



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 202012005346-8 U2



(22) Data do Depósito: 09/03/2012

(43) Data da Publicação: 13/10/2015

(RPI 2336)

(54) **Título:** TRIBÔMETRO MULTIFUNCIONAL COM CONTROLE DE TEMPERATURA DO DISCO A PARTIR DE MÓDULO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

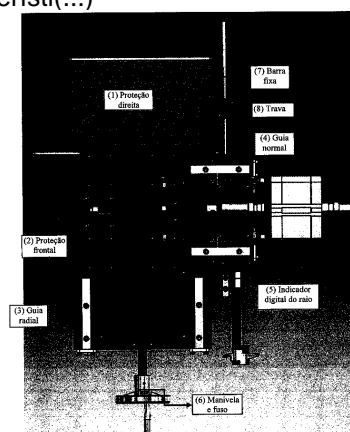
(51) **Int. Cl.:** G01B 5/28

(52) **CPC:** G01B 5/28

(73) **Titular(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

(72) **Inventor(es):** PATRIC DANIEL NEIS, NEY FRANCISCO FERREIRA

(57) **Resumo:** TRIBÔMETRO MULTIFUNCIONAL COM CONTROLE DE TEMPERATURA DO DISCO A PARTIR DE MÓDULO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA. O presente modelo de utilidade descreve um tribômetro (equipamento para medir atrito entre duas superfícies) multifuncional para caracterizar materiais de fricção (pastilha e disco) utilizados em freios veiculares, o qual possui capacidade de aquecimento do disco através de sistema de indução eletromagnética. Esse equipamento possui módulo de atuação caracterizado por possuir indicador eletrônico do raio de deslizamento, mecanismo de fuso e manivela para movimentação do carro atuador sobre guias lineares. O módulo de rotação diferencia-se por possuir sistema de mancais composto por 5 rolamentos angulares bem como aletas dissipadoras montadas sobre o eixo da máquina. Em termos de funcionalidades, o modelo de utilidade aqui descrito é provido de tecnologia que possibilita o controle da carga ou do torque de arrasto da amostra sobre o disco no período de resfriamento entre duas frenagens consecutivas bem como modo de operação sob nível controlado de desaceleração ou sob velocidade constante do disco. Essas e outras característi(...)



Relatório Descritivo de Modelo de Utilidade

TRIBÔMETRO MULTIFUNCIONAL COM CONTROLE DE TEMPERATURA DO DISCO A PARTIR DE MÓDULO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

5

Campo da Invenção

O modelo de utilidade aqui descrito trata de um equipamento para medir atrito e desgaste entre duas superfícies, também conhecido como tribômetro, especialmente desenvolvido para ensaiar materiais de fricção empregados em freios veiculares e similares, o qual possui controle do aquecimento do disco através de módulo indutor.

O sistema de aquecimento por indução é constituído de uma fonte geradora de corrente alternada de alta frequência e intensidade, a qual é aplicada sobre uma bobina indutora. Isso gera um fluxo magnético variável que induz à formação de correntes parasitas ou correntes de Foucault sobre materiais metálicos próximos a bobina. Devido à intensidade destas correntes, o efeito Joule resultante propicia uma grande elevação da temperatura. As vantagens do emprego de sistemas de aquecimento por indução sobre processos convencionais, como aqueles que utilizam resistência elétrica, por exemplo, incluem a possibilidade de um aquecimento localizado e uniforme nos casos em que a elevação da temperatura da peça inteira é indesejada. A maior taxa de aumento da temperatura é outra vantagem dos sistemas indutivos [Monezi et al., 2007; Curtis, 1944]. Quanto à aplicação, a tecnologia de aquecimento por indução eletromagnética é largamente empregada pelas indústrias do ramo metalúrgico em processos de tratamento térmico de peças metálicas [Rudnev et al., 1997].

Assim, através da integração da tecnologia de aquecimento por indução eletromagnética com o tribômetro é possível reduzir o tempo necessário para aquecimento do disco de freio e, conseqüentemente, o tempo para cumprimento de um ensaio.

30

O presente modelo de utilidade se situa nos campos da engenharia mecânica.

Antecedentes da Invenção

5 Tribômetros são máquinas ou dispositivos utilizados para realização de ensaios de desgaste e atrito, em condições secas ou lubrificadas. Esses equipamentos geralmente são dimensionados de forma específica, conforme a necessidade de cada fabricante de analisar o desempenho de seus produtos.

10 A tecnologia empregada para aquecimento do disco em tribômetros comerciais [CSM Instruments, 2011; Nanovea, 2011] é por meio de resistências elétricas. Acontece que o uso desta técnica implica em perdas consideráveis de energia na forma de calor para o meio externo (ambiente) e efeitos de inércia térmica associada à massa das resistências. Esses fatores levam ao aumento dos custos para realização dos ensaios de frenagem devido
15 ao maior consumo de energia e de tempo envolvido no processo.

O documento patente PI1001516-7 descreve um equipamento tribômetro com possibilidade de aquecimento do disco através da utilização de resistências elétricas.

20 O modelo de utilidade aqui descrito difere da referida invenção em nível de projeto mecânico e pelo grau tecnológico e de controles envolvidos.

Em termos de projeto mecânico, as principais diferenças do modelo de utilidade aqui descrito em relação ao tribômetro da patente PI1001516-7 são listadas a seguir:

- 25 • Deslocamento preciso do carro atuador de carga por meio de guias lineares, conforme mostrado pela vista superior da Figura 1, pelo desenho geral (Figura 11) e detalhado (Figura 19) de montagem do módulo atuador
- 30 • Ajuste do raio de deslizamento por meio de um mecanismo de fuso e manivela, conforme mostrado pela vista superior da Figura 1, pelo desenho geral (Figura 11) e detalhado (Figura 19) de montagem do módulo atuador

- Melhoria da capacidade de dissipação do calor sobre o eixo através da instalação de sistema de aletas dissipadoras de calor, conforme mostra a vista tridimensional da Figura 2 e o desenho geral (Figura 12) e detalhado (Figura 20) de montagem do módulo de rotação
- 5 • Dispositivo para troca rápida do corpo de prova a partir do ajuste de um único parafuso, conforme mostra a vista tridimensional da Figura 3 e o desenho geral (Figura 11) e detalhado (Figura 19) de montagem do módulo atuador. Esse dispositivo possibilita a fixação de pequenas amostras, extraídas diretamente de pastilhas de freio por processo de corte. Com isso, pode-se ensaiar 2 corpos de prova, um de cada vez, a partir de uma mesma pastilha de freio (Figura 4)
- 10 • Sistema de mancais composto por 5 rolamentos montados sobre o eixo da máquina, de forma a assegurar uma rotação precisa e suave do disco (sem vibrações), conforme mostra o desenho geral (Figura 12) e detalhado (Figura 20) de montagem do módulo de rotação do tribômetro
- 15 • Base da máquina que garante o alinhamento dos componentes e mecanismos, a qual é composta por mesa plana retificada, estrutura de sustentação e apoios absorvedores de choque (Figura 5)
- 20 • Dispositivo para fixação do sensor infravermelho, o qual permite ajustar o ponto de medição da temperatura no sentido radial à superfície do disco, conforme mostra uma vista frontal do sistema montado sobre a máquina (Figura 13) e o desenho de montagem do referido dispositivo (Figura 18)

25 Quanto aos controles e grau tecnológico envolvido, as principais diferenças do modelo de utilidade aqui descrito em relação ao tribômetro da patente PI1001516-7 são descritas a seguir:

- Integração do tribômetro com sistema de aquecimento por indução eletromagnética (Figura 6), cuja bobina aquecedora está instalada a 1mm da superfície do disco
- 30 • Visualização digital do raio de deslizamento através de indicador eletrônico integrado ao sistema de regulagem deste parâmetro, conforme

mostra vista superior (Figura 1) e desenho detalhado de montagem do módulo de atuação (Figura 19)

- Nível de automação que possibilita múltiplas funcionalidades, tais como: controle da carga ou do torque de arrasto da amostra sobre o disco no período de resfriamento entre duas frenagens consecutivas, devido à existência de lógica de controle computacional avançada (Figura 7); operação da máquina sob nível controlado de desaceleração ou sob velocidade constante do disco. Essa característica é possível graças a um circuito de controle da rotação, que é realimentado pelo sinal de um encoder (Figura 8). Tal circuito está integrado a um algoritmo específico (Figura 9). Tais operações são ilustradas na interface gráfica de controle do tribômetro (Figura 10).

Sumário da Invenção

O modelo de utilidade aqui descrito descreve um tribômetro e processo de funcionamento do mesmo. Essa máquina apresenta como principais diferenças em relação aos equipamentos que podem ser encontrados comercialmente um projeto mecânico mais robusto e preciso, bem como um maior grau tecnológico e de controles envolvidos.

É, portanto, objeto do presente modelo de utilidade, equipamento tribômetro multifuncional com controle de temperatura do disco compreendendo:

- a) integração do tribômetro com sistema de aquecimento do disco por meio de indução eletromagnética (Figura 6);
- b) conjunto de guias lineares sobre as quais o carro atuador de desloca (Figuras 1, 11 e 19);
- c) mecanismo de manivela e fuso para o ajuste do raio de deslizamento (Figuras 1, 11 e 19);
- d) dispositivo que permite troca rápida do corpo de prova (Figuras 3, 11 e 19);
- e) indicador eletrônico do raio de deslizamento (Figuras 1 e 19);

f) aletas dissipadoras de calor instaladas sobre o eixo (Figuras 2, 12 e 20);

g) sistema de mancais composto por 5 rolamentos angulares instalados sobre o eixo (Figura 12 e 20);

5 h) base plana que garante alinhamento dos componentes e mecanismos (Figura 5)

i) Dispositivo para fixação do sensor infravermelho (Figuras 13 e 18);

10 j) nível de automação que possibilita múltiplas funcionalidades da máquina (Figuras 7,8, 9 e 10);

Em uma realização preferencial, o sistema de aquecimento do disco por indução eletromagnética é composto por fonte de alta corrente, bobina indutora e radiador. A bobina indutora é instalada a 1mm da superfície do disco.

15 Em uma realização preferencial, o conjunto de guias lineares é composto pela guia normal, sobre a qual o carro atuador pode se deslocar no sentido normal à superfície do disco, pela guia radial, que possibilita a movimentação do carro atuador no sentido radial, e pelas chapas de proteção esquerda, direita e frontal.

20 Em uma realização preferencial, o mecanismo de manivela e fuso é composto um parafuso sem fim (fuso), uma manopla giratória (manivela), uma barra fixa e um mecanismo de trava do sistema.

25 Em uma realização preferencial, o dispositivo de troca rápida do corpo de prova é composto por parafuso de fixação e suporte da amostra, além de geometria da plaqueta (ou chapa de base do corpo de prova) específica para o encaixe da amostra no suporte (Figura 4).

Em uma realização preferencial, o indicador eletrônico do raio de deslizamento consiste de um paquímetro digital, especialmente alojado no carro do atuador que se movimenta radialmente ao disco.

30 Em uma realização preferencial, as aletas dissipadoras são feitas de alumínio e encontram-se instaladas sobre o eixo de rotação do tribômetro.

Em uma realização preferencial, o sistema de mancais é composto por 5 rolamentos angulares instalados sobre o eixo de rotação da máquina.

Em uma realização preferencial, a base de sustentação do tribômetro é composta por mesa plana retificada, estrutura de sustentação e pés de apoio com capacidade de absorver choque.

Em uma realização preferencial, o dispositivo para fixação do pirômetro permite regulagem do posicionamento do cabeçote do sensor bem como a indicação do ponto de medição ajustado sobre o disco.

Em uma realização preferencial, a automação da máquina é composta por programa de controle computacional, desenvolvido na ferramenta Simulink da MatLab; circuitos para o controle da carga, torque e velocidade de rotação conectados em malha fechada; interface gráfica que possibilita controlar e monitorar os dados dos ensaios em tempo real.

Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no segmento, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir.

Breve Descrição das Figuras

A Figura 1 mostra uma vista superior do módulo de atuação do tribômetro, onde são destacados as proteções direita (1) e frontal (2), o sistema de movimentação do carro atuador sobre as guias lineares radial (3) e normal (4), o indicador digital do raio de deslizamento (5), o dispositivo de ajuste do raio através do mecanismo constituído de fuso e manivela (6), barra fixa (7) e trava do sistema (8).

A Figura 2 destaca o sistema de discos aletados para resfriamento do eixo, cujo dispositivo é parte integrante do módulo de rotação do tribômetro.

A Figura 3 mostra uma vista tridimensional do módulo de atuação, onde é dado destaque especial ao dispositivo de troca rápida da amostra.

A Figura 4 mostra uma reprodução fotográfica de uma pastilha de freio (1), da qual são extraídos os copos de prova 1 (2) e o corpo de prova 2 (3). Nesta figura também é destacada a vista superior ampliada de um corpo de

prova (4), bem como o detalhe do furo escareado feito sobre o centro da chapa de base (plaqueta) do corpo de prova (5). Esse furo serve para prender o corpo de prova no seu suporte através do parafuso de fixação. As dimensões do conjunto plaqueta e amostra são também mostradas nesta figura (6).

5 A Figura 5 apresenta uma vista tridimensional da base de sustentação do tribômetro, onde são destacadas a mesa plana retificada (1), a estrutura de sustentação (2) e seus pés de apoio (3), os quais possuem capacidade absorvedora de choque.

10 A Figura 6-a mostra o aparato utilizado para aquecimento do disco pelo processo de indução eletromagnética, o qual é constituído de uma fonte com alta capacidade de corrente e frequência (1), de uma bobina indutora (2) bem como de um radiador (3) para resfriamento da bobina. A Figura 6-b mostra uma fotografia da bobina indutora (4) disposta a uma distância de cerca de 1mm da superfície do disco do tribômetro (5).

15 A Figura 7 destaca as seções do programa computacional do tribômetro, desenvolvido na ferramenta Simulink, da MatLab, que tratam do controle da condição de carga (1) e do torque (2) de arrasto da amostra sobre o disco durante o período de resfriamento entre duas aplicações sucessivas dos freios. Para o desenvolvimento de ambas as lógicas de programação, são
20 empregadas chaves do tipo "switch", memórias de sinal, um bloco temporizador e um bloco contador.

A Figura 8 apresenta o circuito de controle da rotação do tribômetro, onde é mostrado o esquema dos sinais elétricos analógicos e de comunicação que são trocados entre os dispositivos. Integra a lista dos dispositivos que
25 compõe o referido circuito: inversor de frequência com módulo de entradas e saídas analógicas 0-10Vdc (1), computador e sistema de aquisição de dados com entradas e saídas analógicas 0-10Vdc (2), servomotor com potência de 15 HP integrado a um encoder de 1024 pulsos/revolução (3), conversor de sinal serial RS 485 para o padrão USB (4). O funcionamento do circuito baseia-se
30 num controle independente da velocidade, sem a participação do sistema de aquisição de dados, o qual é realizado pelo inversor, encoder e servomotor.

Os sinais analógicos trocados entre o inversor e o sistema de aquisição servem somente para o ajuste e monitoração da rotação da máquina. A comunicação entre o inversor e o computador, a qual é estabelecida por meio do conversor RS 485/USB, permite a parametrização do inversor de frequência bem como a monitoração das variáveis envolvidas no processo de funcionamento do servomotor. O canal de comunicação RS 232 serve para conectar o encoder ao inversor de frequência.

A Figura 9 mostra a seção do programa computacional do tribômetro que trata do controle da rotação do eixo, o qual foi desenvolvido na ferramenta Simulink, da MatLab. Nesta seção, são utilizados blocos comparadores, somadores, integradores, memórias, temporizadores e blocos lógicos.

A Figura 10 mostra a interface gráfica do programa computacional, onde podem ser vistas as funcionalidades da máquina, tais como: tipo de controle do atuador (por força ou por torque), modo de operação do módulo de rotação (velocidade por rampa de desaceleração ou controle por velocidade constante), entre outros.

A Figura 11 apresenta o desenho geral de montagem do módulo atuador, onde podem ser vistos o suporte da amostra (1) e parafuso de fixação (2), que juntos compõe o dispositivo de troca rápida do corpo de prova (3); as chapas de proteção esquerda (4), direita (5) e frontal (6); as guias lineares radial (7) e normal (8); a base frontal (9); o mecanismo da manivela e fuso (10), junto de sua trava (11); o indicador digital do raio (12); o cilindro atuador (13) e seu suporte de fixação (14); a célula de carga (15) e os acessórios de fixação (16).

A Figura 12 mostra o desenho geral de montagem do módulo de rotação do tribômetro, onde pode-se verificar o eixo (1), o sistema de mancais (2), os espaçadores (3) e as aletas dissipadoras de calor (4), além do suporte do disco (5), flange (6) para acoplar o disco de freio (7) e a tampa prendedora (8), que tem por função prender rigidamente o disco na sua parte interna, de menor raio.

A Figura 13 mostra uma vista frontal do módulo de atuação, onde é destacado o cabeçote do sensor infravermelho (pirômetro) junto de seu dispositivo de fixação.

5 A Figura 14 mostra uma vista tridimensional de todo o conjunto do equipamento tribômetro.

A Figura 15 mostra o esquema elétrico referente aos sinais de comando de operação do equipamento bem como o esquema de ligação do servomotor (1) no inversor de frequência (2). A referida figura também apresenta o sistema de aquisição dos dados (3), com as ligações referentes as entradas e saídas
10 de sinal. São mostrados ainda o termopar (4) e seu condicionador (5), o pirômetro (6), a célula de carga (7) e seu condicionador (8), o transdutor de torque (9) e seu condicionador (10), as válvulas reguladoras de fluxo (11) e de pressão (12).

A Figura 16 apresenta curvas de temperatura obtidas experimentalmente
15 via termopar para um ciclo de frenagens em que são executados um total de 10 aplicações dos freios para os níveis de temperatura inicial do disco de 100°C, 200°C, 300°C, 400°C e 500°C. O referido experimento é executado sob torque de frenagem constante de 26,5 Nm, velocidade inicial e final de, respectivamente, 9,6 m/s e zero e com material de atrito comercial (código
20 "FL"). Os diferentes patamares de temperatura inicial do disco de freio são conseguidos através da atuação do sistema de aquecimento por indução eletromagnética.

A Figura 17 mostra uma avaliação típica dos resultados de coeficiente de atrito obtidos no tribômetro. Essa curva experimental foi obtida a partir de
25 um material de fricção comercial (código "HB"), submetido às cargas constantes de 1400N, 1900N, 2400N, patamares de temperaturas iniciais de 100°C, 200°C, 300°C e 400°C, velocidade inicial e final de, respectivamente, 9,6 m/s e zero e desaceleração constante do disco de 334 rpm/s² (equivalente a 0,392 m/s² em um veículo comercial leve). Esse gráfico mostra a
30 possibilidade de avaliar os materiais em diferentes condições de temperatura e de carga a partir do tribômetro.

A Figura 18 mostra o desenho detalhado de montagem do dispositivo de fixação do sensor infravermelho. É requerido que o referido dispositivo, depois de fabricado, passe por processo de oxidação negra. Esse procedimento evita que o material sofra processos corrosivos ao longo do tempo.

5 A Figura 19 mostra o desenho detalhado de montagem do módulo atuador do tribômetro. Devido ao grande variedade de peças e componentes de montagem, a indicação numérica dos mesmos é feita diretamente na figura, por meio de uma legenda disposta no canto inferior direito. O módulo atuador é representado por meio de vista tridimensional, superior e lateral, bem como
10 pelas vistas de corte longitudinal e lateral.

A Figura 20 mostra o desenho detalhado do tribômetro, onde é destacado o módulo de rotação. A indicação numérica dos componentes e partes é feita diretamente na figura, por meio de uma legenda disposta no canto inferior direito. O desenho da referida figura é representado por meio de
15 vista tridimensional, superior, lateral e frontal da máquina, bem como pelo corte longitudinal.

Descrição Detalhada da Invenção

Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma
20 das inúmeras maneiras de se realizar o modelo de utilidade, contudo sem limitar, o escopo do mesmo.

O Projeto do Tribômetro

O projeto do tribômetro descrito neste documento compreende:

- 25 a) sistema de aquecimento do disco por meio processo de indução eletromagnética;
- b) conjunto de guias lineares para permitir movimentação precisa do carro atuador;
- c) mecanismo de manivela e fuso para o ajuste do raio de
30 deslizamento;
- d) dispositivo que permite de troca rápida do corpo de prova;

- e) indicador eletrônico do raio de deslizamento ajustado;
- f) aletas dissipadoras de calor instaladas sobre o eixo
- g) sistema de mancais, composto por 5 rolamentos angulares instalados sobre o eixo
- 5 h) base plana que garante alinhamento dos componentes e mecanismos
- i) dispositivo de fixação do sensor infravermelho
- j) circuitos em malha fechada para o controle da carga, torque e velocidade, os quais estão integrados a uma lógica de
- 10 programação computacional avançada

Sistema de Aquecimento do Disco

O sistema de aquecimento do disco deste modelo de utilidade compreende meios para se aquecer o disco de freio de maneira independente do processo de fricção e, desta forma, permitir a realização da análise isolada do efeito da temperatura sobre o atrito e desgaste dos materiais de fricção. Em especial, o sistema de controle do aquecimento do disco compreende termopares instalados no interior do disco, módulo condicionador do sinal do termopar, conversor de sinal de tensão (0-10 Vdc) para corrente (4-20 mA), sensor infravermelho para a medição da temperatura da superfície do disco e sistema de aquecimento do disco por indução eletromagnética, cuja bobina indutora é instalada a 1mm da superfície do disco.

Em especial, o sistema aquecedor por indução eletromagnética é trifásico, 220 V_{AC} e possui potência máxima de 7,5 kW. Complementam também o referido sistema um módulo de entrada analógica de sinal 4-20 mA, cuja função é possibilitar o controle proporcional da intensidade de calor que é induzida sobre o disco pela bobina indutora. Um módulo conversor de tensão (0-10 Vdc) para corrente (4-20 mA) permite integrar a placa de controle do tribômetro, cujo comando opera através de sinal de tensão, ao aquecedor indutivo, cujo controle opera por sinal de corrente.

Em especial, o sensor infravermelho é instalado a aproximadamente 150 mm de distância da superfície do disco, proporcionando um ponto focal com diâmetro de 7,5 mm sobre a pista de atrito do disco.

5 Em especial, os termopares são do tipo K, em quantidade de 2, instalados ao centro da espessura do disco e posicionados a 180° um em relação ao outro, num raio de 40 mm do centro.

Em especial, a bobina indutora é instalada a uma distância de 1 mm da superfície frontal do disco do tribômetro.

10 O Conjunto de Guias Lineares

Em especial, o conjunto de guias lineares consiste da guia normal, sobre a qual o carro atuador pode se deslocar no sentido normal à superfície do disco, da guia radial, que permite o deslocamento do carro atuador no sentido do raio do disco, e chapas de proteção esquerda, direita e frontal. O mecanismo de movimentação por guias lineares assegura o deslocamento preciso, ou seja, sem folgas, desalinhamentos ou solavancos do carro do atuador nos sentidos normal e radial à superfície do disco. Essa condição contribui para garantir o contato paralelo da amostra sobre a superfície do disco e, conseqüentemente, uma distribuição mais homogênea da pressão de contato. Admitindo que a pressão de contato é uniforme, pode-se utilizar de recursos matemáticos teóricos para descrever o processo de desgaste de um material de atrito durante ensaios de frenagem.

O Mecanismo de Manivela e Fuso

25 O mecanismo de manivela e fuso é utilizado para se obter o movimento do carro atuador sobre a guia linear radial, promovendo assim o ajuste do raio de deslizamento. Em especial, esse mecanismo é composto de um parafuso sem fim (fuso), uma manopla giratória (manivela), uma barra fixa e um mecanismo de trava do sistema. O acionamento do mecanismo é feito de forma manual pelo operador do tribômetro, por meio do giro da manopla, a qual promove a rotação do parafuso sem-fim. Como esse último dispositivo está

preso ao carro atuador, ocorre o deslocamento do mesmo sobre a guia radial. Em especial, o bloqueio do movimento do mecanismo é feito por um dispositivo pressionador (trava), que prende o carro atuador a uma barra fixa através de dois parafusos.

5

Dispositivo para Troca Rápida do Corpo de Prova

O dispositivo para troca rápida do corpo de prova permite que a amostra seja substituída em um tempo relativamente curto, a partir do ajuste de um único parafuso. Em especial, o referido dispositivo é composto por suporte da amostra, parafuso de fixação bem como de uma configuração especial da chapa de base (plaqueta) do corpo de prova.

Em especial, a instalação da amostra no dispositivo é realizada por meio do ajuste do parafuso de fixação, o qual pressiona a plaqueta sobre o suporte. Em especial, um furo escareado é feito sobre a superfície traseira da plaqueta, o qual auxilia no encaixe e fixação da amostra sobre seu suporte.

Em especial, a geometria especial do conjunto plaqueta e amostra (Figura 4) permite que 2 corpos de prova sejam extraídos de uma mesma pastilha de freio. Isso possibilita, através de ensaios no tribômetro, confirmar algum resultado ou efeito específico de um dado material de fricção.

20

Indicador Digital do Raio de Deslizamento Ajustado

Em especial, um mostrador digital é instalado sobre o módulo atuador, possibilitando a visualização do raio de deslizamento durante o procedimento de regulagem deste parâmetro. Em especial, tal dispositivo trata-se de um paquímetro digital, cujos bicos fixos ou hastes de medição acompanham o movimento no sentido radial do carro atuador. Isso permite maior rapidez e precisão na regulagem do raio de deslizamento, que é um parâmetro importante do processo de frenagem.

30

Aletas Dissipadoras de Calor

Em especial, as aletas dissipadoras do calor são feitas de alumínio e estão instaladas sobre o eixo de rotação do tribômetro. Em especial, o referido componente ajuda a reduzir a propagação do calor gerado pela frenagem através do eixo da máquina. Com isso, a vida útil dos mancais bem como dos demais instrumentos de medição não fica comprometida pelo efeito da temperatura.

Sistema de Mancais

Em especial, o sistema de mancais é composto por 5 rolamentos do tipo angular, os quais são instalados sobre o eixo de rotação da máquina. Em especial, essa configuração de mancais possibilita operar, com folga, sob condições de carga e rotação superiores às empregadas pelo tribômetro, que são de 4700N e 3000rpm, respectivamente. Isso garante elevada vida útil do sistema, além de precisão de giro devido à ausência de folgas, às quais podem causar vibrações no eixo durante o processo de ensaio.

Base Plana de Sustentação

A base de sustentação do tribômetro é responsável por conferir sustentação aos dispositivos e sistemas. Em especial, é constituída por uma mesa plana retificada, estrutura de sustentação e pés de apoio. Em especial, esse último componente possui capacidade de absorver choque, evitando assim que o efeito vibratório da estrutura afete as medições.

Dispositivo de Fixação do Sensor Infravermelho

O dispositivo de fixação do cabeçote do sensor infravermelho (pirômetro) possui desenho específico, o qual permite ajustar o ponto de medição da temperatura no sentido radial à superfície do disco. Em especial, o referido dispositivo possui escala que indica o ponto (raio) de medição para o qual o feixe infravermelho do sensor aponta sobre o disco.

Circuitos e Lógica de Controle Computacional Específica

Em especial, o tribômetro possui elevado grau de automação, o qual consiste de circuitos para o controle da carga, torque e velocidade conectados em malha fechada; programa de controle computacional específico e interface gráfica que possibilita controlar e monitorar os dados dos ensaios em tempo real.

Em especial, o circuito de controle da carga do atuador e do torque de frenagem compreende válvula proporcional de pressão, célula de carga, transdutor de torque e condicionadores de sinais. Em especial, a válvula proporcional de pressão é ligada ao cilindro e é responsável por controlar a pressão do cilindro na faixa de 0 a 6 bar. Em especial, a célula de carga é o dispositivo que mede a carga normal e está instalado entre o cilindro e o corpo de prova. Em especial, o transdutor de torque é o dispositivo que mede o torque de frenagem e está instalado sobre o eixo da máquina. Ambos os instrumentos são ligados a condicionadores de sinais específicos, que transformam o sinal elétrico de cada sensor para o sinal analógico de 0-10Vdc. Em especial, blocos de controle do tipo Proporcional, Integral e Derivativo (PID) são empregados para o controle do torque e da carga.

Em especial, a operação de controle de carga e do torque de arrasto da amostra sobre o disco durante o período de resfriamento entre duas aplicações sucessivas dos freios trata de um recurso disponível devido à existência de uma lógica computacional específica.

Em especial, o circuito de controle da rotação compreende inversor de frequência que possui entradas e saídas analógicas 0-10Vdc, sistema de aquisição de dados com entradas e saídas analógicas 0-10Vdc, servomotor com potência de 15 HP integrado a um encoder de 1024 pulsos/revolução, conversor de sinal serial RS 485 para o padrão USB e lógica computacional específica.

Em especial, as múltiplas funcionalidades da máquina podem ser configuradas por meio de uma interface gráfica, a qual também possibilita a visualização de gráficos do processo e monitoração de variáveis.

Processo de Produção do Tribômetro Multifuncional

O processo de produção do tribômetro multifuncional compreende as seguintes etapas:

a) compra dos componentes necessários; e

5

b) montagem e programação do equipamento compreendendo:

i) sistema de aquecimento do disco;

ii) módulo de atuação, caracterizado por possuir guias lineares, mecanismo de fuso/manivela, dispositivo de troca rápida do corpo de prova e indicador digital do raio de deslizamento;

10

iii) módulo de rotação, caracterizado por possuir sistema de mancais e de aletas dissipadoras, descritos neste documento;

iv) base plana de sustentação;

15

v) dispositivo de fixação do sensor infravermelho;

vi) circuitos em malha fechada para o controle da carga, torque e velocidade, os quais estão integrados a uma lógica de programação computacional específica.

Reivindicações

TRIBÔMETRO MULTIFUNCIONAL COM CONTROLE DE TEMPERATURA DO DISCO A PARTIR DE MÓDULO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

5

1. Tribômetro multifuncional caracterizado por compreender:

a) sistema de aquecimento do disco

b) módulo de atuação

c) módulo de rotação

10

d) base plana de sustentação

e) dispositivo de fixação do sensor infravermelho

f) circuitos em malha fechada para o controle da carga, torque e velocidade, os quais estão integrados a uma lógica de programação computacional específica

15

2. Tribômetro multifuncional, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por possuir sistema de aquecimento do disco por meio de processo de indução eletromagnética.

20

3. Tribômetro multifuncional, de acordo com as reivindicações 1-2, caracterizado por possuir módulo de atuação composto de guias lineares sobre as quais o carro de atuação pode ser movimentado; mecanismo de fuso e manivela para movimentação do carro atuador no sentido radial; dispositivo para troca rápida do corpo de prova e indicador digital do raio de deslizamento.

25

4. Tribômetro multifuncional, de acordo com as reivindicações 1-3, caracterizado por possuir módulo de rotação constituído por sistema de 5 mancais angulares e de aletas dissipadoras de calor montadas sobre o eixo.

30

5. Tribômetro multifuncional, de acordo com as reivindicações 1-4, caracterizado por possuir base plana de sustentação, a qual é composta por uma estrutura de sustentação, uma mesa plana retificada e pés de apoio com capacidade de absorver vibração.

6. Tribômetro multifuncional, de acordo com as reivindicações 1-5, caracterizado por possuir dispositivo de fixação do sensor infravermelho, o qual

permite ajustar o ponto de medição da temperatura no sentido radial à superfície do disco.

7. Tribômetro multifuncional, de acordo com as reivindicações 1-6, caracterizado por possuir circuitos em malha fechada para o controle da carga, torque e velocidade. Esses circuitos estão integrados a uma lógica computacional específica, o que confere elevado nível de automação e possibilita múltiplas funcionalidades operacionais para a máquina.

8. Processo de produção do tribômetro multifuncional caracterizado por compreender as etapas de:

a) compra dos componentes necessários; e

b) montagem e programação do equipamento compreendendo:

i) sistema de aquecimento do disco;

ii) módulo de atuação, com especial atenção aos conjuntos descritos neste documento: guias lineares, mecanismo de fuso/manivela, dispositivo para troca rápida do corpo de prova e indicador digital do raio de deslizamento;

iii) módulo de rotação, com atenção especial no sistema de mancais e de aletas dissipadoras, descritos neste documento;

iv) base plana de sustentação;

v) dispositivo de fixação do sensor infravermelho;

vi) circuitos em malha fechada para o controle da carga, torque e velocidade, os quais estão integrados a uma lógica de programação computacional específica.

ANEXOS

FIGURAS

Figura 1.

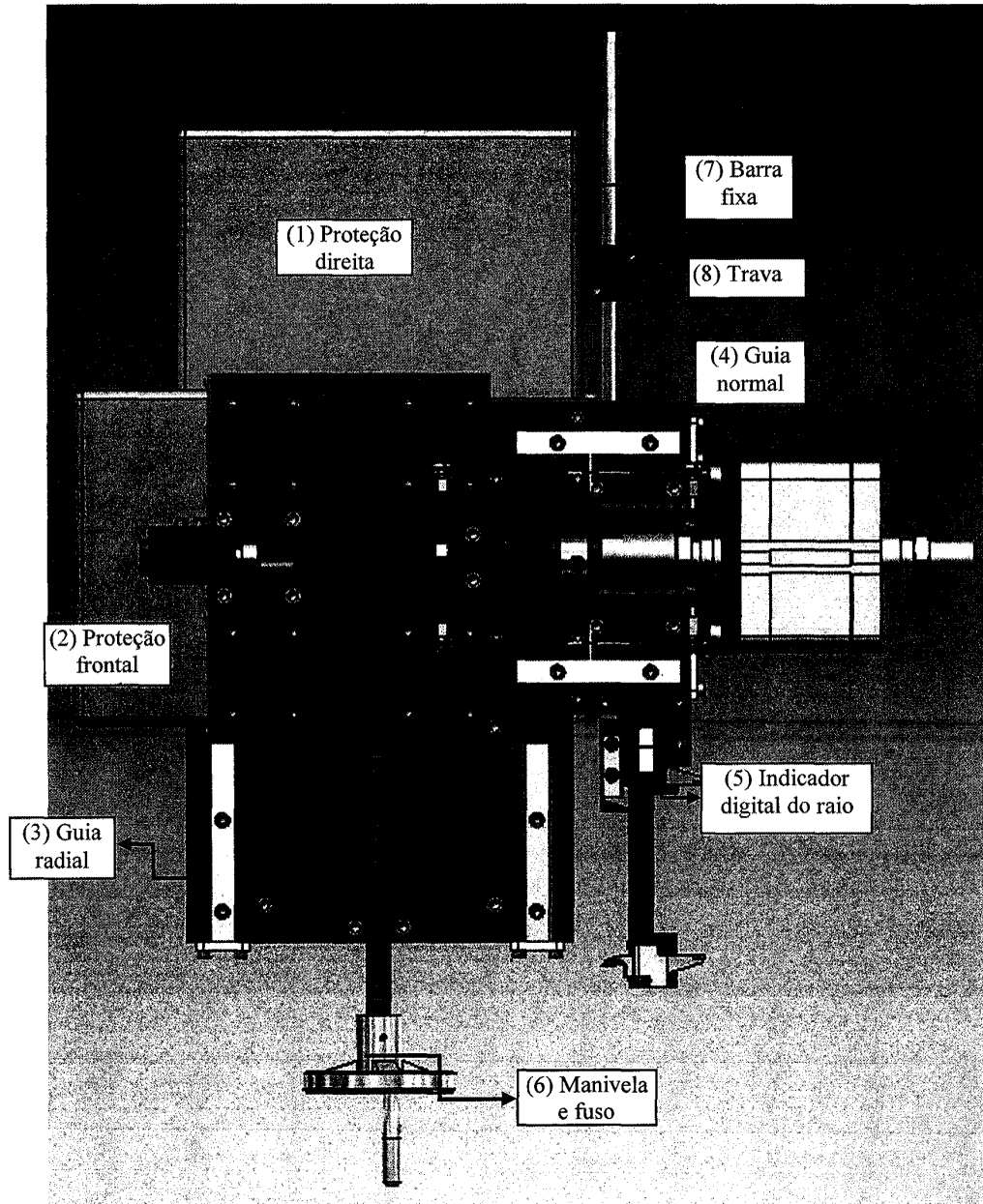


Figura 2

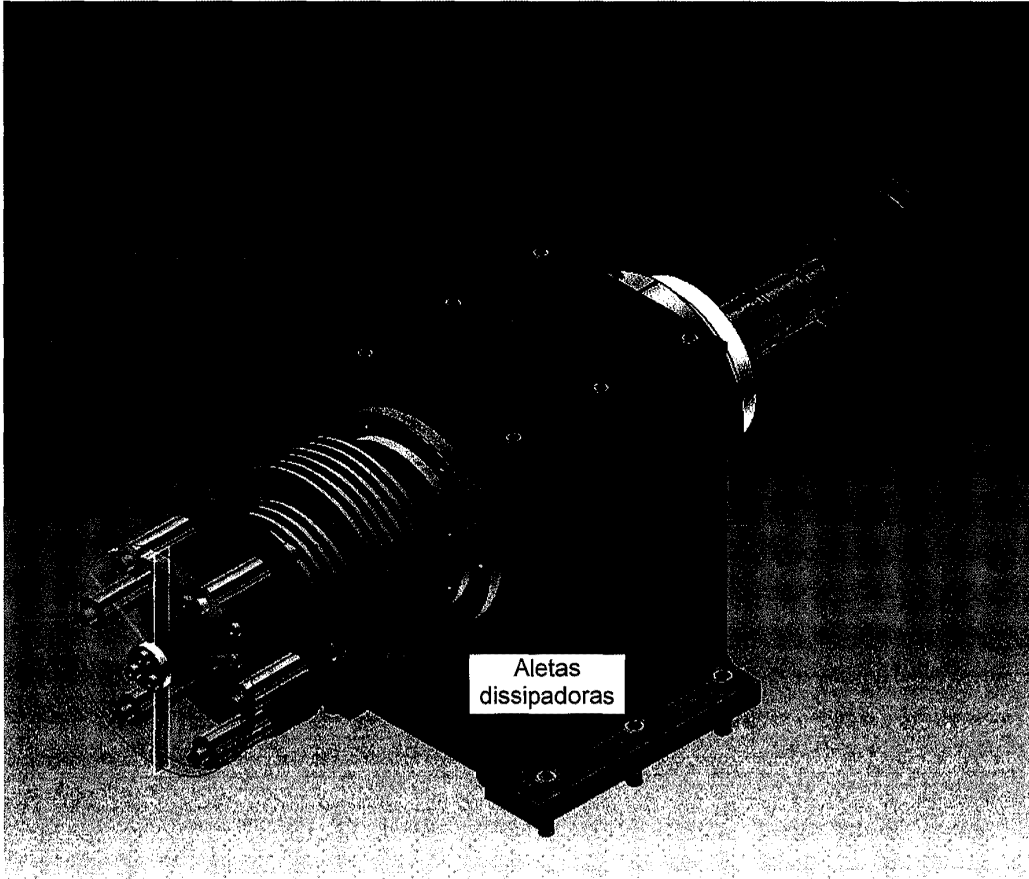
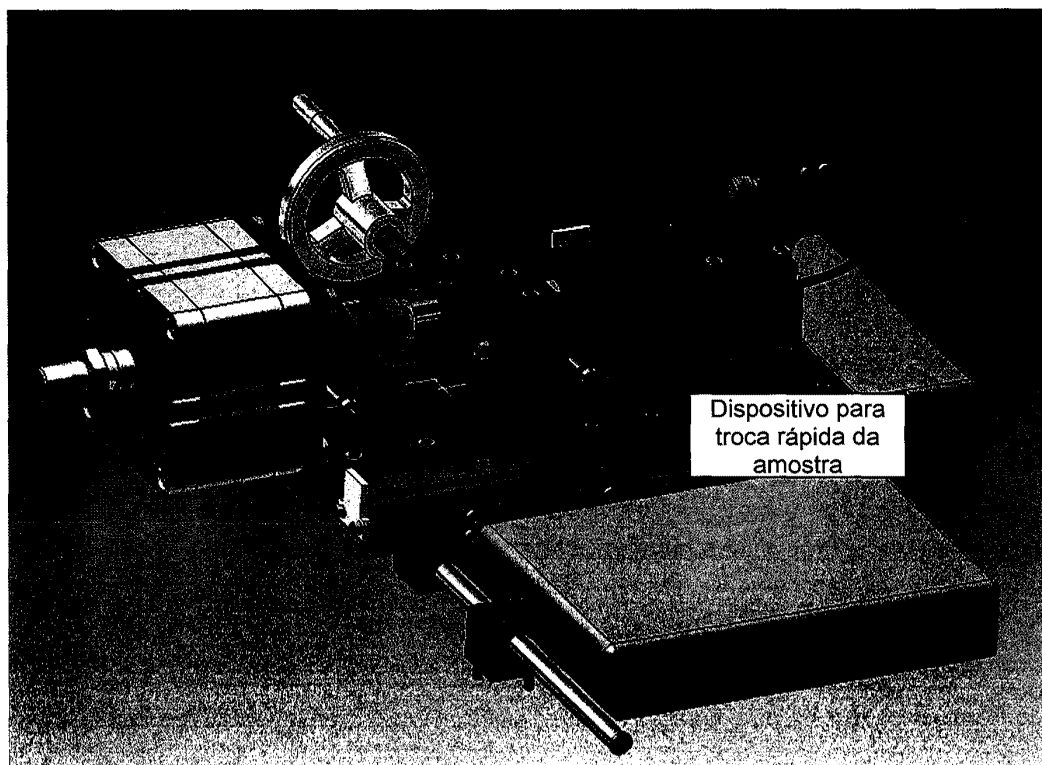


Figura 3



Dispositivo para
troca rápida da
amostra

Figura 4

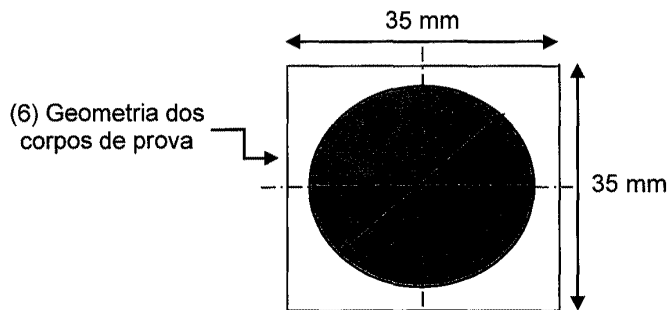
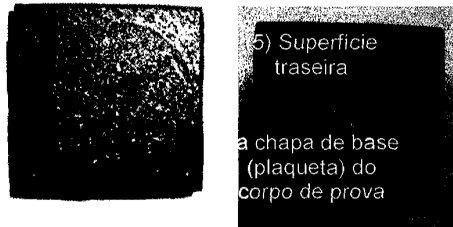
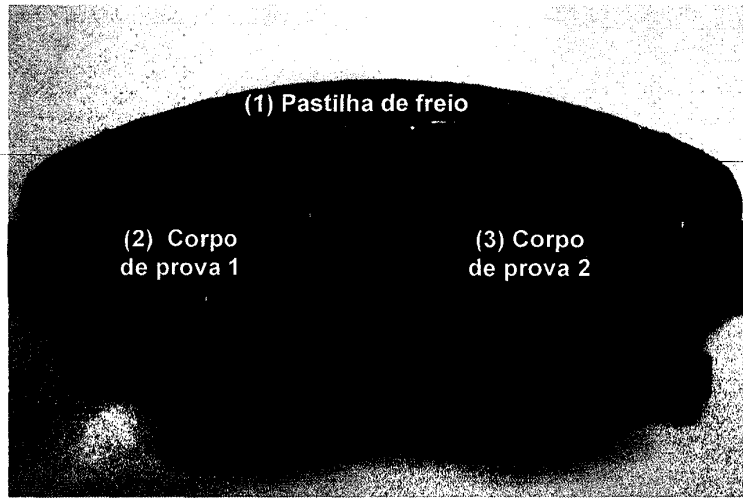


Figura 5

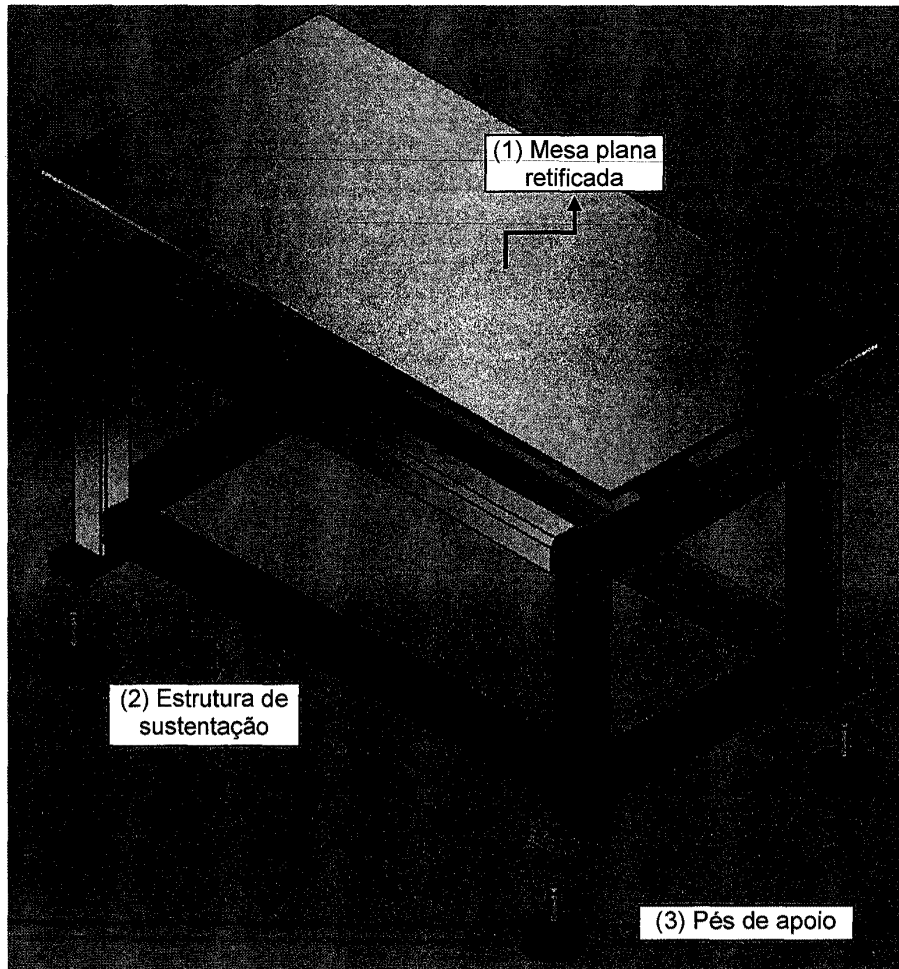
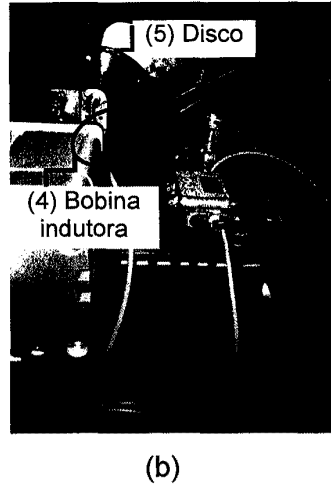
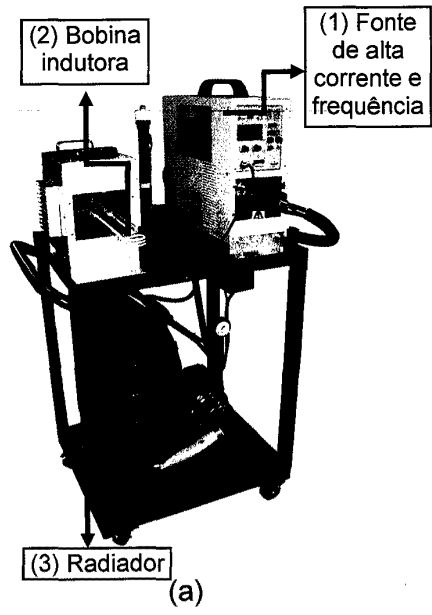


Figura 6



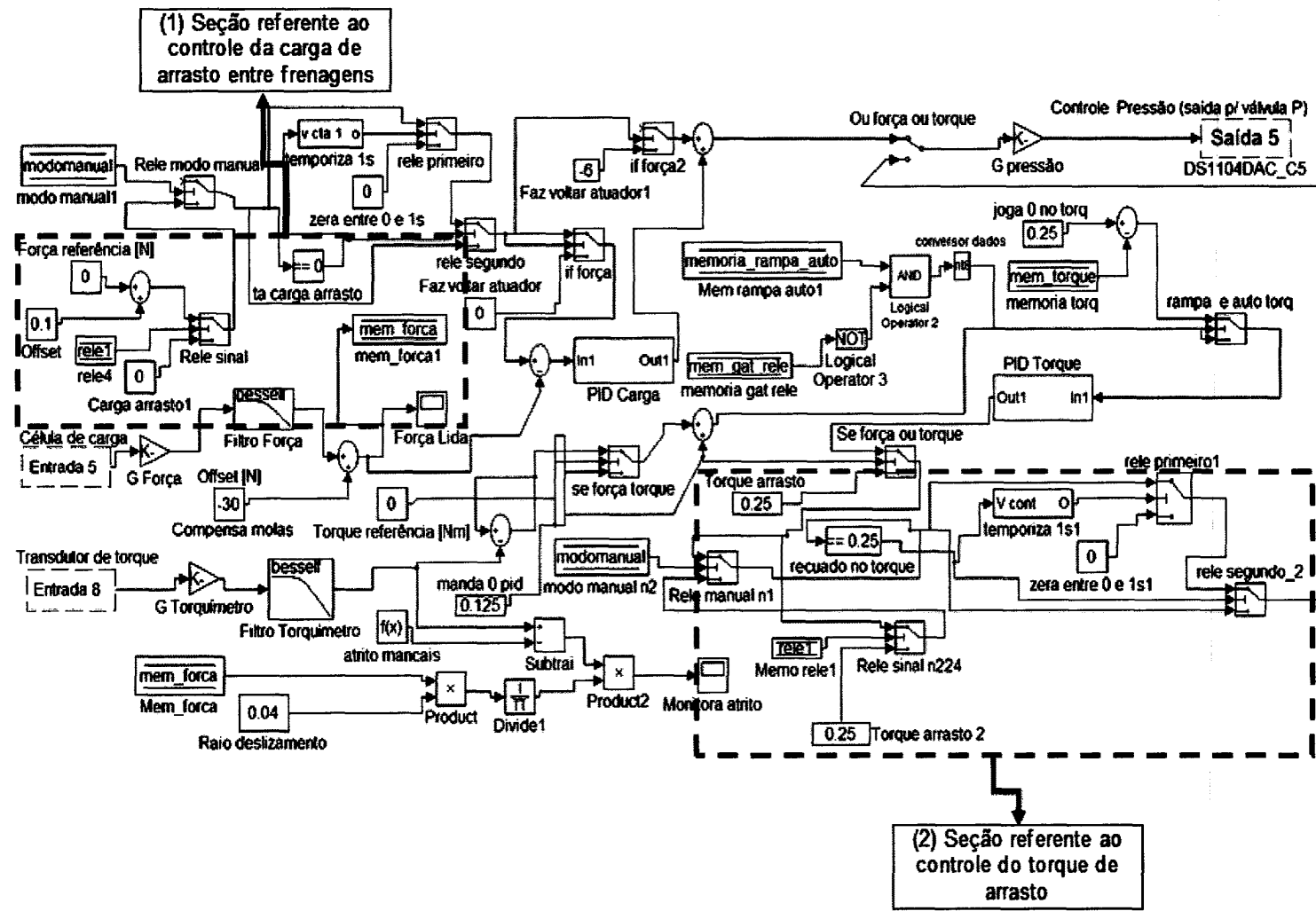
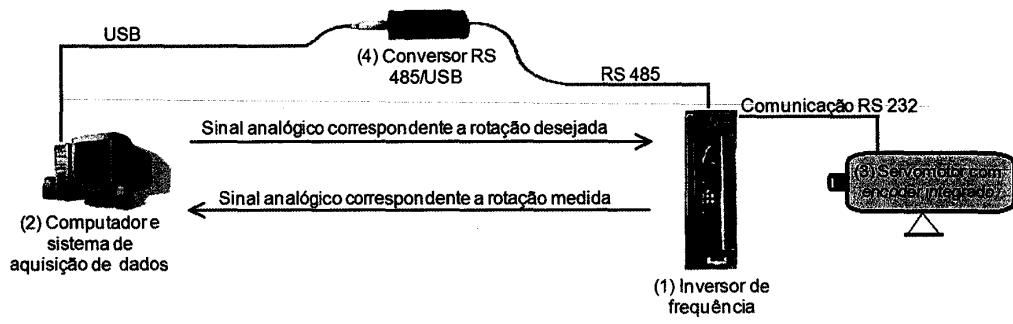


Figura 7

Figura 8



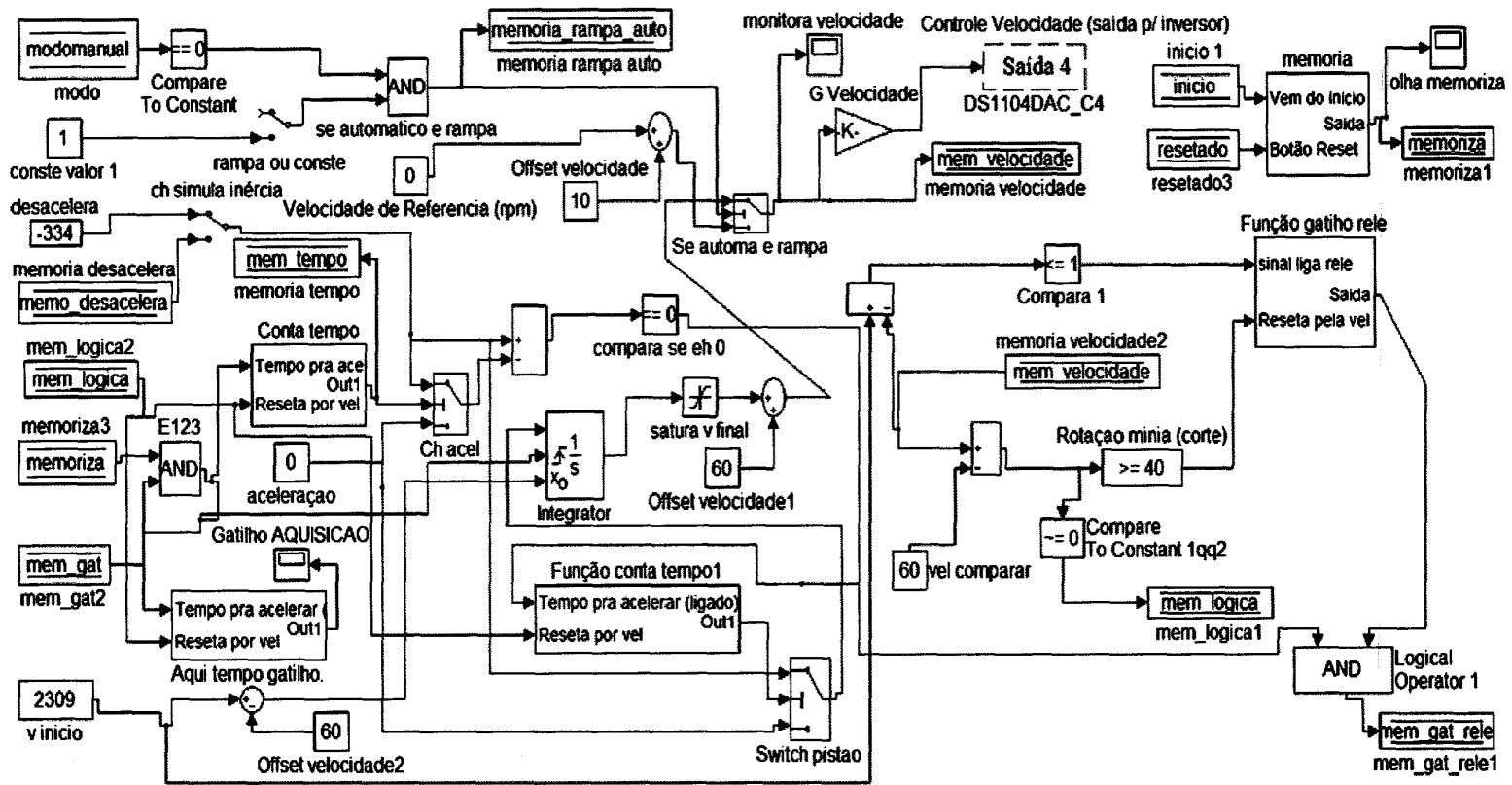


Figura 9

Figura 10

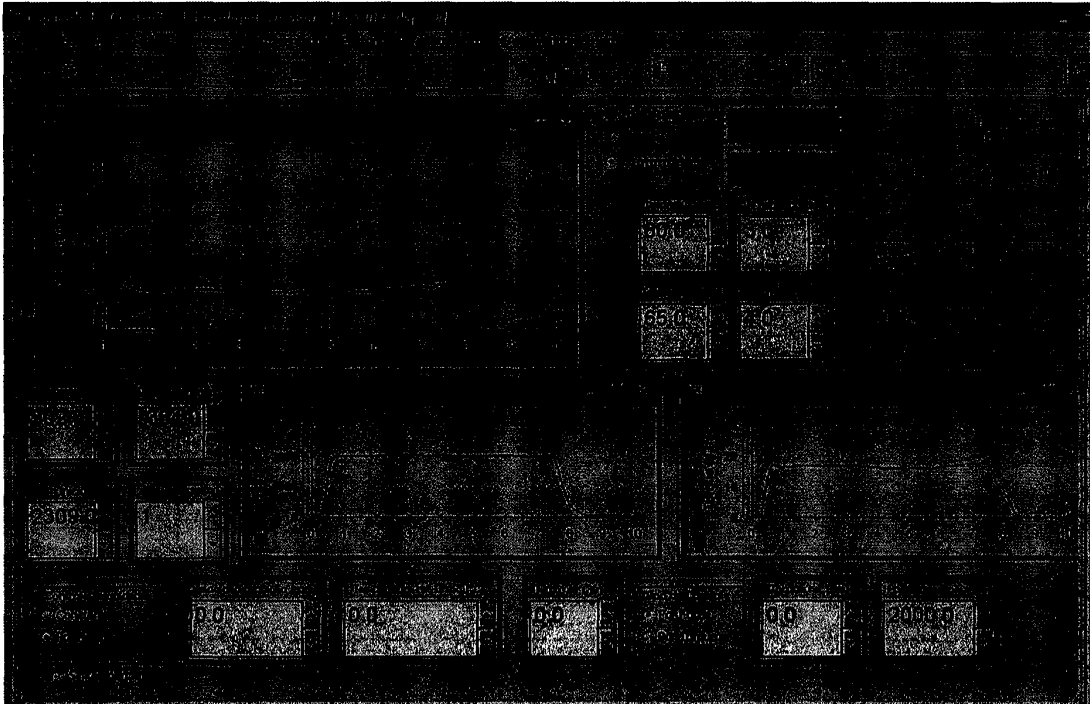


Figura 11

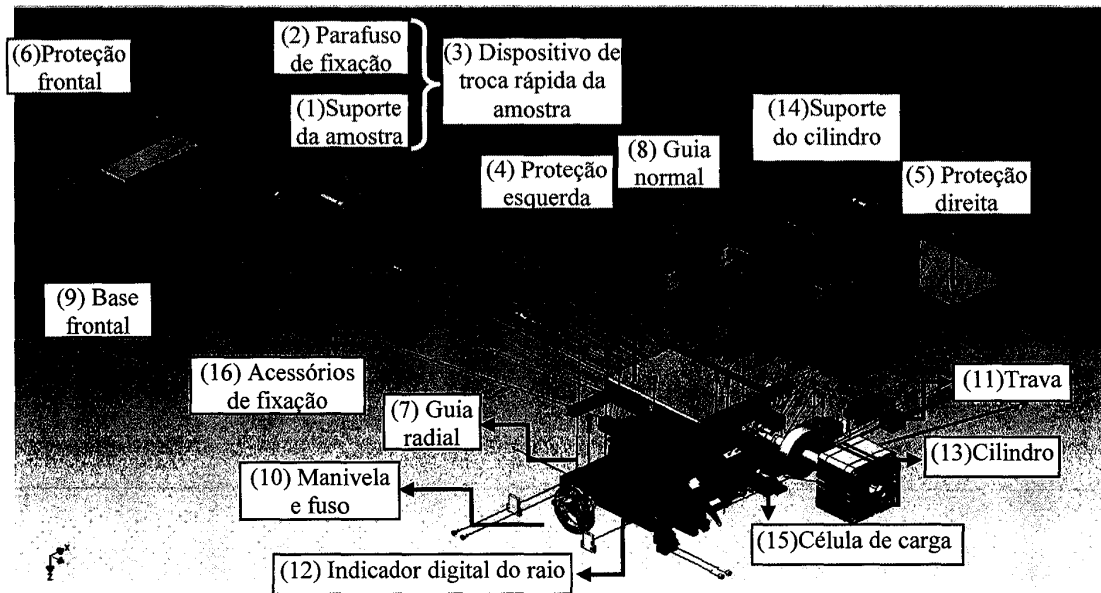


Figura 12

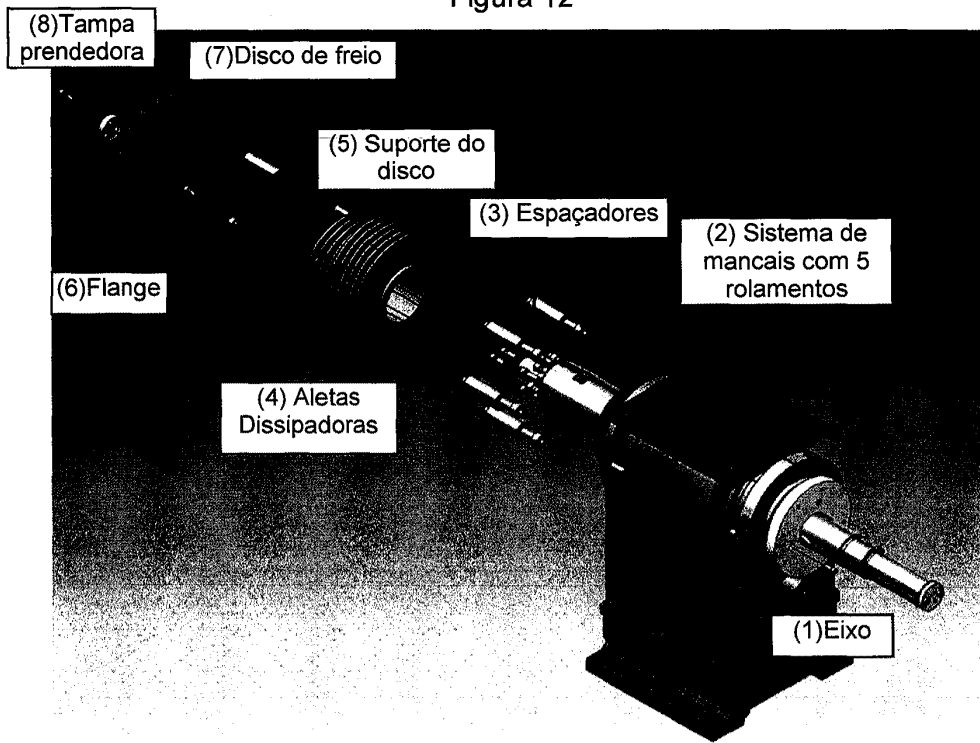


Figura 13

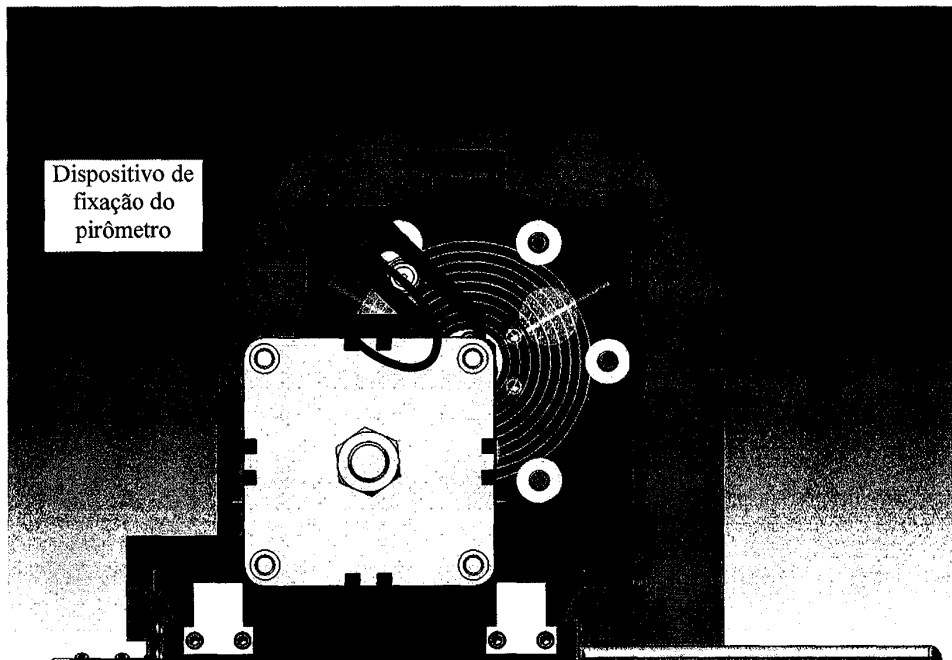


Figura 14

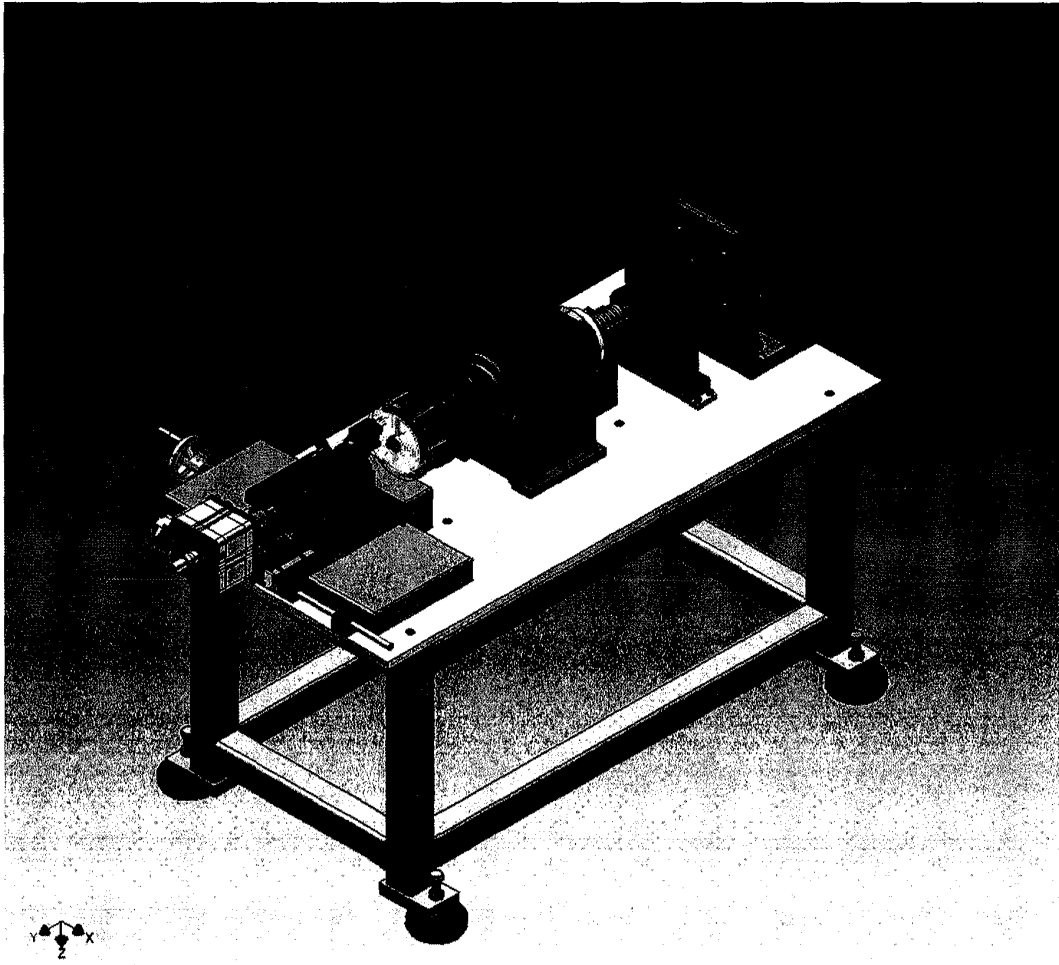


Figura 15

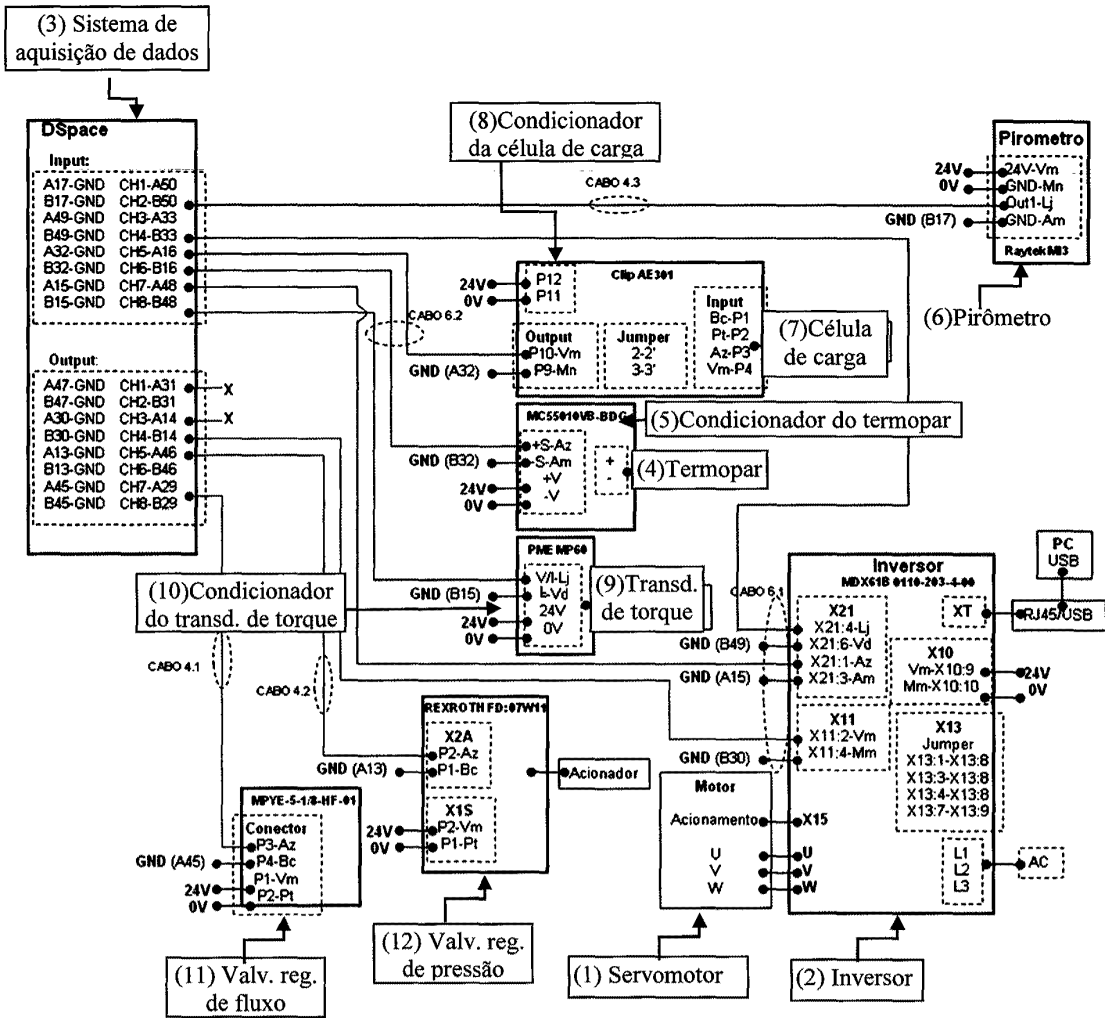


Figura 16

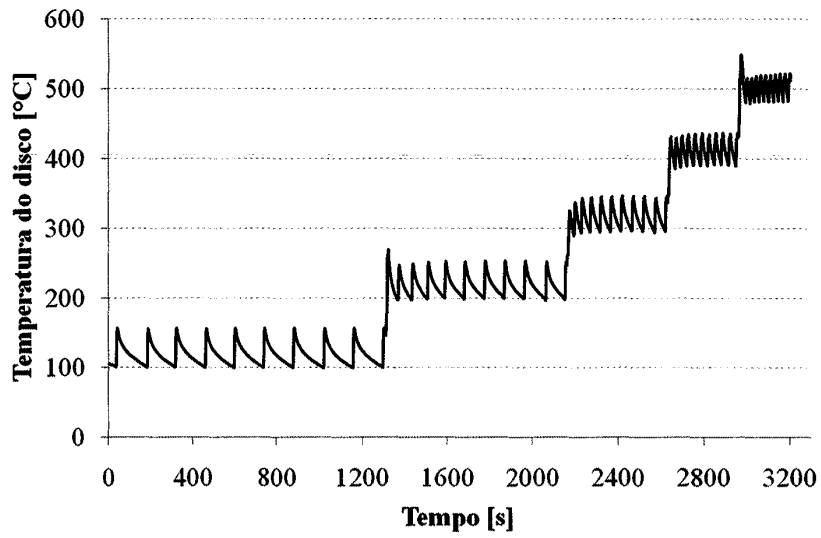


Figura 17

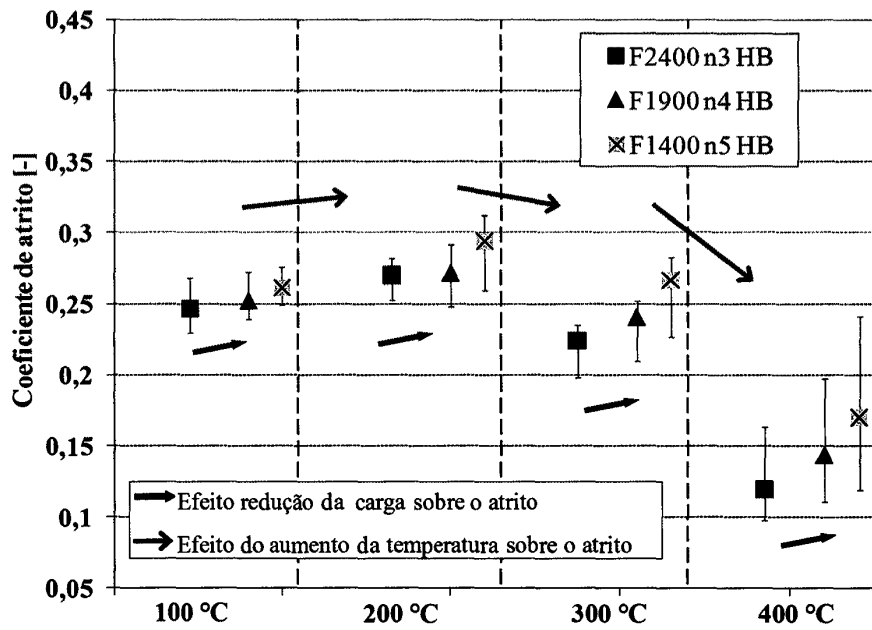
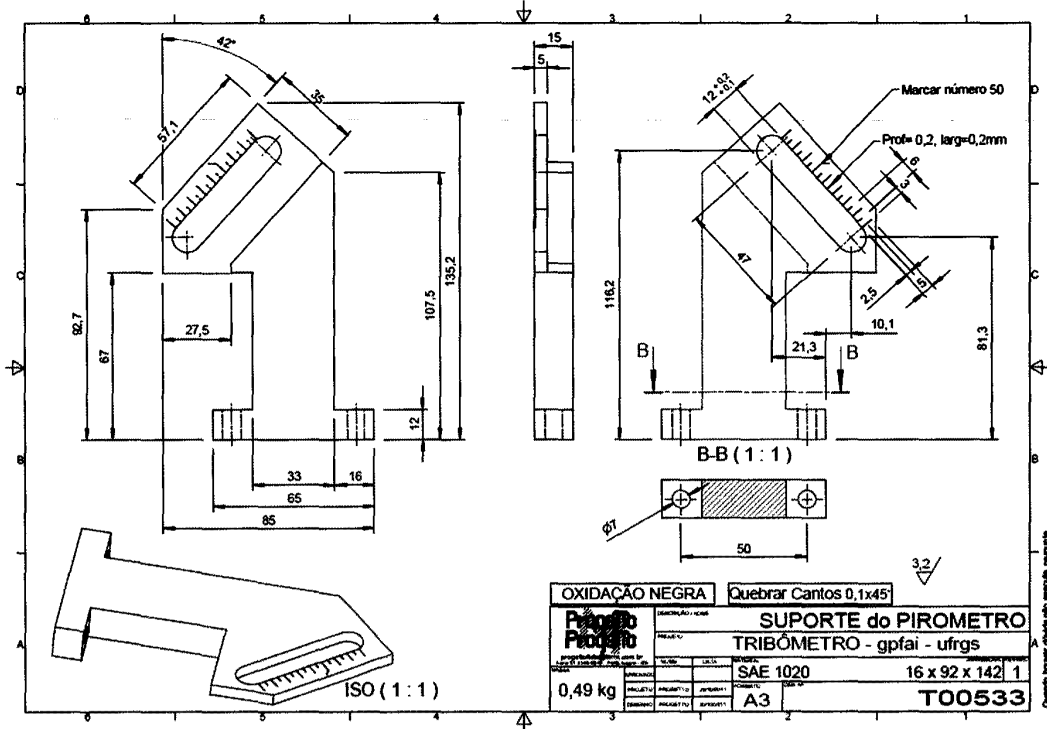
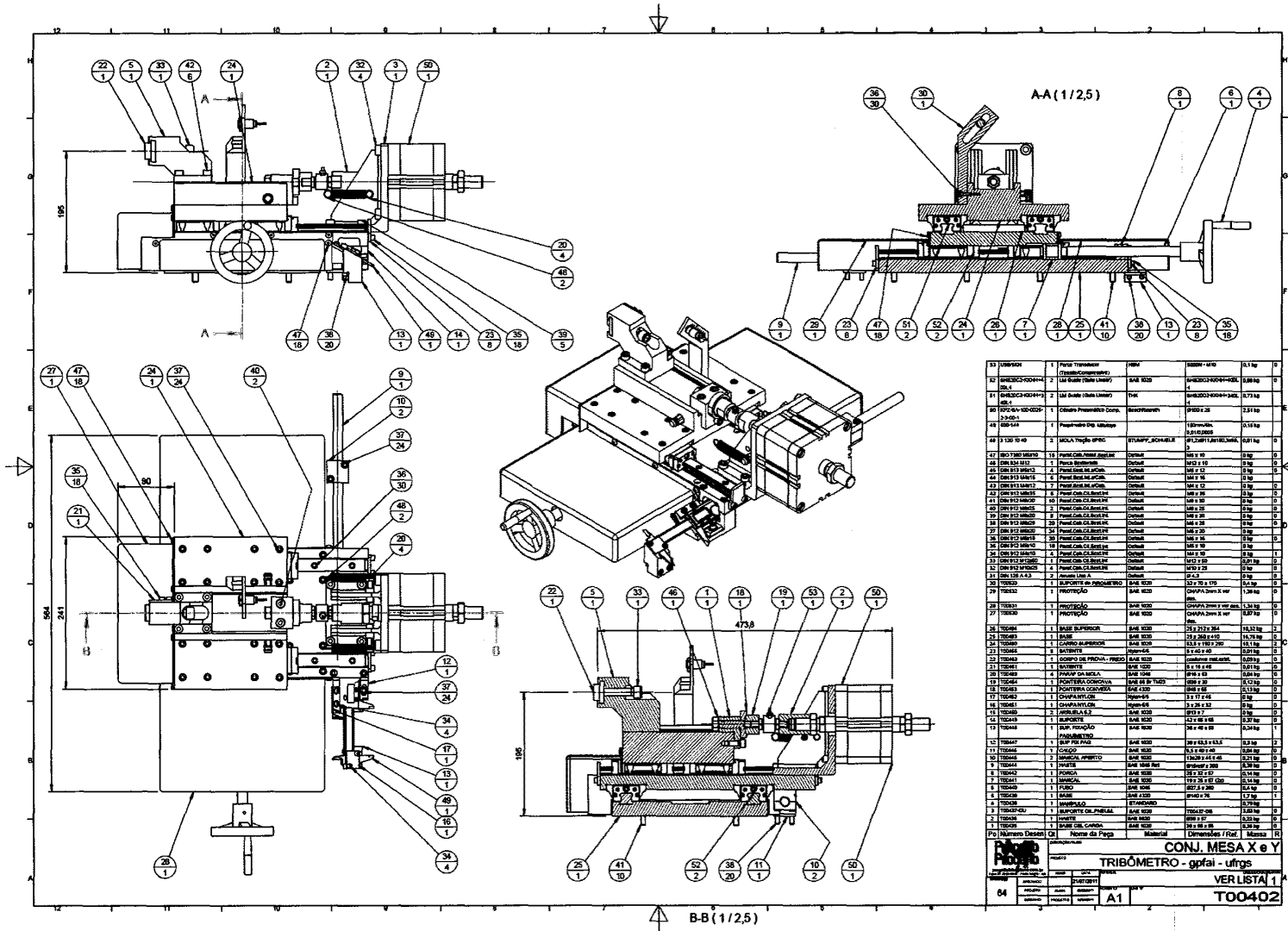


Figura 18





QTD	DESCRIÇÃO	UNID	ESPECIFICAÇÃO	QTD	UNID	ESPECIFICAÇÃO
1	PROTEÇÃO	SAE 303	CHAPA 2mm x 100	1	SAE 303	CHAPA 2mm x 100
2	PROTEÇÃO	SAE 303	CHAPA 2mm x 100	1	SAE 303	CHAPA 2mm x 100
3	BASE SUPLENOR	SAE 303	25 x 20 x 24	1	SAE 303	25 x 20 x 24
4	BASE	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
5	CARRO ALTERNOR	SAE 303	55 x 100 x 100	1	SAE 303	55 x 100 x 100
6	PROTEÇÃO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
7	CORPO DE PROVA - PRESS	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
8	MOBILIDADE	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
9	ENFERMEIRA	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
10	CONTROLO COORDENADO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
11	CONTROLO COORDENADO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
12	CHAMFURADO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
13	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
14	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
15	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
16	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
17	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
18	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
19	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
20	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
21	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
22	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
23	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
24	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
25	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
26	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
27	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
28	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
29	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
30	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
31	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
32	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
33	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
34	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
35	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
36	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
37	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
38	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
39	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
40	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
41	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
42	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
43	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
44	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
45	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
46	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
47	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
48	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
49	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100
50	ALINHAMENTO	SAE 303	100 x 100 x 100	1	SAE 303	100 x 100 x 100

Figura 19

CONJ. MESA X e Y
TRIBOMETRO - gp/fai - ufmg
VER LISTA 1
TOO402

64
 A1

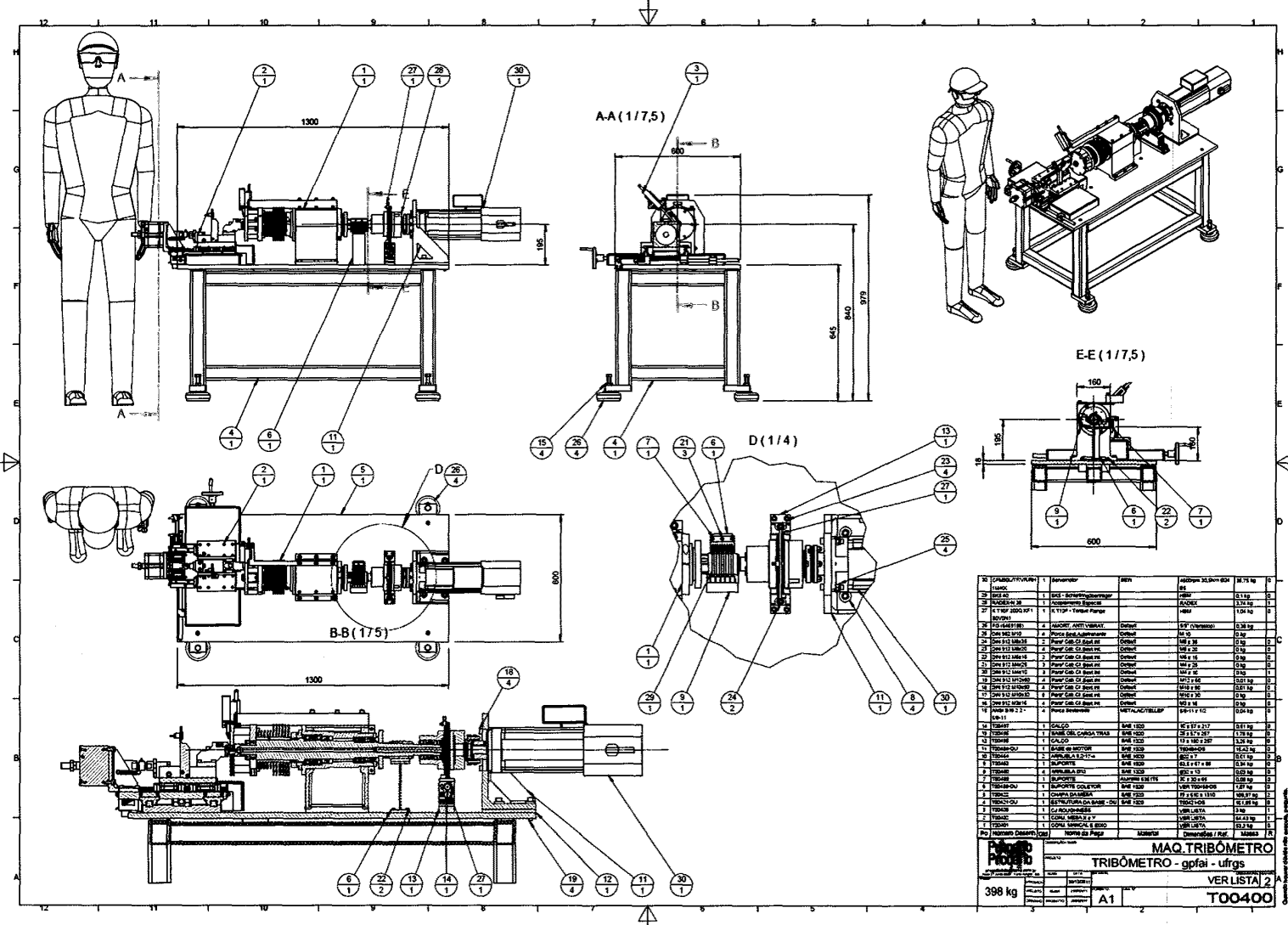


Figura 20

17/17

QTD.	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	UNID.	VALOR	VALOR UNITÁRIO	TOTAL	UNID.	VALOR
1	30	CAROLU/FV/VAR	1	300000	300000	300000	1	300000
1	23	Motor	1	1500	1500	1500	1	1500
1	22	SIST. DE	1	1000	1000	1000	1	1000
1	21	1.1.1.1.1.1.1	1	1000	1000	1000	1	1000
2	20	2.1.1.1.1.1.1	2	1000	2000	2000	2	2000
4	19	4.1.1.1.1.1.1	4	1000	4000	4000	4	4000
1	18	1.1.1.1.1.1.1	1	1000	1000	1000	1	1000
2	17	2.1.1.1.1.1.1	2	1000	2000	2000	2	2000
4	16	4.1.1.1.1.1.1	4	1000	4000	4000	4	4000
1	15	1.1.1.1.1.1.1	1	1000	1000	1000	1	1000
2	14	2.1.1.1.1.1.1	2	1000	2000	2000	2	2000
4	13	4.1.1.1.1.1.1	4	1000	4000	4000	4	4000
1	12	1.1.1.1.1.1.1	1	1000	1000	1000	1	1000
2	11	2.1.1.1.1.1.1	2	1000	2000	2000	2	2000
4	10	4.1.1.1.1.1.1	4	1000	4000	4000	4	4000
1	9	1.1.1.1.1.1.1	1	1000	1000	1000	1	1000
2	8	2.1.1.1.1.1.1	2	1000	2000	2000	2	2000
4	7	4.1.1.1.1.1.1	4	1000	4000	4000	4	4000
1	6	1.1.1.1.1.1.1	1	1000	1000	1000	1	1000
2	5	2.1.1.1.1.1.1	2	1000	2000	2000	2	2000
4	4	4.1.1.1.1.1.1	4	1000	4000	4000	4	4000
1	3	1.1.1.1.1.1.1	1	1000	1000	1000	1	1000
2	2	2.1.1.1.1.1.1	2	1000	2000	2000	2	2000
4	1	4.1.1.1.1.1.1	4	1000	4000	4000	4	4000

MAQ. TRIBÔMETRO
 TRIBÔMETRO - gpfai - ufrrgs
 VER LISTA 2
 TOO400
 398 kg
 A1

Resumo

TRIBÔMETRO MULTIFUNCIONAL COM CONTROLE DE TEMPERATURA DO DISCO A PARTIR DE MÓDULO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

5

O presente modelo de utilidade descreve um tribômetro (equipamento para medir atrito entre duas superfícies) multifuncional para caracterizar materiais de fricção (pastilha e disco) utilizados em freios veiculares, o qual possui capacidade de aquecimento do disco através de sistema de indução eletromagnética. Esse equipamento possui módulo de atuação caracterizado por possuir indicador eletrônico do raio de deslizamento, mecanismo de fuso e manivela para movimentação do carro atuador sobre guias lineares. O módulo de rotação diferencia-se por possuir sistema de mancais composto por 5 rolamentos angulares bem como aletas dissipadoras montadas sobre o eixo da máquina. Em termos de funcionalidades, o modelo de utilidade aqui descrito é provido de tecnologia que possibilita o controle da carga ou do torque de arrasto da amostra sobre o disco no período de resfriamento entre duas frenagens consecutivas bem como modo de operação sob nível controlado de desaceleração ou sob velocidade constante do disco. Essas e outras características tornam a presente invenção uma ferramenta com características inovadoras.

20