

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA**

**EMANOEL ZAROR
MARIO ANDRÉ MILEK**

**DIAGNÓSTICO ELETRÔNICO DE EMBREAGENS AUTOMOTIVAS
ACIONADAS HIDRAULICAMENTE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2019**

**EMANOEL ZAROR
MÁRIO ANDRÉ MILEK**

**DIAGNÓSTICO ELETRÔNICO DE EMBREAGENS AUTOMOTIVAS
ACIONADAS HIDRAULICAMENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação de Tecnologia em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª Marcella Scoczynski Ribeiro Martins.

**PONTA GROSSA
2019**



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Ponta Grossa
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Eletrônica
Tecnologia em Automação Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO

DIAGNÓSTICO ELETRÔNICO DE EMBREAGENS AUTOMOTIVAS ACIONADAS HIDRAULICAMENTE

por
EMANOEL ZAROR
e
MARIO ANDRÉ MILEK

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 23 de setembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Tecnologia em Automação Industrial. O(A) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof(a). Dr^a. Marcella Scoczynski Ribeiro Martins
Orientador(a)

Prof(a). Msc. Edison Luiz Salgado Silva
Membro Titular

Prof(a). Dr. Josmar Ivanqui
Membro Titular

Prof. Dr. Josmar Ivanqui
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Felipe Mezzadri
Coordenador do Curso

– O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

Dedicamos este trabalho primeiramente à Deus, pois é o guia da verdade, onipotente e soberano na condução das nossas vidas, ajudando a chegar até este dia, sonhar e poder realizar os nossos planos, nossos sonhos. Aos nossos familiares e amigos que estiveram conosco durante toda a jornada, nos apoiando nas adversidades que são nossas fontes de inspiração para alcançar nossos objetivos, sem nunca deixar perder a essência de quem somos, mediante os sonhos que buscamos, sejam eles quais forem.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus que nos contempla a cada dia com a graça da vida e da saúde e nos concede a oportunidade de viver dignamente com aquilo que necessitamos. Revestindo-nos com proteção divina para enfrentarmos todos os desafios e as batalhas de cabeça erguida, com a garra necessária para superar todas situações adversas e ver os resultados dos nossos esforços.

Aos nossos familiares, pois seu apoio, incentivo e motivação foram essenciais para que o sonho se tornasse realidade, o que até então era impossível, e agora está em nossas mãos, graças aqueles que as ergueram quando mais precisamos, nos momentos difíceis.

Aos nossos colegas de sala, nossos amigos, que enfrentaram juntos os nossos medos, cobranças, criticam e trabalharam ao nosso lado para superar os desafios em todos os momentos, agradecemos a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização desse trabalho, conclusão desse sonho.

Agradecemos também a nossa orientadora, Prof. Marcella Scoczynski Ribeiro Martins, pela compreensão e cuidado em nos instruir nas etapas deste trabalho, além de contribuir intelectualmente com seu grande conhecimento e experiência, nos ensinou também, muitos valores pessoais como simplicidade, humildade, perseverança e foco, adjetivos raros para pessoas no mundo atual.

*“Deus é forte, ele é grande,
e quando ele quer, não tem
quem não queira.”*

- Ayrton Senna.

RESUMO

ZAROR, Emanuel; MILEK, Mario André. **Diagnóstico eletrônico de Embreagens Automotivas Acionadas Hidraulicamente**. 2019. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –Tecnologia em Automação Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

Este trabalho consiste em um estudo e desenvolvimento de um projeto referente a implementação diferenciada de um dispositivo eletrônico de baixo custo e fácil uso. Este dispositivo foi projetado para os profissionais da área automotiva utilizarem no seu dia a dia, identificando a força necessária para acionar a embreagem através de parâmetros dentro do estudo realizado, evitando trocas desnecessárias e prolongando ao máximo vida útil do conjunto de embreagem sem causar desconforto ao condutor. Sendo assim proporcionará maior segurança no momento do diagnóstico, uma vez que se baseia em parâmetros, e maior confiabilidade dos proprietários de automóveis nos serviços prestados. (NUSSENVEIG, 2013).

Palavras chave: Diagnóstico eletrônico, embreagens automotivas acionadas hidraulicamente.

ABSTRACT

ZAROR, Emanoel; MILEK, Mario André. Electronic diagnostics to hydraulically driven automotive clutches. .2019. 65 f. Course Conclusion Paper (Undergraduate) - Technology in Industrial Automation. Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2019.

This work presents a study and a project development of a low cost and easy to use electronic device to automatically measure the weight of hydraulically driven automotive clutches. This device was designed for automotive professionals to use in their work routine, identifying the actual weight of the clutch through parameters within the study, avoiding unnecessary changes and extending the duration of the clutch kit without causing discomfort to the driver. Thus it will provide greater safety at the time of diagnosis, as it is based on parameters, and greater reliability of car owners in the provided services (NUSSENVEIG, 2013).

Keywords: Electronic Diagnosis. Clutches Hydraulically Driven.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estatísticas de veículos equipados: transmissões manual x automático de 2010 à 2017.	17
Figura 2: Local instalação do conjunto embreagem Automotivo, entre motor e transmissão.	21
Figura 3: Disco de embreagem Automotivo.	24
Figura 4: Platô de embreagem.	25
Figura 5: Rolamento de embreagem.	25
Figura 6: Cabo de embreagem (acionamento mecânico).	27
Figura 7: Sistema de acionamento cabo de embreagem.	27
Figura 8: Cilindros de embreagem (acionamento hidráulico).	28
Figura 9: Sistema de acionamento mestre/escravo.	29
Figura 10: Cilindros tipo concêntrico (acionamento hidráulico).	29
Figura 11: Representação de acionamento cilindro concêntrico.	30
Figura 12: Protótipo em fase de montagem.	32
Figura 13: Pedal utilizado.	34
Figura 14: Cilindro mestre acionamento de embreagem utilizado.	35
Figura 15: Cilindro escravo de acionamento embreagem utilizado.	36
Figura 16: Demonstração do conjunto eixo, garfo e rolamento utilizados.	37
Figura 17: Reservatório utilizado.	38
Figura 18: Conjunto hidráulico montado (protótipo).	38
Figura 19: Protótipo pronto (vista frontal).	39
Figura 20: Protótipo pronto (vista superior).	39
Figura 21: Protótipo pronto (vista traseira).	40
Figura 22: Protótipo pronto (vista lateral direita).	40
Figura 23: Placa de Arduino Modelo UNO (utilizado na execução projeto).	43
Figura 24: Célula de carga alfa (modelo GLX).	44
Figura 25: Display LCD.	45
Figura 26: Placa do módulo HX711 utilizado na amplificação sinal da célula de	

carga.	46
Figura 27: Potenciômetro 10K.....	47
Figura 28: Conjunto pedal acoplado a célula de carga implementada no projeto. .	49
Figura 29: Esquema de ligação dos componentes utilizados no projeto.	49
Figura 30: Etapa de montagem dos componentes.	50
Figura 31: Etapa de calibração do sistema.	50
Figura 32: ETAPA 1 (Chave de ignição ligada ou na posição ACC).	53
Figura 33: ETAPA 2 (Instalação da pedaleira do equipamento no pedal veículo). .	54
Figura 34: ETAPA 3 (Inserir o pino trava do conjunto pedaleira do dispositivo).....	54
Figura 35: ETAPA 4 (Torque de ajuste no pedal da embreagem com pedaleira). ..	55
Figura 36: ETAPA 5 (Escolha do modo de alimentação do dispositivo).....	55
Figura 37: ETAPA 5 (Opções de alimentação do dispositivo)	56
Figura 38: ETAPA 6 (Aguardar ligar o equipamento).	56
Figura 39: ETAPA 7 (Pressionar o pedal de embreagem totalmente).....	57
Figura 40: ETAPA 8 (Soltar levemente o pedal eliminando pré-carga excessiva). .	57
Figura 41: ETAPA 9 (Aguarde a leitura peso da embreagem do veículo).	58
Figura 42: ETAPA 10 (Interpretação do valor medido, mensagem do percentual de desgaste).....	58
Figura 43: ETAPA 11 (Soltar pedal).	59
Figura 44: Digrama elétrico Arduino UNO REV 3.....	79
Figura 45: Ponte de Wheatstone.....	79

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1 – Dimensões do protótipo	32
Tabela 2 – indica deslocamento pedal da embreagem e distância do mesmo no protótipo montado	34
Tabela 3 – ligação do display LCD utilizado (HD44780).....	45
Tabela 4 – Terminais de ligação do módulo amplificador sinal HX711	47
Tabela 5 – Intervalos de percentual de desgaste utilizados na programação.	52
Tabela 6 – Dados coletados dos veículos pela ferramenta (PESO/KM).....	60
Tabela 7 – Veículos com índice de desgaste superior aos parâmetros.....	61
Gráfico de análise de variação percentual de desgaste km x peso	61
Tabela 8 – Peso da embreagem para outros modelos de veículo.....	62
Tabela 9 – Custos referentes ao projeto.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS

V	Volts.
cm	Centímetro.
mm	Milímetro.
kg	quilograma.
ohms	Resistência elétrica.
km	Quilômetros.

LISTA DE SIGLAS

LCD	Visor de Cristal líquido.
MDF	Placa de fibra de média densidade.
HX	Módulo conversor amplificador.
UNO	Modelo Placa de Arduino utilizada.
DOT	Departamento de transporte internacional.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 PROBLEMA	18
1.2 HIPÓTESE	18
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivo geral	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 JUSTIFICATIVA	19
1.5 METODOLOGIA.....	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 EMBREAGEM AUTOMOTIVA	21
2.2 FUNCIONAMENTO SISTEMA DE EMBREAGEM.....	22
2.3 COMPONENTES DO SISTEMA DE EMBREAGEM.....	23
2.3.1 Disco de embreagem	23
2.3.2 Platô de embreagem	24
2.3.3 Rolamento de embreagem	25
2.4 TIPOS DE ACIONAMENTO DO SISTEMA DE EMBREAGEM.....	26
2.4.1 Acionamento por cabo de embreagem.....	26
2.4.2 Acionamento da embreagem por sistema mestre/escravo.....	28
2.4.3 Acionamento do cilindro escravo concêntrico	29
2.5 PROBLEMAS NO SISTEMA DE EMBREAGEM.....	30
3 DESENVOLVIMENTO	31
3.1 PROTÓTIPO	31
3.1.1 Base de sustentação.....	32
3.1.2 Componentes utilizados no protótipo	33
3.1.3 Pedal de embreagem	33
3.1.4 Cilindro mestre (pedal da embreagem)	34
3.1.5 Cilindro escravo.....	35
3.1.6 Eixo, garfo e rolamento de embreagem	36

3.1.7 Reservatório e fluido.....	37
3.1.8 Protótipo finalizado	39
3.2 FERRAMENTA DE DIAGNÓSTICO	41
3.2.1 Caixa plástica	42
3.2.2 Interface arduino uno	42
3.2.3 Célula de carga alfa 30 Kg	43
3.2.4 Visor de cristal líquido (LCD).....	44
3.2.5 Módulo HX711	46
3.2.6 Potenciômetro Bourns 10K.....	47
3.2.7 Cabo de comunicação entre Arduino e pedaleira.....	48
3.2.8 Construção da ferramenta de diagnóstico	50
3.3 COMO UTILIZAR A FERRAMENTA	50
3.4 UTILIZAÇÕES DA FERRAMENTA	53
4 – RESULTADOS.....	59
5 – CONCLUSÃO	62
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
APÊNDICE A	66
APÊNDICE B	77
ANEXO A	78
ANEXO B	79

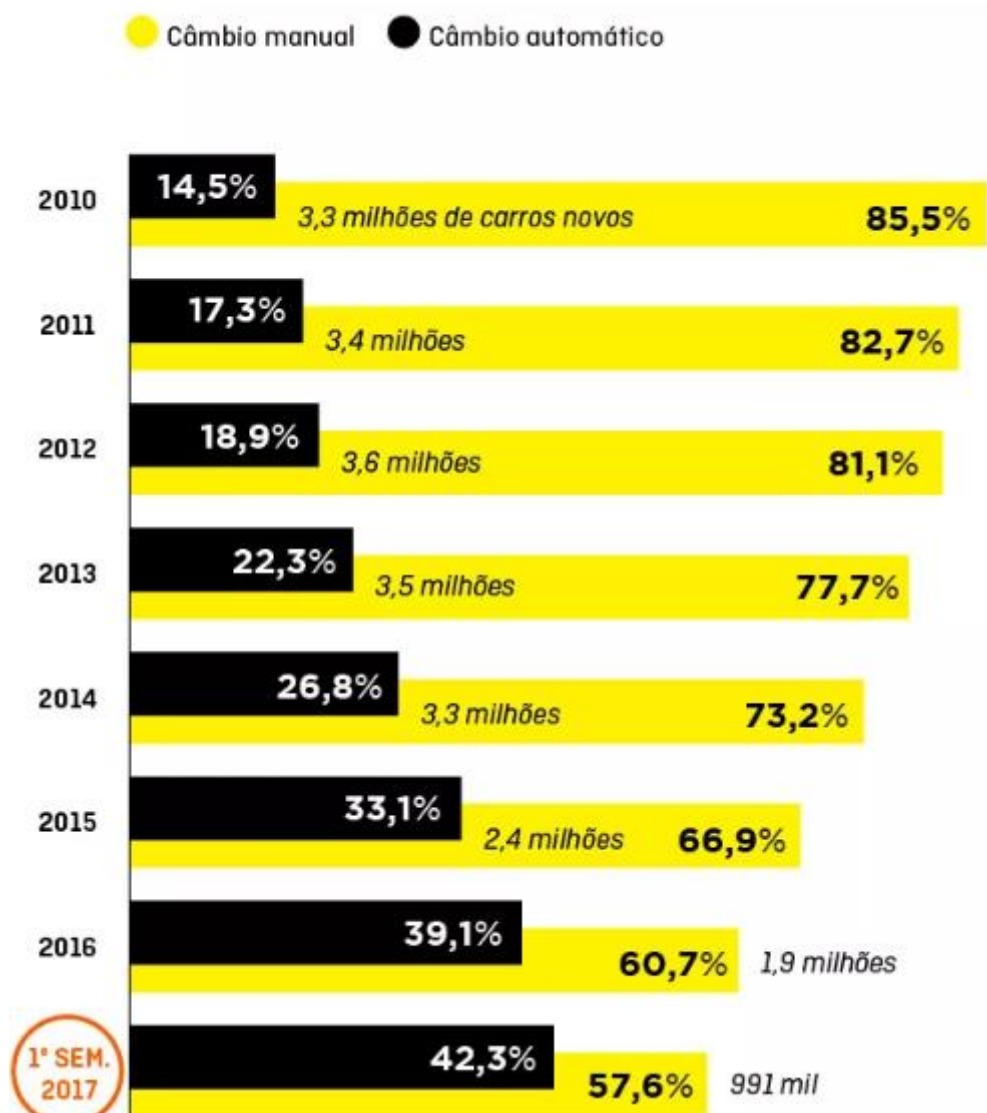
1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico na área automotiva vem crescendo constantemente nas últimas décadas, com o desenvolvimento a cada dia de novas tecnologias proporcionando maior conforto, segurança, conectividade, comodidade na relação homem - automóvel.

É cada vez maior a quantidade de sistemas que proporcionam conforto e praticidade na condução do veículo, como por exemplo, transmissões automáticas. Conforme uma pesquisa realizada pela empresa Jato Dynamics, publicada na Revista auto esporte [**AUTO ESPORTE, 2017**], 42,3% dos veículos fabricados na atualidade são equipados com transmissões automáticas, o que indica que vem crescendo muito a procura deste opcional, porém eleva os preços dos automóveis devido maior complexidade, mão obra especializada e custos dos componentes.

No Brasil, segundo o mesmo estudo realizado e apresentado conforme a Figura 1, da grande maioria dos carros populares comercializados, cerca de 57,6 %, são equipados com sistemas de transmissão manual e possuem diversos tipos de acionamento de embreagem, podendo ser convencionais via cabo, ou, na grande maioria, atualmente composta por acionamento hidráulico, proporcionando menor esforço no pedal e conseqüentemente maior conforto para o condutor do veículo ao acionar o pedal da embreagem.

Figura 1: Estatísticas de veículos equipados: transmissões manual x automático de 2010 à 2017.



Fonte: (AUTO ESPORTE, 2017).

Atualmente o profissional da área de manutenção realiza uma análise sensível do estado da embreagem no veículo, acionando o pedal da embreagem. Este trabalho de conclusão de curso tem como foco o desenvolvimento de um dispositivo eletrônico a ser aplicado dentro de uma concessionária de automóveis, com intuito de adquirir maiores informações e medidas de veículos, referentes ao sistema de embreagem automotivo, a fim de estabelecer parâmetros de medição para esta análise, no momento do acionamento do pedal.

O objetivo da criação deste dispositivo é coletar os dados através da implementação de um dispositivo eletrônico no pedal da embreagem a fim de captar

o valor em gramas do peso necessário para vencer a inércia do pedal de embreagem e conseqüentemente engatar as marchas do veículo.

1.1 PROBLEMA

Os fabricantes de embreagens, juntamente com as montadoras não possuem tipo algum de parâmetro evidenciando o momento ideal para troca do conjunto de embreagem em relação ao peso do pedal. Para análise hoje, cabe apenas a interpretação sensitiva do profissional que realiza o reparo, evidenciando a necessidade de troca.

1.2 HIPÓTESE

Verificar se a implementação de um circuito eletrônico aliado à célula de carga, juntamente com visualização através de *display* LCD, possibilitará a coleta de dados e medições no pedal.

A células de carga, cujo princípio de funcionamento baseia-se em uma balança digital, sendo adaptada a uma pedaleira específica desenvolvida (protótipo), e posicionada no pedal da embreagem com finalidade de obter o valor do esforço mecânico que o motorista executa para pressionar o pedal de embreagem e vencer a inércia do mesmo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver uma ferramenta de diagnóstico para profissionais da manutenção automotiva de fácil uso e acesso, evidenciando o momento ideal para troca de conjuntos de embreagens de automóveis que possuem sistema de acionamento do tipo hidráulico.

1.3.2 Objetivos específicos

1- Desenvolver um circuito eletrônico baseado em célula de carga que possibilita a medição da força aplicada à embreagem automotiva;

2- Desenvolver uma ferramenta que analisa a força aplicada à uma embreagem automotiva, possibilitando a definição de parâmetros que caracterizam um percentual de desgaste na embreagem;

3- Construir um protótipo para simular o acionamento hidráulico no automóvel a fim de demonstrar a saída do sinal, em relação a força, estabelecendo as medições e a definição de parâmetros.

1.4 JUSTIFICATIVA

De acordo com a evolução que ocorre no desenvolvimento de novas tecnologias para o ambiente automotivo, percebeu-se a necessidade de se criar um dispositivo de baixo custo e fácil utilização, visando a implementação da eletrônica em larga escala atuando junto com conjuntos mecânicos. Neste sentido, percebeu-se a importância da criação de parâmetros para identificar o percentual de desgaste nos conjuntos de embreagens que trabalham com princípio de funcionamento do atrito para transmissão de movimento, caracterizando assim possíveis falhas nos componentes, desde desgaste ou falha na parte de acionamento hidráulico até a parte de acionamento mecânico. Assim sendo, a implementação de uma ferramenta capaz de interpretar o sinal de peso, captado na saída do dispositivo do circuito implementado, possibilitará a análise do esforço aplicado para acionar o pedal da embreagem.

O desenvolvimento deste projeto tem como principal motivação despertar o interesse no avanço e desenvolvimento de novas tecnologias para criação de ferramentas eletrônicas para aplicação em diagnóstico automotivo.

1.5 METODOLOGIA

O que? Criação de dispositivo eletrônico de baixo custo e fácil operação para analisar o esforço no pedal da embreagem a fim identificar o seu percentual de desgaste.

Com que? Utilização de célula de carga com capacidade de 30kg, instalada em um dispositivo contendo um suporte de fixação para encaixe no pedal da embreagem, interligada com a placa amplificadora de sinal HX711, ligado a uma interface do Arduino UNO com sinal demonstrado na tela display de LCD.

Onde? A criação de protótipo simulando o acionamento hidráulico no automóvel será desenvolvida nos laboratórios da UTFPR. A implementação do projeto será dentro da concessionária de veículos para análise de dados reais nos automóveis.

Quanto? Dispositivo de baixo custo de montagem e fácil utilização pelos profissionais da área automotiva. Valor aproximado de R\$ 300,00.

Com quem? O trabalho será efetuado por dois alunos autores do projeto e supervisão do professor orientador.

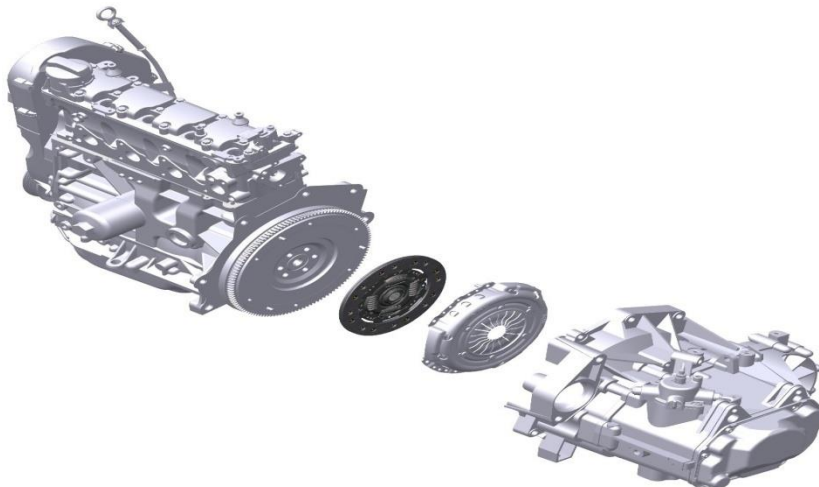
2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 EMBREAGEM AUTOMOTIVA

A embreagem com aplicação no automóvel, surgiu na Alemanha na década de 1880 atribuindo a seus inventores Gottlieb Daimler e Wilhelm Maybach que criaram um mecanismo capaz transferir a rotação do motor de uma maneira gradativamente controlada para as rodas [AutoLine, 2017].

A função de um conjunto de embreagem é a transferência da rotação do motor para a transmissão e conseqüentemente o movimento para as rodas do veículo, proporcionando acoplamentos leves e suaves nos intervalos das trocas das marchas, suavizando e filtrando as vibrações relacionadas a torção deste acoplamento pelo atrito. Funciona no momento em que o motorista aciona o pedal de embreagem, onde um cabo ou sistema hidráulico pressiona um garfo de acionamento liberando o atrito entre disco e o volante fixado ao motor, através do acionamento no sistema de mola membrana do platô de embreagem, ao soltar o pedal faz com que o disco seja pressionado contra o platô ao volante do motor transmitindo o torque gerado no motor proporcional a rotação da marcha aplicada na transmissão, conforme figura 2, que demonstra localização do conjunto de embreagem no veículo.

Figura 2: Local instalação do conjunto embreagem Automotivo, entre motor e transmissão.



Fonte: (AFTERMARKET. ZF, 2019).

2.2 FUNCIONAMENTO SISTEMA DE EMBREAGEM

O sistema de embreagem fica localizado na região entre o câmbio e o motor do veículo, acoplando e desacoplando um com o outro, de maneira suave proporcionando um controle de rotação do motor. No princípio de funcionamento de uma embreagem, ao pisar no pedal ocorre o desacoplamento do disco de embreagem com volante do motor ocasionando o corte da ligação entre transmissão e motor (Frasle, 2018), utilizada basicamente para promover o arranque inicial do veículo. O funcionamento é dividido em: Etapa - 1, Etapa - 2, Etapa - 3 e Etapa - 4.

Etapa - 1 – Ao ocorrer a combustão interna, no interior do cilindro, devido a queima de combustível fóssil, ocorre o movimento descendente do pistão no cilindro transmitindo seu movimento para um eixo denominado virabrequim que está ligado através das bielas nos pistões.

O virabrequim é componente interno do motor ligando todos componentes móveis, apresenta em sua superfície traseira roscas de fixação, onde é parafusado o volante do motor, do qual tem por finalidade o controle da rotação e equilíbrio do funcionamento do motor.

Etapa 2 – nesta condição ocorre a transferência da pressão aplicada pelo pé do motorista no pedal da embreagem, através de um sistema hidráulico (cilindro com ação hidráulica), ou um sistema mecânico (cabos de acionamento) transferindo esta força mecânica para o cilindro/haste, que logo após transfere a força para um garfo efetuando o movimento de acoplamento e desacoplamento da rotação motor/câmbio.

Etapa 3 – Com o acionamento do garfo de embreagem o mesmo empurra um rolamento que está fixo em sua ponta, denominado rolamento de embreagem, conforme figura 5, contra um sistema chamado mola membrana do qual é parte do componente chamado platô da embreagem, liberando/afastando o elemento que está em atrito entre o motor e câmbio denominado disco de embreagem (figura 3), fazendo com que naquele instante o disco pare de girar, proporcionando um intervalo de tempo para igualar a rotação do motor aplicada, com a relação de marcha imposta naquele instante.

Etapa 4 – Após soltar o pedal da embreagem o mesmo retorna a membrana do platô no seu estado inicial, pressionando o disco contra o volante através do atrito, transmitindo a rotação selecionada.

No contexto físico, a força se aplica dentro das 3 leis de Newton, e pode ser definida como ação física capaz de proporcionar alteração da condição de repouso ou de movimento retilíneo uniforme de um objeto material, vencendo seu estado inercial. Como peso é a força de atração gravitacional que o planeta exerce sobre o objeto, ao longo do nosso trabalho, quando falamos sobre a força exercida no pedal, estaremos falando sobre o peso que atua sobre ele. [NUSSENZVEIG, 2013].

2.3 COMPONENTES DO SISTEMA DE EMBREAGEM

2.3.1 Disco de embreagem

É o componente fixado na região central da embreagem, o qual faz conexão física pelo atrito, entre o motor e a transmissão. Na sua construção possui o formato circular metálico, com revestimento de outro material nas suas bordas (material do tipo abrasivo) possuindo ranhuras para proporcionar um melhor atrito entre superfícies do volante do motor do platô. Na sua região central, possui um eixo estriado o qual permite o encaixe na ponta do eixo da transmissão, possuindo também molas do tipo amortecedoras torcionais em sua construção, para suavizar o impacto dos momentos de acoplamento ao serem acionadas, conforme demonstrado na figura 3.

Sua função é a redução de ruídos e vibrações no sistema, causados pelo movimento de acoplamento mecânico entre os componentes.

Figura 3: Disco de embreagem Automotivo.



Fonte: (CLICK PEÇAS, 2019).

2.3.2 Platô de embreagem

Peça responsável por alojar/fixar o disco de embreagem e pressionar o mesmo contra o volante do motor conforme figura 4, girando juntamente com o mesmo. Em sua construção possui algumas partes, sendo elas:

- Placa de pressão (local onde ocorre atrito com o disco, pista atrito).
- Carcaça física (é fixada volante do motor).
- Mola membrana (Diafragma que sofre deformação para acoplamento).

Seu funcionamento consiste em uma placa de pressão acoplada no disco, permitindo o acoplamento e desacoplamento da transmissão com o motor.

- Pedal acionado - desacoplamento entre transmissão e motor.
- Pedal não acionado - acoplamento entre transmissão e motor.

Figura 4: Platô de embreagem.



Fonte: (SCHAEFFLER, 2017).

2.3.3 Rolamento de embreagem

O rolamento de embreagem conforme figura 5, é instalado entre o platô e a carcaça do câmbio, onde o mesmo desliza sobre o eixo piloto da transmissão através do movimento do garfo, para pressionar a mola membrana do platô contra o disco, ocorrendo assim o acoplamento/desacoplamento do mesmo.

Figura 5: Rolamento de embreagem.



Fonte: (AFTERMARKET.ZF, 2019).

2.4 TIPOS DE ACIONAMENTO DO SISTEMA DE EMBREAGEM

O sistema de acionamento das embreagens consiste basicamente na maneira que o pedal irá transferir a força mecânica para o conjunto de membrana do platô. Este tipo de acionamento pode ser basicamente de duas formas: um sistema com ligação de um cabo, efetuando assim a transferência desta força de tração, ou um sistema hidráulico, onde com a pressurização de um fluido através de cilindros transfere a força do pedal para o acionamento do garfo da embreagem.

Na atualidade há diferentes tipos de acionamentos possíveis, sendo eles:

- Acionamento por cabo de embreagem (mecânico).
- Acionamento por cilindros mestre/escravo (hidráulico).
- Acionamento por cilindro escravo concêntrico (hidráulico).

Cada tipo será apresentado em detalhes nos itens 2.4.1, 2.4.2 e 2.4.3.

2.4.1 Acionamento por cabo de embreagem

Este sistema é o mais comum existente, equipa desde veículos antigos até atuais. Seu funcionamento ocorre de maneira simples e direta: trata-se de um cabo que possui um revestimento externo metálico, mostrado na figura 6, onde internamente desliza-se um conjunto de arames entrelaçados que suportam movimento de força e tração no acionamento; uma parte é conectada na ponta do pedal da embreagem, e a outra na parte do garfo de acionamento, transferindo assim a força de um local para outro.

Conforme a figura 7, ao pressionar o pedal, o mesmo puxa o elemento central do cabo, puxando também o garfo de acionamento, pressionando o rolamento na membrana do platô, liberando assim o disco para seu acoplamento ou desacoplamento.

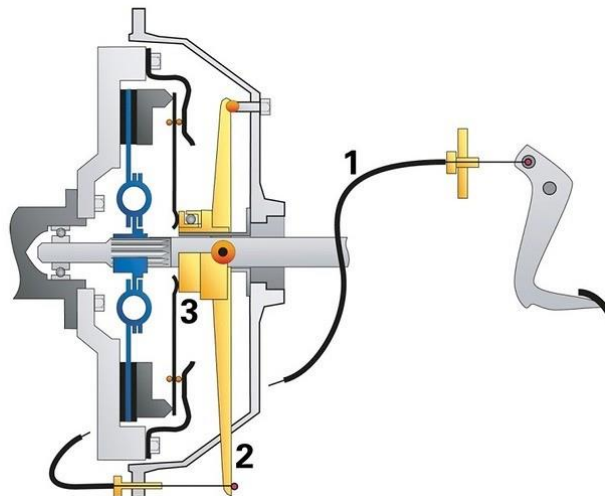
Figura 6: Cabo de embreagem (acionamento mecânico).



Fonte: (Fania, 2019).

A figura 7 mostra o sistema de acionamento por cabo de embreagem.

Figura 7: Sistema de acionamento cabo de embreagem.



Fonte: (Aftermarket.zf, 2019).

Legenda

- 1- Cabo de acionamento (elemento que liga pedal ao câmbio).
- 2- Mancal de liberação (garfo de embreagem).
- 3- Rolamento que pressiona a membrana do platô.

2.4.2 Acionamento da embreagem por sistema mestre/escravo

Consiste em um sistema de acionamento do tipo hidráulico, composto por um cilindro alojado no pedal (mestre), assim visualizado na figura 8, utilizando fluido do reservatório do freio em uma outra galeria, para produzir a força hidráulica transmitida pelo movimento do acionamento do pedal, através de um tubo metálico, deslocando a haste de outro cilindro que está fixado na transmissão, já que a haste do mesmo empurra o garfo de embreagem acionando assim o platô.

É um sistema confiável, muito utilizado na atualidade, por proporcionar nível maior de conforto e atender exigências ergonômicas.

A figura 8 mostra cilindros de embreagem utilizados nos sistemas de acionamento do tipo hidráulico.

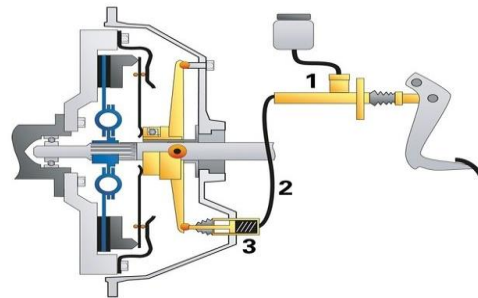
Figura 8: Cilindros de embreagem (acionamento hidráulico).



Fonte: (aftermarket.zf, 2019).

A figura 9 mostra o funcionamento do sistema mestre /escravo.

Figura 9: Sistema de acionamento mestre/escravo.



Fonte: (Aftermarket.zf, 2019).

Legenda

- 1- Cilindro mestre que envia fluido após ação pedal.
- 2- Tubo ou mangueira fixação entre cilindros.
- 3- Cilindro escravo que aciona o garfo.

2.4.3 Acionamento do cilindro escravo concêntrico

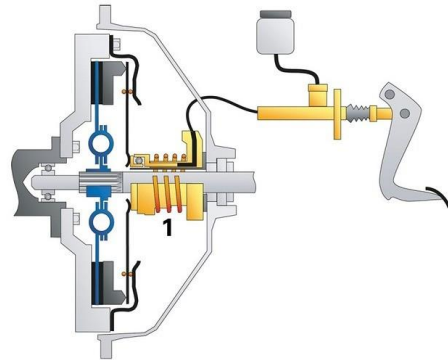
Trata-se basicamente de um sistema de acionamento mestre escravo de ação hidráulica. A única diferença para o mestre escravo, é que na construção foi acoplado ao cilindro escravo no rolamento de embreagem, conforme a figura 10, eliminando assim a ação do garfo de acionamento mecânico. Desse modo quando ocorre a atuação no pedal, o cilindro mestre envia o fluido através da tubulação para um cilindro que já possui o rolamento fixo nele próprio, ilustrado na imagem 11.

Figura 10: Cilindros tipo concêntrico (acionamento hidráulico).



Fonte: (Schaeffler Brasil, 2018).

Figura 11: Representação de acionamento cilindro concêntrico.



Fonte: (Aftermarket.zf, 2019).

Legenda

- 1- Cilindro mestre (que envia fluido após ação pedal).**
- 2- Tubo ou mangueira fixação entre cilindros.**
- 3- Cilindro escravo que aciona o garfo.**

2.5 PROBLEMAS NO SISTEMA DE EMBREAGEM

É um sistema como outros existentes no mercado, mas requer alguns cuidados para conservação dos seus componentes. Separam-se alguns problemas mais frequentes no sistema de embreagens, sendo eles:

1 – Trepidação na embreagem ao arrancar: gera de um desgaste irregular entre a superfície de atrito do disco de embreagem com o platô, ocorrendo tanto no sistema mecânico quanto sistema hidráulico.

Este desgaste geralmente ocorre devido à forma de condução pela qual o motorista permanece com o pé constantemente pressionando o pedal, não repousando o mesmo quando não está o utilizando, gerando assim um desgaste prematuro no conjunto de embreagem.

2 - Perda de ação do pedal: ocorre devido ao rompimento do cabo de acionamento, não acionando o garfo no sistema de ação mecânica, ou em virtude da quebra do garfo de acionamento.

No sistema hidráulico pode tratar-se de uma falha no reparo interno de um dos cilindros mestre ou escravo, tubulação do fluido furada, vazamento de fluido, ou quebra da haste do acionamento do êmbolo.

3 - Ruído anormal: Ocorre basicamente devido ao desgaste ou falta de lubrificação na pista do rolamento da embreagem, ocasionando ruído devido ao giro do mesmo. Ocorre com pedal da embreagem em posição de repouso, sendo que ao pressionar o mesmo, o ruído para, devido à pressão do garfo aplicada sobre ele.

4 - Embreagem dura/pesada: este tipo de falha ocorre quando há desgaste no conjunto de embreagem responsável pelo acoplamento e desacoplamento da transferência de rotação de motor e câmbio. Essa falha acontece devido ao desgaste do disco de embreagem juntamente com a fadiga da mola membrana do platô.

Pode ocorrer no sistema mecânico devido a uma não conformidade no cabo de embreagem preso, dificultando o movimento de acionamento do conjunto.

Já no sistema hidráulico um fluido não especificado também pode ocasionar tal sintoma. Em uma condição de desgaste extremo, ocorre o deslize do disco na superfície do platô, podendo acontecer o escorregamento da embreagem ou até mesmo a impossibilidade do movimento do veículo.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 PROTÓTIPO

Para o desenvolvimento e testes do projeto, houve a necessidade de se criar um protótipo que simulasse o meio físico do ambiente real do veículo, agregando nele componentes que equipam um sistema de acionamento de embreagem automotivo, como o desenvolvimento da ferramenta tem como prioridade a análise de sistemas de embreagens de acionamento do tipo hidráulico, devido à amostra de dados coletados sendo feita na grande maioria em veículos com este sistema. Podendo também ser efetuadas medidas em sistema via cabo, foi desenvolvido um protótipo em material MDF agregando os componentes nos mesmos, montando-se um sistema de acionamento do tipo hidráulico o mais próximo da realidade,

comprovando o funcionamento, a praticidade e a eficiência da ferramenta desenvolvida, demonstrando-se a forma da coleta de dados realizada.

3.1.1 Base de sustentação

Foi desenvolvida uma base de sustentação utilizando placas de MDF para fixar os componentes. As chapas (MDF), conforme figura 12, possuem 1,5cm diâmetro de espessura, acopladas e parafusadas entre si a fim de garantir fixação dos componentes nas simulações efetuadas.

A tabela 1 mostra as especificações da base criada.

Tabela 1 – Dimensões do protótipo:

Diâmetro em (cm)	Face
1,5 cm	Espessura da chapa de MDF
60 cm	Comprimento (vista frontal)
43 cm	Altura do protótipo
60 cm	Comprimento protótipo

A figura 12 mostra uma das etapas da fase montagem do protótipo.

Figura 12: Protótipo em fase de montagem.



Fonte: Autoria própria (2019).

Na base foram colocadas chapas de MDF duplas proporcionando melhor fixação à pedaleira. As superfícies das chapas foram coladas e parafusadas, juntamente com a instalação de duas chapas metálicas 54cm de comprimento cada uma, parafusadas em um ângulo de aproximadamente 45 graus nas extremidades da região traseira proporcionando melhor fixação.

3.1.2 Componentes utilizados no protótipo

Após a montagem e fixação das placas foram instalados os componentes simulando um acionamento do tipo hidráulico em um sistema mestre/escravo. Os componentes utilizados foram os mesmos aplicados em um veículo com este tipo de acionamento, sendo eles:

- Pedal de embreagem completo.
- Cilindro pedal da embreagem (mestre).
- Cilindro da parte de transmissão (escravo).
- Eixo de fixação do rolamento de embreagem.
- Garfo do rolamento.
- Rolamento de embreagem.
- Reservatório de fluido.
- Fluido especificado.
- Mangueira de alimentação do fluido do reservatório para cilindro do pedal.
- Tubo metálico de conexão entre cilindro mestre e cilindro escravo.
- Base de madeira para fixação e acionamento do garfo.

3.1.3 Pedal de embreagem

O pedal de embreagem simula o movimento da força exercida pelo motorista ao trocar de marcha. O mesmo é construído em material metálico, como mostra a figura 13, possui um curso de deslocamento e uma distância de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 2: indica deslocamento pedal da embreagem e distância do mesmo no protótipo montado.

Pedal posição repouso (distância cm)	Pedal posição totalmente acionado(cm)
110 cm distância entre base e pedal	35 cm distância entre base e pedal

A região de contato com pé do motorista possui formato trapezoidal proporcionando melhor ergonomia na pisada referente a distribuição de força.

A figura 13 demonstra o modelo do pedal utilizado no protótipo.

Figura 13: Pedal utilizado.



Fonte: Aatoria própria (2019).

3.1.4 Cilindro mestre (pedal da embreagem)

O cilindro mestre é fixado na base vertical do protótipo, proporcionando ligação entre a parte traseira e a parte frontal. A parte frontal possui a região da haste de acionamento cuja ponta possui um encaixe para fixação no pedal da embreagem, sendo que é este cilindro que recebe a força da ação mecânica imposta no momento de acionamento do pedal. A parte traseira efetua conexão de alimentação do fluido com o reservatório, juntamente com a conexão do tubo metálico entre cilindros mestre e escravo.

Este cilindro tem haste de acionamento de 0,8cm de diâmetro e curso de deslocamento total de 20cm, como ilustrado na figura 14.

Figura 14: Cilindro mestre acionamento de embreagem utilizado.



Fonte: Autoria própria (2019).

3.1.5 Cilindro escravo

O cilindro escravo recebe a pressão hidráulica do fluido através do movimento interno do seu êmbolo, efetuando assim deslocamento da sua haste e empurrando a mesma contra o garfo de acionamento, de acordo com a figura 15.

Este cilindro está alojado na região traseira do protótipo, apresentando uma haste interna de 7,7cm comprimento total e 0,8cm de diâmetro externo, proporcionando assim um deslocamento após acionado de 2,4cm da posição de repouso até acionamento total. Este valor pode variar conforme o desgaste da embreagem.

Figura 15: Cilindro escravo de acionamento embreagem utilizado.



Fonte: Autoria própria (2019).

3.1.6 Eixo, garfo e rolamento de embreagem

Trata-se de um conjunto de componentes fabricados em material de ferro fundido que atuam interligados. O eixo recebe o movimento mecânico da haste do cilindro escravo, transmitindo para o garfo que está fixado no mesmo, o qual pressiona o rolamento contra o platô de embreagem.

Na montagem do protótipo foram utilizadas duas guias em espécie de copo, com diâmetro interno de 5,4cm e externo de 5,8cm com a finalidade de alojamento de mola helicoidal que simula a força da pressão entre o platô e o disco de embreagem.

Segue ilustração que demonstra o conjunto do garfo, conforme a imagem 16.

Figura 16: Demonstração do conjunto eixo, garfo e rolamento utilizados.



Fonte: Autoria própria (2019).

3.1.7 Reservatório e fluido

Para o sistema hidráulico funcionar da maneira correta, é necessário a utilização de fluido especificado pelo fabricante, obedecendo assim as características de funcionamento do conjunto. Os fabricantes utilizam uma galeria de alimentação do fluido aplicado no sistema de freio para acionar o sistema de acionamento hidráulico da embreagem. Alguns modelos de veículos possuem reservatórios a parte, outros compartilham o mesmo reservatório, porém cada um com suas galerias de óleo.

O fluido utilizado é específico, basicamente o DOT 3 ou 4, e sua composição é à base de glicol, com capacidade de absorção da umidade, sendo o que muda de um modelo de classificação da DOT para outro é o ponto de ebulição. Quanto maior a escala menor ponto de ebulição, pois a escala classifica o fluido de acordo com temperatura do ponto de ebulição.

Isso basicamente é aplicado ao sistema de freio que possui grande variação de temperatura de trabalho, devido ao seu uso, porém o sistema de embreagem tende a atuar com temperaturas mais estáveis. Nos dois sistemas a temperatura é fator de extrema importância para eficiência do conjunto.

O reservatório de óleo utilizado no projeto é individual e possui diâmetro de 8,8cm comprimento por 7,2cm de altura com capacidade armazenamento de 200ml de fluido. A ligação entre o cilindro mestre e o reservatório é efetuado com mangueira de borracha específica com diâmetro interno de 1,5cm com comprimento

de 26cm. Já na parte do tubo metálico, apresenta uma conexão de 72cm de comprimento com diâmetro de 1cm, conforme figura 17.

Figura 17: Reservatório utilizado.



Fonte: Autoria própria (2019).

As figuras 18, 19, 20, 21 e 22 mostram a fase final montagem do protótipo.

A figura 18 mostra o conjunto hidráulico acoplado no protótipo.

Figura 18: Conjunto hidráulico montado (protótipo).



Fonte: Autoria própria (2019).

3.1.8 Protótipo finalizado

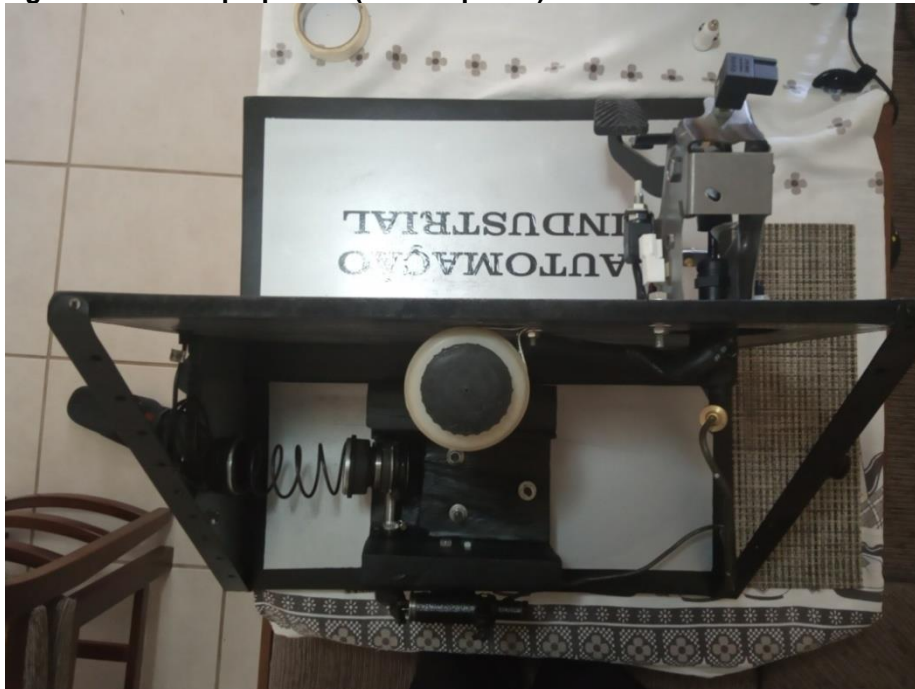
A figura 19 mostra a face frontal do protótipo montado.

Figura 19: Protótipo pronto (vista frontal).



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 20: Protótipo pronto (vista superior).



Fonte: Autoria própria (2019).

Na figura 21 é mostrado o protótipo pronto (vista da parte traseira).

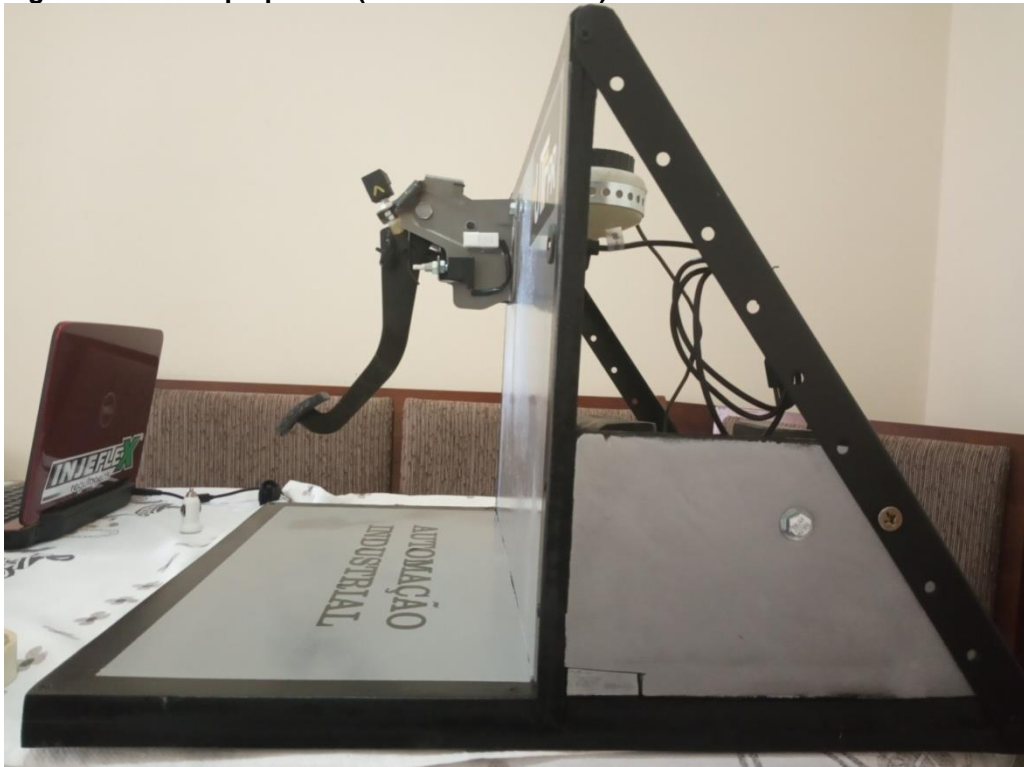
Figura 21: Protótipo pronto (vista traseira).



Fonte: Autoria própria (2019).

A figura 22 mostra protótipo pronto na vista lateral direita.

Figura 22: Protótipo pronto (vista lateral direita).



Fonte: Autoria própria (2019).

3.2 FERRAMENTA DE DIAGNÓSTICO

Após o desenvolvimento do protótipo, pensou-se em algumas alternativas para o desenvolvimento do projeto, a fim de torná-lo mais prático e de fácil utilização.

A ideia inicial era utilizar sensores piezo resistivos na pedaleira e captar, com auxílio de um amplificador operacional, o sinal resultante desta medição. Porém verificou-se que a implementação deste projeto ficaria complexa e com poucos parâmetros de ajustes. Outra ideia também seria a aplicação de um sistema que possuísse sensor piezelétrico para identificar o sinal da força peso em tensão. Entretanto, analisou-se que também os ajustes de movimento e colocação dos sensores não seriam viáveis.

A solução então, foi utilizar a ideia de uma balança digital. Tal solução surgiu justamente por captar o sinal na medida desejada, neste caso a força peso. Para aplicação desta ideia, utilizou-se um circuito Arduino, o qual promove uma ampla diversidade de funções e alternativas para o projeto. Dentre elas está a leitura do sinal digital em uma interface de *LCD*, a qual facilita ao técnico que utiliza a ferramenta, para visualização do parâmetro buscado na análise.

Juntamente com esta interface foi realizado o levantamento de vários modelos de célula de carga para verificar a praticidade e concluiu-se que para a execução do sistema, uma célula de carga com base de sustentação maior, facilitaria a instalação no pedal da embreagem, ligado a um módulo HX711, que é responsável pela amplificação do sinal, enviando o mesmo para interface do Arduino com recurso de visualização digital.

Outro desafio grande do projeto foi a criação de uma pedaleira apropriada de fácil encaixe e prática remoção/instalação no pedal da embreagem dos veículos, já que a ferramenta visa rapidez e eficiência para sua utilização. Foram efetuados testes com vários modelos de pedaleiras, cada uma posicionada em pontos diferentes. Porém todas elas apresentaram influência na instabilidade e precisão da leitura dos parâmetros. Assim sendo após várias tentativas, foi desenvolvido um modelo que ficou prático para a instalação e utilização, proporcionando deformação da maneira correta da célula de carga.

Foram utilizados no desenvolvimento da ferramenta, os seguintes componentes que proporcionaram sua implementação:

- Caixa de plástico para ligação física entre os componentes.
- Interface Arduino (Modelo UNO).
- Célula de carga Alfa (30 kg).
- Visor de cristal líquido LCD 16x2.
- Interface amplificadora de sinal HX711.
- Potenciômetro do tipo Bourns (10k).
- Cabo de comunicação Arduino/USB do veículo.
- Protoboard para conexão cabos.
- Cabos de ligação (macho e fêmea).
- Pedaleira metálica desenvolvida.

3.2.1 Caixa plástica

Para o alojamento e a fixação dos componentes eletrônicos foi escolhido uma caixa plástica, com mecanismo de abertura no meio, o qual facilitaria montagem e os ajustes dos componentes, a fim de alojar cada um destes de uma maneira compacta e organizada proporcionando praticidade do uso e locomoção, conforme a figura 31.

3.2.2 Interface Arduino uno

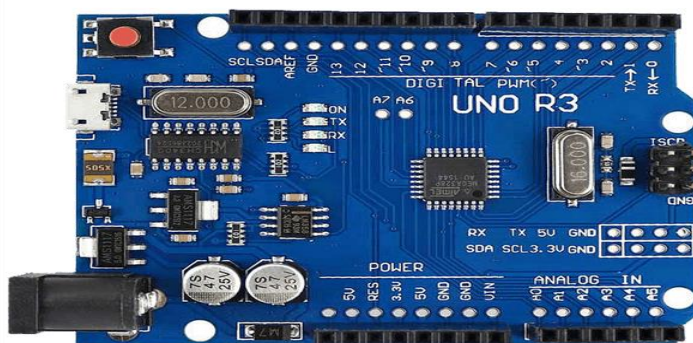
Consiste em um circuito com placa eletrônica baseado no microcontrolador AT MEGA 328, modelo R3, possibilitando grande variedade de funções, dentre elas a comunicação analógica e digital em suas entradas e saídas e simples acesso ao computador através de uma porta USB para ajustes e programações.

O nome Uno vem de origem italiana, devido a ser versão que marca o lançamento da plataforma do Arduino. Consiste em um dispositivo de fácil programação, baixo custo e fácil implementação, utilizando conceito de hardware livre, de fácil utilização desde projetos simples por estudantes, ou projetos mais detalhados, sendo acessível a todos.

Sua utilização é de maneira prática, sendo alimentado diretamente por um cabo USB, o qual também conta com o auxílio do próprio software da plataforma disponível em sua página, possibilitando a inserção de códigos de programação na linguagem C, acessando o microcontrolador e definindo seus comandos.

A viabilidade e execução deste projeto, além das características citadas, foi devido à grande variedade de funções por ele impostas, conforme figura 23, juntamente, com a possibilidade de leitura das entradas dos sinais do tipo analógico, e a conversão para uma visualização do tipo digital em um display LCD. Com a utilização do mesmo, aliado a um módulo HX711, por exemplo, amplia sua variedade de funções.(MONK, 2012).

Figura 23: Placa de Arduino Modelo UNO (utilizado na execução projeto).



Fonte: Ad robótica, (2019).

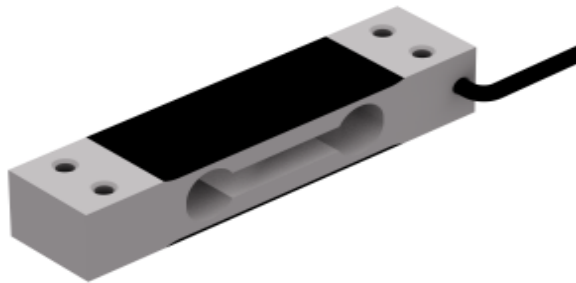
3.2.3 Célula de carga alfa 30 Kg

As células de carga do modelo GLX Alfa, são fabricadas em material inoxidável, sensíveis as forças laterais aplicadas. Em sua grande maioria suas aplicações são medições de força como por exemplo ensacadoras, máquinas de embalagens, envasadoras, e também visando a implementação de balanças de bancada, que necessita de uma ligação com um módulo amplificador para coletar o sinal captado, princípio pelo qual foi desenvolvido este trabalho, conforme figura 24.

A capacidade de carga da célula utilizada é de até 30kg, bem dimensionada para aplicação no desenvolvimento da ferramenta com temperatura de trabalho na faixa de -5°C a 60°C . Na implementação, foi necessário o desenvolvimento de uma pedaleira específica, no caso, o pedal desenvolvido obedece às características de deformação da célula, pois o mesmo é apoiado em uma das extremidades desta, indicado por uma seta, parafusados em duas roscas do diâmetro de 6mm para fixação, proporcionando um encaixe no pedal da embreagem.

Na outra extremidade foi desenvolvido um mecanismo elevado, ampliando a área de contato da célula, proporcionando melhor ergonomia no momento da aplicação da força no pedal da embreagem. Também foi projetado um gabarito para efetuar a calibração da célula de carga, já equipada com a pedaleira, proporcionando um fator de calibração com menor instabilidade, considerando assim o peso do suporte no pedal. (MULLER, 2010).

Figura 24: Célula de carga alfa (modelo GLX).



Fonte: Alfa instrumentos (GLX), (2017).

3.2.4 Visor de cristal líquido (LCD)

Este componente proporciona a visualização de caracteres, símbolos, números e letras da comunicação dos microcontroladores das interfaces entre homem e máquina, possuindo um baixo consumo de energia. No caso deste trabalho foi aplicado um visor de 16x2 (16 caracteres com 2 linhas), com tensão de trabalho de 4,5 a 5,5 V e comunicação de 4 e 8 bits.

Como o uso da interface no Arduino possibilitou a comunicação no formato digital para visualização da grandeza medida, foi optado por utilizar um display LCD de coloração fundo azul, conforme a figura 25, demonstrando assim o valor do peso do acionamento do motorista a fim de vencer a inércia do pedal da embreagem.

Figura 25: Display LCD.



Fonte: Usina Info (2018).

A tabela 3 mostra o esquema de ligação do display utilizado.

Tabela 3 - ligação do display LCD utilizado (HD44780)

Número Pino	Símbolo	Função Pino
PINO 1	Vss	GND (massa)
PINO 2	Vdd	Vcc 5v
PINO 3	V0	Pino central potenciômetro
PINO 4	Rs	Pino 12 Arduino
PINO 5	Rw	GND (massa)
PINO 6	E	Pino 11 Arduino
PINO 7	D0	Não utilizado
PINO 8	D1	Não utilizado
PINO 9	D2	Não utilizado
PINO 10	D3	Não utilizado
PINO 11	D4	Pino 5 Arduino
PINO 12	D5	Pino 4 Arduino (controle)
PINO 13	D6	Pino 3 Arduino (controle)
PINO 14	D7	Pino 2 Arduino
PINO 15	A	Vcc 5v
PINO 16	K	GND (massa)

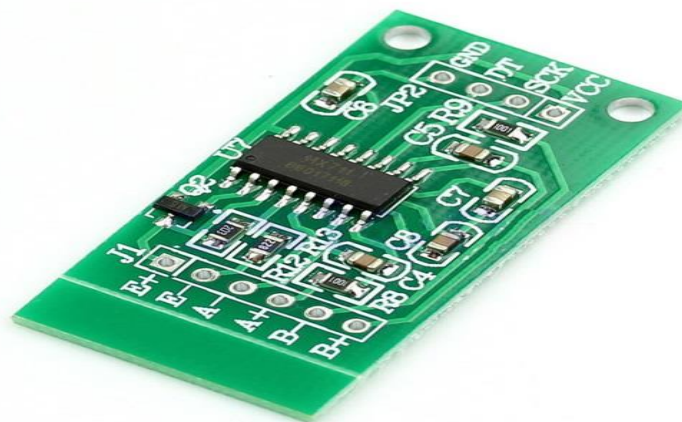
3.2.5 Módulo HX711

O módulo utilizado HX711 tem como finalidade a conversão analógica digital de 24 bits, funcionando também como amplificador que mantém o sinal dentro de uma faixa de operação dependendo da aplicação, representado na figura 26. Possui faixa de operação de -20°C a 85°C com corrente de operação na faixa de 1,6mA e variação de tensão de 4,8 a 5,5V. Seus terminais de ligação estão representados na tabela 4.

No projeto utilizado ele proporciona a ligação entre a célula de carga utilizada com a interface do Arduino, possibilitando a comunicação digital.

Dependendo do modelo da célula de carga, há a necessidade de utilizar duas células, formando uma ponte de wheatstone, porém, o modelo de célula de carga aplicado funciona com dois pinos de sinal, e uma célula de carga foi o suficiente.

Figura 26: Placa do módulo HX711 utilizado na amplificação sinal da célula de carga.



Fonte: Baú da eletrônica, (2017).

Tabela 4: Terminais de ligação do módulo amplificador sinal HX711.

Simbologia referente ao pino	Função do pino
E+	Alimentação + célula de carga
E-	Alimentação – célula de carga
A+	Sinal da célula de carga
A-	Sinal da célula de carga
VCC	Alimentação positiva
GND	Alimentação negativa
DOUT	Conexão digital com Arduino (7)
SCK	Conexão digital com Arduino (6)

3.2.6 Potenciômetro Bourns 10K.

O potenciômetro utilizado do tipo 10 voltas, com resistência na faixa de 10k ohms, com 4 pinos, teve grande importância na implementação do projeto. Ele foi aplicado para ajuste da intensidade luminosa dos LEDs do fundo do *display LCD*, como segue a figura 27.

Figura 27: Potenciômetro 10K.



Fonte: Ponto da eletrônica (2015).

3.2.7 Cabo de comunicação entre Arduino e pedaleira

Para aplicação do projeto desenvolvido, houve a necessidade de uma fonte de alimentação que fornecesse energia para a ferramenta, com intuito de efetuar a leitura do sinal no pedal da embreagem do automóvel. Desse modo há duas alternativas: a primeira trata-se de adicionar um circuito externo com alimentação de uma pilha ou bateria fornecendo a tensão necessária para ligar a placa do Arduino, porém a mais prática foi a utilização de um cabo USB que faz a conexão na tomada de acessórios do veículo, podendo ser a porta USB ou utilizando um adaptador a entrada do acendedor de cigarro 12 V, itens dos quais os automóveis são equipados.

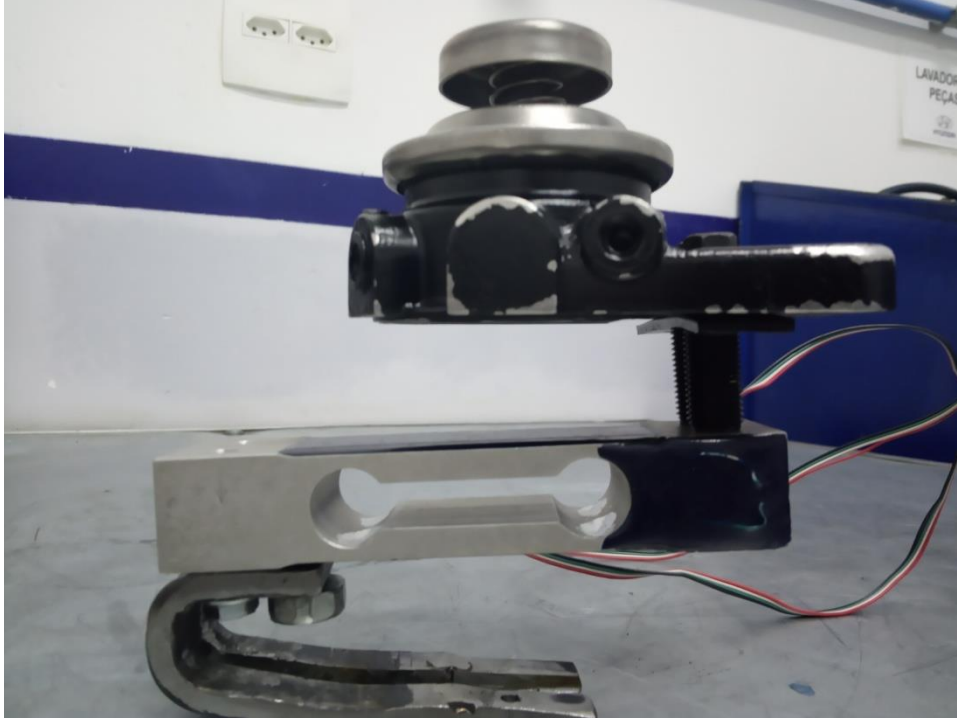
Assim, ao inserir e parafusar a pedaleira o único trabalho é conectar o cabo na entrada de preferência do veículo alimentando o Arduino, deixando a mesma pronta para o uso.

Já o suporte de alojamento no pedal desenvolvido passou por várias modificações nos locais de encaixe para proporcionar uma leitura com a menor instabilidade possível da ação da força mecânica aplicada. O suporte foi feito em duas partes, separadas pela região central da célula de carga.

Uma das extremidades recebeu um encaixe no pedal de embreagem, fabricado em ferro fundido, com encaixe na forma de um rasgo superior, proporcionando encaixe simples no veículo, com uma rosca de ajuste e fixação na mesma, proporcionando praticidade no uso. À outra extremidade, foram adicionadas buchas de elevação, deslocando a mesma em torno de 5cm para cima e inserindo um suporte de alumínio que proporcionou melhor ergonomia e distribuição da força em ambos os pontos da célula no momento da pisada no pedal. Também foi desenvolvido um gabarito para calibração da pedaleira completa, proporcionando calibração mais apropriada para a medida.

A figura 28 mostra o conjunto completo da pedaleira já montada na célula de carga, a fim de ser utilizado no dispositivo eletrônico para verificação do sinal de peso das embreagens.

Figura 28: Conjunto pedal acoplado a célula de carga implementada no projeto.

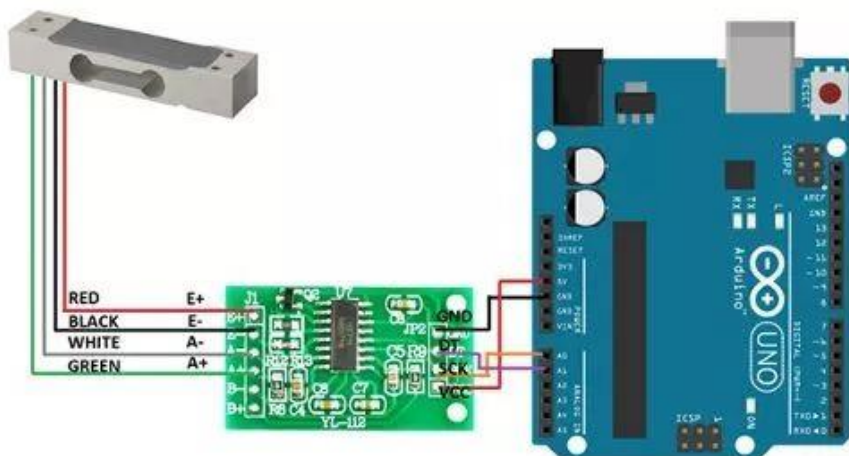


Fonte: Autoria própria, (2019).

ESQUEMA DE LIGAÇÃO DOS COMPONENTES IMPLEMENTADOS

A ligação da célula de carga com o módulo amplificador HX711 é mostrada na figura 29, com equipamentos utilizados para implementação deste projeto.

Figura 29: Esquema de ligação dos componentes utilizados no projeto.

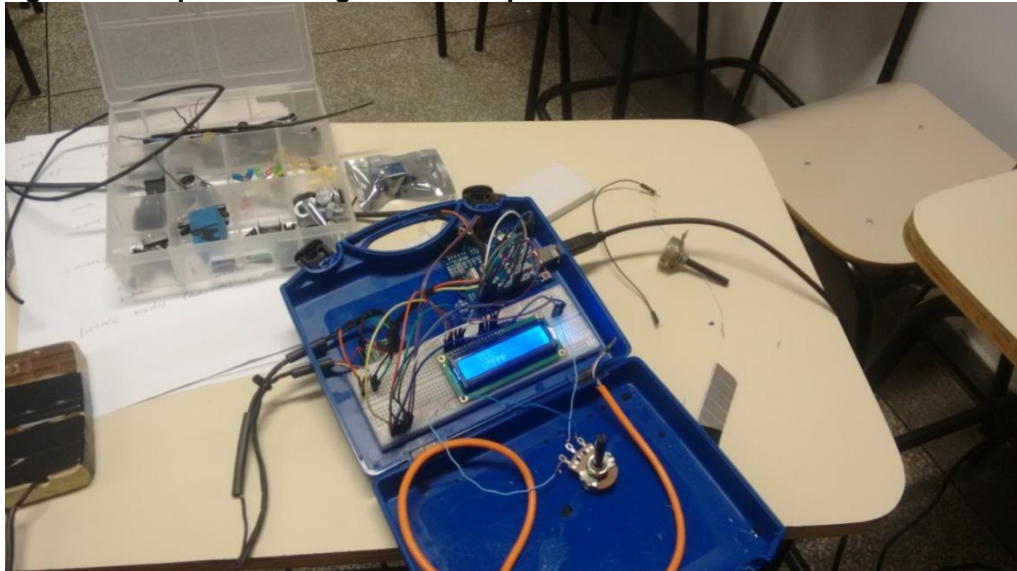


Fonte: Cinestic, (2019).

3.2.8 Construção da ferramenta de diagnóstico

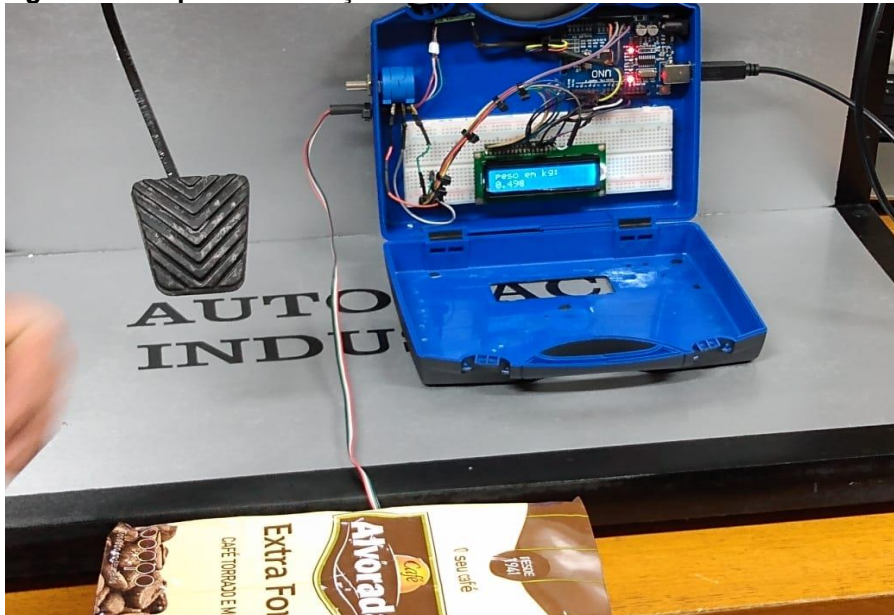
A etapa de montagem dos componentes é mostrada na figura 30, e a etapa de calibração com peso conhecido mostrada na figura 31.

Figura 30: Etapa de montagem dos componentes.



Fonte: Autoria própria, (2019).

Figura 31: Etapa de calibração do sistema.



Fonte: Autoria própria, (2019).

3.3 COMO UTILIZAR A FERRAMENTA

A ferramenta de diagnóstico foi implementada da maneira mais simples possível, possibilitando ao operador da mesma efetuar uma medição rápida e

objetiva do valor a ser analisado. No dia-a-dia, sabe-se que a complexidade do uso e informações de algum tipo de ferramenta ou equipamento, restringe o seu uso, habilitando apenas profissionais que possuam conhecimento para utilizar tal ferramenta ou equipamento.

A forma de construção e instalação da ferramenta acontece de maneira rápida, simples, possibilitando qualquer tipo de reparador a avaliar a condição do peso do pedal da embreagem, tendo em mãos este equipamento.

Foram definidas assim, etapas que indicam o correto uso do equipamento para interpretação dos dados de peso do pedal da embreagem, sendo eles:

1) Manter a posição da chave de ignição do veículo ligado ou no estado ACC, alimentando assim o pós-chave e as funções do acendedor de cigarro (tomada auxiliar), juntamente com porta USB.

2) Instalar a pedaleira no encaixe da parte com rasgo encaixando da região superior até visualização do orifício na ponta da mesma.

3) Inserir o pino (trava) que evita o deslize do suporte acoplado no pedal, que pode ocasionar erros de leitura de sinal.

4) Efetuar o aperto com uma chave de boca de 17mm, ajustando e fixando a pedaleira com o pedal da embreagem no veículo.

5) Escolher o modo de alimentação do dispositivo, podendo ligar o cabo diretamente em alguma porta USB equipada no veículo, com auxílio de adaptador, ligar o adaptador na porta USB, e após isso, ligar o adaptador na tomada 12 v do acendedor de cigarro ou com pilhas alcalinas, caso o veículo não seja equipado com porta USB.

6) Aguardar o display LCD acender e apresentar a mensagem “PESO EM KILOS” para início da leitura.

7) Pressionar o pedal da embreagem na base indicada, que possui uma flexibilidade proporcionando melhor ergonomia na pisada ao calçado do técnico que está utilizando a ferramenta com a célula de carga, proporcionando leitura de valores mais estáveis.

8) Após pressionar o pedal de embreagem totalmente, soltar levemente o pedal do seu final de curso, a fim de proporcionar uma leitura de parâmetros mais estáveis, eliminando a pré-carga excessiva gerada na deformação da célula de carga e conseqüentemente imprecisão na medição do peso.

9) Aguardar a leitura do peso com o pé parado por um intervalo de 5 segundos, onde o equipamento irá efetuar a leitura do peso medido congelando o último valor lido na tela e em seguida aparecerá no display LCD uma mensagem relacionando o percentual de desgaste para o peso analisado avaliando a condição de desgaste do conjunto de embreagem do veículo.

10) Interpretação do valor medido com a tabela de parâmetros conforme a tabela 5.

11) Retornando o pedal na posição de repouso o mesmo apaga a mensagem do percentual de desgaste e está pronto para uma nova leitura.

Tabela 5 - Intervalos de percentual de desgaste utilizados na programação.

PESO EM KG	MENSAGEM % DESGASTE
0 A 2 KG	TESTE PROTÓTIPO
2 A 4 KG	EMBREAGEM 100%
4 A 6 KG	EMBREAGEM 100%
6 A 8 KG	EMBREAGEM 10 A 20% DESGASTE
8 A 10 KG	EMBREAGEM 30 A 40 % DESGASTE
10 A 12 KG	EMBREAGEM 50 A 60 % DESGASTE
ACIMA DE 12 KG	SUBSTITUIR EMBREAGEM.

Foram efetuadas três medições seguidas, comparando os valores de cada medição garantindo maior estabilidade na leitura.

O mesmo apresentou uma variação de 100 a 200 gramas entre uma leitura e outra, garantindo assim um aproveitamento e eficiência do equipamento em torno de

90%, apresentando um valor de 10% de erros provenientes do local exato onde é exercida a força no ponto de apoio do equipamento, e algum tipo de interferência do meio. As figuras 32 até 43 demonstram o funcionamento da ferramenta em suas etapas.

3.4 UTILIZAÇÕES DA FERRAMENTA.

Demonstram funcionamento da ferramenta e suas etapas, conforme figura 32 até figura 43.

A figura 32 mostra etapa 1 da utilização do dispositivo.

Figura 32: ETAPA 1 (Chave de ignição ligada ou na posição ACC).



Fonte: Autoria própria, (2019).

A figura 33 mostra etapa 2 da utilização do dispositivo.

Figura 33: ETAPA 2 (Instalação da pedaleira do equipamento no pedal veículo).



Fonte: Autoria própria, (2019).

A figura 33 mostra a etapa 3 da utilização do dispositivo.

Figura 34: ETAPA 3 (Inserir o pino trava do conjunto pedaleira do dispositivo).



Fonte: Autoria própria, (2019).

A figura 35 mostra a etapa 4 da utilização do dispositivo.

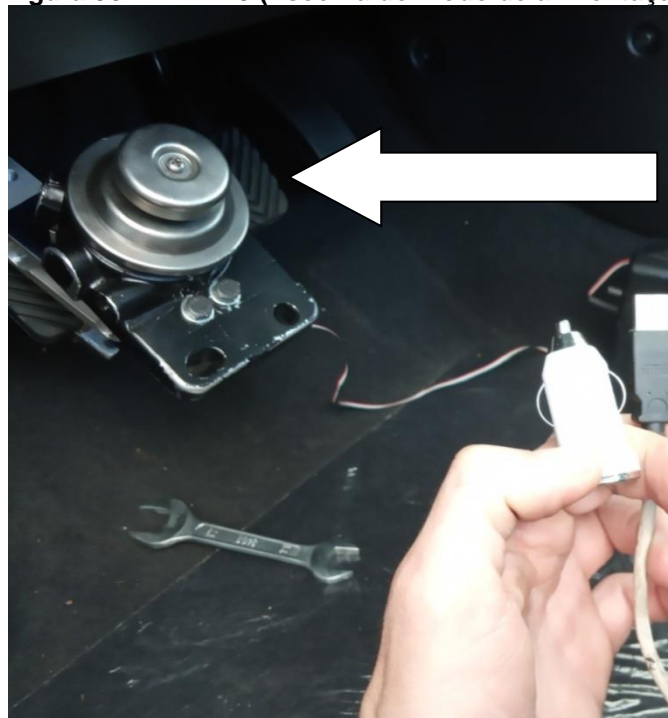
Figura 35: ETAPA 4 (Torque de ajuste no pedal da embreagem com pedaleira).



Fonte: Autoria própria, (2019).

A figura 36 mostra a etapa 5 da utilização do dispositivo.

Figura 36: ETAPA 5 (Escolha do modo de alimentação do dispositivo).



Local de acionamento, onde o pé do motorista irá pressionar para a leitura dos valores.

Fonte: Autoria própria, (2019).

A figura 37 mostra a etapa 5 da utilização do dispositivo.

Figura 37: ETAPA 5 (Opções de alimentação do dispositivo).



Fonte: Autoria própria, (2019).

A figura 38 mostra a etapa 6 da utilização do dispositivo.

Figura 38: ETAPA 6 (Aguardar ligar o equipamento).



Fonte: Autoria própria, (2019).

A figura 39 mostra a etapa 7 da utilização do dispositivo.

Figura 39: ETAPA 7 (Pressionar o pedal de embreagem totalmente).



Fonte: Autoria própria, (2019).

A figura 40 mostra a etapa 8 da utilização do dispositivo.

Figura 40: ETAPA 8 (Soltar levemente o pedal eliminando pré-carga excessiva).



Fonte: Autoria própria (2019).

A figura 41 mostra a etapa 9 da utilização do dispositivo.

Figura 41: ETAPA 9 (Aguarde a leitura peso da embreagem do veículo).



Fonte: Autoria própria, (2019).

A figura 42 mostra a etapa 10 da utilização do dispositivo.

Figura 42: ETAPA 10 (Interpretação do valor medido, mensagem do percentual de desgaste).



Fonte: Autoria própria, (2019).

A figura 43 mostra a etapa 11 da utilização do dispositivo.

Figura 43: ETAPA 11 (Soltar pedal).



Fonte: Aatoria própria (2019).

4 – RESULTADOS

Foram monitorados aproximadamente 70 veículos no período de 20 de julho de 2019 a 9 de setembro de 2019, na sua grande maioria, modelos HB-20 motores 1.0 e 1.6 de variadas quilometragens para o preenchimento da tabela 06. Foram especificamente 55 carros da Hyundai para montagem da tabela obedecendo os intervalos de quilometragens dos veículos equipados do sistema tipo hidráulico mestre/escravo. Cada intervalo de quilometragem de zero a 100 mil km foi coletado em 5 amostras por intervalo e calculado numa média sobre os mesmos para estabelecer os parâmetros associados.

Um dado interessante no estudo realizado, foi que a partir de 9 kg, percebe-se um desconforto para trocar de marchas em trânsito pesado, conforme tabela 7.

A tabela 07 apresenta os casos mais críticos encontrados, dos quais alguns tiveram seus conjuntos de embreagem substituídos devido a reclamação dos clientes sobre embreagens excessivamente pesadas.

Em cada veículo foram realizadas cerca de 3 a 5 leituras para confirmação dos valores e preenchimento dos parâmetros, conforme a tabela 06.

Outro aspecto importante do estudo realizado, é que após a coleta de dados dos parâmetros estabelecidos conseguiu-se analisar se os condutores estão dirigindo de maneira correta, pois o veículo que possuir uma determinada quilometragem e apresentar valor superior ao valor da média da tabela de parâmetros, indica que o mesmo apresenta desgaste prematuro devido a utilização de forma incorreta, diminuindo vida útil do conjunto embreagem.

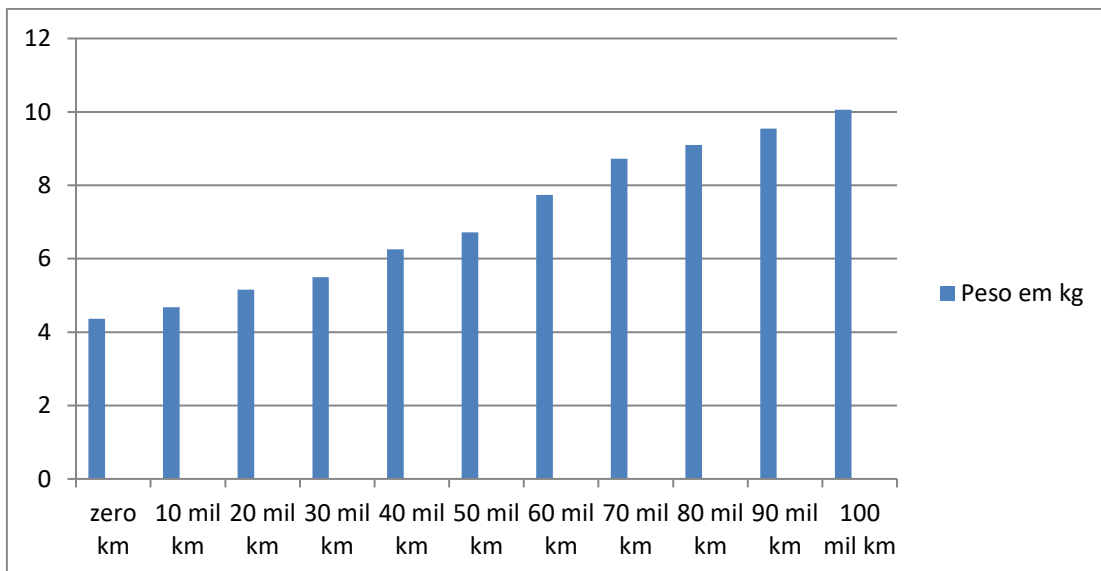
Tabela 6 - Dados coletados dos veículos pela ferramenta (PESO/KM).

KM/PESO	VEÍCULO	VEÍCULO	VEÍCULO	VEÍCULO	VEÍCULO	MÉDIA DA KM
	1	2	3	4	5	
ZERO KM	4,4 kg	4,5 kg	4,2 kg	4,3 kg	4,4 kg	4,36 kg
10 MIL KM	4,8 kg	4,7 kg	4,4 kg	4,7 kg	4,8 kg	4,68 kg
20 MIL KM	5,8 kg	5,4 kg	5,0 kg	4,8 kg	4,7 kg	5,16 kg
30 MIL KM	5,2 kg	5,1 kg	5,0 kg	6,4 kg	5,8 kg	5,50 kg
40 MIL KM	6,5 kg	7,9 kg	5,9 kg	5,3 kg	5,7 kg	6,26 kg
50 MIL KM	6,5 kg	6,9 kg	7,1 kg	7,2 kg	5,9 kg	6,72 kg
60 MIL KM	7,9 kg	8,3 kg	7,0 kg	7,4 kg	8,1 kg	7,74 kg
70 MIL KM	8,3 kg	8,6 kg	7,9 kg	9,4 kg	9,1 kg	8,72 kg
80 MIL KM	9,1 kg	8,9 kg	8,7 kg	9,3 kg	9,5 kg	9,1 kg
90 MIL KM	9,4 kg	10,3 kg	8,5 kg	9,6 kg	9,9 kg	9,54 kg
100 MIL KM	10,5 kg	9,8 kg	9,4 kg	9,7 kg	10,9 kg	10,06 kg

Tabela 7- Veículos com índice de desgaste superior aos parâmetros.

	KM ATUAL	PESO ANTES	PESO DEPOIS
KM/ 40.000	41.693 km	10,1 KG	NÃO TROCADO
KM/ 60.00 0	61.880 km	9,9 KG	NÃO TROCADO
KM/ 70,000	71.350 km	10,3 KG	4,6 KG
KM/80.000	81.129 km	11,1 KG	4,5 KG
KM/90.000	93.358 km	12,9 KG	4,6 KG

Gráfico - 1 análise de variação percentual de desgaste km x peso.



Conforme o gráfico de análise de variação percentual de desgaste km x peso, tem-se a projeção crescente que indica desgaste em função do peso da embreagem à medida que o veículo apresenta uma quilometragem maior. Com a utilização e desgaste dos componentes, a mesma apresenta variação no valor proporcional do

seu peso. Além das medições descritas, foi possível verificar uma amostra de outros veículos com outros modelos de acionamento, sendo eles indicados na tabela 8:

Tabela 8 – Peso da embreagem para outros modelos de veículo.

MODELO AUTOMÓVEL	ANO	KM	PESO PEDAL	FORMA DE ACIONAMENTO
Fiat Punto	2014	33.890	6,7 Kg	CABO
Fiat Strada	2018	11.190	4,6 Kg	CABO
Fiat Strada trekking	2012	66.713	6,9 Kg	CABO
Fiat Siena	2009	94.670	8,6 Kg	CABO
Volkswagen Gol	1988	176,899	5,9 Kg	CABO
Renault Sandero	2016	35.499	6,2 Kg	HIDRAULICO CONCÊNTRICO

5 – CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo a implementação de um dispositivo eletrônico para medir o esforço mecânico no momento do acionamento do pedal da embreagem automotiva por acionamento hidráulico. Além disso, proporcionar um diagnóstico automotivo para os profissionais do ramo referente a análise dos pesos das embreagens, prolongando as suas vidas úteis e evitando trocas desnecessárias.

Foi implementado uma ferramenta de diagnóstico para profissionais da reparação automotiva utilizando balança com célula de carga a fim de analisar o desgaste das embreagens através da medição do peso aplicado ao pedal referente.

Através da análise do peso aplicado a ferramenta possibilita a definição de parâmetros que caracterizam um percentual de desgaste na embreagem.

Foi construído um protótipo para simular o acionamento hidráulico no automóvel a fim de demonstrar a saída do sinal, em relação ao peso, e possibilitar a calibração e ajuste da ferramenta de forma correta.

Foram analisados 55 veículos dos modelos HB-20 1.0l e 1.6l, parâmetros que indicam o percentual de desgaste nos conjuntos de embreagens, com resultados extraídos, observamos o aumento crescente do peso a medida do desgaste da

embreagem, que possibilitou estabelecer parâmetros de comparação. Foram selecionados 5 casos com percentual de desgastes críticos, fora dos parâmetros já vistos no estudo, indicando casos de necessidade de intervenção e reparo nos conjuntos de embreagem.

Cumprindo não somente com o objetivo proposto mediante ao desafio do trabalho de conclusão de curso, mas o de utilizar várias áreas de disciplinas cursadas no período acadêmico para desafiar nossos limites, desde a parte de eletrônica analógica, digital, instrumentação, programação, desenvolvimento de projetos, fabricação mecânica, dentre outras, nos preparando da maneira adequada para os desafios que nossa carreira nos reserva e nos qualificando para o mercado de trabalho.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: Mecânica (vol. 1)**. Editora Blucher, 2013.

MULLER, Ivan et al. Load cells in force sensing analysis--theory and a novel application. **IEEE Instrumentation & Measurement Magazine**, v. 13, n. 1, p. 15-19, 2010.

MONK, Simon. **Programming Arduino: getting started with sketches**. New York, NY, USA:: McGraw-Hill, 2012.

Disponível em: <https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2017/08/carros-com-cambio-automatico-ja-representam-mais-de-40-das-vendas-de-0km.html>Acesso em 28.ago.2018.

Disponível em: <https://www.omecanico.com.br/embreagem-na-medida/> acesso em 12.mar.2019.

Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-uno/> acesso em 12.mar.2019.

Disponível em: <http://arduinomais.blogspot.com/2014/06/detalhes-sobre-o-arduino-uno.html> 12.mar.2019.

Disponível em: <http://www.alfainstrumentos.com.br/produto/glx/> acesso em 12.mar.2019.

Disponível em: <http://blog.fras-le.com/revestimento-de-embreagem/> acesso em 12.mar.2019.

Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/amplificadores-de-sinal/modulo-conversor-amplificador-hx711-24bit-2-canais-2818.html> acesso em 12.mar.2019.

Disponível em: https://SCHAeffler.com.br/content.schaeffler.com.br/pt/products_services/lukproducts/clutch_systems_new/clutch_pressure_plates_new/sac1_new/SAC1_new.jsp acesso em 12.mar.2019.

Disponível em: <https://aftermarket.zf.com/la/pt/sachs/produtos/produtos-para-carros-de-passeio-e-veiculos-utilitarios/> acesso em 12.mar.2019.

Disponível em: <https://revista.autoline.com.br/grandes-invencoes-automotivas/> acesso em 12.mar.2019.

Disponível em: <https://www.clickpeças.net/kit-embreagem-hyundai-hb20-1-6-2012-a-2015> acesso em 12.mar.2019.

APÊNDICE A

Programação em Linguagem C

CALIBRAÇÃO DA BALANÇA

```
#include "HX711.h"           // Biblioteca HX711

#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

#define DOUT 7               // HX711 DATA OUT = pino A0 do Arduino
#define CLK 6                // HX711 SCK IN = pino A1 do Arduino

HX711 balanca;             // define instancia balança HX711

float calibration_factor = 147230.00

// fator de calibração aferido na Calibração

void setup()
{

lcd.begin(16, 2);
```

```
Serial.begin(9600);

balanca.begin(DOUT, CLK);           // inicializa a balança

Serial.println("Balança com HX711 - celula de carga 50 Kg");

Serial.println("Pressione t para Tara"); // imprime no monitor serial

balanca.set_scale(calibration_factor); // ajusta fator de calibração

balanca.tare(); // zera a Balança

}

void loop()

{

Serial.print("Peso: "); // imprime no monitor serial

Serial.print(balanca.get_units(), 3); // imprime peso na balança com 3 casas
decimais

Serial.println(" kg"); // imprime no monitor serial

delay(500) ; // atraso de 0,5 segundos

lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("peso em kg:");

lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print(balanca.get_units(), 3);  
  
delay(500);  
  
if (Serial.available() // se a serial estiver disponivel  
{  
  char temp = Serial.read(); // le carcter da serial  
  if (temp == 't' || temp == 'T') // se pressionar t ou T  
  {  
    balanca.tare(); // zera a balança  
    Serial.println(" Balança zerada"); // imprime no monitor serial  
  
  }  
}  
  
}
```

CALIBRAÇÃO BALANÇA.

```

#include "HX711.h"           // Biblioteca HX711

#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

#define DOUT 7              // HX711 DATA OUT = pino A0 do Arduino
#define CLK 6               // HX711 SCK IN = pino A1 do Arduino

HX711 balanca; // define instancia balança HX711

float calibration_factor =143550.00; // fator de calibração para teste inicial

void setup()
{

lcd.begin(16, 2);

Serial.begin(9600); // monitor serial 9600 Bps
balanca.begin(DOUT, CLK); // inicializa a balança
Serial.println(); // salta uma linha
Serial.println("HX711 - Calibracao da Balança"); // imprime no monitor serial
Serial.println("Remova o peso da balanca");
Serial.println("Depois que as leituras começarem, coloque um peso conhecido sobre
a Balança");
Serial.println("Pressione a,s,d,f para aumentar Fator de Calibração por
10,100,1000,10000 respectivamente");
Serial.println("Pressione z,x,c,v para diminuir Fator de Calibração por
10,100,1000,10000 respectivamente");
Serial.println("Após leitura correta do peso, pressione t para TARA(zerar) ");

balanca.set_scale(); // configura a escala da Balança
zeraBalanca (); // zera a Balança

```

```
}

void zeraBalanca ()
{
  Serial.println(); // salta uma linha
  balanca.tare(); // zera a Balança
  Serial.println("Balança Zerada ");
}

void loop()
{
  balanca.set_scale(calibration_factor); // ajusta fator de calibração
  Serial.print("Peso: "); // imprime no monitor serial
  Serial.print(balanca.get_units(), 3); // imprime peso da balança com 3 casas
  decimais
  Serial.print(" kg");
  Serial.print(" Fator de Calibração: "); // imprime no monitor serial
  Serial.println(calibration_factor); // imprime fator de calibração
  delay(500); // atraso de 0,5 segundo

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("peso em kg:");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(balanca.get_units(), 3);
  delay(500);

  if (Serial.available()) // reconhece letra para ajuste do fator de calibração
  {
    char temp = Serial.read();
    if (temp == '+' || temp == 'a') // a = aumenta 10
      calibration_factor += 10;
    else if (temp == '-' || temp == 'z') // z = diminui 10
      calibration_factor -= 10;
  }
}
```

```
else if (temp == 's') // s = aumenta 100
calibration_factor += 100;
else if (temp == 'x') // x = diminui 100
calibration_factor -= 100;
else if (temp == 'd') // d = aumenta 1000
calibration_factor += 1000;
else if (temp == 'c') // c = diminui 1000
calibration_factor -= 1000;
else if (temp == 'f') // f = aumenta 10000
calibration_factor += 10000;
else if (temp == 'v') // v = dimuni 10000
calibration_factor -= 10000;
else if (temp == 't') zeraBalanca (); // t = zera a Balança
}
}
```

PROGRAMA FINAL LINGUAGEM C

```

#include "HX711.h"           // Biblioteca HX711

#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

#define DOUT 7              // HX711 DATA OUT = pino A0 do Arduino
#define CLK 6               // HX711 SCK IN = pino A1 do Arduino

HX711 balanca; // define instancia balança HX711

float calibration_factor = 144130.00;
int l=0;
float medicao;
void setup()
{

  lcd.begin(16, 2);

  Serial.begin(9600); // monitor serial 9600 Bps
  balanca.begin(DOUT, CLK); // inicializa a balança
  Serial.println(); // salta uma linha
  Serial.println("HX711 - Calibracao da Balança"); // imprime no monitor serial
  Serial.println("Remova o peso da balanca");
  Serial.println("Depois que as leituras começarem, coloque um peso conhecido sobre
a Balança");
  Serial.println("Pressione a,s,d,f para aumentar Fator de Calibração por
10,100,1000,10000 respectivamente");
  Serial.println("Pressione z,x,c,v para diminuir Fator de Calibração por
10,100,1000,10000 respectivamente");
  Serial.println("Após leitura correta do peso, pressione t para TARA(zerar) ");

  balanca.set_scale(); // configura a escala da Balança
  zeraBalanca (); // zera a Balança

```



```
}
```

```
void zeraBalanca ()
```

```
{
```

```
  Serial.println(); // salta uma linha
```

```
  balanca.tare(); // zera a Balança
```

```
  Serial.println("Balança Zerada ");
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
  while (l<10)
```

```
  {
```

```
    l=l+1;
```

```
    balanca.set_scale(calibration_factor); // ajusta fator de calibração
```

```
    Serial.print("Peso: "); // imprime no monitor serial
```

```
    Serial.print(balanca.get_units(), 3); // imprime peso da balança com 3 casas  
    decimais
```

```
    Serial.print(" kg");
```

```
    Serial.print(" Fator de Calibração: "); // imprime no monitor serial
```

```
    Serial.println(calibration_factor); // imprime fator de calibração
```

```
    delay(500) ; // atraso de 0,5 segundo
```

```
    lcd.clear();
```

```
    lcd.setCursor(0, 0);
```

```
    lcd.print("peso em kg:");
```

```
    lcd.setCursor(0, 1);
```

```
    lcd.print(balanca.get_units(), 3);
```

```
    medicao=balanca.get_units();
```

```
    delay(500);
```

```
}
```

```
if (abs(medicao)>2 && abs(medicao)<4)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("TESTE");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("PROTOTIPO");
  delay(500);
}
```

```
if (abs(medicao)>4 && abs(medicao)<6)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("EMBREGEM 100%");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("OK");
  delay(500);
}
```

```
if (abs(medicao)>6 && abs(medicao)<8)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("EMBREGEM");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("10/20% DESGASTE");
  delay(500);
}
```

```
if (abs(medicao)>6 && abs(medicao)<8)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("EMBREGEM");  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("30/40% DESGASTE");  
delay(500);  
}
```

```
if (abs(medicao)>8 && abs(medicao)<10)  
{  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("EMBREGEM");  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("50/60% DESGASTE");  
  delay(500);  
}
```

```
if (abs(medicao)>10 && abs(medicao)<12)  
{  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("EMBREGEM");  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("60/70% DESGASTE");  
  delay(500);  
}
```

```
if (abs(medicao)>12 && abs(medicao)<20)  
{  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("SUBSTITUIR");  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("EMBREGEM");  
  delay(500);  
}
```

```
}  
//lcd.print(balanca.get_units(), 3);  
  
if (abs(balanca.get_units())<0.005) l=0;  
  
}
```

APÊNDICE B

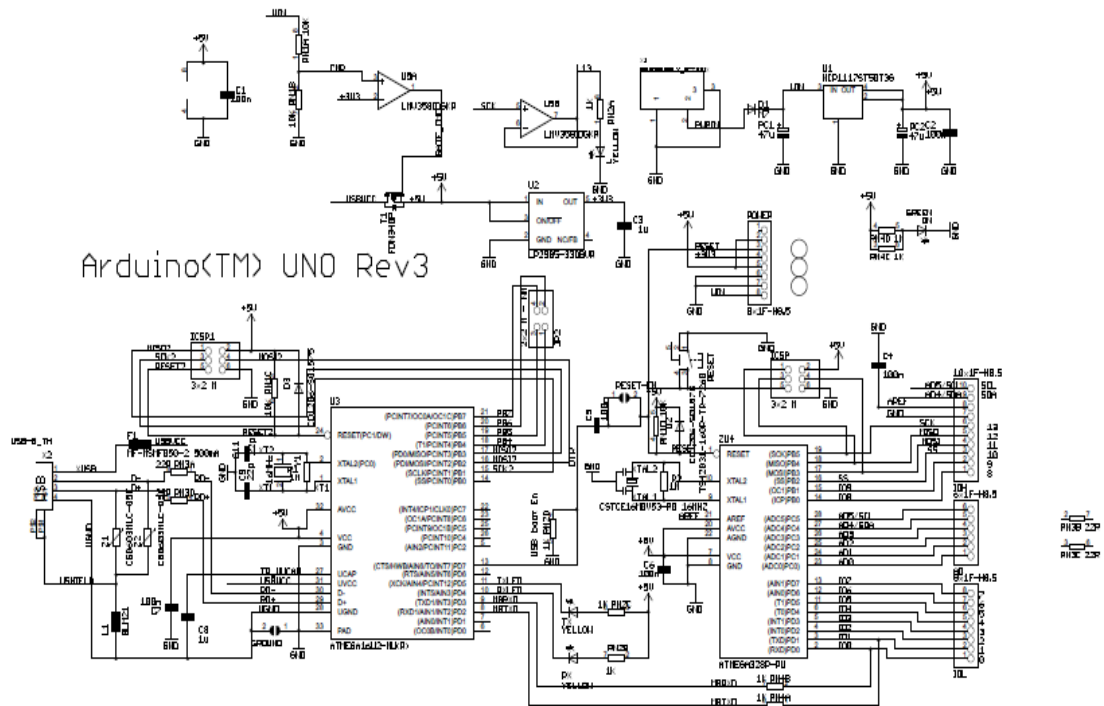
Tabela 9 – Custos referentes ao projeto.

TABELA DE CUSTO	
MATERIAL	PREÇO
Arduino	37,50
Placa HX711	9,90
Jumpers	15,00
Célula de carga Alfa	200,00
Caixa plástica	20,00
Protoboard	9,90
Display LCD	16,90
Potenciômetro 10K	20,50
Cabo USB	10,00
TOTAL FERRAMENTA	339,70
Placa 100x60mm MDF	25,00
Bloco de madeira	15,00
Serviço corte madeira	30,00
Spray pintura preto	15,00
Spray pintura prata	15,00
Kit de parafuso de fixação	7,50
Cola de fixação de madeira	6,50
Chapa metálica	5,00
Pedaleira completa	520,00
Cilindro atuador	280,00
Cilindro pedal	225,00
Porta USB	25,00
Reservatório fluido	10,00
Fluido de freio	8,00
Kit garfo	410,00
Abraçadeira	2,50
TOTAL PROTÓTIPO	1599,50
TOTAL PROJETO	1939,20

ANEXO A

ESQUEMA ELÉTRICO ARDUINO

Figura 44: Digrama elétrico Arduino UNO REV 3.



Reference Designs ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS. Arduino DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Arduino may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." Arduino reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information. ARDUINO is a registered trademark.

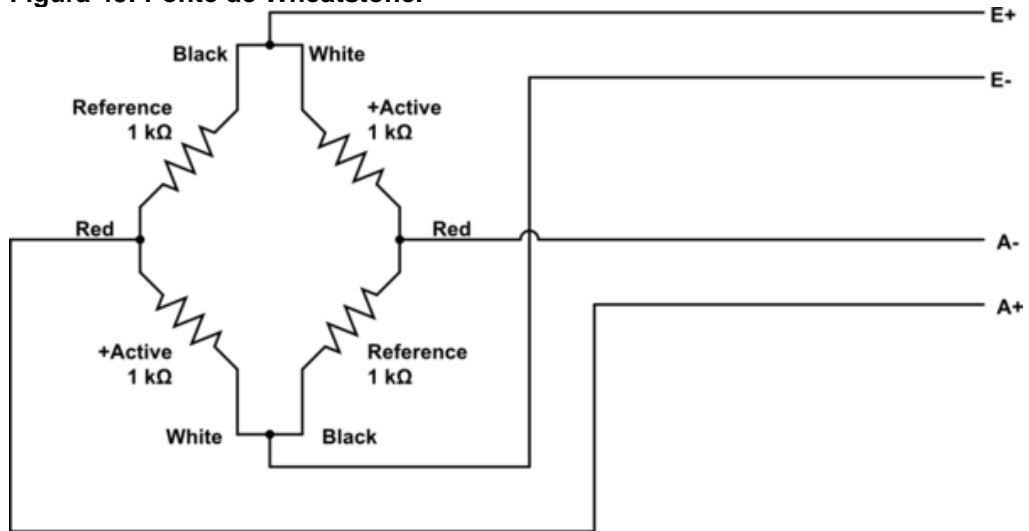
Use of the ARDUINO name must be compliant with <http://www.arduino.cc/en/Main/Policy>

Fonte: Arduino.cc (2019).

ANEXO B

ESQUEMA ELÉTRICO CÉLULA DE CARGA

Figura 45: Ponte de Wheatstone.



Fonte: Eletro Gate (2018).