

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA/AUTOMAÇÃO**

GUILHERME BITTENCOURT BATTEZATI

**ESTUDO DE MODIFICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE UM MOTOR CC
PRODUZIDO EM INDÚSTRIA DA CADEIA DE SUPRIMENTOS
AUTOMOTIVOS**

**CURITIBA
2014**

GUILHERME BITTENCOURT BATTEZATI

**ESTUDO DE MODIFICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE UM MOTOR CC
PRODUZIDO EM INDÚSTRIA DA CADEIA DE SUPRIMENTOS
AUTOMOTIVOS**

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado a disciplina de TCC 2, do curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase em Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito para aprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Eloir Rocha

CURITIBA
2014

Guilherme Bittencourt Battezzati

Estudo de Modificação na Construção de um Motor CC Produzido em Indústria da Cadeia de Suprimentos Automotivos

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 25 de fevereiro de 2014.

Prof. Paulo Sérgio Walenia, Esp.
Coordenador de Curso
Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Automação

Prof. Marcelo de Oliveira Rosa, Dr.
Professor Responsável pelos Trabalhos de Conclusão do Curso
de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Automação do DAELT

ORIENTAÇÃO

Joaquim Eloir Rocha, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Jaime Favretto, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Joaquim Eloir Rocha, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Luiz Erley Schafranski, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Industrial Elétrica - Ênfase Automação

RESUMO

BATTEZATI, Guilherme, B. Estudo de Modificação na Construção de um Motor CC Produzido em Indústria da Cadeia de Suprimentos Automotivos. 2014, 88f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase em Automação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

O presente trabalho apresenta o estudo dos efeitos de uma modificação construtiva na quantidade de espiras no bobinado da armadura de um motor c.c. à ímã permanente, tanto com mais quanto com menos espiras, utilizado em mecanismos levantadores de vidro de automóveis. Buscou-se estudar e avaliar quais os impactos relativos às especificações do fabricante e do cliente, e também relativos ao funcionamento e resposta dos motores. O resultado deste trabalho é de grande importância para a tomada de decisões com relação à possibilidade da modificação do produto conforme a necessidade da empresa que o fabrica.

Palavras Chave: Motor C.C.; Ímã Permanente; Levantador de Vidros.

ABSTRACT

BATTEZATI, Guilherme, B. Study on a Constructive Modification of a DC Motor Manufactured in an Automotive Supply Chain Industry. 2014, 88f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase em Automação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

This paper presents the study of the effects of a constructive change in the quantity of turns on the armature coil of a permanent magnet dc motor, in both cases of more turns and less turns, used in automobiles' window regulator mechanisms. The impacts regarding to the specifications of the manufacturer and the customer and also the motors operation and response were studied and evaluated. This work's results are of great importance for decision-making regarding the possibility of product modification according to the needs of the manufacturer.

Keywords: DC Motors; Permanent Magnets; Window Regulators.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ACIONADOR DE LEVANTADOR DE VIDRO	11
FIGURA 2 – O ACIONADOR DE LEVANTADOR DE VIDRO ESTUDADO	12
FIGURA 3 – MOTOR EXPLODIDO	13
FIGURA 4 – CARÇA DO MOTOR EXPLODIDA	13
FIGURA 5 – ROTOR EXPLODIDO.....	14
FIGURA 6 – PARTE INTERNA DO MOTOR ESTUDADO.....	15
FIGURA 7 – PARTE INTERNA DO MOTOR ESTUDADO.....	16
FIGURA 8 – MOTORES C.C DE COMUTADOR E ÍMÃ PERMANENTE PRESENTES EM UM AUTOMÓVEL	23
FIGURA 9 – PRINCÍPIO BÁSICO DA FORÇA ELETROMOTRIZ	23
FIGURA 10 – REGRA DA MÃO ESQUERDA DE FLEMING	24
FIGURA 11 – REGRA DO PARAFUSO DA MÃO DIREITA	25
FIGURA 12 – INTERFERÊNCIA ENTRE AS LINHAS DE FLUXO MAGNÉTICO	25
FIGURA 13 – TENSÃO DAS LINHAS DE FLUXO MAGNÉTICO	26
FIGURA 14 – PRODUÇÃO DE TORQUE	26
FIGURA 15 – DETALHE DO ENROLAMENTO.....	29
FIGURA 16 – ENGRENAGEM E PARAFUSO COM ROSCA SEM-FIM.....	32
FIGURA 17 – ACOPLAMENTO ENTRE ENGRENAGEM E ROSCA SEM-FIM.....	33
FIGURA 18 – MÁQUINA UNIVERSAL - ACOPLAMENTO	37
FIGURA 19 – MÁQUINA UNIVERSAL - IHM.....	38
FIGURA 20 – FREIO DE HISTERESE	39
FIGURA 21 – COMPONENTES DO FREIO DE HISTERESE	40
FIGURA 22 – DINAMÔMETRO DE TORQUE	41
FIGURA 23 – GRÁFICO TORQUE X CORRENTE E TORQUE X VELOCIDADE	42
FIGURA 24 – DADOS NOMINAIS	43
FIGURA 25 – DADOS PONTUAIS	43
FIGURA 26 – DADOS PONTUAIS COM REFERÊNCIAS.....	44
FIGURA 27 – FLUXÍMETRO	47
FIGURA 28 – INSTRUMENTOS PARA A MEDIÇÃO DE FLUXO	48
FIGURA 29 – A MEDIÇÃO DE FLUXO	49
FIGURA 30 – INTERAÇÃO DO FLUXO POLAR E DA ARMADURA	54

LISTA DE SIGLAS

ABS	<i>Antilock Brake Systems</i> – Sistemas de freio anti-bloqueio
C.C.	Corrente contínua
FEM	Força Eletromotriz
AGMA	<i>American Gear Manufacturers Association</i> – Associação Americana dos Fabricantes de Engrenagens
IHM	Interface Homem-máquina

SUMÁRIO

RESUMO.....	4	
ABSTRACT	5	
LISTA DE FIGURAS	6	
LISTA DE SIGLAS	7	
SUMÁRIO.....	8	
1	INTRODUÇÃO	10
1.1	TEMA	10
1.1.1	ASPECTOS HISTÓRICOS.....	10
1.1.2	ASPECTOS CONSTRUTIVOS	11
1.1.3	DELIMITAÇÃO DO TEMA	16
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS	16
1.3	OBJETIVOS	17
1.3.1	OBJETIVO GERAL.....	17
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4	JUSTIFICATIVA	18
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	INTRODUÇÃO	21
2.2	PRINCÍPIOS BÁSICOS.....	23
2.3	TEORIA DE MOTORES C.C. DE ÍMÃ PERMANENTE À COMUTADOR	27
2.3.1	TENSÃO NOS TERMINAIS	27
2.3.2	FORÇA ELETROMOTRIZ NO ENROLAMENTO DA ARMADURA	27
2.3.3	TORQUE ELETROMAGNÉTICO	29
2.3.4	RESISTÊNCIA DO ENROLAMENTO DA ARMADURA	30
2.3.5	POTÊNCIA ELETROMAGNÉTICA	30
2.3.6	VELOCIDADE LINEAR DO ROTOR E COMUTADOR	31
2.3.7	POTÊNCIAS DE ENTRADA E DE SAÍDA.....	31
2.4	TEORIA DE ENGRENAGENS	31
2.4.1	ELEMENTOS DA ROSCA SEM-FIM.....	31
3	EQUIPAMENTO DE TESTES	37
3.1	DINAMÔMETRO DE TORQUE	38
3.2	RELATÓRIO DE MEDIÇÃO	41
4	PROTÓTIPOS E TESTES.....	45
4.1	PROTÓTIPOS.....	45
4.2	CÁLCULOS TEÓRICOS	45
4.2.1	MEDIÇÃO DE FLUXO	46

4.2.2	CÁLCULO DA CORRENTE	50
4.2.3	CÁLCULO DA FEM INDUZIDA	50
4.2.4	CÁLCULO DA VELOCIDADE	51
4.3	RESULTADOS DOS TESTES.....	51
4.4	COMPARATIVO DOS RESULTADOS	52
4.5	CONSTATAÇÕES E HIPÓTESES	53
5	CONCLUSÕES	56
	REFERÊNCIAS.....	57
	APÊNDICE A – RELATÓRIOS DE TESTES DA MÁQUINA UNIVERSAL.....	59

1 INTRODUÇÃO

Motores de corrente contínua (Motores C.C.) são amplamente utilizados em várias aplicações que se encontram no dia-a-dia dos cidadãos atuais. Desde os equipamentos presentes nas cozinhas, como forno microondas, nos banheiros como os barbeadores elétricos, até os freios ABS dos carros, o leque de aparelhos e utilidades que têm em sua composição um motor c.c. é muito amplo no mundo de hoje.

Esta característica também se verifica, com grande evidência, na indústria automobilística. Um automóvel, atualmente, pode utilizar até cerca de cem motores c.c. (à ímã permanente) para aplicações, como por exemplo: trava elétrica, levantador do vidro elétrico, ajuste do espelho retrovisor, ajuste da inclinação dos bancos, direção assistida, freios ABS, entre outros (Gieras e Wing, 2002, p.127). Neste trabalho serão estudadas as características de um motor utilizado em um mecanismo levantador de vidro de um carro.

1.1 TEMA

1.1.1 ASPECTOS HISTÓRICOS

Os motores c.c., segundo Seale (2001), existem basicamente para converter energia elétrica em energia mecânica. Isto é conseguido quando dois campos eletromagnéticos interagem; um estacionário e outro adjunto a uma parte móvel. Os motores c.c. têm um potencial para torques bem altos (mas isso depende do tamanho do motor em questão), são fáceis de miniaturizar, e têm fácil ajuste de velocidade através do ajuste da sua fonte de tensão. Eles são não só os mais simples, mas também os mais antigos motores.

Seale (2001) também lembra que os princípios básicos da indução eletromagnética foram descobertos no século XVII por Oersted, Gauss e Faraday. Em 1820, Hans Cristian Oersted e Andre Marie Ampère descobriram que uma corrente elétrica produzia um campo magnético. Nos quinze anos seguintes foram realizadas várias experimentações e inovações que acabaram levando a um motor rotativo c.c.

simples. Michael Faraday comprovou, em 1821, através de um experimento, a teoria de Oersted e Ampère de que um condutor carregando uma corrente produz um campo magnético circular ao seu redor. Dez anos depois, Joseph Henry melhorou o experimento de Faraday criando um mecanismo que repelia e atraía uma haste móvel, utilizando pilhas e ímãs. O primeiro motor rotativo surgiu um ano depois do experimento de Henry, inventado por William Sturgeon, que criou o comutador, e assim um motor que continha essencialmente todos os elementos de um motor c.c. moderno.

1.1.2 ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Um acionador de levantador de vidro é um motor c.c. simples com um acoplamento mecânico (Caixa de redução) para fornecer torque ao mecanismo que tem interfaces com o vidro da janela e a porta do veículo, como se vê nas Figuras 1 e 2.

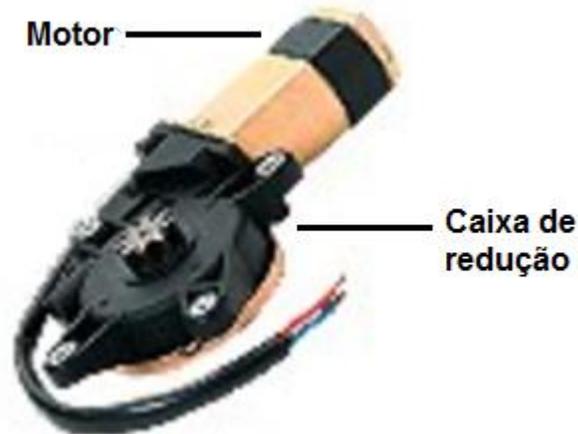


Figura 1 – Acionador de levantador de vidro

Fonte: MABUCHI MOTOR (2002)

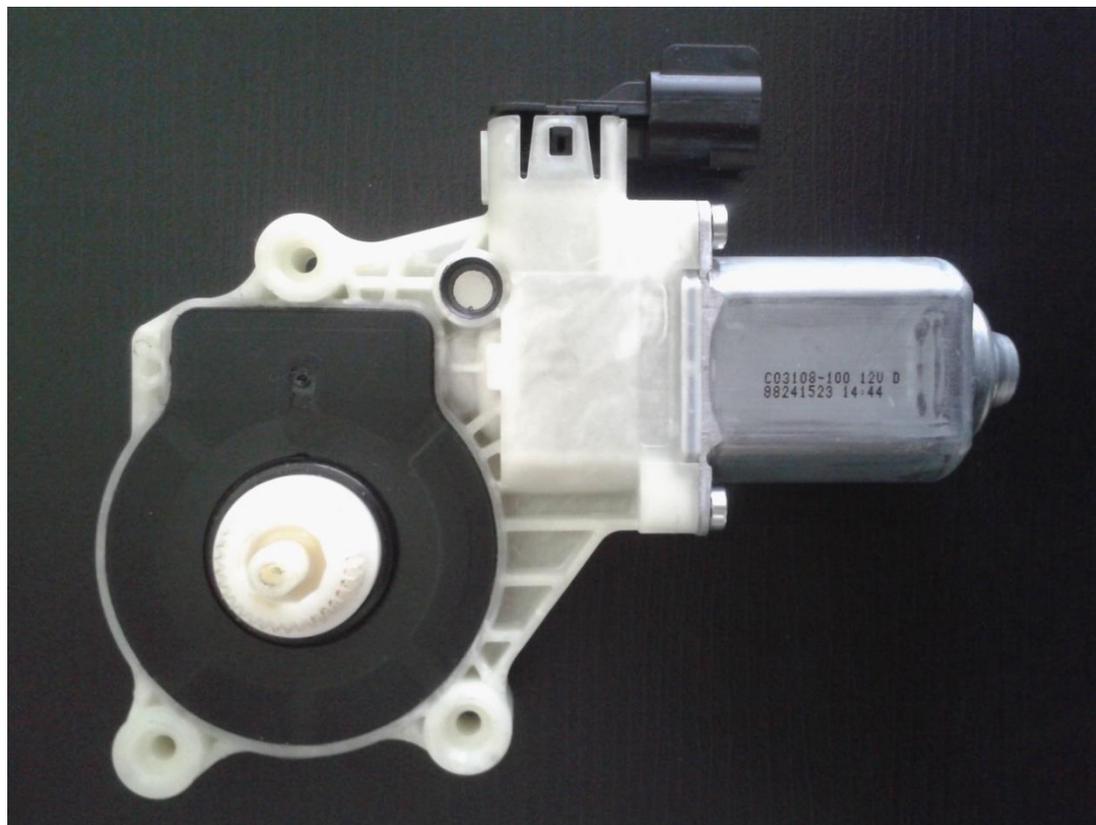


Figura 2 – O acionador de levantador de vidro estudado

Fonte: O Autor

Desprezando a parte do acoplamento mecânico, temos as seguintes partes do motor como se pode verificar na Figura 3.

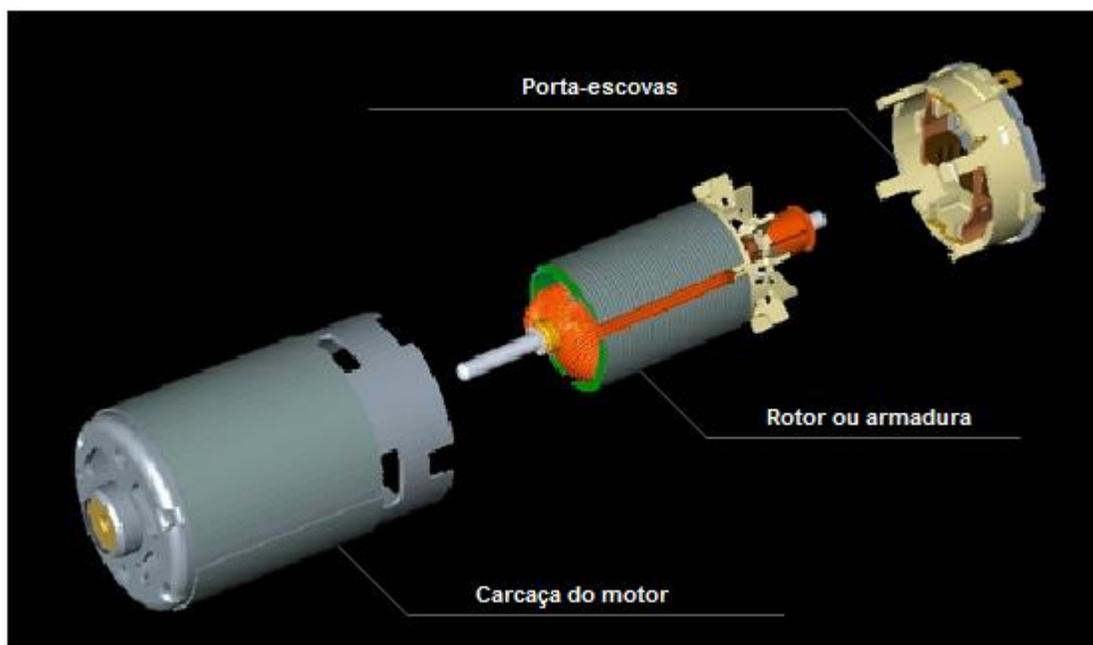


Figura 3 – Motor explodido

Fonte: Adaptado de MABUCHI MOTOR (2002)

Na Figura 4 verificamos a carcaça do motor que contém os ímãs permanentes e outros itens menos relevantes.

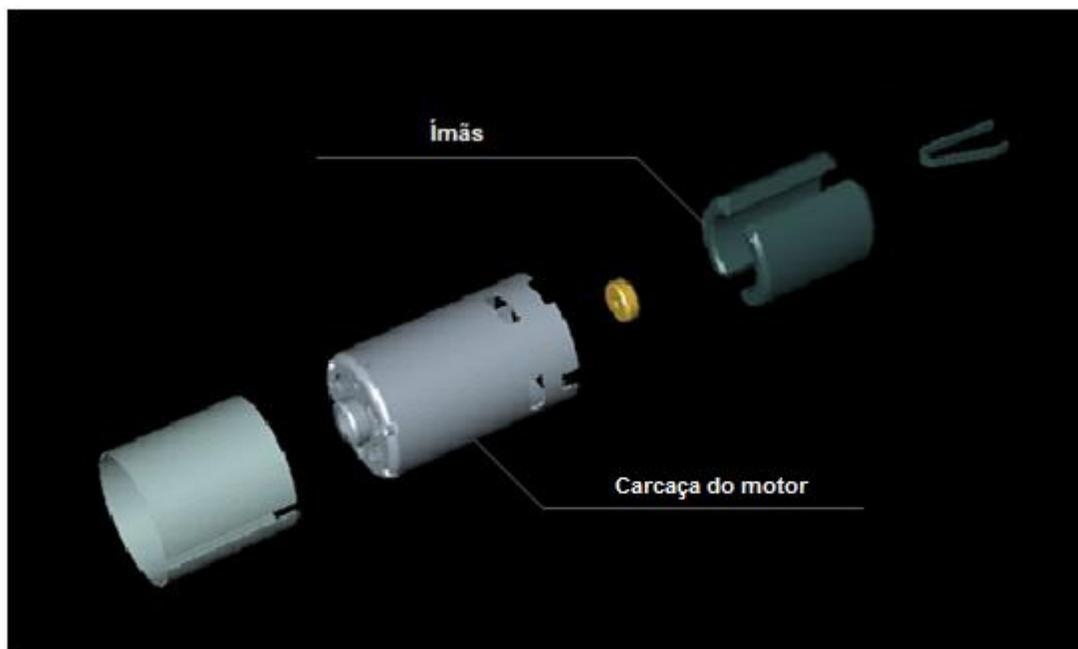


Figura 4 – Carcaça do motor explodida

Fonte: Adaptado de MABUCHI MOTOR (2002)

Já o rotor (Figura 5), é composto de um núcleo feito de chapas de aço recortadas e empilhadas, o eixo por onde é transmitido o torque do motor, o enrolamento dos fios de cobre por onde passa a corrente, o comutador, entre outros itens de menor importância.

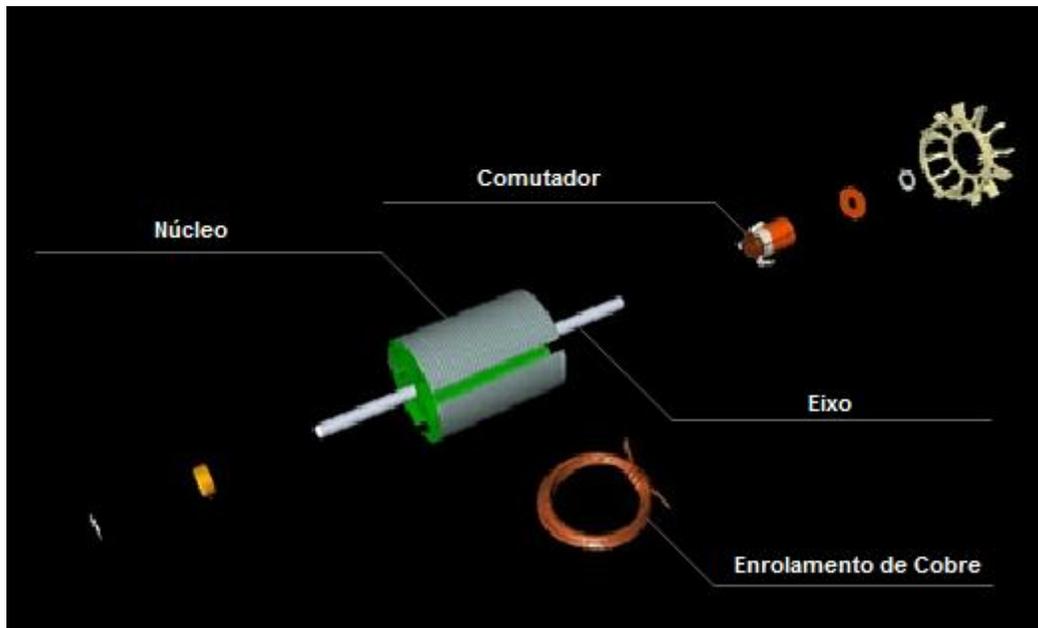


Figura 5 – Rotor explodido

Fonte: Adaptado de MABUCHI MOTOR (2002)

Abaixo, na Figura 6 vemos a parte interna do motor estudado, mostrando o rotor, os ímãs, a caixa do motor e o porta-escovas.



Figura 6 – Parte interna do motor estudado

Fonte: O Autor

Finalmente, a parte interna da caixa da engrenagem, onde fica o acoplamento mecânico entre a rosca sem-fim e a engrenagem do motor estudado pode ser vista na Figura 7.

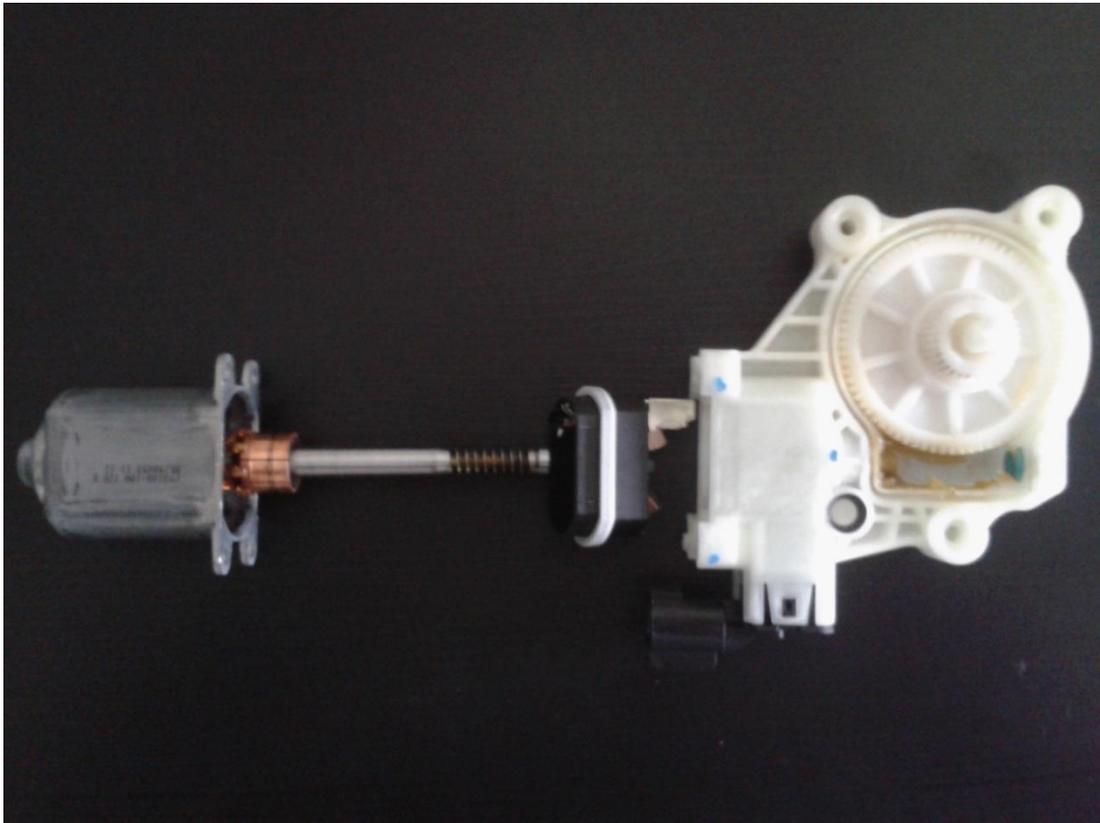


Figura 7 – Parte interna do motor estudado

Fonte: O Autor

1.1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Alteração construtiva de um motor de levantador de vidro produzido em série em uma empresa de peças automotivas, para estudo do seu funcionamento e análise de atendimento às normas especificadas para o mesmo, a fim de reduções de custo de produção, e/ou atendimento a pedidos dos clientes, de modificação da quantidade de espiras no bobinado do motor, tanto para deixar o motor mais potente quanto menos potente, de acordo com a necessidade do cliente.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

A empresa de peças automotivas referida, que se localiza na área industrial de São José dos Pinhais, tem uma linha de produção de motores de levantador de vidro,

cujos motores são utilizados em determinado veículo, também produzido em série atualmente. Este veículo é um carro de médio porte, cujas portas dianteira e traseira têm tamanhos diferentes e, conseqüentemente, suas janelas e vidros têm tamanhos, formas e pesos diferentes. Atualmente, utiliza-se o mesmo motor para ambas as janelas dianteira e traseira do veículo. Como a janela traseira é menor do que a dianteira, o torque necessário para se levantar o vidro dianteiro é maior do que o torque demandado pelo vidro traseiro. Assumindo que o motor foi projetado para no mínimo atender ao torque demandado para o vidro dianteiro, utilizando-se o mesmo motor para o vidro traseiro se observa que existe uma subutilização da potência do motor na porta traseira.

Modificando este motor na parte do enrolamento do cobre se teria um motor com uma potência menor, que poderia atender o torque demandado pelo vidro traseiro, e assim se economizaria em cobre e em tempo de produção de cada motor, permitindo assim uma melhoria de produção.

Além desta situação, como já aconteceu em outras ocasiões nesta empresa, o cliente pede que o motor seja fabricado com menos ou mais potência, por motivos próprios deles, que podem ser, por exemplo, o *carry-over* (quando um item utilizado em um modelo de carro anterior é utilizado também no modelo novo) do motor para um novo projeto que demanda um pouco mais, ou menos, de potência no motor.

É neste contexto que se elaborou o seguinte problema:

- É possível modificar construtivamente o motor em questão para se obter um motor mais potente ou menos potente, mas que atenda as especificações internas da empresa que o fabrica e também as especificações do seu cliente?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Modificar construtivamente um motor c.c. utilizado para levantadores de vidro, em seu enrolamento de cobre, variando a quantidade de espiras por bobina em seu

rotor, a fim de se obter um motor com menor ou maior potência, atendendo às especificações a ele relacionadas, conseguindo assim um estudo detalhado dos efeitos de tais modificações no seu funcionamento, possibilitando a tomada de decisão da empresa em modificá-lo de acordo com sua necessidade.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o número de espiras por bobina que se devem implementar no motor;
- Construir 5 protótipos de cada variação (para mais e para menos), ou seja 10 protótipos para estudos práticos;
- Testar os protótipos de acordo com as especificações do fabricante e do seu cliente;
- Avaliar o comportamento dos protótipos quando submetidos aos testes;
- Verificar se os protótipos atendem a todas as especificações a ele relacionadas;

1.4 JUSTIFICATIVA

A cadeia de suprimentos automobilística tem como uma de suas metas, continuamente reduzir custos no processo de fabricação. Isto pode ocorrer através de aprimoramentos no processo de fabricação, melhoras no funcionamento logístico, através de modificações no produto manufaturado, entre outros. Segundo Spence (1984, p. 101), em muitos mercados, as empresas concorrem ao longo do tempo, gastando recursos com o objetivo de reduzir os seus custos. Às vezes, os investimentos de redução de custos operam diretamente sobre os custos. Em outros casos, eles tomam a forma de desenvolvimento de novos produtos que proporcionam o que os clientes precisam de forma mais barata. Portanto, o desenvolvimento do produto pode ter o mesmo efeito final que a redução de custos diretos.

Apesar de este fenômeno acontecer durante o desenvolvimento do produto, muitas vezes ao longo do período de produção do produto, os engenheiros buscam

potenciais de redução de custos nos produtos de produção corrente. Neste caso, acontecem as modificações de produto para fins de redução de custos.

Neste contexto, verificando-se o atual potencial de redução de custos na modificação do enrolamento de cobre do motor de levantador de vidro, houve a idealização inicial para a confecção deste trabalho. Vale mencionar que esta modificação no produto, se aplicada para a diminuição de enrolamento de cobre, não só apresenta um potencial de reduções de custo de material na fabricação do motor propriamente dito, mas também um potencial de melhoria nos *lead times* do processo de fabricação, permitindo uma produção mais eficiente. Já no caso de demanda do cliente para a modificação do produto, a redução de custos se encontra na não necessidade de um novo projeto para um novo produto, se fazendo o *carry-over*, que gera uma economia tanto para o cliente quanto para o fabricante.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos do projeto são:

- Levantamento de natureza exploratória sobre o motor de levantador de vidro em questão. Segundo Marconi e Lakatos (2010, p. 171), pesquisa de natureza exploratória é uma pesquisa empírica com objetivo de formular questões ou um problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para realização de uma pesquisa futura mais precisa, ou modificar e clarificar conceitos;
- Estudo da teoria de motores de corrente contínua à ímã permanente;
- Determinação da nova configuração do motor no tocante às suas características construtivas;
- Montagem de protótipos;
- Definição dos testes necessários de acordo com as especificações internas do fabricante e do seu cliente;
- Acompanhamento do funcionamento e comportamento dos principais parâmetros antes durante e depois da aplicação dos testes aos protótipos;
- Análise dos resultados obtidos confrontando-os com as especificações;

- Aprovação ou reprovação dos protótipos de modificação de produto;

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será estruturado em seis capítulos.

No Capítulo 1 é apresentada a proposta desenvolvida, os objetivos do trabalho, o método de pesquisa e os motivos para se aplicar esta modificação de produto. No Capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica da teoria dos motores de corrente contínua. Também é mostrada a estrutura do motor estudado e suas características. Concluindo a revisão é abordada a parte da teoria da mecânica envolvida na transmissão do torque até o acoplamento do motor. No Capítulo 3 são apresentados os equipamentos utilizados para teste e aferimento das características dos motores. Por sua vez, no Capítulo 4 são apresentados os cálculos teóricos, os resultados obtidos com os testes e a comparação dos resultados. Finalmente, no Capítulo 5 são elencadas as conclusões e sugestões para a implementação real da modificação do produto na empresa, bem como, ideias para futuros trabalhos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUÇÃO

Em um país industrializado moderno, cerca de 65% da energia elétrica é consumida por acionamentos elétricos. Motores de velocidade constante, de velocidade variável, ou servo-motores, são usados em quase toda parte: na indústria, comércio e serviços, eletrodomésticos, tração elétrica, veículos rodoviários, embarcações, aeronaves, equipamento militar, equipamento médico e agricultura. Unidades eletromecânicas de velocidade e controle de posição desempenham um papel fundamental na área de robótica, automação industrial, controle de processos, conservação de energia e veículos movidos a energia elétrica (Gieras e Wing, 2002, p.V).

Dentre esta gama de motores se encontram os motores de corrente contínua à de ímã permanente. No presente momento, a maioria dos motores de ímã permanente com rotores de fenda usa ímãs de ferrite. Motores c.c., rentáveis e simples, equipados com ímãs de ferrite de bário ou de estrôncio montados no estator ainda serão muito utilizados no futuro próximo, em veículos rodoviários, brinquedos e aparelhos domésticos (Gieras e Wing, 2002, p.1).

Segundo Gieras e Wing (2002, p. 16), motores de ímã permanente são utilizados em uma grande extensão de aplicações de potência, desde miliwatts até centenas de quilowatts. A variedade de áreas de aplicação também é extensa, como se pode observar pelos exemplos a seguir (entre vários outros):

- Indústria
 - Motores industriais, por exemplo, bombas, ventiladores, sopradores, compressores, centrífugas, moinhos, guindastes, sistemas de manuseio, etc
 - Máquinas-ferramentas
 - Servo-acionamentos
 - Processos de automação
 - Sistemas de transporte interno

- Robôs
- Vida Pública
 - Sistemas de ar condicionado
 - Equipamentos de restauração
 - Máquinas de lavanderia
 - Caixas Eletrônicos
 - Máquinas automáticas de venda
 - Leitores de código de barras em supermercados
 - Sistemas de controle ambiental
 - Relógios
 - Equipamentos de parque de diversões
- Vida doméstica
 - Equipamentos de cozinha (geladeiras, fornos de microondas, batedeiras, máquinas de lavar louça, etc.)
 - Equipamentos de banheiro (máquinas de barbear, secadores de cabelo, escovas de dente, aparelhos de massagem)
 - Máquinas de lavar e secadoras de roupa
 - Aquecimento e sistemas de ar condicionado
 - Aspiradores
 - Cortadores de grama
 - Bombas para piscinas
 - Brinquedos
 - Equipamentos de som
 - Sistemas de segurança (portas de garagem automáticas, portões automáticos)

A indústria automobilística utiliza uma grande quantidade de motores comutadores c.c.. O número de motores comutadores c.c. de ímã permanente auxiliares utilizados pode variar de poucos, em carros mais populares, até uma centena em carros de luxo. Na figura 8 pode-se observar alguns exemplos de aplicações de motores c.c. de ímã permanente em um automóvel.

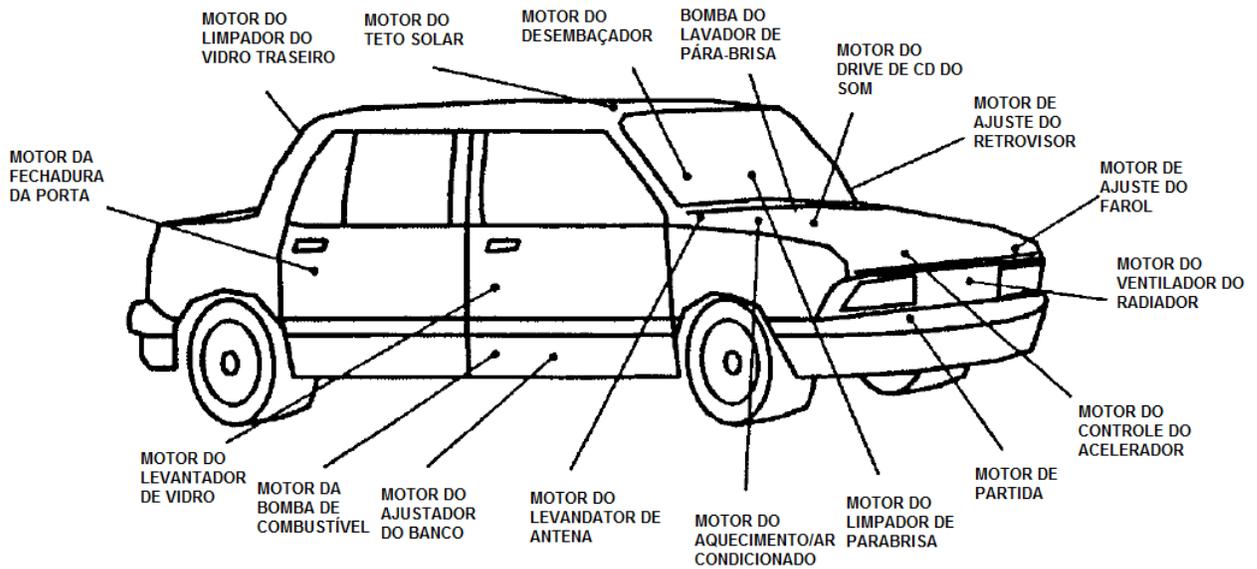


Figura 8 – Motores c.c. de comutador e ímã permanente presentes em um automóvel

Fonte: Adaptado de Gieras e Wing (2002, p. 23)

2.2 PRINCÍPIOS BÁSICOS

Os princípios de funcionamento de um motor c.c. com ímãs permanentes são demonstrados a seguir (MABUCHI MOTOR, 2002). O princípio básico da força eletromotriz é demonstrado na Figura 9.

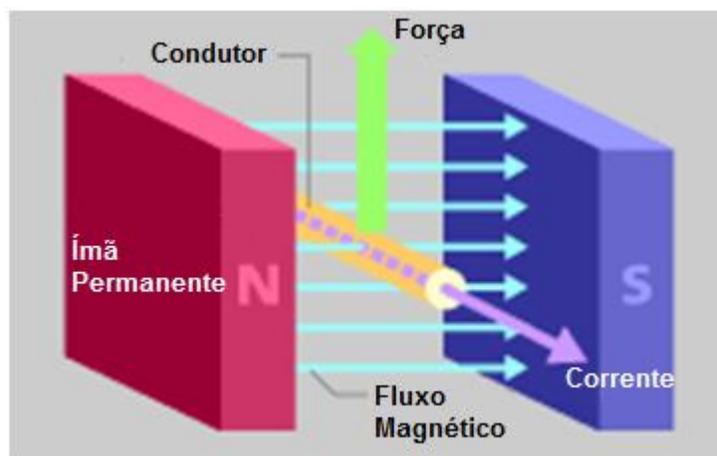


Figura 9 – Princípio básico da força eletromotriz

Fonte: Adaptado de MABUCHI MOTOR (2002)

A direção do fluxo magnético produzido pelos ímãs permanentes é sempre do polo norte para o polo sul. Quando um condutor é colocado dentro de um campo magnético e uma corrente flui pelo condutor, o campo magnético e a corrente interagem entre si produzindo uma força. Ela é chamada de força eletromotriz.

A regra da mão esquerda de Fleming determina a direção da corrente, da força eletromotriz e do fluxo magnético. Estica-se os dedos polegar, indicador e médio da mão esquerda como mostrado na Figura 10. Quando o dedo médio está na direção da corrente e o indicador na direção do fluxo, a direção da força é dada pelo polegar.

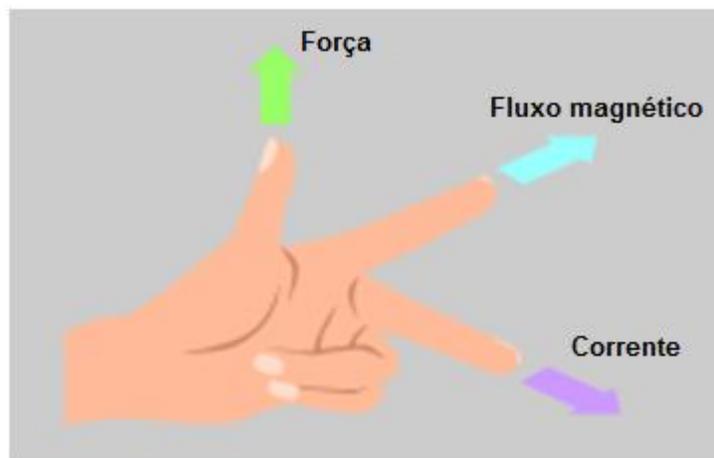


Figura 10 – Regra da mão esquerda de Fleming

Fonte: Adaptado de MABUCHI MOTOR (2002)

Os campos magnéticos produzidos pela corrente e pelos ímãs permanentes produzem a força eletromotriz. Quando a corrente flui no condutor em direção ao leitor, um campo magnético no sentido anti-horário será produzido ao redor do fluxo da corrente, de acordo com a regra do parafuso da mão direita (Figura 11).

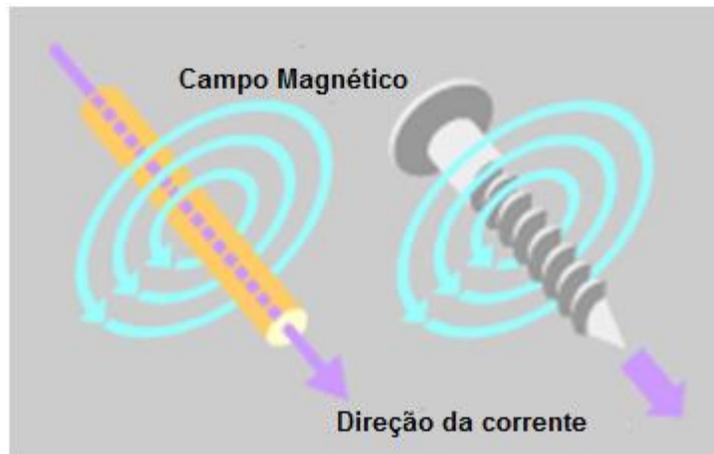


Figura 11 – Regra do parafuso da mão direita

Fonte: Adaptado de MABUCHI MOTOR (2002)

Os campos magnéticos produzidos pela corrente e pelos ímãs permanentes interferem um no outro. As linhas de fluxo magnético distribuídas na mesma direção agem para aumentar sua força, enquanto que o fluxo distribuído na direção oposta age diminuindo sua força, como ilustra a figura 12.

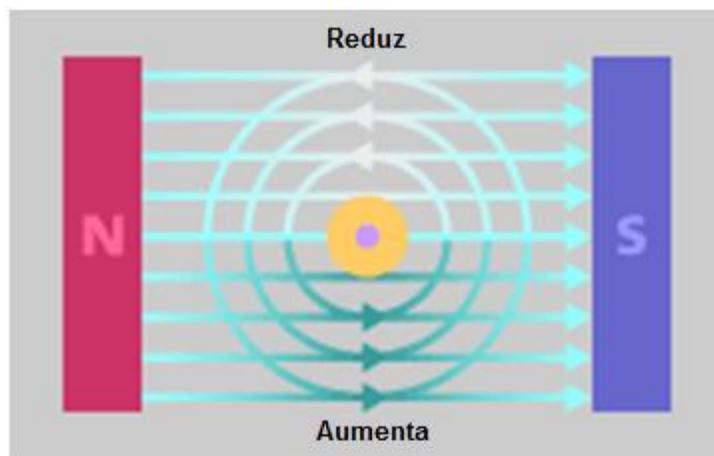


Figura 12 – Interferência entre as linhas de fluxo magnético

Fonte: Adaptado de MABUCHI MOTOR (2002)

As linhas do campo magnético têm uma tendência natural de retornar ao estado de linha reta por causa de sua tensão, como uma tira de elástico. Assim, o condutor é forçado a se mover de onde a fluxo magnética é mais forte para onde é mais fraco (Figura 13).

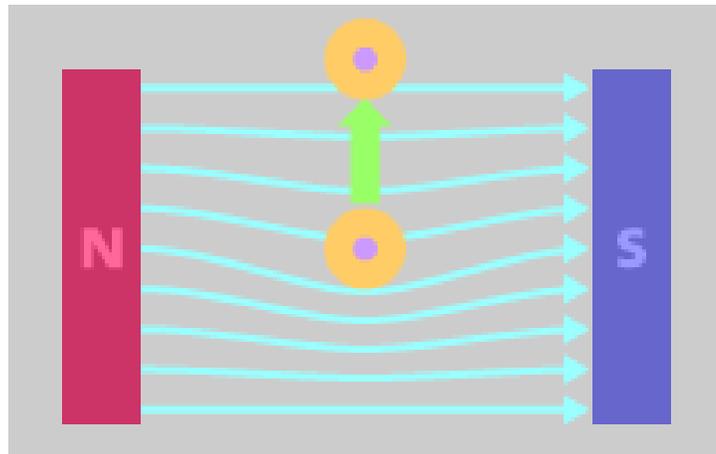


Figura 13 – Tensão das linhas de fluxo magnético

Fonte: MABUCHI MOTOR (2002)

A força eletromotriz segundo Kosow (2005, p. 107) é dada pela equação:

$$F = B.I.l$$

Onde F é a força eletromagnética, B é a densidade de fluxo magnético, I é a corrente e l é o comprimento do condutor.

A Figura 14 ilustra o torque obtido quando um condutor em forma de “U” (espira) é colocado dentro do campo magnético.

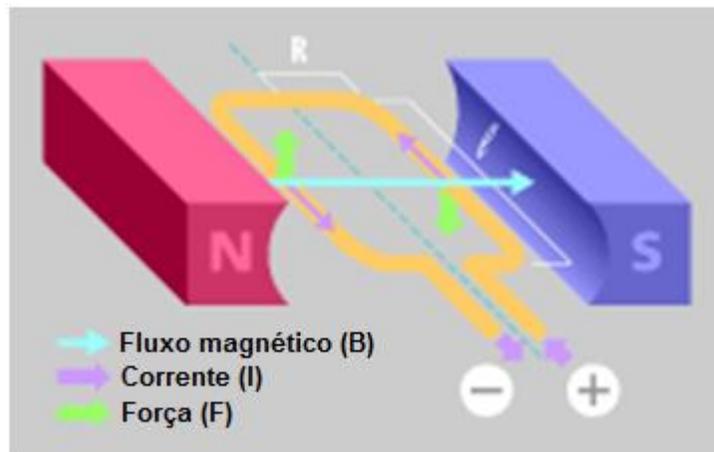


Figura 14 – Produção de torque

Fonte: Adaptado de MABUCHI MOTOR (2002)

Kosow (2005, p. 109) também afirma que o torque T' produzido por metade do condutor quando este está perpendicular à linha de fluxo é dado pela equação:

$$T' = F.R$$

Onde R é a distância entre o centro de rotação e o condutor.

Como aqui existem dois condutores presentes o torque total T é:

$$T = 2.F.R$$

2.3 TEORIA DE MOTORES C.C. DE ÍMÃ PERMANENTE À COMUTADOR

A seguir serão apresentados equações e princípios fundamentais pertinentes ao motor em estudo.

2.3.1 Tensão nos terminais

Pela lei de Kirchhoff, a tensão de entrada nos terminais é

$$V = E + I_a \sum R_a + \Delta V_{es} \quad (1)$$

Onde E é a tensão induzida no enrolamento da armadura (força eletromotriz), I_a é a corrente de armadura, $\sum R_a$ é a resistência do circuito da armadura e ΔV_{es} é a queda de tensão nas escovas. A queda de tensão nas escovas é aproximadamente constante e para a maioria dos motores c.c. é praticamente independente da corrente de armadura. Para escovas de carbono (grafite), como é o caso do motor em estudo, $\Delta V_{es} \approx 2V$ (Gieras e Wing, 2002, p.127).

A tensão de entrada nos terminais do motor, em teoria, seriam a tensão fornecida pela bateria do automóvel, que por padrão é uma tensão de 12V. Na prática esta tensão pode variar um pouco, dependendo da sua carga no momento, e também pela influência de fatores como o alternador que tem a função de carregá-la e pela influência da central eletrônica que se encontra na maioria dos automóveis da atualidade, que geralmente é a responsável pelo acionamento do motor.

2.3.2 Força eletromotriz no enrolamento da armadura

A força eletromotriz (FEM) induzida no enrolamento da armadura pelo fluxo magnético Φ que passa pelo entreferro é

$$E = \frac{N}{a} p n \Phi_e = c_E n \Phi_e \quad (2)$$

onde N é o número de condutores na armadura, a é o número de pares de caminhos paralelos de corrente na armadura, p é o número de pares de polos, n é a velocidade de rotação do eixo, Φ_e é o fluxo magnético no entreferro (útil), e

$$c_E = \frac{Np}{a} \quad (3)$$

é a constante de armadura. Para excitação à ímãs permanentes $k_E = c_E \Phi_e$, que é uma constante, então

$$E = k_E n \quad (4)$$

A seguinte relação existe entre o número de condutores na armadura N e o número de segmentos do comutador C :

$$N = 2CN_C \quad (5)$$

onde N_C é o número de espiras por bobina da armadura.

Este número de espiras N_C é o parâmetro que podemos variar na construção do enrolamento do motor. A máquina que faz o enrolamento das bobinas da armadura obedece à atribuição deste parâmetro em número de espiras, para menos até pelo menos uma volta, e para mais até uma quantidade na qual o enrolamento ainda caiba dentro do *slot* (ranhura por onde passam os enrolamentos dentro do núcleo).

Na Figura 15 podemos ver o detalhe dos pacotes de enrolamento do bobinado e os *slots*.



Figura 15 – Detalhe do enrolamento

Fonte: O Autor

2.3.3 Torque eletromagnético

O torque eletromagnético desenvolvido pelo motor c.c. à comutador é

$$T_d = \frac{N p}{a 2\pi} \Phi_e I_a = c_T \Phi_e I_a \quad (6)$$

onde

$$c_T = \frac{Np}{2\pi a} = \frac{c_E}{2\pi} \quad (7)$$

é a constante de torque. O torque eletromagnético é proporcional à corrente de armadura.

Ímãs permanentes produzem um fluxo constante Φ_e (desprezando a reação da armadura). O torque desenvolvido é

$$T_d = k_T I_a \quad (8)$$

onde

$$k_T = c_T \Phi_e \quad (9)$$

É neste ponto que o trabalho tem seu fundamento. Com a variação construtiva do número de voltas N_C , pela equação (5) variamos também N , e conseqüentemente, pela equação (6), o torque T_d .

É importante ressaltar que o torque T_d corresponde ao torque entregue pelo eixo do rotor, que será transmitido pela rosca sem-fim a engrenagem, que por sua vez transmite o torque final entregue ao mecanismo levantador de vidro.

2.3.4 Resistência do enrolamento da armadura

A resistência do enrolamento da armadura é expressa como segue:

$$R_a = \frac{N l_{med}}{\sigma s_a} \frac{1}{(2a)^2} \quad (10)$$

onde N é o número de condutores na armadura, σ é a condutividade elétrica do enrolamento, s_a é a área da seção transversal do condutor e $2a$ é o número de caminhos paralelos de corrente. O comprimento médio do condutor na armadura (meia espira) é

$$l_{med} = L_i + 1,2D \quad (11)$$

para motores de dois polos como é o caso do motor estudado, onde L_i é o comprimento efetivo da armadura e D é o diâmetro da armadura (Gieras e Wing, 2002, p.127).

2.3.5 Potência eletromagnética

A potência eletromagnética desenvolvida pelo motor é

$$P_{elm} = \Omega T_d \quad (12)$$

onde a velocidade angular do rotor é

$$\Omega = 2\pi n \quad (13)$$

A potência eletromagnética é também o produto entre a FEM e a corrente de armadura, ou seja,

$$P_{elm} = EI_a \quad (14)$$

2.3.6 Velocidade linear do rotor e comutador

A velocidade linear do rotor (armadura) se dá por

$$v = \pi D n \quad (15)$$

onde D é o diâmetro externo do rotor. Analogamente a velocidade linear do comutador é

$$v_c = \pi D_c n \quad (16)$$

onde D_c é o diâmetro externo do comutador.

2.3.7 Potências de entrada e de saída

Um motor converte uma potência de entrada

$$P_{in} = VI_a \quad (17)$$

em uma potência de saída

$$P_{out} = \Omega T_{eixo} = \eta P_{in} \quad (18)$$

onde T_{eixo} é o torque de saída no eixo, e η é o rendimento.

2.4 TEORIA DE ENGRENAGENS

Nesta seção serão apresentados alguns conceitos básicos de Elementos de Máquinas, referentes às engrenagens que compõe o motor estudado.

2.4.1 Elementos da rosca sem-fim

Uma engrenagem para rosca sem-fim é utilizada quando se deseja uma redução de velocidade na transmissão do movimento. Várias voltas do eixo com a rosca sem-fim são necessárias para que uma volta da engrenagem, ou coroa, se complete. Um acoplamento entre coroa e eixo com rosca sem-fim é ilustrado pela figura 16.

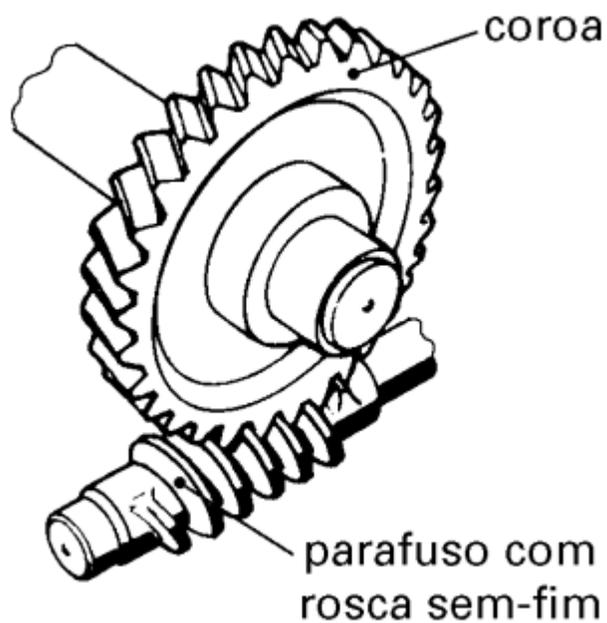


Figura 16 – Engrenagem e parafuso com rosca sem-fim

Fonte: ESSEL (Aula 32, p. 6)

Na figura 17 podemos ver o acoplamento entre a rosca sem-fim do rotor e a engrenagem do motor estudado.



Figura 17 – Acoplamento entre engrenagem e rosca sem-fim

Fonte: O Autor

Segundo Norton (2004, p. 676), o sem-fim é análogo a uma rosca de parafuso, e a coroa é análoga à sua porca. A distância que um ponto na engrenagem acoplada (porca) move axialmente em uma revolução do sem-fim é chamada de avanço L , e seu comprimento dividido pelo comprimento da circunferência πd do sem-fim é a tangente do seu ângulo de avanço λ .

$$\tan \lambda = \frac{L}{\pi d} \quad (19)$$

Os sem-fins normalmente têm apenas um dente (ou rosca), como é o caso do motor estudado, e, assim podem criar razões tão grandes quanto o número de dentes na coroa, que podem variar de 1:1 até 360:1. O número de roscas no sem fim também é referido como o número de começos ou entradas (Norton, 2004, p. 676).

O passo axial p_x do sem-fim iguala o passo circular p_c da engrenagem sem-fim e está relacionado ao avanço L pelo número de roscas no sem-fim N_w ,

$$p_x = \frac{L}{N_w} = p_c = \frac{\pi d_g}{N_g} \quad (20)$$

onde d_g é o diâmetro de referência e N_g é o número de dentes na coroa.

Norton (2004, p. 677), faz um comentário interessante, relacionado à aplicação do motor estudado, sobre a habilidade de autotravamento dos engrenamentos sem-fim. Alguns fatores construtivos da engrenagem sem-fim, que não entraremos em detalhes neste trabalho, fazem com que, se o par sem-fim for autotravante, um torque aplicado à coroa não seja capaz de mover o pinhão da rosca sem-fim. Esta funcionalidade se encontra no motor estudado, e se faz útil pelo fato de que através desta funcionalidade, uma força aplicada no vidro da janela não será capaz de mover o mecanismo levantador de vidro que está acoplado à coroa do par sem-fim, e evita assim que a janela do carro possa ser aberta à força, e a possibilidade de furtos por ela.

Com relação às forças no engrenamento sem-fim, existe um carregamento tridimensional, segundo Norton (2004, p. 678), com componentes tangencial, radial, e axial atuando em cada membro. Como o ângulo entre os eixos do sem-fim e da coroa são de 90° , a magnitude da componente tangencial na coroa W_{tg} se iguala à componente axial no sem-fim W_{aw} e vice-versa. Essas componentes podem ser definidas como

$$W_{tg} = W_{aw} = \frac{2T_g}{d_g} \quad (21)$$

onde T_g é o torque na coroa e d_g é o diâmetro de referência da coroa. A força axial W_{ag} na coroa e a força tangencial no sem-fim W_{tw} são

$$W_{ag} = W_{tw} = \frac{2T_w}{d} \quad (22)$$

onde T_w é o torque no sem-fim e d é o diâmetro de referência do sem-fim. A força radial W_r separando os dois elementos não tem nenhum uso para este trabalho.

A relação de engrenamento m_G é dada por

$$m_G = \frac{N_g}{N_w} \quad (23)$$

que dá a razão de voltas necessárias no sem-fim para uma volta da coroa.

O diâmetro de passo da coroa d_g pode ser relacionado com o do sem-fim d através da distância entre os centros C

$$d_g = 2C - d \quad (24)$$

Com base na equação da potência P transmitida através de um eixo, que é igual ao torque T multiplicado pela velocidade angular ω (Norton, 2004, p. 481),

$$P = T\omega \quad (25)$$

se descreve a equação da potência permitida Φ ,

$$\Phi = \Phi_o + \Phi_l \quad (26)$$

onde Φ_o é a potência de saída e Φ_l é a potência perdida por atrito no engrenamento. Esta equação é definida pela *AGMA* (Associação Americana dos Fabricantes de Engrenagens), assim como as que definem a potência de saída

$$\Phi_o = \frac{nW_{tg}d_g}{1,91 \cdot 10^7 m_G} \quad (kW) \quad (27)$$

onde n é a velocidade de rotação; a potência perdida, que se dá por

$$\Phi_l = \frac{V_t W_f}{1000} \quad (kW) \quad (28)$$

onde V_t é a velocidade tangencial no diâmetro de referência do sem-fim;

$$V_t = \frac{\pi n d}{12 \cos \lambda} \quad (fpm) \quad (29)$$

e W_f , que é a força de atrito na engrenagem,

$$W_f = \frac{\mu W_{tg}}{\cos \lambda \cos \phi} \quad (30)$$

onde ϕ é o ângulo de pressão e μ o coeficiente de atrito.

A *AGMA* também estabelece que a carga tangencial W_{tg} na coroa é encontrada, em Newtons, a partir de

$$W_{tg} = \frac{C_s C_m C_v d_g^{0,8} F}{75,948} \quad (31)$$

onde F é a largura da face da coroa, C_s é um fator dos materiais definido pela *AGMA* que para valores de C menores que 203mm, vale $C_s = 1000$, C_m é um fator de correção de razão definido pela *AGMA* que para valores de $20 < m_G < 76$,

$$C_m = 0,0107 \sqrt{-m_G^2 + 56 m_G + 5145} \quad (32)$$

e C_v é um fator de velocidade definido pela *AGMA* como

$$\text{se } 0 < V_t < 700 fpm \quad C_v = 0,659 e^{-0,0011 V_t}$$

$$\begin{aligned}
 \text{se } 700 < V_t < 3000 \text{ fpm} & \quad C_v = 13,31e^{-0,571} \\
 \text{se } 3000 < V_t & \quad C_v = 0,659e^{-0,774}
 \end{aligned}
 \tag{33}$$

O coeficiente de atrito em um engrenamento sem-fim não é constante. É uma função da velocidade. A *AGMA* sugere as seguintes relações:

$$\begin{aligned}
 \text{se } V_t = 0 \text{ fpm} & \quad \mu = 0,15 \\
 \text{se } 0 < V_t < 10 \text{ fpm} & \quad \mu = 0,124e^{(-0,074V_t^{0,645})} \\
 \text{se } 10 < V_t & \quad \mu = 0,103e^{(-0,110V_t^{0,450})}
 \end{aligned}
 \tag{34}$$

3 EQUIPAMENTO DE TESTES

A empresa que produz o motor estudado possui em seu departamento de metrologia um equipamento especialmente projetado para medição e teste de motores de levantador de vidro. Este equipamento, chamado de máquina universal, é produzido pela própria empresa em sua matriz na Alemanha, e não possui um manual ou documento que determine suas especificações.

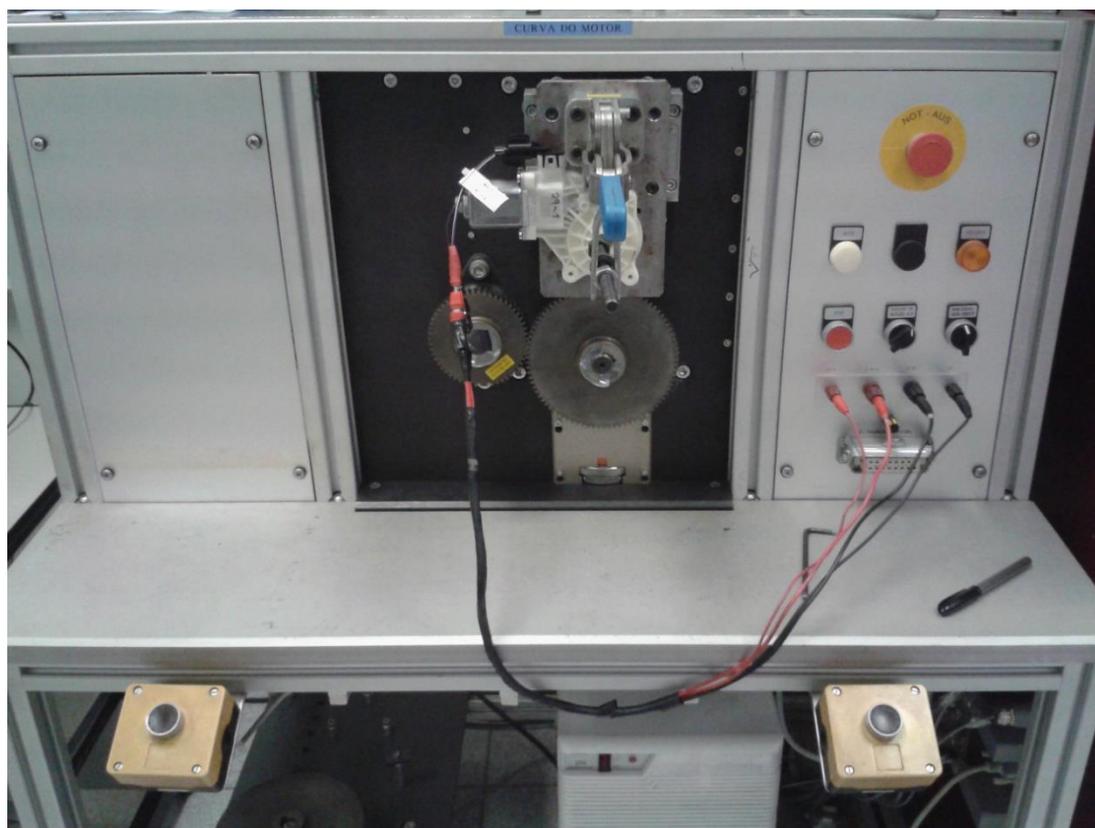


Figura 18 – Máquina universal - Acoplamento

Fonte: O Autor

A máquina universal, observada na Figura 18, tem como objetivo testar os motores de levantador de vidro e medir os dados de torque e corrente durante o teste no qual o motor é submetido a uma variação de carga, desde à vazio até o bloqueio. Ela é composta, basicamente, por um acoplamento onde se pode encaixar variados tipos de motores de levantador de vidro, acoplamento este que está ligado a um sistema de medição de torque que será explanado a seguir; ligado a este sistema existe

um computador que faz a leitura dos dados obtidos na medição, e os mostra através de um gráfico em sua IHM (Interface Homem-máquina), como se pode observar na Figura 19. Neste computador estão preestabelecidas as condições de teste para cada modelo de motor utilizado pela empresa, e também os valores máximos e mínimos de cada variável significativa para a aprovação ou reprovação de uma amostra.



Figura 19 – Máquina universal - IHM

Fonte: O Autor

3.1 DINAMÔMETRO DE TORQUE

Como não é possível obter os documentos com as especificações dos componentes da máquina universal, serão mostrados neste trabalho os princípios de

funcionamento de um sistema similar ao utilizado na máquina universal. A máquina universal faz as leituras de torque e velocidade do motor, através de um sistema chamado dinamômetro de torque. Este sistema controla o torque do motor através do freio de histerese (Figura 20).



Figura 20 – Freio de histerese

Fonte: SUGAWARA

O freio de histerese, como se pode observar na Figura 21, consiste numa estrutura na qual um rotor feito de um material ferromagnético com características de histerese é girado, em um estator no qual existe um campo magnético, pelo motor a sem medido, e funciona como um freio, absorvendo a energia de perda por histerese.

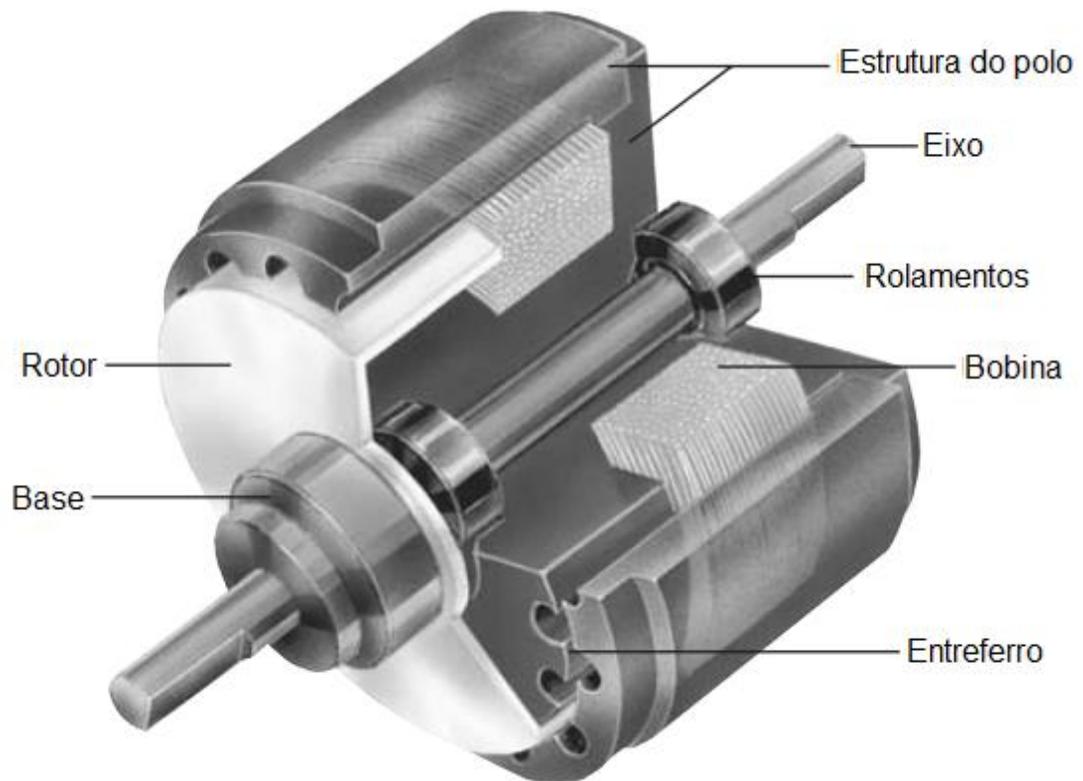


Figura 21 – Componentes do freio de histerese

Fonte: Adaptado de MAGTROL

O freio fornece torque, pelo uso de dois componentes básicos: uma estrutura reticulada pólo e o rotor/eixo feito de um aço especial. Eles se encaixam, mas não têm contato físico. Até a estrutura do pólo ser energizada, o rotor pode girar livremente. Quando a força de magnetização da bobina é aplicada à estrutura do pólo, o entreferro ganha um fluxo, e o rotor é magneticamente contido, fornecendo uma ação de frenagem entre a estrutura do pólo e o rotor (Magtrol, p.2).

Na Figura 22 podemos observar a estrutura do dinamômetro de torque como um todo.

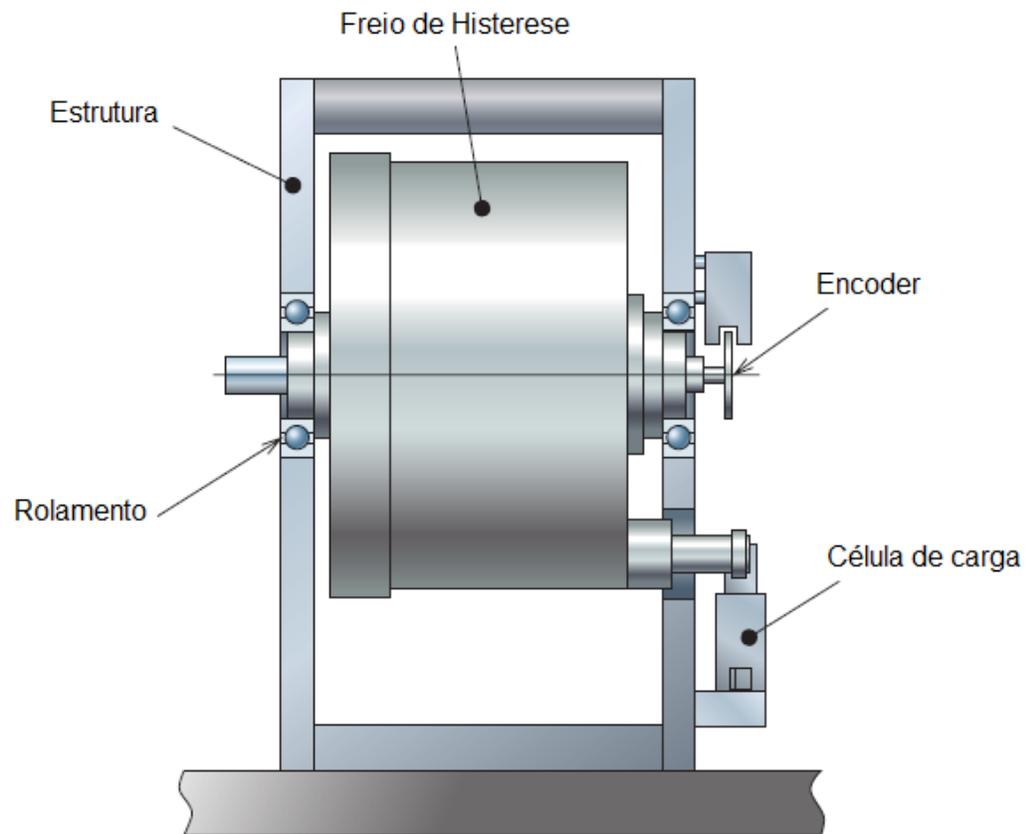


Figura 22 – Dinamômetro de torque

Fonte: Adaptado de SUGAWARA

Nesta estrutura, o torque que pretende rodar o estator do freio através do torque do motor a ser medido é detectada por uma célula de carga utilizando um medidor de tensão. Quando o rotor é girado pela força de rotação do motor, quando o torque do freio está acionado, o torque do freio gerado pode ser transmitido para o estator e detectado pela célula de carga. O *encoder* faz a leitura da velocidade de rotação do eixo.

3.2 RELATÓRIO DE MEDIÇÃO

O computador contido na máquina universal, além de exibir os gráficos das medições via IHM, também emite relatórios impressos da medição, contendo todos os

dados relevantes e inclusive o gráfico da operação, como podemos verificar na Figura 23.

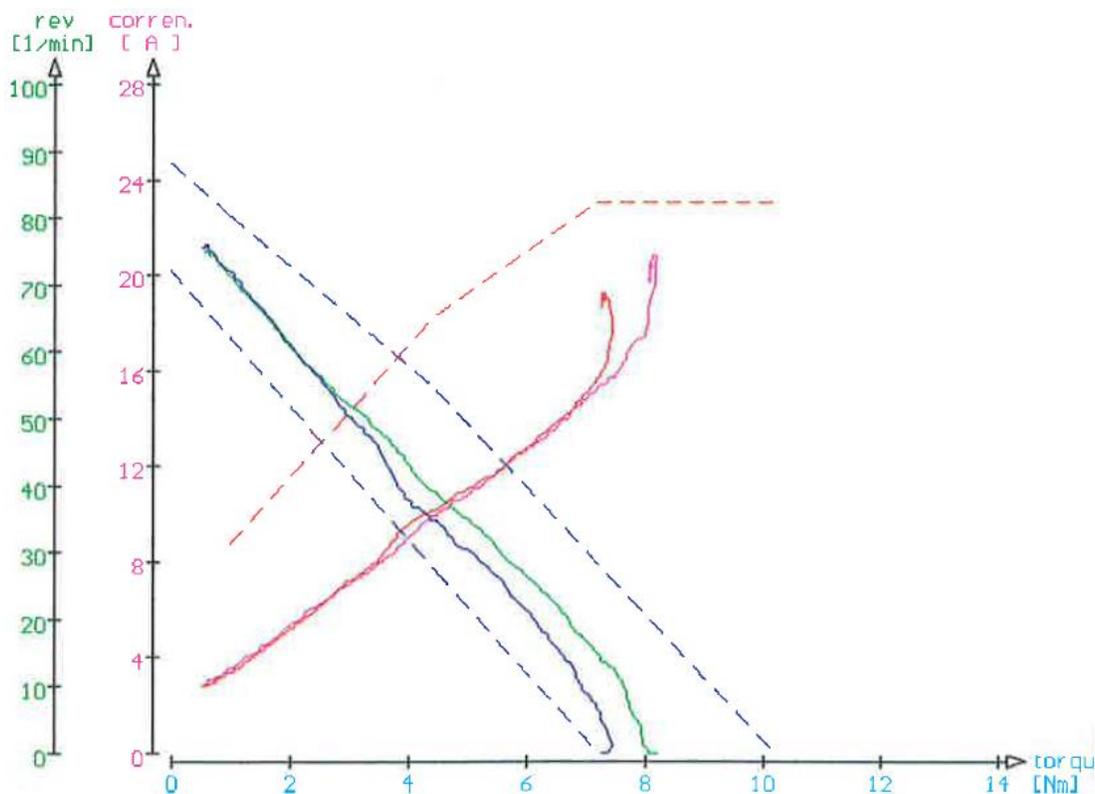


Figura 23 – Gráfico torque x corrente e torque x velocidade

Fonte: O Autor

Pode-se perceber que o gráfico emitido pelo relatório tem dois eixos das ordenadas para duas grandezas diferentes, portanto se trata da sobreposição de dois gráficos. As curvas vermelha e cor-de-rosa pertencem ao gráfico torque x corrente, cada cor correspondendo a um sentido de giro do motor. A linha pontilhada vermelha delimita os valores máximos permitidos para essas curvas de acordo com as normas do fabricante. Já as curvas azul e verde pertencem ao gráfico torque x velocidade, também cada uma correspondendo a um sentido de giro do motor. As linhas pontilhadas azuis correspondem aos limites inferior e superior para estas curvas, para que o motor esteja adequado às normas da empresa.

Além do gráfico, constam no relatório três tabelas com dados relevantes para este trabalho. A primeira é a tabela que contém os dados nominais do motor (Figura 24) e que consta a tensão aplicada no motor durante o teste.

condicoes de verificao					
voltagem	: 13,00 V	tq max	: 12.3 Nm	tipo med.:	zentral
resistencia	: 0,00 Ohm	tq-sub.	: 5.0 Nm/s	N dentes:	22
		tq-termo	: 12.3 Nm	adaptador:	

Figura 24 – Dados nominais

Fonte: O Autor

A segunda é a tabela (Figura 25) que contém dados específicos para dois pontos da curva, nos momentos em que o torque atinge 1N.m, e 5N.m, e ainda os valores máximos registrados das três variáveis.

subindo/ caindo	ponto med-1		ponto med-2		valores			
	esqu.	dir.	esqu.	dir.		esqu.	dir.	
revoluc. corr. torque	71 3.5 1.0	72 3.4 1.0	39 9.9 4.5	35 10.2 4.5	s.pes max. max.	81 20.8 8.2	76 19.2 7.4	1/min A Nm
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.			1/min A Nm

Figura 25 – Dados pontuais

Fonte: O Autor

A terceira tabela (Figura 26) se encontra na segunda página do relatório, e contém os mesmos dados da segunda tabela, mas juntamente com os valores de referência, máximos e mínimos, dependendo da grandeza, para as variáveis medidas.

C U R V A							
medicao-	tipo	peso-sub.	dados nomi.			dados atua.	
			pt.med. [Nm]	min.	max.		
revoluc.	- esqu.	pt.med.1	1.0	62	80	71	1/min
corren.	- esqu.	pt.med.1			8.7	3.5	A
revoluc.	- dir.	pt.med.1	1.0	62	80	72	1/min
corren.	- dir.	pt.med.1			8.7	3.4	A
revoluc.	- esqu.	pt.med.2	4.5	27	54	39	1/min
corren.	- esqu.	pt.med.2			18.3	9.9	A
revoluc.	- dir.	pt.med.2	4.5	27	54	35	1/min
corren.	- dir.	pt.med.2			18.3	10.2	A
revoluc. s.peso	- esqu.			72	88	81	1/min
revoluc. s.peso	- dir.			72	88	76	1/min
corren.max	- esqu.				23.0	20.8	A
corren.max	- dir.				23.0	19.2	A
torque max.	- esqu.				10.2	8.2	Nm
torque max.	- dir.				10.2	7.4	Nm

Figura 26 – Dados pontuais com referências

Fonte: O Autor

4 PROTÓTIPOS E TESTES

4.1 PROTÓTIPOS

Com relação à decisão sobre a quantidade de espiras a serem modificadas para o estudo, tinha-se como premissa que a quantidade não deveria ser muito grande para não causar grandes impactos na potência do motor, pois a variação de torque que se almejava era de pequena magnitude (cerca de 1 N.m no eixo do redutor).

Diante das restrições impostas pela máquina bobinadora utilizada na linha de produção da empresa, para o caso de maior número de espiras, só se conseguiria montar armaduras com no máximo 29 espiras por pacote, por falta de espaço nos *slots*. Fazendo-se uma pequena proporção, um aumento de 27 espiras por pacote, que é a condição do motor produzido normalmente, para 29 espiras, causaria um aumento de 7,4% no número de espiras, e um aumento de cerca de 30% de cobre no enrolamento, o que é significativo. Decidiu-se então montar protótipos com 25 espiras e 29 espiras por pacote.

Por motivos de custos e dificuldade de montagem de motores diferentes dos produzidos na linha foram montados cinco protótipos de cada variação e mais cinco motores com a configuração normal (27 espiras), para fins de comparação.

4.2 CÁLCULOS TEÓRICOS

A seguir veremos os cálculos teóricos para as configurações dos motores montados seguindo os referenciais teóricos do capítulo 2.

Baseando-se no formato de relatório obtido na máquina universal, a título de comparação entre os resultados teóricos e práticos, será adotado o torque de 4,5N.m como referência para a comparação das correntes e velocidades. Portanto a partir do torque serão calculadas as correntes e velocidades teóricas para as três variações de motores.

A transformação do torque na saída do redutor (4,5N.m) será feita somente utilizando a relação de engrenamento m_G , pelo motivo de que o equacionamento

apresentado para o cálculo das perdas é válido somente para interfaces meta-metal, e não metal-plástico como é o caso do objeto estudado. Nenhuma literatura contemplando especificamente este caso foi encontrada.

$$m_G = \frac{N_g}{N_w} \quad (35)$$

Aplicando à equação 23 o número de dentes na coroa $N_g = 73$ e o número de roscas no sem-fim $N_w = 1$ teremos $m_G = 73$. Dividindo o valor do torque na saída do redutor pela relação de transformação teremos o torque desenvolvido

$$T_d = 61,643 \cdot 10^{-3} N \cdot m.$$

Para calcularmos a corrente de armadura a partir do torque desenvolvido T_d precisamos da equação 6.

$$T_d = \frac{N p}{a 2\pi} \Phi_e I_a = c_T \Phi_e I_a \quad (36)$$

Para tanto necessitamos dos valores das variáveis construtivas cujos valores conhecemos do desenho dos componentes, com exceção de N que variará de acordo com a quantidade de espiras por pacote (25, 27 ou 29 espiras), e de Φ_e , cujo valor não consta em desenho. Para se obter o valor de Φ_e foram feitas medições utilizando um fluxímetro, que serão explanadas a seguir.

4.2.1 Medição de fluxo

Para as medições de fluxo foi utilizado o fluxímetro DFM 1 da marca Eckel que se observa na figura 27.



Figura 27 – Fluxímetro

Fonte: O Autor

O DFM 1 é um fluxímetro digital de integração para uso industrial. Ele foi projetado especialmente para o teste de ímãs na produção industrial, mas devido à sua elevada precisão, é adequado para medições manuais em laboratório, para ímãs com um fluxo mínimo de 100 μ Vs.

O DFM 1 opera com uma combinação de microcontrolador e referência de tensão interna e um software digital controlando a integração, o que permite calibração interna totalmente automática e compensação de desvio.

O DFM 1 mede o fluxo integral, somando a tensão de entrada durante o tempo de medição para obter a medida do fluxo total do ímã no final. Esta medição ocorre utilizando-se a carcaça do motor contendo o par de ímãs, e um “rotor de prova” com uma certa quantidade de espiras (n) para a medição, que são ligadas ao equipamento. A Figura 28 mostra esta configuração.

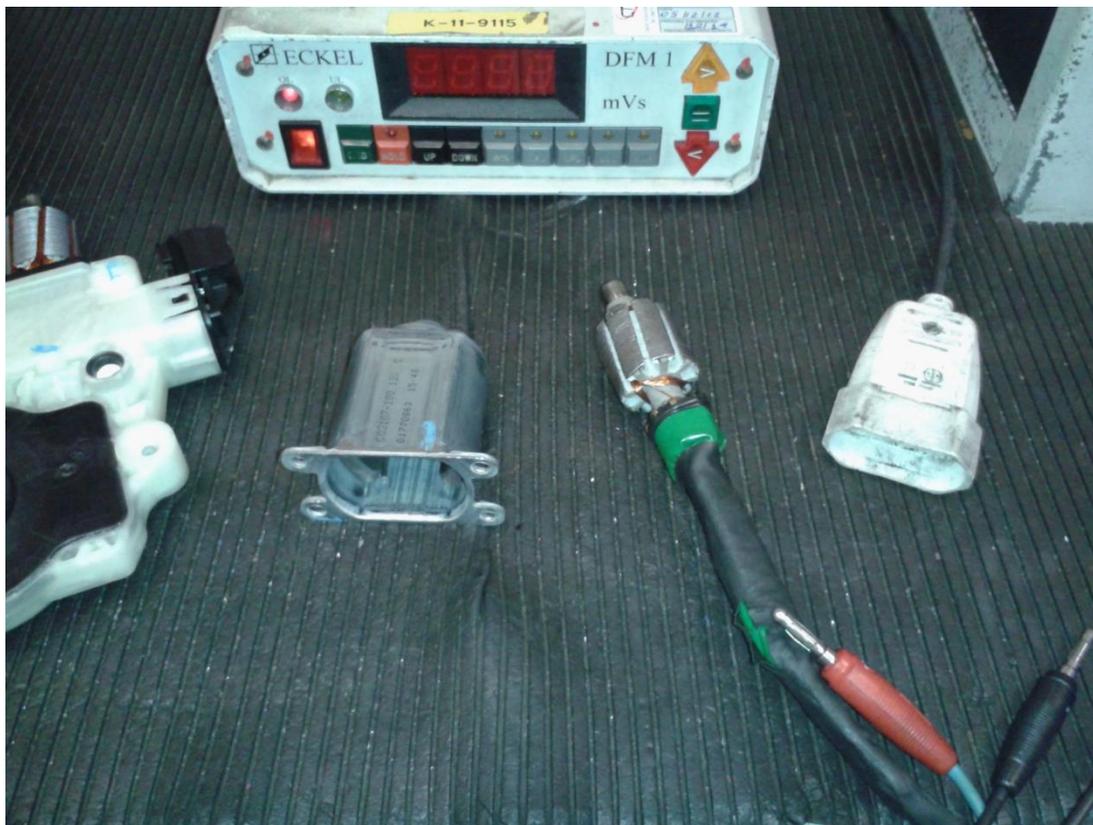


Figura 28 – Instrumentos para a medição de fluxo

Fonte: O Autor

A medição do fluxo é feita quando se coloca o rotor de prova dentro da carcaça, como mostrado na Figura 29, e se puxa esse rotor para fora, induzindo uma tensão na bobina do rotor de prova, a qual é utilizada para a medição do fluxo pelo DFM 1.

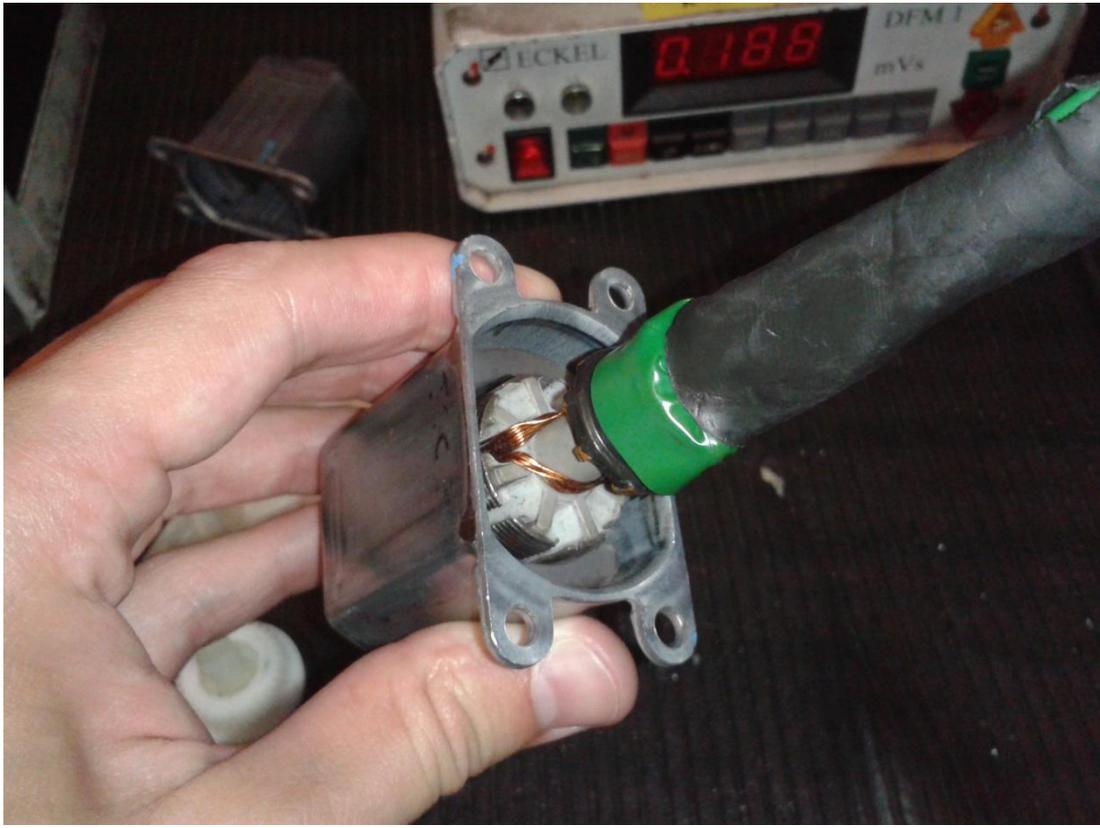


Figura 29 – A medição de fluxo

Fonte: O Autor

Segundo o manual de instruções do DFM 1 (Eckel, p. 17), esta tensão u induzida é dada por

$$u = -n \cdot \frac{d\Phi}{dt} \quad (35)$$

Em se tratando de uma amostragem digital esta equação se torna

$$u = -n \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (36)$$

Onde Δt é o período de amostragem. A tensão u depende do fluxo total Φ , do número de espiras n e da velocidade em que o rotor é puxado da carcaça. No fluxímetro a tensão é integrada durante a medição

$$\sum u = -n \cdot \frac{\sum \Delta\Phi}{\Delta t} \quad (37)$$

Respectivamente

$$\sum \Delta\Phi = -\frac{\Delta t}{n} \cdot \sum u \quad (38)$$

Ao final da medição a bobina já está completamente fora do fluxo magnético dos ímãs chegando à 0, o que resulta em

$$\sum \Delta\Phi = \Phi \quad (38)$$

Assim temos

$$\Phi = -\frac{\Delta t}{n} \cdot \sum u \quad (38)$$

Como o período de amostragem Δt e o número de espiras n são conhecidos e configurados no fluxímetro, o fluxo Φ pode ser calculado pelo fluxímetro a cada medição de $\sum u$, com um erro máximo de 0,5%.

Foram efetuadas cinco medições de fluxo em cinco amostras de carcaças. Uma média dos resultados foi efetuada e o valor de fluxo obtido foi de 260 μ Vs.

4.2.2 Cálculo da corrente

Através da equação 5 podemos calcular os três valores do número de condutores na armadura N para os três casos de quantidades de espiras por pacote.

$$N = 2CN_c \quad (37)$$

Teremos $N_{25} = 400$, $N_{27} = 432$ e $N_{29} = 464$.

Aplicando todos os valores já conhecidos na equação 6

$$T_d = \frac{N}{a} \frac{p}{2\pi} \Phi_e I_a = c_T \Phi_e I_a \quad (38)$$

e considerando o número de caminhos paralelos $a = 1$ e o número de pólos $p = 1$ encontraremos os três valores de corrente para cada caso dos motores. Teremos $I_{a25} = 3,724176A$, $I_{a27} = 3,448311A$ e $I_{a29} = 3,210497A$.

4.2.3 Cálculo da FEM induzida

Primeiramente, para o cálculo da FEM E através da equação 1,

$$V = E + I_a \sum R_a + \Delta V_{es} \quad (39)$$

necessitamos calcular a resistência de armadura R_a através da equação 10

$$R_a = \frac{Nl_{med}}{\sigma s_a} \frac{1}{(2a)^2} \quad (40)$$

e l_{med} através da equação 11

$$l_{med} = L_i + 1,2D \quad (41)$$

Os valores de desenho do comprimento da armadura L_i e do diâmetro da armadura D são respectivamente 32,5mm e 26,6mm. Portanto $l_{med} = 64,42mm$.

Considerando a condutividade elétrica do cobre $\sigma = 6,17 \cdot 10^7 S/m$, a seção transversal do condutor $s_a = 1,96 \cdot 10^7 m^2$, e o número de caminhos paralelos $a = 1$.

Aplicando os valores à equação 10 teremos $R_{a25} = 0,532\Omega$, $R_{a27} = 0,574\Omega$ e $R_{a29} = 0,616\Omega$.

Aplicando agora os valores conhecidos na equação 1 e utilizando os valores de tensão de entrada nos terminais $V = 13V$, e de queda de tensão nas escovas $\Delta V_{es} = 2V$ teremos os três valores de E para os motores estudados. Serão $E_{25} = 9,018738V$, $E_{27} = 9,020670V$ e $E_{29} = 9,022333V$.

4.2.4 Cálculo da velocidade

Na sequência calcularemos a velocidade n para cada configuração do enrolamento, utilizando a equação 2.

$$E = \frac{N}{a} pn\Phi_e = c_E n\Phi_e \quad (42)$$

Somente aplicando todos os valores já conhecidos teremos $n_{25} = 86,718634rpm$, $n_{27} = 80,312232rpm$ e $n_{29} = 74,787243rpm$.

4.3 RESULTADOS DOS TESTES

Foram realizados testes, utilizando a máquina universal, para os quinze motores estudados, cinco na configuração normal e dez protótipos. Foram gerados quinze relatórios que constam nos apêndices deste trabalho.

Os níveis limites estipulados para corrente, torque e velocidade dos motores, para adequação tanto às normas internas do fabricante quanto às dos clientes, são os limites demonstrados no item 3.2 e Figura 23. Todos os motores modificados atendem aos limites especificados.

4.4 COMPARATIVO DOS RESULTADOS

A seguir é apresentado um comparativo entre os resultados obtidos para os três tipos de variação de motores (25 espiras, 27 espiras, 29 espiras). São dois gráficos mostrando a comparação entre as médias dos resultados, em cada sentido de giro do motor, para as variáveis de corrente (Gráfico 1) e velocidade (Gráfico 2), ambos medidos quando o torque é igual a 4,5N.m.

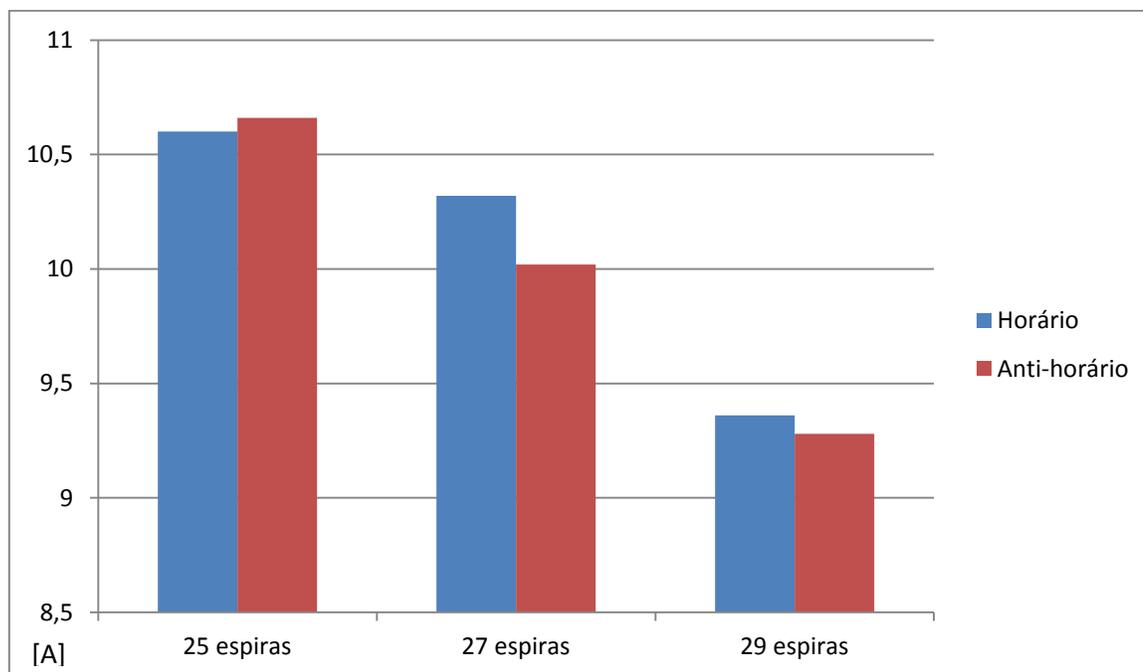


Gráfico 1 – Variação da corrente

Fonte: O Autor

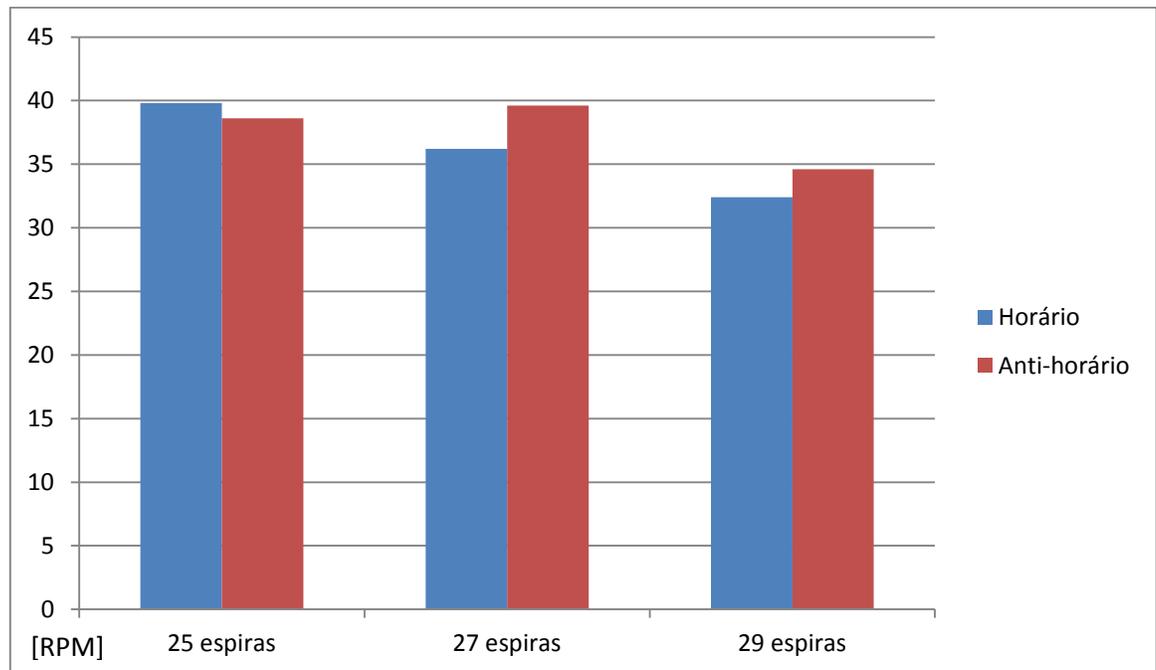


Gráfico 2 – Variação da velocidade
 Fonte: O Autor

Pode-se verificar pelos gráficos, que o comportamento dos motores modificados foram os esperados de acordo com os cálculos. A corrente varia inversamente proporcional ao aumento do número de espiras. Assim como a velocidade varia inversamente proporcional ao aumento do número de espiras, com exceção do caso das amostras de 27 espiras em um sentido de giro cujo comportamento será discutido na seção seguinte.

4.5 CONSTATAÇÕES E HIPÓTESES

Primeiramente, o que fica mais evidente são as diferenças entre os valores calculados e os valores medidos para as grandezas de corrente e velocidade para o mesmo torque. Temos que levar em consideração alguns fatores que podem ter contribuído consideravelmente com essa diferença. Como fator mais crítico existe o fato de que não foram levadas em consideração as perdas mecânicas do sistema de redução que envolve o sem-fim e a engrenagem que entrega o torque final. Estas

perdas, segundo Almacinha (2002, p. 4), implicam em rendimentos entre 95% e 45% para redutores que utilizam rosca sem-fim, diminuindo com o aumento da razão de transmissão. Além disso, alguns fenômenos elétricos também contribuem para o aumento dessa diferença. Um deles é o efeito da reação da armadura sobre o campo magnético dos ímãs. Segundo Kosow (2005, p.142) o campo magnético gerado pela corrente que passa pela armadura afeta o fluxo polar dos ímãs e a interação dos dois causa um deslocamento e uma torção no fluxo magnético final o que implica num caminho de maior relutância ao fluxo de campo principal, no qual o fluxo mútuo no entreferro não é mais uniformemente distribuído sobre os polos e uma redução do fluxo principal de campo (polar). Os campos de armadura, polar e resultante podem ser observados na Figura 30.

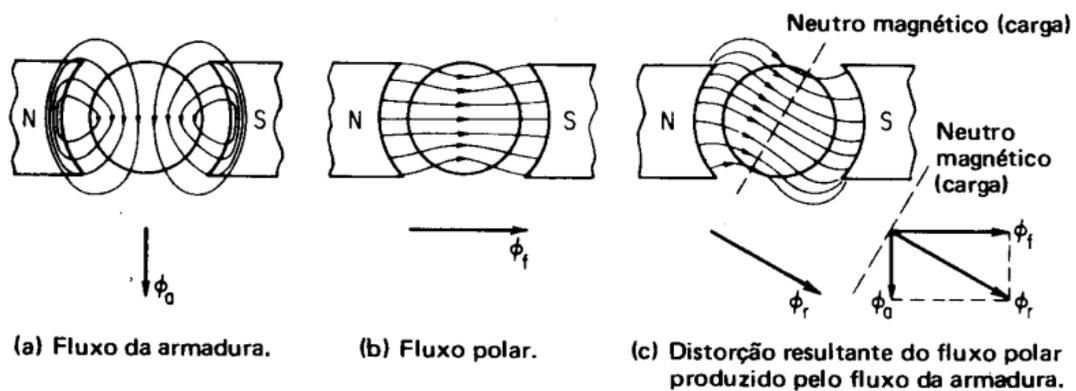


Figura 30 – Interação do fluxo polar e da armadura

Fonte: Kosow (2005, p. 142)

Em outra análise percebemos a incoerência da velocidade dos motores medidos com 25 espiras, como mostrado no Gráfico 2, em somente um dos sentidos de giro do motor. Isto pode ter se dado, também, por motivos mecânicos e elétricos.

Mecanicamente o sentido de giro do motor afeta o desempenho, pois influi de que lado do eixo do rotor sofrerá mais esforços por atrito, o que implica numa situação diferente para cada sentido de giro do motor. Eletricamente, existe uma região ideal de interface entre o comutador e as escovas chamado de zona neutra. Esta é localizada no neutro magnético mostrado acima na Figura 30, o qual fica deslocado em situação de carga. Para cada sentido de giro esta zona neutra se inverte, espelhada pelo pólo dos ímãs. Quando o motor é utilizado somente em um sentido de giro as escovas são

posicionadas para melhorar o desempenho do motor, mas no caso do motor estudado isto é impossível. Assim, para cada sentido de giro haverá uma distorção própria no fluxo principal, o que deixa cada sentido de giro com características próprias.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o estudo dos impactos de uma modificação construtiva na quantidade de espiras no bobinado da armadura de um motor c.c. à ímã permanente, contendo uma revisão bibliográfica sobre motores c.c. à ímã permanente, suas características e propriedades, assim como uma visão global sobre os conceitos de engrenagens contidas no acionamento estudado.

Os equipamentos de teste e medições utilizados foram apresentados e seus funcionamentos explanados, assim como os resultados em forma de relatórios. Foram calculados os valores teóricos para cada caso de modificação do enrolamento do motor (25, 27 e 29 espiras por pacote do bobinado), para comparação com os resultados obtidos empiricamente.

Os testes foram conduzidos, e os resultados mostraram que mesmo depois da modificação dos motores, nas suas duas variações, as especificações foram atendidas. O confronto dos valores calculados teoricamente e medidos empiricamente acabaram ficando defasados, porém hipóteses para a sua justificação foram relatadas.

Futuros trabalhos poderão contemplar um estudo mais aprofundado sobre as questões da parte mecânica da redução e suas reais perdas por atrito, e seu rendimento, o que complementaria de maneira excelente este trabalho. Outras possibilidades seriam o complemento deste estudo com modificações em outros componentes responsáveis pelas variáveis que afetam o torque final do motor, como por exemplo, a troca dos ímãs por um material melhor, ou do tamanho núcleo do rotor, entre outras modificações no aspecto elétrico e mecânico.

Portanto, o presente trabalho constitui uma fonte de embasamento teórico e prático para a aplicação real de uma modificação de produto na empresa que o fabrica, possibilitando a tomada de decisão da empresa conforme a sua necessidade e a de seus clientes.

REFERÊNCIAS

ALMACINHA, José A. **Redutor de parafuso sem-fim / roda de coroa**: Desenho técnico. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/9275/2/557.pdf>>. Acesso em 10 fev. 2014.

ECKEL., **DFM 1 DFM 2 Digital Fluxmeters Operating manual**. Disponível em: <http://www.w-eckel.com/upload/535032_Operating_Manual_DFM_12.pdf>. Acesso em 05 fev. 2014.

ESSEL. **Curso profissionalizante online ESSEL: Elementos de Máquinas**. Disponível em <<http://www.essel.com.br/cursos/material/01/elementos.htm>>. Acesso em 12 jul. 2013.

GIERAS, Jacek F; WING, Mitchell. **Permanent magnet motor technology design and applications**. 2. Ed. New York: Marcel Dekker, 2002.

KOSOW, Irving L. **Máquinas elétricas e transformadores**. 15. Ed. São Paulo: Globo, 2005.

MABUCHI MOTOR CO., LTD., **Products and technical guide**. [S.l.]: [s.n], 2002. 1 CD-ROM.

MAGTROL INC., **HD/ED (Hysteresis Dynamometers/Engine Dynamometers) Data sheet**. Disponível em: <<http://www.magtrol.com/datasheets/hd.pdf>>. Acesso em 11 set. 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas**: Uma abordagem integrada. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

SEALE, Eric. **DC Motors**: How they work in 4 parts. Disponível em: <http://www.solarbotics.net/starting/200111_dcmotor/200111_dcmotor.html>. Acesso em 15 jan. 2013.

SUGAWARA LABORATORIES INC., **Torque Dynamometers**. Disponível em: <http://www.sugawara-labs.co.jp/sites/default/files/pdf/torque_dynamometers_en.pdf>. Acesso em 11 set. 2013.

SPENCE, Michael. Cost reduction, competition, and industry performance. **Econometrica**, v. 52, n. 1, p. 101-122, jan. 1984.

d i s t r i b u i d o r		B r o s e		No.med.: EM0104264	
Motor 25		EV - Test		dat.med: 09.04.13 11:38	
		motor plano		N° proj:	
		Dados-Folha		VANo.VA:	
amostra verificada					
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :1	
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :	
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :	
No.prod :		f.prod. :			
condicoes de verificao					
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral	
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22	
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:	
o b s e r v a c a o					
C U R V A					
medicao- tipo peso-sub.		dados nomi.		dados atua.	
		pt.med.			
		[Nm] min. max.			
revoluc. - esqu. pt.med.1		1.0 62 80		76 1/min	
corren. - esqu. pt.med.1				8.7 3.5 A	
revoluc. - dir. pt.med.1		1.0 62 80		74 1/min	
corren. - dir. pt.med.1				8.7 4.0 A	
revoluc. - esqu. pt.med.2		4.5 27 54		35 1/min	
corren. - esqu. pt.med.2				18.3 11.3 A	
revoluc. - dir. pt.med.2		4.5 27 54		38 1/min	
corren. - dir. pt.med.2				18.3 11.0 A	
revoluc. s.peso - esqu.				72 88 81 1/min	
revoluc. s.peso - dir.				72 88 78 1/min	
corren.max - esqu.				23.0 18.0 A	
corren.max - dir.				23.0 18.0 A	
torque max. - esqu.				10.2 7.6 Nm	
torque max. - dir.				10.2 7.8 Nm	
Data		operador		supervisao	
09.04.13		Guilherme		EV-testador	

distribuidor Motor 25		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EM0104264 dat.med: 09.04.13 11:38 N proj: VANo.VA:		
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod.: EFH LH f.prod.:		amostr: 2 d.prov: entr.:		
condicoes de verificao voltagem : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm		tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:		
o b s e r v a c a o						
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.	
revoluc. corr. torque	74 4.0 1.0	72 4.1 1.0	38 11.2 4.5	40 10.7 4.5	s.pes max. max. 84 19.1 8.0	78 18.1 8.3
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.	1/min A Nm
Data 09.04.13	operador Guilherme		supervisao		EV-testador	

d i s t r i b u i d o r		B r o s e		No.med.: EM0104264		
Motor 25		EV - Test		dat.med: 09.04.13 11:38		
		motor plano		N° proj:		
		Dados-Folha		VANo.VA:		
amostra verificada						
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :2		
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :		
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :		
No.prod :		f.prod. :				
condicoes de verificao						
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral		
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22		
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:		
o b s e r v a c a o						
C U R V A						
medicao- tipo	peso-sub.	dados nomi.			dados atua.	
		pt.med. [Nm]	min.	max.		
revoluc.	- esqu.	1.0	62	80	74	1/min
corren.	- esqu.			8.7	4.0	A
revoluc.	- dir.	1.0	62	80	72	1/min
corren.	- dir.			8.7	4.1	A
revoluc.	- esqu.	4.5	27	54	38	1/min
corren.	- esqu.			18.3	11.2	A
revoluc.	- dir.	4.5	27	54	40	1/min
corren.	- dir.			18.3	10.7	A
revoluc.	s.peso - esqu.		72	88	84	1/min
revoluc.	s.peso - dir.		72	88	78	1/min
corren.max	- esqu.			23.0	19.1	A
corren.max	- dir.			23.0	18.1	A
torque max.	- esqu.			10.2	8.0	Nm
torque max.	- dir.			10.2	8.3	Nm
Data	operador	supervisao		EV-testador		
09.04.13	Guilherme					

distribuidor Motor 25		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EM0104264 dat.med: 09.04.13 11:38 N proj: VANO.VA:			
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod.: EFH LH f.prod.:		amostr: 3 d.prov: entr.:			
condicoes de verificao voltagem : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm		tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:			
o b s e r v a c a o							
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.		
revoluc. corr. torque	75 3.5 1.0	75 3.7 1.0	42 9.5 4.5	41 10.1 4.5	s.pes max. max. 80 20.4 8.1	79 21.1 7.8	1/min A Nm
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.		1/min A Nm
Data 09.04.13	operador Guilherme	supervisao		EV-testador			

distribuidor		Brose		No.med.: EM0104264		
Motor 25		EV - Test		dat.med: 09.04.13 11:38		
		motor plano		N° proj:		
		Dados-Folha		VANO.VA:		
amostra verificada						
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :3		
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :		
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :		
No.prod :		f.prod. :				
condicoes de verificao						
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral		
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22		
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:		
o b s e r v a c a o						
C U R V A						
medicao-	tipo peso-sub.	dados nomi.			dados atua.	
		pt.med. [Nm]	min.	max.		
revoluc.	- esqu.	1.0	62	80	75	1/min
corren.	- esqu.			8.7	3.5	A
revoluc.	- dir.	1.0	62	80	75	1/min
corren.	- dir.			8.7	3.7	A
revoluc.	- esqu.	4.5	27	54	42	1/min
corren.	- esqu.			18.3	9.5	A
revoluc.	- dir.	4.5	27	54	41	1/min
corren.	- dir.			18.3	10.1	A
revoluc.	s.peso - esqu.		72	88	80	1/min
revoluc.	s.peso - dir.		72	88	79	1/min
corren.max	- esqu.			23.0	20.4	A
corren.max	- dir.			23.0	21.1	A
torque max.	- esqu.			10.2	8.1	Nm
torque max.	- dir.			10.2	7.8	Nm
Data	operador	supervisao		EV-testador		
09.04.13	Guilherme					

distribuidor Motor 25		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EM0104264 dat.med: 09.04.13 11:38 N proj: VANo.VA:				
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod.: EFH LH f.prod.:		amostr: 4 d.prov: entr.:				
condicoes de verificao voltagem : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm		tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:				
o b s e r v a c a o								
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.			
revoluc. corr. torque	76 3.8 1.0	73 4.1 1.0	40 10.4 4.5	40 10.9 4.5	s.pes max. max.	80 17.5 8.0	77 18.4 8.1	1/min A Nm
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.			1/min A Nm
Data 09.04.13	operador Guilherme		supervisao		EV-testador			

d i s t r i b u i d o r		B r o s e		No.med.: EM0104264			
Motor 25		EV - Test		dat.med.: 09.04.13 11:38			
		motor plano		N° proj:			
		Dados-Folha		VANo.VA:			
amostra verificada							
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :4			
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :			
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :			
No.prod :		f.prod. :					
condicoes de verificao							
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral			
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22			
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:			
o b s e r v a c a o							
C U R V A							
medicao- tipo peso-sub.		dados nomi.			dados atua.		
		pt.med.					
		[Nm] min. max.					
revoluc. - esqu. pt.med.1		1.0 62 80			76 1/min		
corren. - esqu. pt.med.1					8.7 3.8 A		
revoluc. - dir. pt.med.1		1.0 62 80			73 1/min		
corren. - dir. pt.med.1					8.7 4.1 A		
revoluc. - esqu. pt.med.2		4.5 27 54			40 1/min		
corren. - esqu. pt.med.2					18.3 10.4 A		
revoluc. - dir. pt.med.2		4.5 27 54			40 1/min		
corren. - dir. pt.med.2					18.3 10.9 A		
revoluc. s.peso - esqu.					72 88 80 1/min		
revoluc. s.peso - dir.					72 88 77 1/min		
corren.max - esqu.					23.0 17.5 A		
corren.max - dir.					23.0 18.4 A		
torque max. - esqu.					10.2 8.0 Nm		
torque max. - dir.					10.2 8.1 Nm		
Data		operador		supervisao		EV-testador	
09.04.13		Guilherme					

distribuidor Motor 25		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EMO104264 dat.med: 09.04.13 11:38 N proj: VANO.VA:				
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod.: EFH LH f.prod.:		amostr: 5 d.prov: entr.:				
condicoes de verificao voltagem : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm		tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:				
o b s e r v a c a o								
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.			
revoluc. corr. torque	72 4.2 1.0	75 3.8 1.0	38 10.9 4.5	40 10.3 4.5	s.pes max. max.	76 21.1 7.8	85 17.4 7.7	1/min A Nm
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.			1/min A Nm
Data 09.04.13	operador Guilherme		supervisao		EV-testador			

distribuidor		Brose		No.med.: EM0104264		
Motor 25		EV - Test		dat.med: 09.04.13 11:38		
		motor plano		N° proj:		
		Dados-Folha		VANo.VA:		
amostra verificada						
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :5		
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :		
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :		
No.prod :		f.prod. :				
condicoes de verificao						
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral		
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22		
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:		
o b s e r v a c a o						
C U R V A						
medicao- tipo peso-sub.		dados nomi.			dados atua.	
		pt.med.				
		[Nm]	min.	max.		
revoluc.	- esqu. pt.med.1	1.0	62	80	72	1/min
corren.	- esqu. pt.med.1			8.7	4.2	A
revoluc.	- dir. pt.med.1	1.0	62	80	75	1/min
corren.	- dir. pt.med.1			8.7	3.8	A
revoluc.	- esqu. pt.med.2	4.5	27	54	38	1/min
corren.	- esqu. pt.med.2			18.3	10.9	A
revoluc.	- dir. pt.med.2	4.5	27	54	40	1/min
corren.	- dir. pt.med.2			18.3	10.3	A
revoluc. s.peso	- esqu.		72	88	76	1/min
revoluc. s.peso	- dir.		72	88	85	1/min
corren.max	- esqu.			23.0	21.1	A
corren.max	- dir.			23.0	17.4	A
torque max.	- esqu.			10.2	7.8	Nm
torque max.	- dir.			10.2	7.7	Nm
Data	operador	supervisao		EV-testador		
09.04.13	Guilherme					

distribuidor Motor Normal		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EMO104264 dat.med: 10.04.13 10:23 N proj: VANO.VA:	
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod.: EFH LH f.prod.:		amostr: 1 d.prov: entr.:	
condicoes de verificao voltagem : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm		tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:	
o b s e r v a c a o					
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.
revoluc. corr. torque	71 3.5 1.0	72 3.4 1.0	39 9.9 4.5	35 10.2 4.5	s.pes max. max. 81 20.8 8.2 76 19.2 7.4
revoluc. corr. torque					s.pes max. max. 1/min A Nm
Data 10.04.13	operador Guilherme	supervisao		EV-testador	

distribuidor Motor Normal		Brose EV - Test motor plano Dados-Folha		No.med.: EM0104264 dat.med: 10.04.13 10:23 N° proj: VANO.VA:		
amostra verificada						
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :1		
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :		
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :		
No.prod :		f.prod. :				
condicoes de verificao						
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral		
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22		
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:		
o b s e r v a c a o						
C U R V A						
medicao- tipo peso-sub.		dados nomi.			dados atua.	
		pt.med. [Nm]	min.	max.		
revoluc.	- esqu. pt.med.1	1.0	62	80	71	1/min
corren.	- esqu. pt.med.1			8.7	3.5	A
revoluc.	- dir. pt.med.1	1.0	62	80	72	1/min
corren.	- dir. pt.med.1			8.7	3.4	A
revoluc.	- esqu. pt.med.2	4.5	27	54	39	1/min
corren.	- esqu. pt.med.2			18.3	9.9	A
revoluc.	- dir. pt.med.2	4.5	27	54	35	1/min
corren.	- dir. pt.med.2			18.3	10.2	A
revoluc. s.peso	- esqu.		72	88	81	1/min
revoluc. s.peso	- dir.		72	88	76	1/min
corren.max	- esqu.			23.0	20.8	A
corren.max	- dir.			23.0	19.2	A
torque max.	- esqu.			10.2	8.2	Nm
torque max.	- dir.			10.2	7.4	Nm
Data	operador	supervisao		EV-testador		
10.04.13	Guilherme					

distribuidor Motor Normal		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EM0104264 dat.med: 10.04.13 10:23 N proj: VANo.VA:				
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod.: EFH LH f.prod.:	amostr: 2 d.prov: entr.:					
condicoes de verificao voltagem : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm	tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:					
o b s e r v a c a o								
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.			
revoluc. corr. torque	72 3.6 1.0	72 3.6 1.0	40 9.9 4.5	35 10.9 4.5	s.pes max. max.	77 17.3 8.5	77 19.8 7.8	1/min A Nm
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.			1/min A Nm
<p>rev [1/min] corren. [A] - su/es - su/di -</p> <p>torque [Nm]</p>								
Data 10.04.13	operador Guilherme		supervisao		EV-testador			

d i s t r i b u i d o r		B r o s e		No.med.: EM0104264		
Motor Normal		EV - Test		dat.med: 10.04.13 10:23		
		motor plano		N° proj:		
		Dados-Folha		VANO.VA:		
amostra verificada						
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :2		
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :		
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :		
No.prod :		f.prod. :				
condicoes de verificao						
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral		
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22		
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:		
o b s e r v a c a o						
C U R V A						
medicao- tipo peso-sub.		dados nomi.			dados atua.	
		pt.med.	min.	max.		
		[Nm]				
revoluc. - esqu. pt.med.1		1.0	62	80	72	1/min
corren. - esqu. pt.med.1				8.7	3.6	A
revoluc. - dir. pt.med.1		1.0	62	80	72	1/min
corren. - dir. pt.med.1				8.7	3.6	A
revoluc. - esqu. pt.med.2		4.5	27	54	40	1/min
corren. - esqu. pt.med.2				18.3	9.9	A
revoluc. - dir. pt.med.2		4.5	27	54	35	1/min
corren. - dir. pt.med.2				18.3	10.9	A
revoluc. s.peso - esqu.			72	88	77	1/min
revoluc. s.peso - dir.			72	88	77	1/min
corren.max - esqu.				23.0	17.3	A
corren.max - dir.				23.0	19.8	A
torque max. - esqu.				10.2	8.5	Nm
torque max. - dir.				10.2	7.8	Nm
Data		operador		supervisao		EV-testador
10.04.13		Guilherme				

distribuidor Motor Normal		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EMO104264 dat.med: 10.04.13 10:23 N proj: VANo.VA:				
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod.: EFH LH f.prod.:		amostr: 3 d.prov: entr.:				
condicoes de verificao voltagem : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm		tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:				
o b s e r v a c a o								
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.			
revoluc. corr. torque	70 3.8 1.0	70 3.7 1.0	40 10.4 4.5	35 10.5 4.5	s.pes max. max.	80 21.6 8.0	73 19.5 7.7	1/min A Nm
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.			1/min A Nm
Data 10.04.13	operador Guilherme		supervisao		EV-testador			

distribuidor Motor Normal		Brose EV - Test motor plano Dados-Folha		No.med.: EM0104264 dat.med: 10.04.13 10:23 N° proj: VANO.VA:		
amostra verificada						
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :3		
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :		
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :		
No.prod :		f.prod. :				
condicoes de verificao						
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral		
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22		
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:		
o b s e r v a c a o						
C U R V A						
medicao- tipo peso-sub.		dados nomi.			dados atua.	
		pt.med. [Nm]	min.	max.		
revoluc.	- esqu. pt.med.1	1.0	62	80	70	1/min
corren.	- esqu. pt.med.1			8.7	3.8	A
revoluc.	- dir. pt.med.1	1.0	62	80	70	1/min
corren.	- dir. pt.med.1			8.7	3.7	A
revoluc.	- esqu. pt.med.2	4.5	27	54	40	1/min
corren.	- esqu. pt.med.2			18.3	10.4	A
revoluc.	- dir. pt.med.2	4.5	27	54	35	1/min
corren.	- dir. pt.med.2			18.3	10.5	A
revoluc. s.peso	- esqu.		72	88	80	1/min
revoluc. s.peso	- dir.		72	88	73	1/min
corren.max	- esqu.			23.0	21.6	A
corren.max	- dir.			23.0	19.5	A
torque max.	- esqu.			10.2	8.0	Nm
torque max.	- dir.			10.2	7.7	Nm
Data	operador	supervisao		EV-testador		
10.04.13	Guilherme					

distribuidor Motor Normal		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EMO104264 dat.med: 10.04.13 10:23 N proj: VANO.VA:			
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod.: EFH LH f.prod.:		amostr: 4 d.prov: entr.:			
condicoes de verificao voltagem : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm		tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:			
o b s e r v a c a o							
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.		
revoluc. corr. torque	71 3.6 1.0	72 3.6 1.0	38 10.1 4.5	36 9.8 4.5	s.pes max. max. 82 17.3 8.0	75 17.1 7.5	1/min A Nm
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.		1/min A Nm
Data 10.04.13	operador Guilherme	supervisao		EV-testador			

distribuidor Motor Normal		Brose EV - Test motor plano Dados-Folha		No.med.: EM0104264 dat.med: 10.04.13 10:23 N° proj: VANO.VA:		
amostra verificada						
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :4		
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :		
No.clie :		prod. :EPH LH		entr. :		
No.prod :		f.prod. :				
condicoes de verificao						
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral		
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22		
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:		
o b s e r v a c a o						
C U R V A						
medicao- tipo peso-sub.		dados nomi.			dados atua.	
		pt.med. [Nm]	min.	max.		
revoluc.	- esqu. pt.med.1	1.0	62	80	71	1/min
corren.	- esqu. pt.med.1			8.7	3.6	A
revoluc.	- dir. pt.med.1	1.0	62	80	72	1/min
corren.	- dir. pt.med.1			8.7	3.6	A
revoluc.	- esqu. pt.med.2	4.5	27	54	38	1/min
corren.	- esqu. pt.med.2			18.3	10.1	A
revoluc.	- dir. pt.med.2	4.5	27	54	36	1/min
corren.	- dir. pt.med.2			18.3	9.8	A
revoluc. s.peso	- esqu.		72	88	82	1/min
revoluc. s.peso	- dir.		72	88	75	1/min
corren.max	- esqu.			23.0	17.3	A
corren.max	- dir.			23.0	17.1	A
torque max.	- esqu.			10.2	8.0	Nm
torque max.	- dir.			10.2	7.5	Nm
Data	operador	supervisao		EV-testador		
10.04.13	Guilherme					

distribuidor Motor Normal		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EM0104264 dat.med: 10.04.13 10:23 N proj: VANO.VA:				
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod. : EFH LH f.prod.:	amostr: 5 d.prov: entr. :					
condicoes de verificao voltagem : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm	tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:					
o b s e r v a c a o								
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.			
revoluc. corr. torque	73 3.5 1.0	73 3.6 1.0	41 9.8 4.5	40 10.2 4.5	s.pes max. max.	77 17.8 8.6	75 17.8 8.2	1/min A Nm
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.			1/min A Nm
Data 10,04,13	operador Guilherme		supervisao		EV-testador			

d i s t r i b u i d o r		B r o s e		No.med.: EM0104264		
Motor Normal		EV - Test		dat.med: 10.04.13 10:23		
		motor plano		N° proj:		
		Dados-Folha		VANO.VA:		
amostra verificada						
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :5		
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :		
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :		
No.prod :		f.prod. :				
condicoes de verificao						
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral		
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22		
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:		
o b s e r v a c a o						
C U R V A						
medicao-	tipo peso-sub.	dados nomi.			dados atua.	
		pt.med. [Nm]	min.	max.		
revoluc.	- esqu. pt.med.1	1.0	62	80	73	1/min
corren.	- esqu. pt.med.1			8.7	3.5	A
revoluc.	- dir. pt.med.1	1.0	62	80	73	1/min
corren.	- dir. pt.med.1			8.7	3.6	A
revoluc.	- esqu. pt.med.2	4.5	27	54	41	1/min
corren.	- esqu. pt.med.2			18.3	9.8	A
revoluc.	- dir. pt.med.2	4.5	27	54	40	1/min
corren.	- dir. pt.med.2			18.3	10.2	A
revoluc. s.peso	- esqu.		72	88	77	1/min
revoluc. s.peso	- dir.		72	88	75	1/min
corren.max	- esqu.			23.0	17.8	A
corren.max	- dir.			23.0	17.8	A
torque max.	- esqu.			10.2	8.6	Nm
torque max.	- dir.			10.2	8.2	Nm
Data	operador	supervisao		EV-testador		
10.04.13	Guilherme					

distribuidor Motor 29		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EMO104264 dat.med: 09.04.13 11:14 N proj: VANo.VA:		
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod.: EFH LH f.prod.:		amostr: 1 d.prov: entr.:		
condicoes de verificao voltage : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm		tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:		
o b s e r v a c a o						
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.	
revoluc. corr. torque	63 3.5 1.0	64 3.3 1.0	34 9.8 4.5	32 9.8 4.5	s.pes max. max. 67 16.9 8.2 69 15.6 8.0	1/min A Nm
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.	1/min A Nm
<p>The graph plots speed (rev [1/min]) on the left y-axis (0 to 100) and current (corren. [A]) on the right y-axis (0 to 28) against torque [Nm] on the x-axis (0 to 14). Two sets of curves are shown: 'su/res' (solid lines) and 'su/di' (dashed lines). The speed curves decrease as torque increases, while the current curves increase with torque. The 'su/res' curves are generally higher than the 'su/di' curves.</p>						
Data 09.04.13	operador Guilherme	supervisao		EV-testador		

d i s t r i b u i d o r Motor 29		B r o s e EV - Test motor plano Dados-Folha		No.med.: EM0104264 dat.med: 09.04.13 11:14 N° proj: VANO.VA:		
amostra verificada						
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :1		
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :		
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :		
No.prod :		f.prod. :				
condicoes de verificao						
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral		
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22		
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:		
o b s e r v a c a o						
C U R V A						
medicao- tipo peso-sub.		dados nomi.			dados atua.	
		pt.med.	min.	max.		
		[Nm]				
revoluc. - esqu. pt.med.1		1.0	62	80	63	1/min
corren. - esqu. pt.med.1				8.7	3.5	A
revoluc. - dir. pt.med.1		1.0	62	80	64	1/min
corren. - dir. pt.med.1				8.7	3.3	A
revoluc. - esqu. pt.med.2		4.5	27	54	34	1/min
corren. - esqu. pt.med.2				18.3	9.8	A
revoluc. - dir. pt.med.2		4.5	27	54	32	1/min
corren. - dir. pt.med.2				18.3	9.8	A
revoluc. s.peso - esqu.			72	88	67	1/min
revoluc. s.peso - dir.			72	88	69	1/min
corren.max - esqu.				23.0	16.9	A
corren.max - dir.				23.0	15.6	A
torque max. - esqu.				10.2	8.2	Nm
torque max. - dir.				10.2	8.0	Nm
Data		operador		supervisao		EV-testador
09.04.13		Guilherme				

distribuidor Motor 29		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EMO104264 dat.med: 09,04,13 11:38 N proj: VANO.VA:				
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod. : EFH LH f.prod.:		amostr: 2 d.prov: entr. :				
condicoes de verificao voltagem : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm		tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:				
o b s e r v a c a o								
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.			
revoluc. corr. torque	64 3.3 1.0	63 3.4 1.0	34 9.6 4.5	33 9.4 4.5	s.pes max. max.	68 16.8 8.2	67 15.6 8.0	1/min A Nm
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.			1/min A Nm
Data 09.04.13	operador Guilherme	supervisao		EV-testador				

d i s t r i b u i d o r		B r o s e		No.med.: EM0104264			
Motor 29		EV - Test		dat.med: 09.04.13 11:38			
		motor plano		N° proj:			
		Dados-Folha		VANO.VA:			
amostra verificada							
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :2			
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :			
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :			
No.prod :		f.prod. :					
condicoes de verificao							
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral			
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22			
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:			
o b s e r v a c a o							
C U R V A							
medicao- tipo peso-sub.		dados nomi.			dados atua.		
		pt.med.	min.	max.			
		[Nm]					
revoluc. - esqu. pt.med.1		1.0	62	80	64	1/min	
corren. - esqu. pt.med.1				8.7	3.3	A	
revoluc. - dir. pt.med.1		1.0	62	80	63	1/min	
corren. - dir. pt.med.1				8.7	3.4	A	
revoluc. - esqu. pt.med.2		4.5	27	54	34	1/min	
corren. - esqu. pt.med.2				18.3	9.6	A	
revoluc. - dir. pt.med.2		4.5	27	54	33	1/min	
corren. - dir. pt.med.2				18.3	9.4	A	
revoluc. s.peso - esqu.			72	88	68	1/min	
revoluc. s.peso - dir.			72	88	67	1/min	
corren.max - esqu.				23.0	16.8	A	
corren.max - dir.				23.0	15.6	A	
torque max. - esqu.				10.2	8.2	Nm	
torque max. - dir.				10.2	8.0	Nm	
Data		operador		supervisao		EV-testador	
09.04.13		Guilherme					

distribuidor Motor 29		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EMO104264 dat.med: 09.04.13 11:38 N proj: VANo.VA:	
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod.: EFH LH f.prod.:		amostr: 3 d.prov: entr.:	
condicoes de verificao voltagem : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm		tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:	
o b s e r v a c a o					
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.
revoluc. corr. torque	65 3.2 1.0	62 3.4 1.0	35 8.9 4.5	31 9.4 4.5	s.pes max. max. 69 15.5 8.0 66 15.0 7.6
revoluc. corr. torque					s.pes max. max. 1/min A Nm
Data 09.04.13	operador Guilherme	supervisao		EV-testador	

d i s t r i b u i d o r		B r o s e		No.med.: EM0104264			
Motor 29		EV - Test		dat.med.: 09.04.13 11:38			
		motor plano		N° proj:			
		Dados-Folha		VANO.VA:			
amostra verificada							
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :3			
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :			
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :			
No.prod :		f.prod. :					
condicoes de verificao							
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral			
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22			
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:			
o b s e r v a c a o							
C U R V A							
medicao- tipo peso-sub.		dados nomi.			dados atua.		
		pt.med.					
		[Nm] min. max.					
revoluc. - esqu. pt.med.1		1.0 62 80			65 1/min		
corren. - esqu. pt.med.1					8.7 3.2 A		
revoluc. - dir. pt.med.1		1.0 62 80			62 1/min		
corren. - dir. pt.med.1					8.7 3.4 A		
revoluc. - esqu. pt.med.2		4.5 27 54			35 1/min		
corren. - esqu. pt.med.2					18.3 8.9 A		
revoluc. - dir. pt.med.2		4.5 27 54			31 1/min		
corren. - dir. pt.med.2					18.3 9.4 A		
revoluc. s.peso - esqu.					72 88 69 1/min		
revoluc. s.peso - dir.					72 88 66 1/min		
corren.max - esqu.					23.0 15.5 A		
corren.max - dir.					23.0 15.0 A		
torque max. - esqu.					10.2 8.0 Nm		
torque max. - dir.					10.2 7.6 Nm		
Data		operador		supervisao		EV-testador	
09.04.13		Guilherme					

distribuidor Motor 29		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EM0104264 dat.med: 09.04.13 11:38 N proj: VANo.VA:			
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod.: EFH LH f.prod.:		amostr: 4 d.prov: entr.:			
condicoes de verificao voltagem : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm		tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:			
o b s e r v a c a o							
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.		
revoluc. corr. torque	62 3.5 1.0	63 3.4 1.0	34 9.4 4.5	32 9.4 4.5	s.pes max. max. 71 17.3 8.3	66 15.4 7.7	1/min A Nm
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.		1/min A Nm
Data 09.04.13	operador Guilherme	supervisao		EV-testador			

d i s t r i b u i d o r Motor 29		B r o s e EV - Test motor plano Dados-Folha		No.med.: EM0104264 dat.med: 09.04.13 11:38 N° proj: VANO.VA:		
amostra verificada						
BroseNo :1101-003108-100		cliente :Ford B515		amostr :4		
nr.curv :1101-003107-100		tip.car :FOR B515 RH		d.prov :		
No.clie :		prod. :EFH LH		entr. :		
No.prod :		f.prod. :				
condicoes de verificao						
voltagem : 13.00 V		tq max : 12.3 Nm		tipo med.: zentral		
resistencia : 0.00 Ohm		tq-sub. : 5.0 Nm/s		N° dentes: 22		
		tq-termo : 12.3 Nm		adaptador:		
o b s e r v a c a o						
C U R V A						
medicao- tipo peso-sub.		dados nomi.			dados atua.	
		pt.med. [Nm]	min.	max.		
revoluc.	- esqu. pt.med.1	1.0	62	80	62	1/min
corren.	- esqu. pt.med.1			8.7	3.5	A
revoluc.	- dir. pt.med.1	1.0	62	80	63	1/min
corren.	- dir. pt.med.1			8.7	3.4	A
revoluc.	- esqu. pt.med.2	4.5	27	54	34	1/min
corren.	- esqu. pt.med.2			18.3	9.4	A
revoluc.	- dir. pt.med.2	4.5	27	54	32	1/min
corren.	- dir. pt.med.2			18.3	9.4	A
revoluc. s.peso	- esqu.		72	88	71	1/min
revoluc. s.peso	- dir.		72	88	66	1/min
corren.max	- esqu.			23.0	17.3	A
corren.max	- dir.			23.0	15.4	A
torque max.	- esqu.			10.2	8.3	Nm
torque max.	- dir.			10.2	7.7	Nm
Data	operador	supervisao		EV-testador		
09.04.13	Guilherme					

distribuidor Motor 29		Brose EV - Test motor plano Gráfico-unidade		No.med.: EMO104264 dat.med: 09.04.13 11:38 N proj: VANO.VA:				
amostra verificada BroseNo: 1101-003108-100 nr.curv: 1101-003107-100 No.clie: No.prod:		cliente: Ford B515 tip.car: FOR B515 RH prod. : EFH LH f.prod.:		amostr: 5 d.prov: entr. :				
condicoes de verificao voltage : 13.00 V resistencia : 0.00 Ohm		tq max : 12.3 Nm tq-sub. : 5.0 Nm/s tq-termo : 12.3 Nm		tipo med.: zentral N dentes: 22 adaptador:				
o b s e r v a c a o								
subindo/ caindo	ponto med-1 esqu. dir.		ponto med-2 esqu. dir.		valores esqu. dir.			
revoluc. corr. torque	65 3.1 1.0	64 3.2 1.0	36 8.7 4.5	34 8.8 4.5	s.pes max. max.	69 16.7 8.2	68 14.7 7.8	1/min A Nm
revoluc. corr. torque					s.pes max. max.			1/min A Nm
Data 09.04.13	operador Guilherme		supervisao		EV-testador			

distribuidor Motor 29	Brose EV - Test motor plano Dados-Folha	No.med.: EM0104264 dat.med: 09.04.13 11:38 N° proj: VANO.VA:		
amostra verificada				
BroseNo :1101-003108-100	cliente :Ford B515	amostr :5		
nr.curv :1101-003107-100	tip.car :FOR B515 RH	d.prov :		
No.clie :	prod. :EFH LH	entr. :		
No.prod :	f.prod. :			
condicoes de verificao				
voltagem : 13.00 V	tq max : 12.3 Nm	tipo med.: zentral		
resistencia : 0.00 Ohm	tq-sub. : 5.0 Nm/s	N° dentes: 22		
	tq-termo : 12.3 Nm	adaptador:		
o b s e r v a c a o				
C U R V A				
medicao- tipo peso-sub.	dados nomi.		dados atua.	
	pt.med. [Nm]	min.	max.	
revoluc. - esqu. pt.med.1	1.0	62	80	65 1/min
corren. - esqu. pt.med.1			8.7	3.1 A
revoluc. - dir. pt.med.1	1.0	62	80	64 1/min
corren. - dir. pt.med.1			8.7	3.2 A
revoluc. - esqu. pt.med.2	4.5	27	54	36 1/min
corren. - esqu. pt.med.2			18.3	8.7 A
revoluc. - dir. pt.med.2	4.5	27	54	34 1/min
corren. - dir. pt.med.2			18.3	8.8 A
revoluc. s.peso - esqu.		72	88	69 1/min
revoluc. s.peso - dir.		72	88	68 1/min
corren.max - esqu.			23.0	16.7 A
corren.max - dir.			23.0	14.7 A
torque max. - esqu.			10.2	8.2 Nm
torque max. - dir.			10.2	7.8 Nm
Data	operador	supervisao	EV-testador	
09.04.13	Guilherme			