na análise do sinal do sensor com um osciloscópio no momento da simulação de velocidade pela bancada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os procedimentos descritos neste trabalho permitem a confecção de uma bancada de teste para sensores de velocidades do sistema de freios ABS. Com a bancada sendo de fato capaz de simular as velocidades do veículo com o mesmo estacionado, é possível propor duas linhas de diagnóstico distintas em que a bancada trabalha em conjunto com um scanner automotivo. Além de uma terceira proposta, onde a bancada trabalha em conjunto com um osciloscópio

Dessa forma, a bancada de teste é capaz de proporcionar uma ampliação nas possibilidades de diagnóstico para o reparador automotivo. Permitindo assim, que o mesmo tenha acesso a um conjunto de informações maior sobre o que está acontecendo de fato no veículo avariado. Dessa forma, o diagnóstico tende a ser mais eficiente e preciso devido ao maior conjunto de informações que o reparador automotivo terá a sua disposição.

REFERÊNCIAS

ALTINISIK, A.; HUGUL, O. The seven-step failure diagnosis in automotive industry. *Engineering Failure Analysis*, v. 116, p. 104702, 2020. ISSN 1350-6307.

FERNÁNDEZ, J. P. et al. Influence of tire dynamics on a braking process with abs. *Transportation Research Procedia*, v. 58, p. 189–192, 2021. ISSN 2352-1465. XIV Conference on Transport Engineering, CIT2021.

KOYLU, H.; TURAL, E. Experimental study on braking and stability performance during low speed braking with abs under critical road conditions. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, v. 24, n. 5, p. 1224–1238, 2021. ISSN 2215-0986.

PECOLT, S. et al. Investigation of anti-lock braking system failures using wavelet analysis. *Procedia Computer Science*, v. 192, p. 3262-3271, 2021. ISSN 1877-0509.

QUADROS, A. A. Revisão sistemática para rastreamento veicular em tempo real. *Revista Conjecturas*, Vol. 22., p. 16-28, 2022. ISSN 1657-5830.

Recebido em: 15/09/2022

Aprovado em: 21/10/ 2022

Publicado em: 26/10/2022