

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ – FAG

EVERTON JOSE DE SOUZA

TESTE DO SISTEMA DE FRENAGEM EM MOTOCICLETAS E ASSEMELHADOS

Cascavel

2018

EVERTON JOSE DE SOUZA

TESTE DO SISTEMA DE FRENAGEM EM MOTOCICLETAS E ASSEMBELHADOS

Trabalho apresentado à disciplina de TCC - Projeto, do curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Msc. Sergio H R Mota

Cascavel

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
EVERTON JOSÉ DE SOUZA

TESTE DE FRENAGEM EM MOTOCICLETAS E ASSEMELHADOS

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, da FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Sergio Henrique Mota

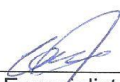
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof.^a Mestre Sergio Henrique Mota
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Mestre Roberson Roberto Parizotto
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Especialista Geovane Duarte Pinheiro
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro de Controle e Automação

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Ao Centro Universitário FAG, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética, aqui presentes.

Ao meu orientador Professor e Engenheiro Sergio Henrique Rodrigues Mota pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos e também ao Professor e Engenheiro Eliseu Avelino Zanella Junior que me acompanhou e auxiliou durante o início de meu trabalho.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional, especialmente a minha irmã mais nova Eloisa Josiane de Souza, já formada e na competência de suas faculdades mentais soube a maneira certa de ajudar-me antes, durante e no presente momento.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Para todo veículo que se envolve em um acidente e sofre danos de estrutura mecânica, o policial ou fiscal de trânsito que faz ocorrência do sinistro, após uma avaliação, indica se o veículo tem danos necessários para uma perícia profissional após seu conserto. As motocicletas são apenas 27% do total da frota nacional, porém, representam 74% de todas as indenizações pagas em território nacional do seguro DPVAT. Estes dados trazem uma preocupação maior em como esses veículos são avaliados para a segurança da sociedade. O INMETRO atua na verificação de veículos que se envolvem em sinistros, através de empresas previamente acreditadas chamadas de inspeções veiculares, que avaliam o veículo como um todo para retornar a circular com segurança. As motocicletas não fogem dessa avaliação, porém, diferente dos carros, ônibus e caminhões que fazem os testes de frenagem dentro dos organismos de inspeções, as motocicletas fazem este teste em pista, ou seja, nas ruas conforme a legislação vigente. Os valores para uma motocicleta ser considerada aprovada em frenagem estão na portaria nº 32, de 22 de Janeiro 2004, corrigida pela na portaria nº 387, de 06 de Agosto de 2015, mas estes valores não correspondem à uma frenagem segura. Através de equações de pesquisa qualitativa e de testes efetuados na prática, uma resposta positiva para esse problema poderá ser afirmada.

Palavras-chave: teste de frenagem, verificação de frenagem em motocicletas, INMETRO.

ABSTRACT

For every vehicle involved in a car accident with mechanical structure damage, the officer or responsible person for reporting the casualty, after evaluating, indicates if there is any damage that requests professional check after it has been fixed. Motorcycles represent only 27% from national fleet, even still, 74% from DPVAT indemnity are from accidents involving motorcycles, which concerns on how these vehicles are evaluated regarding public security. The INMETRO verifies vehicles involved in casualty reports through previously approved companies called vehicle inspection, which evaluates the whole vehicle before returning to the streets. Cars, buses and trucks are tested in those inspections sites, whereas motorcycles are tested on the streets according to the legislation in effect. The range for a motorcycle to be considered approved in braking are shown in Joint n. 32, dated January 22, 2004 and edited by Joint n.387, dated August 6, 2015, but these numbers do not correspond to a safe braking. Through qualitative research equation, an answer may be found.

Keywords: braking test, brake verification in motorcycles, INMETRO

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Freio de Alavanca	14
FIGURA 2 – Kirkpatrick Macmillan, inventor da bicicleta	15
FIGURA 3 – Motoneta	16
FIGURA 4 – Triciclo	17
FIGURA 5 – Motoneta e motocicleta	18
FIGURA 6 – Motocicleta com carro lateral	18
FIGURA 7 – Quadriciclo	19
FIGURA 8 – Honda CBR 600RR	28
FIGURA 9 – Distância para realizar o início do teste	29
FIGURA 10 – Início da frenagem	30
FIGURA 11 – Término da frenagem	32
FIGURA 12 – Pastilhas de freio	32
FIGURA 13 – Pastilhas de freio (25% desgaste), após teste.....	33
FIGURA 14 – Pastilhas de freio (50% desgaste), após teste.....	33
FIGURA 15 – Pastilhas de freio (75% desgaste), após teste.....	34
FIGURA 16 – Gráfico dos ensaios de frenagem	35
FIGURA 17 – Gráfico dos resultados ensaios de frenagem.....	35

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Segunda Lei de Newton	20
Equação 2 – Aceleração	20
Equação 3 – Equação de Torricelli.....	21
Equação 4 – Velocidade inicial de frenagem.....	21
Equação 5 – Desaceleração	22
Equação 6 – MFDD (desaceleração média plenamente desenvolvida)	22
Equação 7 – Distância de parada	23
Equação 8 – Distância de parada corrigida.....	24
Equação 9 – Tempo de frenagem	25
Equação 10 – Distância de frenagem	26

LISTA DE SIGLAS

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito

DQUAL - Diretoria da Qualidade

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

NBR - Norma Brasileira Registrada

OIC - Organismo de Inspeção Credenciado

RTQ - Regulamento Técnico da Qualidade

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	10
1.2 PROBLEMA	11
1.3 OBJETIVO GERAL	11
1.4 OBJETIVO ESPECÍFICO	11
1.5 JUSTIFICATIVA	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 EVOLUÇÕES DO FREIO	13
2.2 MELHORANDO A FRENAGEM EM DUAS RODAS	14
2.3 CRITERIO PARA SEGURANÇA EM DUAS RODAS	15
2.4 NORMAS DO TESTE DE FRENAGEM	16
2.4.1 Categoria L1	16
2.4.2 Categoria L2	16
2.4.3 Categoria L3	17
2.4.4 Categoria L4	18
2.4.5 Categoria L5	18
2.3 CONCEITOS FÍSICOS DE DESACELERAÇÃO	19
2.4 DESACELERAÇÃO	22
2.5 TEMPO DE PERCEPÇÃO E REAÇÃO (TPR)	24
2.6 TEMPO DE FRENAGEM	24
3 METODOLOGIA	27
3.1 MOTOCICLETA	28

3.2 MÉTODO DAS FRENAGENS	28
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	331
5 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

Não existe um motorista sequer que não tenha passado por um momento em que necessitou utilizar os freios para não se envolver ou ocasionar um acidente. De acordo com Resnick (1916), citando a primeira Lei de Newton ou a Lei da inércia “(...) na ausência de uma força, um objeto continua a mover-se com movimento retilíneo e com velocidade constante”. Ou seja, se existe algum perigo ou obstáculo que não possa ser desviado é necessário frear, e de acordo com Nussenzveig (2002), tanto para colocar um corpo em movimento, como para mantê-lo em movimento, é necessária a ação de uma força.

Se no início da evolução do homem a roda foi inventada para se facilitar a vida, e como citado na Lei da inércia, alguma coisa deveria ser inventada para se interromper a velocidade constante. Com isso foram desenvolvidos os primeiros freios, dispositivos muito rústicos, inicialmente para ajudar parar as carroças que existiam, para parar os veículos modernos que existem hoje em dia.

Com a evolução dos veículos e o aumento da potência dos motores, os freios foram aperfeiçoados para acompanhar as exigências de segurança impostas pelas legislações ao longo dos anos. Conforme a necessidade do ser humano em chegar ao seu destino mais o mais rápido possível, a expressão “chegar e parar com segurança” foi ganhando mais ênfase.

1.1 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Conforme a portaria nº 32, de 22 de janeiro 2004 do INMETRO que descreve a inspeção de veículos sinistrados, avaliando as condições específicas para o sistema de frenagem em motocicletas e assemelhados da categoria L3, este trabalho busca estudar as características do ensaio de frenagem. O estudo foi realizado na cidade de Cascavel, estado do Paraná, seguindo os critérios exigidos pela portaria, supracitada.

1.2 PROBLEMA

Devido ao alto índice de acidentes de acordo com dados da Seguradora Líder (2017) as motocicletas são apenas 27% do total da frota nacional, porém, representam 74% de todas as indenizações pagas em território nacional. Portanto de todos os veículos que transitam a motocicleta é o veículo que requer um maior cuidado quando se fala em segurança veicular.

1.3 OBJETIVO GERAL

Avaliar possível correção no procedimento que oficializa e libera laudos de capacidade de frenagem de motocicletas sinistradas, preconizado pela portaria n.º 387, de 06 de agosto de 2015, do INMETRO.

1.4 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Apresentar, no decorrer do texto, histórico sobre a evolução do sistema de frenagem de veículos.
- Apresentar as características do ensaio de frenagem segundo as portarias n.º 387, de 06 de agosto de 2015 e n.º 32, de 22 de janeiro 2004.
- Comparar a distância de frenagem imposta pela portaria n.º 387, de 06 de agosto de 2015 do INMETRO, com a distância real média de frenagem nas motocicletas estudadas.

1.5 JUSTIFICATIVA

De acordo com a seguradora Líder, que administra as estatísticas de acidentes, temos os seguintes dados:

- Indenizações Pagas por Morte por Tipo de Vítima - Jan. à Jun. 2017.
Dos 10.857 motoristas, 7.036 eram motociclistas (65%).
- Indenizações Pagas por Invalidez por Tipo de Vítima – Jan. à Jun. 2017. Dos 82.125 motoristas, 73.024 eram motociclistas (89%).
- Indenizações Pagas por Danos por Tipo de Vítima - Jan. à Jun. 2017.
Dos 18.554 motoristas, 15.220 eram motociclistas (82%).
- Total de Indenizações Pagas por Tipo de Vítima - Jan. à Jun. 2017.
Dos 111.536 motoristas, 95.280 eram motociclistas (85%).

O Nordeste é a região com maior concentração das indenizações pagas pelo Seguro DPVAT (32%), mesmo com a terceira maior frota do país (17% de veículos em circulação) fica atrás das regiões Sudeste (49% da frota nacional) e Sul (20% da frota nacional).

Em acidentes envolvendo motocicletas a maioria são jovens com idade entre 18 e 34 anos e 89% das indenizações por morte com motocicletas foram para vítimas do sexo masculino.

Uma visão geral dessas estatísticas mostra que o prejuízo não é apenas financeiro, mas também perde muitos jovens com idade economicamente ativa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Depois das invenções de todos os meios de locomoções para os homens, a necessidade de se locomover de forma simples, rápida e com baixo custo de rendimento veio através das motocicletas. Como todo o meio de transporte de propulsão que se movimenta tem que parar, o freio tem a mesma importância tanto pela necessidade quanto para a segurança de quem pilota uma motocicleta.

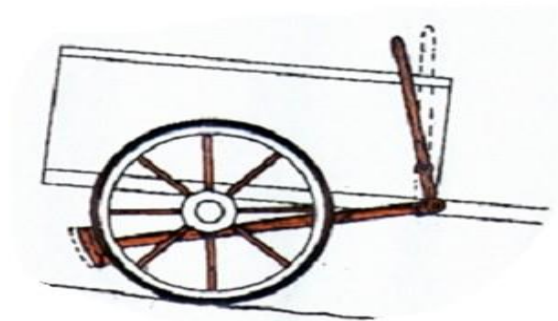
2.1 EVOLUÇÃO DO FREIO

A história dos freios remete ao período de invenção da roda. Desde os primórdios da humanidade o homem trabalha em busca das soluções de problemas de seu cotidiano e sociedade a fim de proporcionar conforto e segurança para seus afazeres para transportes de cargas. Com isso o que era arrastado com muita dificuldade passou a rodar com facilidade e traria um novo problema, “como parar o dispositivo em movimento?”.

Após a invenção da roda, um dos problemas mais difíceis que o homem encontrou foi encontrar formas de levar um veículo em movimento com segurança a uma parada. Os freios surgiram a partir da necessidade de parar algo que se deslocava ou impedir que algo se deslocasse.

O freio de punho, um dos primeiros dispositivos de frenagem ao qual a história se remete, trata-se de um dispositivo simples aplicado para a parada de um dispositivo em movimento, ilustrado na figura 1. Elaborado a partir de uma estaca, ligada ao chassi e, que quanto acionada entrava em contato com o chão, reduzindo a velocidade do veículo. Muito similar ao que se utiliza em carrinhos de rolimã, é um dos métodos mais primitivos empregados para desacelerar.

Figura 1 - Freio de Alavanca



Fonte: Autor, 2018

O freio a disco foi primeiramente introduzido em uma bicicleta em 1876 pelos ingleses Browett & Harrison, que batizaram o projeto de Caliper Brake, no qual se proporcionava uma frenagem com mais eficiência em velocidades altas.

A invenção da primeira motocicleta movida por um motor à combustão foi do alemão Gottlieb Daimler com auxílio de Wilhelm Maybach, em 1885. Adaptando um motor de um cilindro a gasolina a uma bicicleta de madeira, tinha por objetivo testar a praticidade de seu motor.

Poucos anos após a invenção da primeira motocicleta, em 1903 já existiam 50 tipos de motos e triciclos a motor em circulação na Inglaterra, muito usada nas duas guerras mundiais. Após 1945, as indústrias japonesas se tornaram as maiores fabricantes mundiais enquanto os países europeus se firmaram como potenciais exportadores.

2.2 MELHORANDO A FRENAGEM EM DUAS RODAS

Kirkpatrick Macmillan, um ferreiro escocês, inventou a bicicleta com o freio de colher. Este dispositivo empregou uma alavanca que pressionava um bloco de madeira contra o pneu (na banda de ferro), ilustrado na figura 2.

Kirkpatrick Macmillan nasceu em 1812 em Dumfriesshire, filho de um ferreiro. Ele teve uma variedade de empregos como jovem, antes de se estabelecer para trabalhar com seu pai em 1824. Naquela época, viu um *dandy horse* sendo montado ao longo de uma estrada próxima, e decidiu fazer um para si mesmo. Após

a conclusão, percebeu que seria uma melhoria radical se ele pudesse impulsioná-lo sem colocar os pés no chão. Trabalhando em sua ferraria, completou sua nova máquina em 1838.

Figura 2- *Kirkpatrick Macmillan inventor da bicicleta*



Fonte: BBC, 2014

2.3 CRITÉRIO PARA SEGURANÇA EM DUAS RODAS

De acordo com a resolução nº 509, de 27 de novembro de 2014, a partir de janeiro de 2016, 10% das motocicletas sairiam com o sistema ABS (sistema de freio de antitravamento das rodas) ou o sistema CBS (sistema combinado de frenagem), em 2017 passariam para 30%, 2018 para 60% e a partir de janeiro de 2019 100% das motos produzidas ou para importação deveram ter o sistema de freios ABS ou CBS.

2.4 NORMAS DO TESTE DE FRENAGEM

De acordo com a portaria nº 32 de 22 de janeiro 2004 do INMETRO, os seguintes veículos, com característica de motocicletas e assemelhados, se encaixam nas categorias escritas na RTQ.

2.4.1 Categoria L1

De acordo com a portaria nº 32, de 22 de janeiro 2004, veículo rodoviário automotor com duas rodas, com motor de cilindrada menor ou igual a 50 cc, e com velocidade máxima de projeto menor ou igual a 50 km/h.

Na Categoria L1 os veículos:

- Ciclo motor - Bicicleta dotada de motor.
- Motoneta - Veículo rodoviário automotor de duas rodas, dirigido por condutor em posição sentada, ilustrado na figura 3.

Figura 3 - Motoneta



Fonte: Honda, 2018

2.4.2 Categoria L2

De acordo com a portaria nº 32, de 22 de janeiro 2004, veículo rodoviário automotor com três rodas, com motor de cilindrada menor ou igual a 50 cc, e com velocidade máxima de projeto menor ou igual a 50 km/h.

Na Categoria L2 os veículos:

- Triciclo - Veículo dotado de três rodas, ilustrado na figura 4.

- Quadriciclo - Veículo rodoviário automotor de estrutura mecânica igual à motocicleta, possuindo eixos dianteiro e traseiro, dotados de quatro rodas.

Figura 4 - Triciclo



Fonte: Honda, 2015

2.4.3 Categoria L3

De acordo com a portaria nº 32, de 22 de janeiro 2004, veículo rodoviário automotor com duas rodas, com motor de cilindrada acima de 50 cc ou com velocidade máxima de projeto maior que 50 km/h.

Na Categoria L3 os veículos:

- Motocicleta - Veículo rodoviário automotor de duas rodas, dirigido por condutor em posição montada, ilustrado na figura 5.
- Motoneta - Veículo rodoviário automotor de duas rodas, dirigido por condutor em posição sentada, ilustrado na figura 5.

Figura 5 - Motoneta e motocicleta



Fonte: Honda, 2018

2.4.4 Categoria L4

De acordo com a portaria nº 32, de 22 de janeiro 2004, veículo rodoviário automotor com três rodas, com arranjo assimétrico em relação ao plano longitudinal médio, com motor de cilindrada maior que 50 cc ou com velocidade máxima de projeto maior que 50 km/h (motocicleta com carro lateral).

Na Categoria L4 os veículos:

- Motocicleta - Veículo rodoviário automotor de duas rodas, dirigido por condutor em posição montada com carro lateral, ilustrado na figura 6.

Figura 6 - Motocicleta com carro lateral



Fonte: Moto.com, 2008

2.4.5 Categoria L5

De acordo com a portaria nº 32, de 22 de janeiro 2004, veículo rodoviário automotor com três rodas, com arranjo simétrico em relação ao plano longitudinal médio, com peso total máximo menor ou igual a 10.000 N (1000 kg), e com motor de cilindrada maior que 50 cc ou com velocidade de projeto maior que 50 km/h.

Na Categoria L5 os veículos:

- Triciclo - Veículo dotado de três rodas.
- Quadriciclo - Veículo rodoviário automotor de estrutura mecânica igual à motocicleta, possuindo eixos dianteiro e traseiro, dotados de quatro rodas, ilustrado na figura 7.

Figura 7 - Quadriciclo



Fonte: Honda, 2018

2.3 CONCEITOS FÍSICOS DE DESACELERAÇÃO

Para calcular a distância de frenagem temos que considerar as variáveis de velocidade, espaço, atrito e tudo que pode interferir direta e indiretamente com o teste de frenagem. Segundo Nussenzveig (2002), após acionar os freios, a aceleração resultante pode ser encontrada através da aplicação imediata da segunda lei de Newton: “a força resultante que atua sobre um corpo é proporcional ao produto da massa pela aceleração por ele adquirida”.

Equação 1 – Segunda Lei de Newton

$$Fr = m * a$$

[1]

Onde:

Fr = força resultante

m = massa

a = aceleração

Conforme Resnick (1916), a força gravitacional exercida sobre um corpo é um tipo especial de atração que um segundo corpo exerce sobre o primeiro e como o atrito atua diretamente como uma força durante o processo de frenagem do veículo. Substituindo o valor da massa pelo o coeficiente de atrito estabelece-se a seguinte equação.

Equação 2 – Aceleração

$$a = -\mu * g$$

[2]

Onde:

a = aceleração

μ = coeficiente de atrito

g = gravidade

Para obter a razão de uma distância, velocidade inicial ou velocidade final utiliza-se a equação de Torricelli:

Equação 3 – Equação de Torricelli

$$V_f^2 = V_i^2 + 2a\Delta s$$

[3]

Onde:

V_f = velocidade final

V_i = velocidade inicial

a = aceleração

Δs = variação do espaço

Para obter a equação final para cálculo da distância de frenagem real substitui-se a equação 2 na equação 3 e considera-se nula a velocidade final no processo de frenagem. Deste modo chega-se à equação da velocidade inicial de frenagem.

Equação 4 – Velocidade inicial de frenagem

$$D_{fren} = \frac{V_{fren}^2}{2 * \mu * g}$$

[4]

Onde:

V_{fren} = velocidade inicial de frenagem

μ = coeficiente de atrito

g = gravidade

D_{fren} = distância de frenagem

2.4 DESACELERAÇÃO

Segundo GAZIS (1960) ao se deparar com qualquer adversidade em seu trajeto, o motorista quando decide parar o veículo, deve adotar uma quantidade compatível de desaceleração com a distância de frenagem disponível em determinada situação. A variação de velocidade em relação ao tempo disponível de frenagem é definida como desaceleração média. Apresenta-se, na equação 5, a relação física para desaceleração.

Equação 5 – Desaceleração

$$d = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad [5]$$

Onde:

d = desaceleração [m/s²]

Δv = variação da velocidade no período [m/s]

Δt = duração do período [s]

A variação da velocidade é a diferença entre a velocidade no início de frenagem e a velocidade no final da frenagem do veículo.

O processo para o cálculo de desaceleração utilizado pelo INMETRO e DENATRAN está explicado pela norma NBR ABNT 16068 (2012). O método utilizado para medir o desempenho de frenagem está especificado nos procedimentos de ensaio e podem ser calculados nas três formas.

Equação 6 – MFDD (desaceleração média plenamente desenvolvida)

$$dm = \frac{Vb^2 - Ve^2}{25,92 * (Se - Sb)} \quad [6]$$

Onde:

dm = desaceleração média plenamente desenvolvida;

$V1$ = velocidade do veículo quando o condutor acionar o controle, expressa em quilômetros por hora (km/h);

Vb = velocidade do veículo a 0,8 $V1$, expressa em quilômetros por hora (km/h);

Ve = velocidade do veículo a 0,1 $V1$, expressa em quilômetros por hora (km/h);

Sb = distância percorrida entre $V1$ e Vb , expressa em metros (m);

S_e = distância percorrida entre V_1 e V_e , expressa em metros (m);

Definindo-se a equação para distância de parada, tem-se.

Equação 7 – Distância de parada

$$S = 0,1 * V + (X) * V \quad [7]$$

Onde:

S = distância de parada, expressa em metros (m);

V = velocidade do veículo, expressa em quilômetros por hora (km/h);

X = variável baseada no requisito para cada ensaio;

Para calcular a distância de parada corrigida utilizando a velocidade real de ensaio do veículo, é utilizada a seguinte equação:

Equação 8 – Distância de parada corrigida

$$S_s = 0,1 * V_s + (S_a - 0,1 * V_a) * V_s^2 / V_a^2 \quad [8]$$

Onde:

S_s = distância de parada corrigida, expressa em metros (m);

V_s = velocidade de ensaio, expressa em quilômetros por hora (km/h);

S_a = distância real de parada, expressa em metros (m);

V_a = velocidade real de ensaio, expressa em quilômetros por hora (km/h);

2.5 TEMPO DE PERCEPÇÃO E REAÇÃO (TPR)

Ao se identificar um obstáculo ou qualquer situação adversa durante o percurso que esta seguindo o motorista tem uma sequência de reações de acordo com HUMBURGER (2003).

- 1ª Percepção: momento que o motorista tem o primeiro contato visual como o objeto na rodovia, obstáculo ou um sinal de alerta;
- 2ª Identificação: etapa onde identifica que tipo de obstáculo, objeto ou sinal de alerta foi percebido na etapa anterior;
- 3ª Emoção: o condutor irá reagir de acordo com sua emoção decidindo a reação a ser tomada (por exemplo, pisar nos freios, mudar de faixa, desviar do objeto ou outros);
- 4ª Reação: é a etapa na qual o motorista executa a ação decidida durante a etapa de emoção.

O tempo de percepção e reação pode ser resumido no tempo em que o motorista visualiza alguma situação adversa e realiza a ação de reagir à situação.

2.6 TEMPO DE FRENAGEM

O tempo de frenagem é o tempo transcorrido entre o início do processo de desaceleração até o momento da parada do veículo. Para se calcular esta variável, pela equação elaborada por GAZIS (1960), tem-se:

Equação 9 – Tempo de frenagem

$$T_{am} = TPR + \frac{V}{2d} \quad [9]$$

Onde:

T_{am} = Tempo de amarelo [s]

T_{PR} = Tempo de percepção e reação [s]

d = desaceleração [m/s^2]

v = velocidade de aproximação [m/s]

Δt = duração do período [s]

Segundo Silva (2017) a partir de estudos matemáticos para se comprovar a responsabilidade sobre um acidente de trânsito, utilizam-se conceitos a física clássica para determinar a distância de frenagem de um veículo, com base nas informações de velocidade e coeficiente de atrito dos pneus.

Equação 10 – Distância de frenagem

$$D_{fren} = \frac{V^2}{250 * \mu}$$

[10]

Onde:

Dfren = Distância de frenagem [m]

V = velocidade [km/h]

μ = Coeficiente de atrito [para borracha comum, [0,8]

3 METODOLOGIA

A metodologia realizada para este trabalho constitui em uma revisão bibliográfica das normas utilizadas pelo DENATRAN na avaliação de veículos recuperados de sinistro conforme a portaria nº 32, de 22 de janeiro 2004.

Com uma moto Honda CBR 600RR, em condições pneus novos será usado um jogo de pastilhas de freio dianteiro e traseiro em níveis de desgaste diferentes.

- a) 25% de desgaste;
- b) 50% de desgaste;
- c) 75% de desgaste.

Para realizar o teste de frenagem avaliando somente a moto deve ser determinada a distância imposta pela percepção do obstáculo pelo motorista. A metodologia utilizada baseia-se em uma avaliação similar aos testes efetuados por organismos acreditados pelo INMETRO em território nacional.

Avaliou-se a porcentagem de espessura das pastilhas de freios quanto à influência na eficiência de frenagem.

Para o teste de frenagem foram seguidos os parâmetros da Portaria nº 387, de 06 de agosto de 2015, em uma pista ou rua devidamente asfaltada, regular, com superfície limpa e nivelada, em condições meteorológicas favoráveis (pista seca), com boas condições de aderência. Os materiais utilizados foram:

- ❖ 1 motocicleta Honda CBR 600 RR;
- ❖ 1 trena de 50 metros;
- ❖ 1 cone;
- ❖ 1 jogo de pastilhas de freios dianteiros e traseiros;
- ❖ 1 paquímetro;
- ❖ 1 termo higrômetro.

Todas as ferramentas de medições devidamente calibradas (certificados de calibração em anexo). A escolha do local, em atendimento aos critérios e requisitos

impostos pela norma, foi a Rua Rubi, bairro Esmeralda em Cascavel-PR, próximos ao DETRAN – 07ª CIRETRAN.

3.1 MOTOCICLETA

A motocicleta de teste, da marca Honda, foi o modelo CBR 600 RR, ano 2012, ilustrada na figura 8. Trata-se de uma moto do seguimento esportivo, 600 cilindradas com potência de 118 HP à 13500 RPM, câmbio seis velocidades, chassi em alumínio, com peso em ordem de marcha de aproximadamente 194 kg. Esta motocicleta é equipada com sistema de freios a disco na dianteira e traseira, sendo conjunto duplo na dianteira.

Figura 8 – Honda CBR 600RR



Fonte: AUTOR, 2018

3.2 MÉTODOS DAS FRENAGENS

Para a realização do teste com a motocicleta Honda CBR 600 RR, utiliza-se da metodologia descrita na portaria nº 387, de 06 de agosto de 2015, onde inicia de

uma distância segura para que o motociclista possa iniciar a frenagem quando passar pelo cone, representado na figura 9. A partir do cone, no sentido do deslocamento da motocicleta, faz-se a medição da distância de frenagem.

Figura 9 – Distância para realizar o início do teste



Fonte: AUTOR, 2018

Ao passar com o pneu dianteiro ao lado do cone são acionados os freios dianteiros e traseiros da motocicleta, conforme a ilustrado na figura 10.

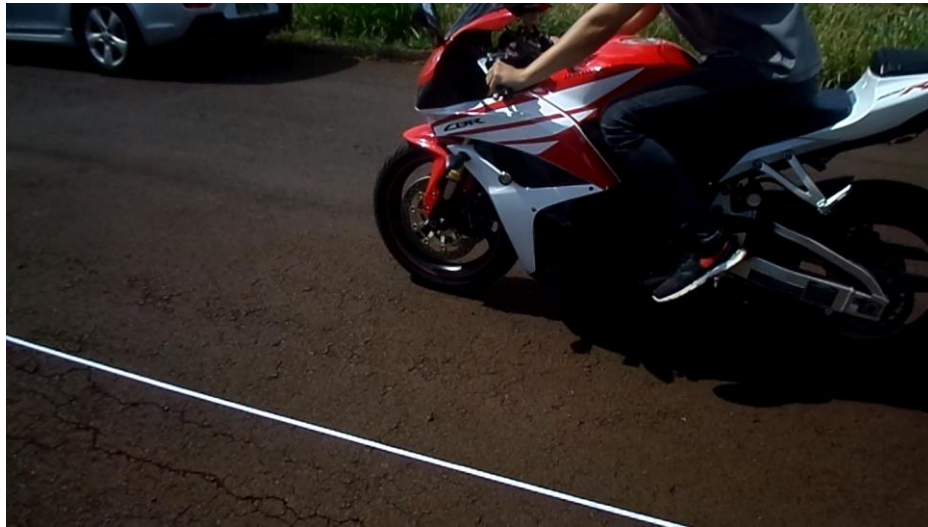
Figura 10 – Início da frenagem



Fonte: AUTOR, 2018

No término da frenagem, o valor da distância é medido do cone até a ponta do pneu dianteiro da motocicleta Honda CBR 600 RR. Desta forma obtém-se o valor da distância percorrida durante a frenagem conforme a figura 11.

Figura 11 – Término de frenagem



Fonte: AUTOR, 2018

O teste realizado e descrito está de acordo com a portaria nº 32, de 22 de janeiro 2004 e portaria nº 387 de 06 de agosto de 2015 do INMETRO, como método avaliativo para inspeção de frenagens em veículos sinistrados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas dez repetições do mesmo ensaio de frenagem (conforme item 3.2 Método de Frenagem) para diferentes níveis de desgaste das pastilhas de freio. A pastilha utilizada no teste foi da marca FABRECK DO BRASIL, e tem a espessura de 5 mm de material de desgaste, quando nova, para as dianteiras e traseiras, apresentadas na figura 12.

Para a primeira serie de teste com 25 % de desgaste foi realizado o desbaste de 1,25 mm da pastilha, restando 3,75 mm de material de desgaste, mostrado na figura 13.

Figura 12 – Pastilha de freio, traseiras (superiores) e dianteiras (inferiores).



Fonte: AUTOR, 2018

Figura 13 – Pastilhas de freio traseiras (superiores) e dianteiras (inferiores) 25% desgaste, após teste.



Fonte: AUTOR, 2018

Para a segunda série de teste com 50 % de desgaste foi realizado o desbaste, restando 2,50 mm de material de desgaste, mostrado na figura 14.

Figura 14 – Pastilhas de freio traseiras (superiores) e dianteiras (inferiores) 50% desgaste, após teste.



Fonte: AUTOR, 2018

Para a terceira série de teste com 75 % de desgaste foi realizado o desbaste, restante 1,25 mm de material de desgaste mostrado na figura 15.

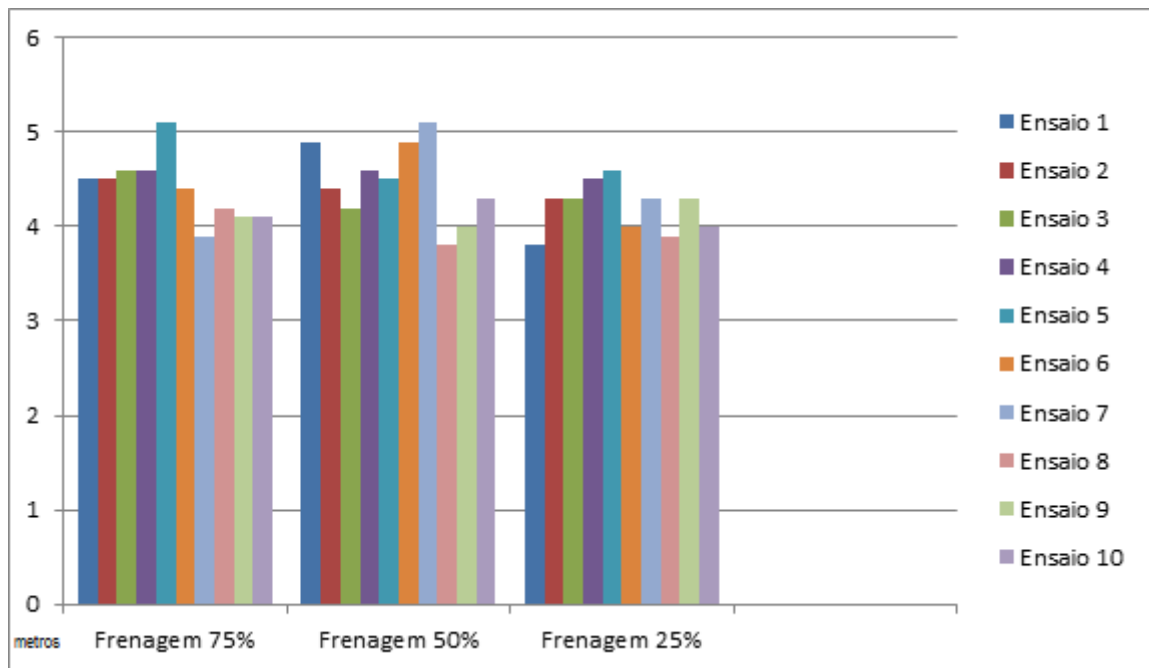
Figura 15 – Pastilhas de freio traseiras (superiores) e dianteiras (inferiores) 75% desgaste, após teste.



Fonte: AUTOR, 2018

De acordo com a figura 16, que mostra os dados para cada ensaio, o valor de frenagem em metros à esquerda, conclui-se que o valor da espessura da pastilha de freio não interfere na distância de parada. Pôde-se avaliar que de acordo com a área da pastilha que entrou em atrito com o disco de freio, ilustrado na figura 13, a pastilha com 75% de desgaste foi a que teve maiores distâncias de frenagens, após os outros testes com desgastes de 50% e 25% com as mesmas quantidades de frenagens, avalia-se que as distâncias menores em sequência, deram pela capacidade do condutor da moto acionar o freio com melhor eficácia, a partir das frenagens experimentais anteriores.

Figura 16 – Gráfico dos ensaios de frenagem



Fonte: AUTOR, 2018

Figura 17 – Gráfico dos resultados ensaios de frenagem

TESTE DE FENAGEM À 40 km/h			
Desgaste da Pastilha	75%	50%	25%
Ensaio 1	4,5	4,9	3,8
Ensaio 2	4,5	4,4	4,3
Ensaio 3	4,6	4,2	4,3
Ensaio 4	4,6	4,6	4,5
Ensaio 5	5,1	4,5	4,6
Ensaio 6	4,4	4,9	4
Ensaio 7	3,9	5,1	4,3
Ensaio 8	4,2	3,8	3,9
Ensaio 9	4,1	4	4,3
Ensaio 10	4,1	4,3	4
Media dos ensaios	4,4	4,47	4,2

Fonte: AUTOR, 2018

5 CONCLUSÃO

A portaria nº 387, de 06 de agosto de 2015, no artigo 2, segundo paragrafo diz:

Para a velocidade de 40 km/h, considerando as motocicletas e assemelhados transportando somente o condutor (sem carga), com o veículo na condição de “massa de freio do veículo completo”, e utilizando ambos os freios (dianteiro e traseiro), os valores da distância de frenagem deverão ser de, no máximo, 14,54 (catorze vírgula cinquenta e quatro) metros para as categorias L1 e L2; 10,67(dez vírgula sessenta e sete) metros para a categoria L3; 12,31(doze vírgula trinta e um) metros para as categorias L4 e L5, e o valor descrito na nota “*” da Tabela 2 deverá ser de 16,00 (dezesesseis) metros.

Cabe destacar, que a pesquisa tem vários objetivos, de avaliar a categoria L3, na qual a distância máxima para aprovação de frenagem do veículo é de 10,67 metros. Ao utilizar a norma ABNT NBR 16068, que é referência à portaria nº 32, de 22 de janeiro 2004 e portaria nº 387, de 06 de agosto de 2015 do INMETRO, não foi possível chegar a algum resultado próximo ou igual a distância máxima imposta pela portaria nº 387, de 06 de agosto de 2015.

Após os ensaios de frenagem realizados, conforme metodologia exigida pela Norma ABNT NBR 16080 e pelas portarias nº 32, de 22 de janeiro 2004 e nº 387, de 06 de agosto de 2015 do INMETRO, obteve-se resultados que evidenciam que a norma apresenta uma distância de parada que não reflete a realidade dos sistemas de frenagem que atualmente equipam as motocicletas.

Observou-se que mesmo para o caso com menor capacidade de frenagem (pastilhas com 75% de desgaste), o veículo foi capaz de parar 4,5 metros em média de **acordo com a figura 17**, estando dentro dos limites máximos preconizados pela norma. Observou-se também que mesmo em situações nas quais as motocicletas têm pouca capacidade de frenagem, a ocorrência de aprovação nos testes de frenagem é grande. Isso pode ser decorrente (faz-se aqui uma inferência) de uma distorção provocada pela capacidade de frenagem das motocicletas modernas em relação àquela existente na data de criação da norma.

Verificou-se também que os objetivos específicos do trabalho foram plenamente satisfeitos, pois de acordo com a portaria nº 32, de 22 de janeiro 2004, os testes para motocicletas da categoria L3 eram executados a uma velocidade de 80 km/h para uma distância de 42,7 metros de parada, porém, a portaria nº 387, de 06 de agosto de 2015, alterou a velocidade para 40 km/h para uma distância máxima de 10,67 metros de parada. Após os cálculos realizados com as equações

de distância de parada da revisão bibliográfica, os valores alcançados foram de 7,86 metros para equação 4 e 8 metros para equação 10.

Se comparado à distância de parada da portaria nº 387, de 06 de agosto de 2015 e a média das distâncias de paradas das equações 4 e 10 calculadas, uma diferença de 2,74 metros entre elas (25,67% menor que o valor cobrado para avaliação do INMETRO).

O presente trabalho traz contribuições para a academia, pois através de cálculos realizados em pesquisas bibliográficas é mostrada que uma avaliação acadêmica sobre uma norma que delibera laudos para o DETRAN, mostra a necessidade uma possível correção para os cálculos utilizados atualmente.

Sugere-se que alguns desdobramentos desta pesquisa sejam realizados no futuro:

- Diferença do desgaste de pneu para frenagem;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16068: Veículos rodoviários automotores Designações uniformes relativas aos ensaios de veículos da categoria L1, L2, L3, L4 e Ls, quanto à frenagem. Rio de Janeiro, 2002.

GAZIS, D., R. HERMAN, e A. MARADUDIN., **The Problem of the Amber Signal Light in Traffic Flow**. Operations Research, Vol. 8, pp. 112–132.1960

GURGEL, W.P., et al. **Cálculo de velocidades em acidentes de trânsito**. Scielo, (2015). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbep/v37n4/0102-4744-rbep-37-4-4305.pdf>>. Acesso em: maio. 2018.

HISTÓRIA DA BICICLETA. National Bicycle History Archive of America .Disponível em: < <http://www.nbhaa.com/> >. Acesso em: maio. 2018

HISTÓRIA DA MOTO. Viagem de Moto. Disponível em: < http://www.viagemdemoto.com.br/historia_da_moto.htm>Viagem de Moto> Acesso em: maio. 2018

HUMBURGER, W.S., **Fundamentals of Traffic Engineering**. University of California, 2003. Berkeley, EUA.

INMETRO. **Portaria 32/2004**: Rtg - Inspeção de Veículos Rodoviários Automotores - Recuperados De Sinistro. 2004. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC000881.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

INMETRO. **Portaria 509/2014**: Obrigatoriedade do uso de sistema antitravamento. 2014. Disponível em: <<https://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/Resolucao5092014.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

INMETRO, **Portaria 387/2015**. Correção do teste de frenagem da Portaria 32/2004 em < <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002295.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

MOTOTOUR. História da Motocicleta. Disponível em: <http://www.mototour.com.br/motocicleta/a-historia-da-motocicleta_1> Moto tour Acesso em: maio. 2018

MUSEU DA BICICLETA. Disponível em: <www.bicyclemuseum.com Home page of the Bicycle Museum of America>. Acesso em: maio. 2018

NUSSENZVEIG, H., MOYSÉS, **Curso de Física Básica**. Mecânica, Vol. 1. 2002

RESNICK, R., HALLIDAY, D., WALKER, J., **Fundamentos da Física**. Mecânica, Vol. 1. 1916

SEGURANÇA LÍDER. **DPVAT: Boletim Estatístico 2015**. Disponível em <<https://www.seguradoralider.com.br/Documents/boletimestatistico/Boletim%20201706.pdf>> Acesso em: maio. 2018



RUA SERGIPE, 113 - BONECA DO IGUAÇÚ - CEP 83040-120 - SÃO JOSÉ DOS PINHAIS - PARANÁ
FONE: (41) 3382-7666 - IE: 90.429.129-37 - CNPJ: 09.294.095/0001-78
www.kellab.com.br / kel.sjp@kellab.com.br



RBC - REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO
LABORATÓRIOS DE CALIBRAÇÃO: DIMENSIONAL, MASSA, FORÇA, TORQUE E DUREZA,
FÍSICO-QUÍMICA, TEMPERATURA E UMIDADE, VOLUME E MASSA ESPECÍFICA
ACREDITADO PELA CGCRE DE ACORDO COM A ABNT NBR ISO/IEC 17025, SOB O N° CAL 0144

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO N° S007456/2018

Emissão
21/02/2018

1. Dados do Instrumento e Solicitante:

Denominação: TRENA
Contratante: INSPEVEL INSPEÇÃO VEICULAR DE CASCAVEL LTDA
Av. Tancredo Neves, 2608 - Cascavel - PR
Solicitante: INSPEVEL INSPEÇÃO VEICULAR DE CASCAVEL LTDA
Av. Tancredo Neves, 2608 - Cascavel - PR
Fabricante: BRASFORT
Código: 04
Resolução / Valor de uma divisão: 1 mm
Data de Recebimento: 08/02/2018
Força de tração: 10N
Material: FIBRA DE VIDRO
Faixa de indicação: 0 a 50000 mm
Ordem de serviço: 000934/2018
Data da calibração: 21/02/2018

2. Procedimento:

A calibração foi realizada conforme procedimento PSQ-DIM.32 revisão 004 em três ciclos de medição, pelo método de comparação com padrão de referência. Padrões utilizados: Dispositivo certificado 0837/16 RBC/CERTI, válido até 03/2018.

"Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI)"

3. Tabela de Resultados

Unidade: mm

Valor Indicado (Instrumento)	Média Obtida (Padrão Utilizado)	Erro de Medição	Incerteza de Medição	k	veff
0,00	0,00	0,00	0,12	2,00	∞
3000,00	3001,43	-1,43	0,26	2,00	∞
6000,00	6001,95	-1,95	0,53	2,00	∞
9000,00	9002,04	-2,04	0,81	2,00	∞
12000,00	12001,20	-1,20	1,09	2,00	∞
15000,00	15000,44	-0,44	1,37	2,00	∞
18000,00	17999,11	0,89	1,65	2,00	∞
21000,00	20997,76	2,24	1,94	2,00	∞
24000,00	23997,25	2,75	2,22	2,00	∞
27000,00	26996,96	3,04	2,50	2,00	∞
30000,00	29996,33	3,67	2,78	2,00	∞
33000,00	32994,82	5,18	3,07	2,00	∞
36000,00	35993,87	6,13	3,35	2,00	∞
39000,00	38992,35	7,65	3,63	2,00	∞
42000,00	41990,90	9,10	3,91	2,00	∞
45000,00	44989,96	10,04	4,20	2,00	∞
48000,00	47988,64	11,36	4,48	2,00	∞
50000,00	49988,02	11,98	4,65	2,00	∞

4. Condições Ambientais e Local:

Local da calibração: K&L Laboratórios de Metrologia
Temperatura: 20,0 °C ± 1,0 °C
Umidade relativa do ar: Abaixo de 65,0 %ur

ALEX BRUNO COELHO DE MORAES
SIGNATÁRIO AUTORIZADO

Este certificado é válido exclusivamente para o objeto calibrado descrito nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares. Não é permitida a reprodução deste certificado, somente original. Certificado conferido e assinado eletronicamente.



RUA SERGIPE, 113 - BONECA DO IGUAÇÚ - CEP 83040-120 - SÃO JOSÉ DOS PINHAIS - PARANÁ
FONE: (41) 3382-7666 - IE: 90.429.129-37 - CNPJ: 09.294.095/0001-78
www.kellab.com.br / kel.sjp@kellab.com.br

RBC - REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

LABORATÓRIOS DE CALIBRAÇÃO: DIMENSIONAL, MASSA, FORÇA, TORQUE E DUREZA,
FÍSICO - QUÍMICA, TEMPERATURA E UMIDADE, VOLUME E MASSA ESPECÍFICA

ACREDITADO PELA CGCRE DE ACORDO COM A ABNT NBR ISO/IEC 17025, SOB O Nº CAL 0144



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº S006636/2016

Emissão
22/02/2016

1. Dados do Instrumento e Solicitante:

Denominação: TERMOHIGRÔMETRO
Contratante: INSPEL INSPEÇÃO VEICULAR DE CASCAVEL LTDA
Av. Tancredo Neves, 2608 - Cascavel - PR
Solicitante: INSPEL INSPEÇÃO VEICULAR DE CASCAVEL LTDA
Av. Tancredo Neves, 2608 - Cascavel - PR
Fabricante: INCOTERM
Código: EST-01
Código do Sensor: EST-01
Tipo de Indicação: Analógico
Data de Recebimento: 15/02/2016
Número de Série: NÃO ENCONTRADO
Modelo: NÃO ENCONTRADO
Ficha de Acompanhamento: 000780/2016
Data da calibração: 19/02/2016

2. Procedimento

A calibração foi realizada conforme procedimento PSQ-TEM.12 revisão 005, por comparação em um meio termostático com homogeneidade conhecida. Foram realizados cinco ciclos de medição. Padrões utilizados: Termohigrômetro Padrão certificado LV42696-15-R0, válido até 12/2016;

"Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI)"

3. Tabela de Resultados

3.1 - -40 A 60 °C - IN - Temperatura (°C)

Unidade : °C

Indicação do Instrumento em Calibração	Valor do Padrão	Erro de Medição	Incerteza de Medição	k	veff
10	10,6	-0,6	0,8	2,00	∞
20	20,2	-0,2	0,8	2,00	∞
30	30,5	-0,5	0,8	2,00	∞

3.2 - 0 a 100 %ur - Umidade

Unidade : % ur

Indicação do Instrumento em Calibração	Valor do Padrão	Erro de Medição	Incerteza de Medição	k	veff
36	31,0	5,0	1,5	2,00	∞
56	50,2	5,8	2,0	2,00	∞
75	70,3	4,7	2,0	2,00	∞

BRUNA ALBERTI
SIGNATÁRIA AUTORIZADA

Este certificado é válido exclusivamente para o objeto calibrado descrito nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares. Não é permitida a reprodução deste certificado, somente original. Certificado conferido e assinado eletronicamente. Pág. 1/2



Instalações de
Oeiras

Signature Not
Verified

Digitally signed by
LABMETRO ONLINE
Date: 2017.06.06
15:11:39 +04:00
Reason: Documento
aprovado
electronicamente



Laboratório de Metrologia
Dimensional
Certificado de Calibração

Data de emissão 24/02/2017

Certificado n.º CDIM500018/17

Página 1 de 3

Equipamento Paquímetro

Marca:	Mitutoyo	Indicação:	Analgica
Modelo:	530-104B-10	Intervalo de indicação:	0 a 150 mm
N.º ident.:	PAQ 01	Resolução:	0,05 mm
N.º série:	BG033752	(do dispositivo afixador)	

Cliente Inspevel - Inspeção Veicular de Cascavel Ltda.
Av. Tancredo Neves, 2608 - Cascavel/PR
CEP: 85805-000

Data de Calibração 14/02/2017

Condições Ambientais Temperatura: 24,8°C Umidade relativa: 48,9%

Procedimento PO.M-DM/DIM 078 Ed. B Rev. 00 (baseado na norma DIN862)

Local do serviço Instalações do LACMETRO - São Paulo - Brasil.

Rastreabilidade Blocos padrão, com o n.º de ident. LAC-BP-01, rastreados ao ISQ (Portugal).
Anel padrão liso, com o n.º de ident. LAC-AL-01, rastreado ao ISQ (Portugal).

Estado do equipamento Não foram identificados aspetos relevantes que afetassem os resultados.

Resultados Encontram-se apresentados na(s) folha(s) em anexo.

"A incerteza expandida apresentada está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo fator de expansão k=2, o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02."

Calibrado por

Jorge Cardoso

Responsável pela Validação

Sara (Responsável Técnico)

DM/064.2/07

**instituto de soldadura
e qualidade**

Lisboa: Av. Prof. Cavaco Silva, 33 • Taguspark • 2740-120 Oeiras • Portugal
Tels.: +351 21 422 80 34 / 81 88 / 90 20 • Fax: +351 21 422 81 02

labmetro@isq.pt

<http://metrologia.isq.pt>

Porto: Rua do Mirante, 258 • 4415-491 Grijó • Portugal
Tels.: +351 22 747 19 10 / 50 • Fax: +351 22 747 19 19 / 745 57 78

O IPAC é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo da EA e do ILAC para ensaios, calibrações e inspeções. IPAC is a signatory to the EA MLA and ILAC MRA for testing, calibration and inspection. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando autorização por escrito do ISQ. This document may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.