



PROJETO E DESENVOLVIMENTO ESTRUTURAL PARA AUTOMAÇÃO DO ABRASÔMETRO RODA DE BORRACHA E AREIA SECA

Eliman Andre Bada¹

Anderson Daleffe²

Gilson De March³

Magali da Rosa⁴

Resumo: Este artigo contempla o projeto, desenvolvimento e alteração de um Abrasômetro Roda de Borracha e Areia Seca, utilizando software específico para projetos (Cad), usinagem, e mecânica. Aproveitando-se da vasta disponibilidade de peças destinadas para fabricação de máquinas. No decorrer deste artigo será mostrado o projeto conceitual e montagem do equipamento. Com a alteração do abrasômetro roda de borracha e areia seca pretende-se implantar um método de ensaio de desgaste abrasivo no formato automático, amenizando o tempo de preparação do equipamento, reduzindo as variações dos resultados obtidos após cada ensaio realizado, proporcionando fácil interação entre homem/máquina. Na área da educação, tem o objetivo de agregar conhecimento, treinamento e viabilidade aos acadêmicos, que possam operar o equipamento de forma correta e precisa, mediante os conhecimentos obtidos na teoria e executados na prática.

Palavras-chave: Abrasômetro roda de borracha; Software CAD; Montagem mecânica.

1 INTRODUÇÃO

Na indústria mundial, uma das maiores preocupações é o desgaste de equipamentos, porque é a mais frequente causa de falha do maquinário ou parte dele, ocasionando perdas por paradas inesperadas, manutenção e reposição. O desgaste apresenta-se sob diferentes tipos; sendo mais frequentes os desgastes: abrasivo, erosivo, por deslizamento e por fadiga de contato - DIN 50320.

¹ Graduando UNISATC. E-mail: – eliman.bada@hotmail.com

² Professor UNISATC. E-mail: anderson.daleffe@satc.edu.br

³ Professor UNISATC. E-mail: gilson.march@satc.edu.br

⁴ Professor UNISATC. E-mail: magali.rosa@satc.edu.br



O desgaste abrasivo é um dos principais tipos de desgaste, sendo um dos mais intensos e dos mais encontrados na prática, sendo responsável por 50 % das causas de falhas das máquinas ou componentes [1].

O desgaste abrasivo tem especial importância em vários setores industriais no Brasil e no mundo, com isso é muito importante o estudo do desgaste abrasivo em laboratório para um melhor entendimento e conhecimento de desgaste, e quando necessário o desenvolvimento de materiais ou equipamentos.

Um dos equipamentos mais antigos utilizados em laboratórios para ensaios de desgaste abrasivo é o abrasômetro roda de borracha e areia seca onde é designado a realizar ensaios. A operação do mesmo é realizada de forma manual. Nesta preparação é feita a fixação da amostra, a escolha e a colocação do peso conforme a norma ASTM G65-04, e o enchimento do recipiente com areia seca NBR 7214 para realização do ensaio.

Na bancada didática do laboratório LAMAD (Laboratório de Manutenção e Análise de Desgaste) da instituição de ensino Satc, onde encontra-se um abrasômetro roda de borracha e areia seca, realiza-se ensaios de forma manual. Diante dos resultados obtidos e dos constantes avanços tecnológicos, foi definida a construção de um projeto estrutural para alteração e automação do equipamento.

A construção deste projeto estrutural tem a finalidade de realizar o ensaio de forma automática e obter resultados exatos, exibir um novo sistema de ensaio de desgaste abrasivo em um único equipamento compacto com alta eficiência e agilidade nas movimentações de seus componentes, diminuindo o trabalho manual de preparação e execução. A alteração deste equipamento junto à instituição Satc visa agregar conhecimento e treinamento aos acadêmicos que irão operar de forma correta e precisa a máquina mediante aos conhecimentos obtidos.

O presente artigo tem como objetivo principal projetar e desenvolver a alteração no Abrasômetro Roda de Borracha e Areia Seca com capacidade de ampliar aos acadêmicos o método de ensaio de desgaste abrasivo, onde para sua execução foram necessários conhecimentos na área de projetos mecânico e montagem mecânica mediante a pesquisas realizadas nestas áreas.



2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O estudo e desenvolvimento deste artigo tem conhecimento teórico a partir de bibliografias, onde há temas abordados que demandam a necessidade de ter conhecimento e informações das áreas de desgaste abrasivos e projetos mecânicos para uma melhor viabilidade na alteração estrutural do Abrasometro Roda de Borracha e Areia Seca suprimindo as necessidades solicitadas.

2.1 DESGASTE ABRASIVO BAIXA TENSÃO

O desgaste abrasivo é o fenômeno que ocorre quando partículas duras deslizam ou são forçadas contra uma superfície metálica em relação à qual estão em movimento, provocado por deslocamento ou amassamento, a remoção do material [2].

Nos metais, esse processo pode ocorrer pelo contato com outros metais, sólidos não metálicos, líquidos em movimento, ou ainda partículas sólidas ou partículas de líquido transportadas em um fluxo gasoso [3].

Em relação ao tipo de abrasão há vários descritos na literatura, entre eles, abrasão por goivagem, abrasão a alta tensão (moagem) e abrasão a baixa tensão (riscamento) tendo este por objetivo de estudo [4].

O desgaste por abrasão à baixa tensão é o tipo de desgaste que mais ocorre nos equipamentos e peças industriais. Devido a este tipo de desgaste ser responsável em média por 50% dos problemas de desgastes ocorridos na indústria, se tornou objeto de estudo em muitos laboratórios [4].

Abrasão a baixa tensão: resulta do deslizamento de partículas livres sobre a superfície do componente. As tensões envolvidas são geralmente baixas, não excedendo a resistência de trituração do abrasivo. O material é removido da superfície a baixos ângulos de ataque por microssinagem. Desta forma, os abrasivos com arestas vivas produzem desgastes mais severos, e a dureza da superfície minimiza a penetração, e reduz a velocidade do desgaste. Tipicamente, a abrasão a baixa tensão ocorre na superfície dos componentes de equipamentos que, direta ou indiretamente, manuseiam terras, areias, minérios ou carvão, tais como, máquinas agrícolas, equipamento de escavação, transporte, manuseio de minérios, além dos



equipamentos das Usinas Sucroalcooleiras como, facas e martelos desfibradores, exaustores, roletes, bagaceiras entre outros [5].

A gravidade do desgaste abrasivo em qualquer sistema vai depender do tamanho das partículas abrasivas, forma e dureza, a magnitude da tensão aplicada pela partícula, e a frequência de contato da partícula abrasiva [6].

2.2 ABRASÔMETRO RODA DE BORRACHA E AREIA SECA

Frequentemente, mecanismos de ensaio de desgaste são projetados para simular uma aplicação específica. Sendo a configuração mais comum usada para abrasão a três corpos (corpo de prova, roda giratória e partículas abrasivas). Tem seus princípios baseados nas normas ASTM G65 (ensaio de abrasão por roda de borracha e areia seca), pela norma, ASTM G105 (ensaio de abrasão por roda de borracha e areia molhada) e pela norma ASTM B611 (ensaio de abrasão por roda de aço e areia molhada, especificamente para carbonetos cementados). Todos os tipos de ensaios abrasivos foram derivados da máquina de ensaio abrasivo de *Brinell*, que usou um disco giratório de ferro fundido e um fluxo de areia seca para desgastar os corpos de prova. A taxa de abrasão do aparato de Brinell, mudou com o tempo, devido ao tamanho crescente da área de contato entre a roda e o corpo de prova. Para melhorar esse problema Haworth, substituiu a roda de ferro por uma a roda de borracha. É do trabalho de Brinell e Haworth que todos os ensaios de abrasão fixados pela ASTM (American Society for Testing and Materials) são derivados [7].

Conforme ilustrado na Fig. 1, têm-se o abrasômetro tipo roda de borracha e areia seca que de um modo geral pode ser descrito como um equipamento destinado a realizar ensaios de desgastes abrasivos. A operação do mesmo é feita de forma manual, e nesta preparação, é feita a fixação da amostra de um material específico, a escolha e a colocação do peso conforme a norma ASTM G65 - 04, e o enchimento do recipiente com areia seca para realização do ensaio, isto é, o desgaste da amostra por um abrasivo que passa entre a interface da amostra e a roda de borracha. Tanto o equipamento como os testes são padronizados pela norma ASTM G-65.

Figura 1: Abrasômetro Roda de Borracha e Areia Seca Padronizado ASTM G-65



Fonte: Do autor (2017)

A norma ASTM sugere cinco procedimentos (testes distintos) em função do tipo de material (maior ou menor resistência ao desgaste) que se queira ensaiar:

- *Procedimento A*: este é um ensaio relativamente severo, o qual ordena os materiais metálicos ao longo de uma extensa escala de perda de volume. É particularmente útil na classificação de materiais de média a elevada resistência a abrasão;
- *Procedimento B*: tem poucas variações das condições do procedimento A. Este procedimento pode ser usado para materiais de alta resistência a abrasão, mas é particularmente útil para baixa e média resistência;
- *Procedimento C*: usa-se para materiais muito duros e para finas camadas de materiais;
- *Procedimento D*: é particularmente útil para a classificação de materiais de baixa resistência ao desgaste abrasivo;
- *Procedimento E*: útil no ranking de materiais com baixa ou média resistência à abrasão.

Recomenda ainda que o período de ensaio deva ser dado em função do deslocamento linear (através do número de revoluções da roda) e não pelo tempo de ensaio, conforme Fig.2 a seguir.

Fig.2: requisitos de ensaio da norma ASTM G65-04

<i>Procedimento</i>	<i>Força aplicada no corpo de prova (N)</i>	<i>Revoluções da roda (rpm)</i>	<i>Abrasão linear (m)</i>
<i>A</i>	<i>130</i>	<i>6000</i>	<i>4309</i>
<i>B</i>	<i>130</i>	<i>2000</i>	<i>1436</i>
<i>C</i>	<i>130</i>	<i>100</i>	<i>71,8</i>
<i>D</i>	<i>45</i>	<i>6000</i>	<i>4309</i>
<i>E</i>	<i>130</i>	<i>1000</i>	<i>718</i>

Fonte: [8].

2.3 SOFTWARE PARA DESENVOLVIMENTOS ESTRUTURAIIS

O projeto mecânico é uma das mais eficientes formas de representarmos uma peça, objeto ou um novo produto.

A utilização do software CAD (Desenho Assistido por Computador) facilita as tarefas do projetista na elaboração de projetos mecânicos, pois integra a tecnologia de sólidos e superfícies, permitindo a criação de qualquer forma geométrica [9].

Buscando um equipamento final funcional, confiável e seguro, o projeto mecânico visa soluções e resoluções de deficiências, por meio de cálculos estruturais e dimensionamento de componentes, para a obtenção do *design* das peças.

Todo o projeto mecânico é realizado por meio de desenhos técnicos, onde temos a representação ilustrativa de todas as medidas e formas do objeto, visando a mesma interpretação por projetistas, clientes e fabricantes, seguindo, de forma rigorosa, os padrões e normas técnicas definidas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, mantendo, assim, a confiabilidade e segurança de funcionamento de componentes mecânicos, além de parametrizar a interpretação nacional e internacional [10].

O detalhamento da alteração estrutural do Abrasômetro Roda de Borracha e Areia Seca é um projeto por meio dos desenhos técnicos, onde as etapas possibilitam o entendimento da execução e do funcionamento dos componentes mecânicos, oferecendo o embasamento de todo o andamento da montagem.



3 MATERIAIS E METODOS

Nesta etapa do artigo será apresentada de forma detalhada toda a análise e desenvolvimento da alteração estrutural realizada no Abrasômetro Roda de Borracha e Areia seca para que o mesmo possa realizar ensaios de forma automática.

3.1 ANÁLISE ESTRUTURAL

Para iniciar a alteração no abrasômetro, foi realizada uma análise detalhada em toda sua estrutura, verificando os possíveis locais onde possa se realizar cortes na estrutura e fixação de novas peças que possuem a finalidade de fazer o equipamento trabalhar em um novo formato automático a partir de um *software*. Porém foi necessária uma análise detalhada, pois é preciso manter as características originais da máquina, fazendo com que o operador possa escolher a forma de trabalho, manual ou automático.

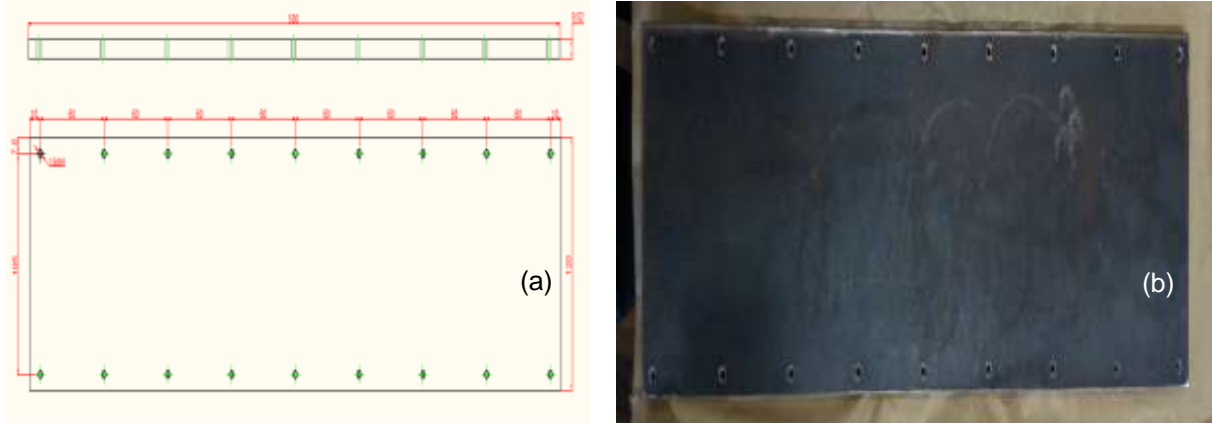
3.2 PROJETO MECÂNICO

Com a análise da estrutura feita, foi necessário o auxílio de software CAD para o desenvolvimento das peças que serão necessárias ao novo projeto. Todas as peças foram desenhadas de forma detalhada, conforme Fig. 3, para que o mecânico tenha uma melhor interpretação dos desenhos, realizando a fabricação das peças de forma mais ágil.

3.3.1 Usinagem base principal

Com os desenhos e materiais em mãos foi iniciado a usinagem das peças. Inicialmente foi realizada a usinagem na base principal, que é a peça que será fixada na estrutura do equipamento. Esta base principal é composta por uma chapa de aço SAE 1020 nas dimensões de 122 x 502 mm, com espessura de 9,52 mm. A mesma possui um sobremetal de 2 mm para que possa ser feito seu esquadramento. Na sequência foi realizada a furação em sua parte superior, e feito uma rosca M4 em todos os furos conforme Fig. 4, que servirá de base para a fixação de todas as peças que fazem parte do conjunto automático.

Figura 4: Base principal desenvolvida pelo software Cad (a). Base principal pronta em Aço Carbono (b).



Fonte: Do autor (2017)

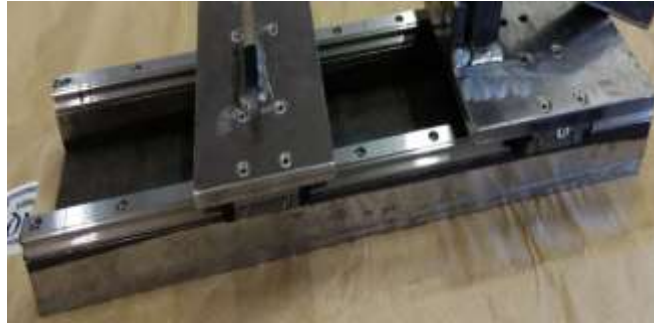
3.3.2 Base trilhos lineares

Nas bases dos trilhos lineares foi definido o seu comprimento total a partir da distância necessária para que o corpo de prova possa percorrer, entre seu ponto inicial de fixação da amostra no suporte até seu ponto final, onde a amostra entra em contato com a roda de borracha, que é local que se realiza o ensaio. As duas bases guias foram compradas com sobremetal para que se pudesse usinar sua superfície superior e inferior, pois são partes onde terão contato com outras peças e não podem sofrer empenamentos que podem causar danos as peças e menor vida útil ao equipamento.

Ainda nessas bases, foram realizadas furações a partir das especificações dos trilhos lineares TR 15 da marca Kalatec, pois serão estes trilhos que irão ser

fixados nestas bases e ambos irão ter sua fixação na base principal do conjunto automático, conforme Fig. 5.

Figura 5: Base com trilhos lineares e patins.



Fonte: Do autor (2017).

Estes trilhos têm a finalidade de guiar os movimentos dos patins, modelo H15FL também da marca Kalatec conforme Fig. 6, responsável pelo movimento das bases, onde possuem as células de cargas e o suporte com o corpo de prova fixado, para realização do ensaio de desgaste abrasivo.

Figura 6: Trilho linear TR15 e patins H15FL



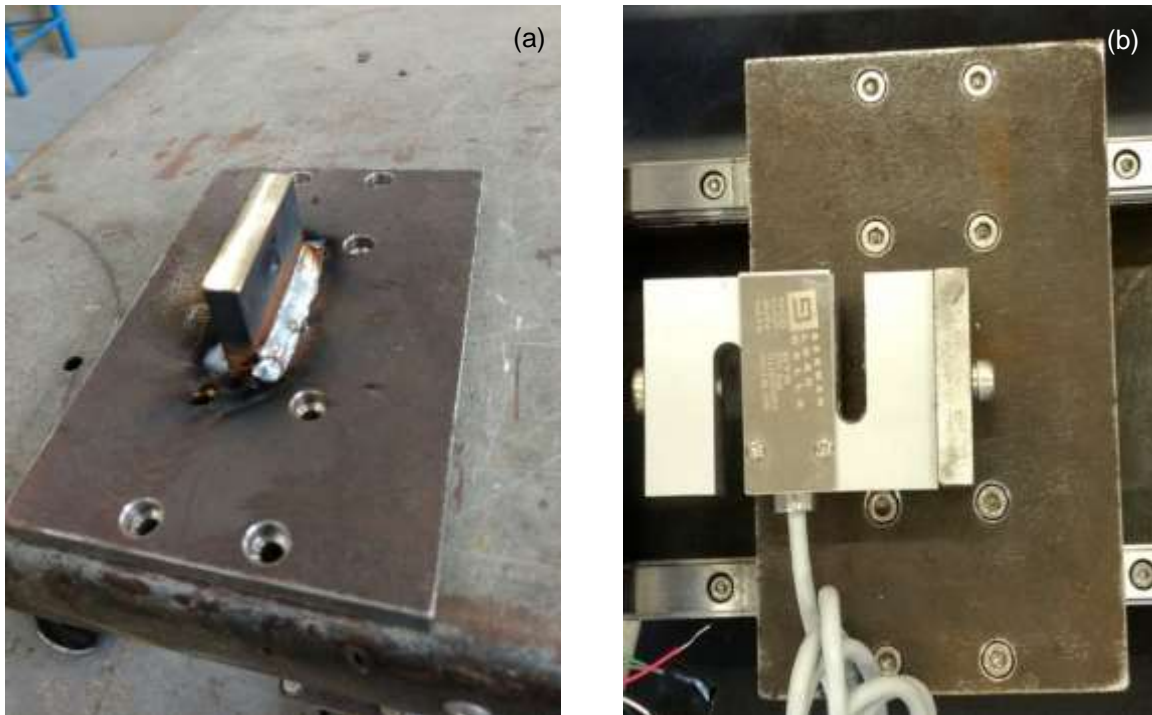
Fonte: [11].

3.3.3 Base célula de carga tipo S

Esta base foi construída a partir de uma chapa de aço carbono SAE 1020, onde a base possui as dimensões 100 x 150 mm com espessura de 9,52 mm, além desta medida final, a peça possui um sobre metal de 2 mm, para que possa deixar a peça esquadrejada. Após passar por trabalho de fresa, foram realizada as furações na peça a partir das especificações dos patins H15FL, que é o responsável pela fixação da base. Na parte superior base, foi soldada uma chapa de dimensão 50,8 x 30 mm com espessura de 9,52 mm, conforme Fig.7, onde a mesma possui um furo no seu centro para a fixação da célula de carga modelo BTS 20-200 kg, que tem como

finalidade medir a força aplicada sobre a amostra em contato com a roda de borracha, quando está sendo realizado o ensaio de desgaste por areia seca.

Figura 7: Base usinada com furação (a). Base com célula de carga fixada (b).



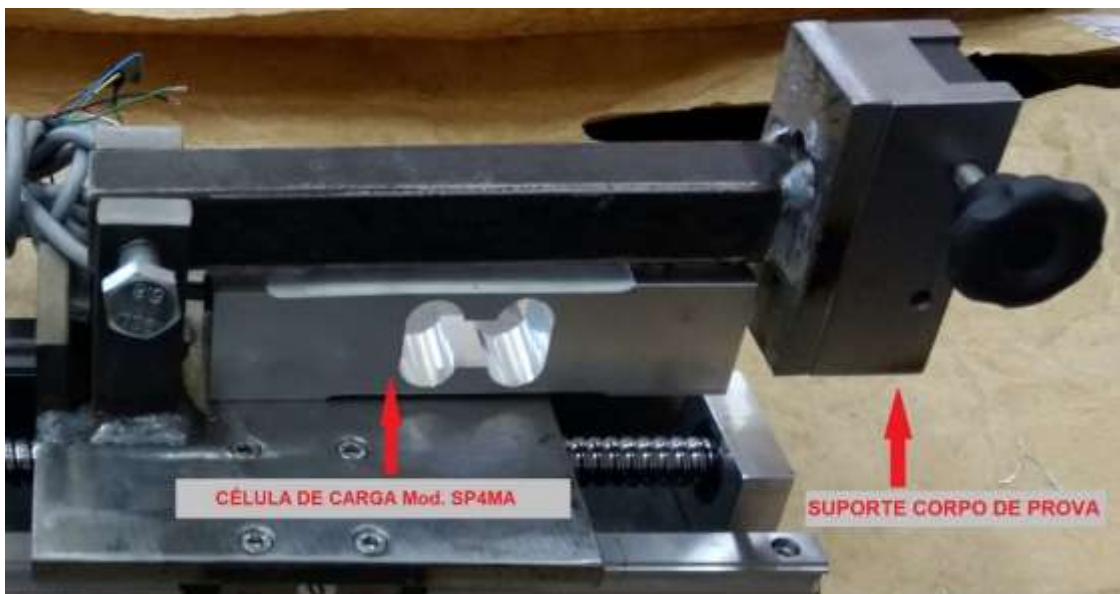
Fonte: Do autor (2017).

3.3.4 Base célula de carga SP4MA

Esta base é constituída por uma chapa nas dimensões 160 x 150 mm com espessura de 9,52 mm em aço carbono SAE 1020. A peça foi adquirida com um sobre metal de 2mm, onde inicialmente é realizado a usinagem da mesma com o auxílio de uma fresa, para fazer com que a peça fique no seus quatros lados no esquadro de 90°. Após executado a usinagem, são realizadas as furações na peça, a partir das especificações dos patins H15FL, pois esta base também será fixada em patins. Após estas furações, são realizados dois furos na região central da peça que servira para fixar a célula de carga SP4MA, que realiza a leitura da carga aplicada no sentido vertical, sobre o corpo de prova em contato com a roda de borracha e areia seca. Para esta base, é necessário usinar uma chapa nas dimensões 50,8 x 30 mm com espessura de 9,52 mm, que servirá de batente para a célula de carga modelo BTS 20-200 kg quando estiver movimentando a amostra até a roda de borracha e também servir como batente para célula de carga, no momento que estiver fazendo a leitura da carga aplicada sobre amostra x roda de borracha em seu movimento horizontal.

Ainda para esta base é necessário fabricar duas peças nas dimensões 25,4 x 65 mm com espessura de 12,7 mm, onde uma terá um furo de diâmetro 12,5 mm e na outra peça com as mesmas dimensões é realizada uma rosca M12 que ficara paralela ao furo. Estas peças serão soldadas na base conforme Fig. 8, e a mesma tem a função de, por meio de um pino, fixar o braço que fará a fixação do corpo de prova para o ensaio no equipamento. Este braço é feito a partir de uma quadrado maciço de 25,4 x 25,4 mm com comprimento de 190 mm, que possui em um de seus lados, um furo de 12,5 mm para a montagem do pino, que após montado, será possível fazer um movimento de 180° para facilitar a colocação e retirada do corpo de prova. No outro lado desta peça, é fixado por solda, um suporte de amostra com dimensões 85 x 46 mm, com uma espessura de 32 mm com sobremetal de 2mm para deixar a peça no esquadro, e com um melhor acabamento, onde na mesma, foi usinada em sua fase frontal uma rasgo de dimensões 26 x 85 mm com profundidade de 15 mm para a fixação da amostra do material que se deseja fazer o ensaio de desgaste. Neste corpo de prova é feito o aperto por meio de manípulos para que não haja o risco do mesmo cair de sua base de fixação na hora do ensaio.

Figura 8: Base usinada com furação, célula de carga BTS 20-200 kg e suporte fixação corpo de prova



Fonte: Do autor (2017).

3.3.5 Fixação fuso de esfera SFU

Conforme no início do projeto já havia sido definido o curso de movimento do conjunto. Inicialmente foram usinadas as extremidades dos fusos com diâmetro de



10 mm, com um comprimento 8 mm, para a fixação dos rolamentos. Ainda em uma das extremidades, foi realizada a usinagem nas dimensões diâmetro 9 x 10 mm para a montagem do acoplamento série ADS-K, que irá conectar o fuso de esfera de modelo SFU 01605-4 com o motor de passo KTC-HT23 / NEMA 23. Todos os itens acima adquiridos pela Kalatec Automação.

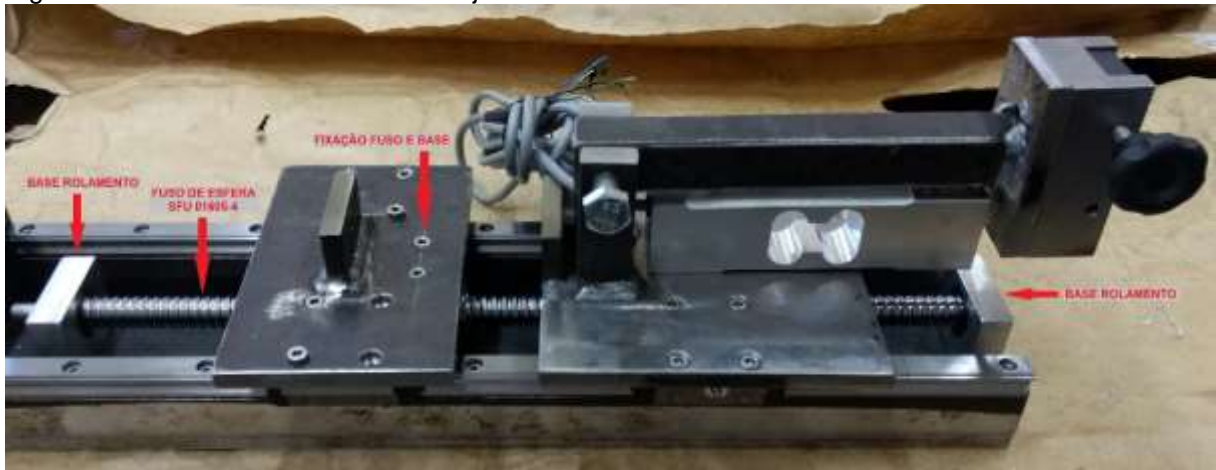
Após a usinagem do fuso, é hora de fabricar as peças que irão fixar a mesma na base principal e também na base que possui a célula de carga tipo S, que será a responsável por movimentar a base, que fixa o corpo de prova e realiza o ensaio abrasivo.

Para realizar a montagem do fuso de esfera na base principal, foram feitos os cortes de duas peças em alumínio, pois irá executar uma atividade que não exija resistência do material. Estas peças possuem dimensões de 50 x 40 mm, com espessura de 15,8 mm, e a mesma possuía um sobre metal de 2 mm para que se possa usinar e deixar a peça no esquadro. Na sequência é realizado a furação para fixação do rolamento 6000 zz (dimensões Ø26 x Ø 10 x 8 mm) e também na sua parte inferior são feitos dois furos com roscas M6, que terão a finalidade de fixar as peças na base principal.

Estas peças, após estarem prontas, tem sua montagem realizada cada uma em uma extremidade do fuso. Na sequência, este fuso, junto das peças nas suas extremidades, são colocados sobre a base para a marcação da furação que irá fixar este conjunto. Esta furação é traçada, é retirado as peças de cima da base e realizado a furação com uma broca diâmetro 6,5 mm, pois será utilizado um parafuso M6 para a montagem do suporte com rolamento para fuso de esfera.

Nesta etapa do projeto, ainda é realizada a fabricação do suporte para fixar a base célula de carga tipo S junto ao fuso de esfera. Esta peça é fabricada a partir de uma cantoneira 2" x 3/16" com comprimento de 50 mm em aço carbono SAE 1020. Em uma de suas faces, é realizada a furação conforme as especificações dadas no catálogo da Kalatec automação, para o fuso de esfera de modelo SFU 01605-4. Após a furação, é realizado o corte nesta mesma face, fazendo com que ela fique nas dimensões 50 x 45 mm. Na sequência, esta peça será fixada na base, onde na superfície da cantoneira que não foi modificada, são realizados dois furos, e feitos rosca M6 que servirão para fixar junto ao lado inferior da base e assim fazer a união das duas peças. A partir disto, é feita a montagem das peças na base principal conforme Fig. 9.

Figura 9: Detalhamento movimento conjunto automático.

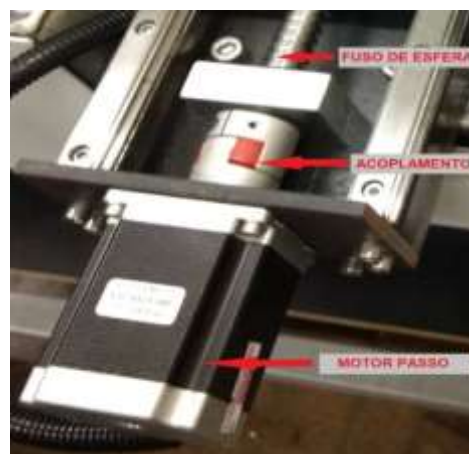


Fonte: Do autor (2017).

3.3.6 Base motor passo KTC-HT23 / NEMA 23

Este é o último item a ser fabricado para o conjunto automático. E feito a partir de uma chapa nas dimensões 65 x 120 mm com espessura de 1/4" de aço carbono SAE 1020. Nesta chapa, foram realizados 06 furos com diâmetro 6,5 mm que possuem a finalidade de fixar esta base na extremidade do conjunto automático onde foram feitos seis furos nas mesmas medidas, porém com rosca M6. O lado que foi efetuada esta furação, é onde temos o acoplamento SÉRIE ADS-K montado no fuso de esfera. Na sequência são feitas as furações conforme especificações do motor passo KTC-HT23 / NEMA 23. Após todas as furações feitas, é realizada a montagem da base no conjunto, e também fixado o motor de passo na base, e acoplado o mesmo no acoplamento série ADS-K, conforme Fig.10.

Figura 10: Motor passo montado conjunto automático e acoplado ao fuso.



Fonte: Do autor (2017).



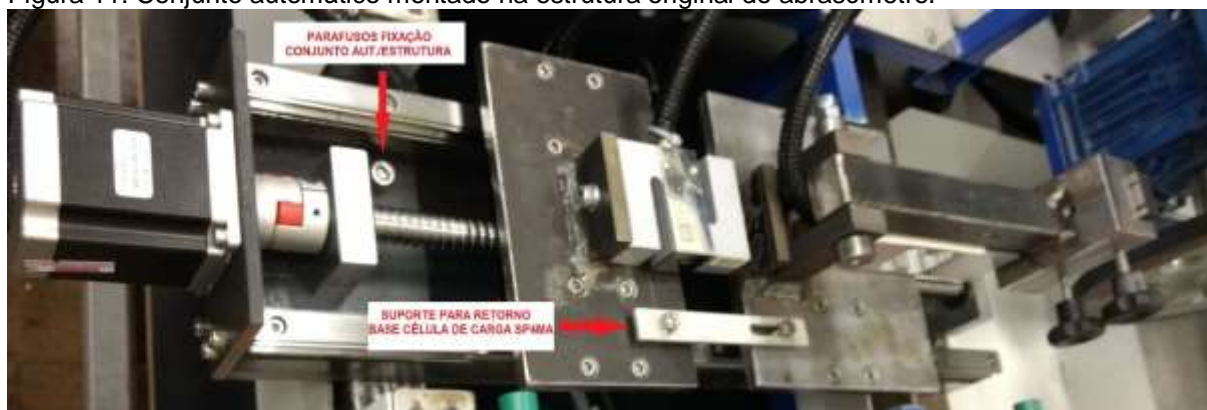
3.4 FIXAÇÃO CONJUNTO AUTOMÁTICO

Quando terminada a montagem de todo o conjunto automático sobre a bancada didática, é a vez de fazer a montagem do mesmo na estrutura do equipamento. Para isso, inicialmente é colocado o conjunto sobre a estrutura para verificar sua melhor posição de trabalho, fazendo com que o equipamento ainda possa executar ensaios em seu formato original e obter medições para alteração da estrutura conforme a necessidade do conjunto. O centro do corpo de prova quando montado no suporte, para a realização do ensaio, precisa ter o alinhamento com a roda de borracha e também ambos, tem que possuir o contato no centro da base da amostra que está sendo feito o ensaio. Coletadas as informações necessárias, é hora de realizar as alterações na estrutura, como corte da estrutura original, fabricação de peças que irão servir para a fixação do conjunto automático, montagem e soldagem das peças fabricadas e acabamento em toda a estrutura alterada.

Assim que realizado todos esses processos que compõem a alteração do equipamento, é feita a montagem do conjunto automático em sua posição de trabalho, verificando distâncias necessárias para a colocação do corpo de prova no suporte com segurança. Quando a amostra, em contato com a roda de borracha, o conjunto não deve estar com seu movimento avançado por total, pois assim o motor de passo consegue continuar aplicando uma força sobre o conjunto, conseguindo realizar o ensaio e também obter resultados.

Escolhido a posição de trabalho, no conjunto automático são feitos quatro furos em sua base principal com diâmetro 8,5 mm que servirá para fixá-la na estrutura do equipamento onde também será realizado quatro furos nas mesmas medidas, porém estes furos são feitos com diâmetro 6,5 mm e realizado roscas M8. Por fim após as furações prontas, colocamos novamente o conjunto na estrutura e colocamos os parafusos M8, dando seu aperto final. Após isso, para finalizar, foi fabricado a partir de uma tala de alumínio, com um rasgo de 6 x 10 mm sobre sua face, e também um furo diâmetro 6,5 mm para a mesma ser fixada a base da célula de tipo S, onde o mesmo é responsável pela retorno da base célula de carga SP4MA e deixando o equipamento pronto a sua instalação conforme Fig.11.

Figura 11: Conjunto automático montado na estrutura original do abrasômetro.



Fonte: Do autor (2017).

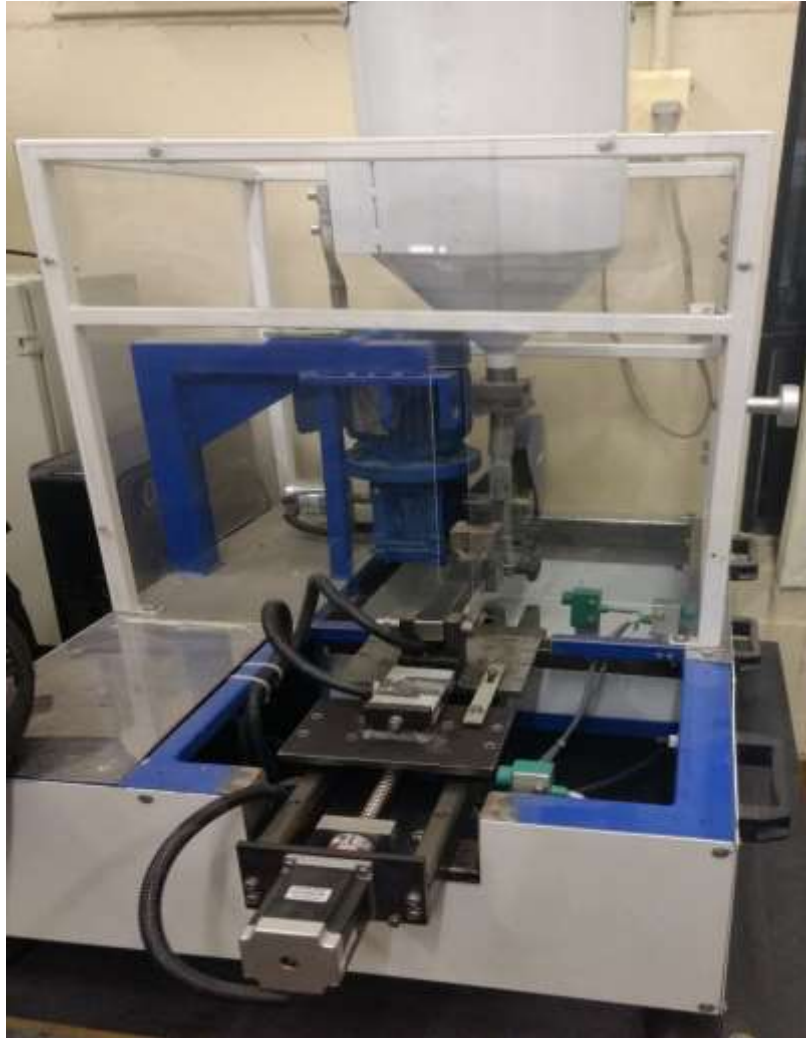
4 ANÁLISE DOS DADOS

Para concluir o projeto do conjunto automático foi inicialmente realizada a fixação do conjunto com a estrutura original, fazendo com o corpo de prova fique centralizado com a roda de borracha, para que se haja um desgaste uniforme do material quando em contato com a roda e em atrito com areia seca; e ajustes das células de cargas para executarem seus trabalhos e obter resultados exatos. Juntamente com uma pessoa especializada, foi feita a instalação do equipamento e a programação para que o ensaio seja realizado a partir de um software.

Para a validação da alteração estrutural, foram realizados vários movimentos sobre o fuso de esfera. No processo de pesagem, foram analisadas as cargas aplicadas sobre as células de cargas, satisfazendo todos os resultados e sem erros nos posicionamentos, e sem variação nos ensaios.

O resultado do projeto estrutural e alteração do abrasômetro roda de borracha e areia seca pode ser visto, conforme Fig.12, mostrando-se fiel ao projeto. Sendo assim a realização do ensaio a partir deste método automático desenvolvido sobre a estrutura do equipamento é o mais indicado a ser usado no momento, pois proporciona um ensaio com maior precisão na execução do ensaio de desgaste.

Figura 12: Abrasômetro roda de borracha e areia seca automatizado.



Fonte: Do autor (2017).

Analisando o aspecto econômico da solução desenvolvida, a Fig. 13 apresenta uma estimativa do investimento feito para automatizar o funcionamento do abrasômetro roda de borracha e areia seca original.

Figura 13: investimento feito no abrasômetro roda de borracha e areia seca.

<i>Item</i>	<i>Descrição</i>	<i>Valor (R\$)</i>
1	Materiais e equipamentos para instalação elétrica	1.165,00
2	Instrumentação e controle	7.850,00
3	Materiais e peças para estrutura mecânica	3.000,00
4	Transporte/frete de equipamentos	350,00
5	Serviços de terceiros	600,00
6	Fabricação de peças, energia elétrica	2.500,00
Subtotal montagem eletromecânica e automação		15.465,00
7	Projeto eletromecânico e de automação	4.000,00
8	Valor investido na máquina original	5.869,00
Total		25.334,00

Fonte: Do autor (2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo contemplou o desenvolvimento do projeto a partir de um software Cad e a alteração estrutural do abrasômetro roda de borracha e areia seca, onde proporcionou um bom empenho na manufatura das peças mecânicas, com uma montagem rápida e precisa, prevendo e evitando assim muitos erros de projeto e montagem, poupando tempo de retrabalho e mão de obra na produção das peças.

O objetivo final do projeto foi alcançado com resultados esperados para o ambiente didático, pois além de introduzir um novo método de ensaio, no formato automático, tornou-se uma nova ferramenta de aprendizado aos alunos.

Este método de realizar ensaios possui um funcionamento, onde apenas é fixado o corpo de prova no seu suporte, e a colocação da areia NBR 7214 no seu recipiente de forma manual. Na sequência, a partir do software responsável por toda a execução do ensaio, é feita a referência de avanço e retorno do conjunto pelo motor de passo, e fuso, com auxílio de sensores para realizar o trabalho de forma segura, configurado as células de cargas para coletar todas as cargas aplicada durante o ensaio. Após todas as configurações feitas, é dado início ao ensaio, e por meio de parâmetros do software é possível obter resultados de força aplicada, da carga recebida por cada uma célula de carga que está montada no conjunto, cronometrar o



tempo para que todos os ensaios sejam realizados no com a mesma duração de execução, entre outros resultados, o que não é possível obter no sistema original, pois tudo é realizado de forma manual, com execução a partir do peso escolhido conforme norma ASTM G65, mais a gravidade e tempo cronometrado, é a partir de um relógio onde se é possível paradas sempre exatas acarretando em variação de resultados.

O processo de desenvolvimento e alteração do equipamento também alcançou o esperado, na junção de uma estrutura mecânica com um sistema eletrônico, e um programa de controle a partir de um software, possuindo uma boa interface de trabalho, programação e comunicação, exercendo um excelente método de ensaio.

REFERÊNCIAS

- [1] EYRE, T. S. **Friction and wear mechanisms of metals**, In: II Seminário Sobre Materiais Resistentes ao Desgaste, Uberlândia, ABM 1991, Anais, p.263-292. Apud L. VILLABÓN, A. SINATORA, **Construção e Instrumentação de Abrasômetro do tipo Roda-de-Borracha para o Estudo do Comportamento Tribológico de Aços**. Apaet Mecânica Experimental, São Paulo, Vol 13, Pg 1-11, 2006.
- [2] RAMALHO, José Pinto & Jr, GIMENES Luiz – **Processo com eletrodo revestido**. Coleção Tecnologia SENAI – Soldagem, São Paulo, p. 191-203, 1997.
- [3] RAMALHO, José Pinto. – **Revestimento por Soldagem**. Coleção Tecnologia SENAI – Soldagem, São Paulo, p. 315-336, 1997.
- [4] KASSIM S. Al-Rubaie – **Equivalent hardness concept and two-body abrasion of iron-base alloys**. Wear 243 (2000) 92-100.
- [5] REBELLO, J.M.A. & PARANHOS, P. & LARA, J.A.C. & GUIMARÃES, A. S. – **Resistência ao Desgaste por Abrasão, Dureza e Microestrutura de Revestimentos Duros Depositados por Arco Submerso**. ABS – XIII Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem, p. 87 – 101, 1987.
- [6] ASTM G65-04, (Reapproved 2010), **Standard test method for measuring abrasion using the dry sand / rubber wheel apparatus** in Annual Book of ASTM Standards, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [7] WIROJANUPATUMP S., SHIPWAY P.H. – **Abrasion of mild steel in wet and dry conditions whith the rubber and steel wheel abrasion apparatus**. Wear 239 (2000) 91-101.



[8] UGGIONI, Périson Pavei – **Instrumentação, controle e supervisão de um abrasômetro tipo roda de borracha** – Florianópolis, 2017.

[9] KUNZEL, Walter Luís. SolidWorks 2013: **Conceitos básicos introdutórios**, São Paulo: Viena, 426 p., 2014.

[10] IBR REDUTORES, **O que é Projeto Mecânico e a importância do detalhamento**, Caxias do Sul, postado em 2017. Disponível em <http://www.redutoresibr.com.br/pt/Noticia/o-que-e-projeto-mecanico-e-a-importancia-do-detalhamento>. Acesso em: 25 de Março de 2018.

[11] KALATEC AUTOMAÇÃO, **Arquivos com as dimensões do Trilho e Patim TRH15FL**, Campinas. Disponível em http://www.kalatec.com.br/GuiasLineares/catalogo_guias_lineares_kalatec.pdf. Acesso em: 05 de Março de 2018.

ABSTRACT

This article contemplates the project, development and change of an Abrasive Rubber Wheel and Dry Sand, using specific software for projects (Cad), machining, and mechanics. Taking advantage of the vast availability parts for the manufacture of machines. Throughout this article will be shown the conceptual design and assembly of the equipment. With the change of abrasometer rubber wheel and dry sand we intend to implement a method of abrasive wear test in automatic format, reducing equipment preparation time, reducing the variations of the results obtained after each test, providing easy interaction between man machine. In education, it aims to of adding knowledge, training and viability for academics that can operate the equipment correctly and accurately, through knowledge obtained in theory and executed in practice.

Key-words: Abrasive rubber wheel; Software cad; Mechanical Assembly.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida. A Faculdade SATC e o LAMAD por disponibilizar toda sua infraestrutura para realização deste trabalho, em especial ao orientador e ao coordenador, juntamente com todos os professores do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial que foram importantes em minha formação acadêmica A minha família que sempre me deu força e coragem apoiando em todos os momentos e a todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram para a construção desse trabalho.