

Retrofit de dispositivo semiautomático para polimento metalográfico

RESUMO

O presente trabalho apresenta um projeto de retrofit para um dispositivo semiautomático para preparação de amostras metalográficas (lixamento e polimento) utilizado para fins didáticos no laboratório de metalografia da Fatec Osasco Prefeito Hirant Sanazar. O projeto mecânico foi desenvolvido utilizando o software AutoCAD. O material selecionado para confecção das peças foi a liga de alumínio ASTM 5052. As peças foram obtidas através de usinagem em torno CNC e, após a confecção das peças, o dispositivo foi montado na politriz. O aparato obtido permite polir ou lixar até três amostras de 40 mm de diâmetro simultaneamente. O aparelho foi desenvolvido para ser universal, ou seja, pode-se usar em outros modelos de politrizes, onde tem uma fácil adaptação em qualquer uma das três posições (X, Y, Z.). Desta forma o presente trabalho contribui para melhorar os processos de preparação de amostras metalográficas favorecendo um melhor desempenho do processo de ensino e aprendizagem com foco do ensino tecnológico.

PALAVRAS-CHAVE: metalografia; polimento; retrofit.

Gustavo Gotado Gusmão
gustavogotado@hotmail.com
orcid.org/0000-0003-1525-7020
FATEC Osasco, Brasil.

Thiago Albuquerque Brito
thiago.brito12@fatec.sp.gov.br
orcid.org/0000-0002-6856-8634
FATEC Osasco, Brasil.

Valber Rodrigues Barbosa
valber.barbosa01@fatec.sp.gov.br
orcid.org/0000-0002-1302-1615
FATEC Osasco, Brasil.

Antônio Carlos Arruda
antonio.arruda@fatec.sp.gov.br
orcid.org/0000-0002-1494-2053
FATEC Osasco, Brasil.

Douglas Moraes
douglas.morais2@fatec.sp.gov.br
orcid.org/0000-0001-6427-0331
FATEC Osasco, Brasil.

INTRODUÇÃO

Dados do último censo de educação superior no Brasil realizado pelo INEP de 2020 mostram que educação superior é composta por 65,69% de alunos matriculados em cursos de bacharelado, 16,11% em cursos de Licenciatura, 17,83% em cursos Tecnológicos e 0,37% em outras modalidades. Dentro desse universo de alunos de ensino superior cabe destacar os alunos de ensino tecnológico devido sua grande importância para o mercado de trabalho, estando concentrado principalmente na região sudeste do país que apresenta um percentual de 48,22% dos tecnólogos em formação. O estado de São Paulo por vez apresenta um percentual de 63,84% dos tecnólogos em formação da região sudeste, onde através do Centro Estadual Paula Souza possui a maior rede nacional de ensino tecnológico com cerca de 89.066 alunos matriculados nas Faculdades de Tecnologia (Fatec) representando 20,16% dos alunos matriculados nesta modalidade de ensino na região sudeste (INEP, 2020).

A Fatec Osasco Prefeito Hirant Sanazar possui em seu portfólio de cursos de Tecnologia em Automação industrial, desenvolvimento de Software Multiplataforma, Gestão Empresarial EAD, Gestão Financeira, Manutenção Industrial, Redes de computadores e Sistema Biomédicos. O curso de manutenção industrial tem por objetivo a formação de profissionais para entender e diagnosticar necessidades, propor soluções e buscar melhorias, tanto da produtividade quanto da qualidade. Nesse sentido, o tecnólogo identifica oportunidades no âmbito industrial, no que tange as capacidades produtivas, na coordenação de equipes, na otimização de recursos no controle de ativos, bem como, no domínio e na aplicação das normas de segurança no trabalho e gestão ambiental (FATEC OSASCO, 2022). Para a formação do tecnólogo é indispensável um bom balanço entre teoria e prática uma vez que as atividades práticas além de proporcionar uma melhor visualização da teoria contribuem fortemente para qualificação e treinamento de procedimento que são amplamente empregados na indústria. Dentre os principais temas relacionados à formação do tecnólogo em Manutenção Industrial destaca-se: o estudo dos processos metalúrgicos, gerenciamento da manutenção, análise de falha, liderança, gestão empresarial e empreendedorismos. Nas disciplinas relacionadas à manutenção e análise de falhas, um dos ensaios utilizados é análise metalográfica, que permite com que o aluno identifique, por exemplo, os defeitos microestruturais, as fases presentes e sua distribuição (INEP,2020).

Atualmente, o laboratório de metalografia da Fatec Osasco possui quatro equipamentos para preparação de amostras metalográficas. A preparação das amostras para a análise é realizada de forma manual, fazendo com que o processo seja moroso e com maior probabilidade de falhas de preparação, podendo dificultar o processo de análise das amostras e, assim, prejudicar o resultado da experiência. Uma das formas de se melhorar o procedimento experimental é automatizando o processo de preparação.

O projeto para automatizar um equipamento é importante, pois traz vantagens voltadas ao aumento da produtividade, a diminuição de custos, melhoria da qualidade, maior eficiência e diminuição dos riscos de acidentes de trabalho. Além de ser uma inovação nos equipamentos, onde Baxter (2011) afirma que a inovação visa uma série de soluções para os mais variados problemas, se tornando assim uma fonte vital para o sucesso de qualquer

organização. Com base nisso, este artigo fornece informações suficientes para que se possa fabricar um dispositivo. Este artigo vem responder a seguinte questão: como transformar um processo de polimento e lixamento semiautomático para automático aumentando sua qualidade? Para isso o artigo teve como objetivo propor uma melhoria em um dispositivo semiautomático de amostras da politriz metalográfica PL 02 ET de duas velocidades (Rosário (2009).

REFERENCIAL TEÓRICO

METALOGRAFIA

O controle de qualidade de um determinado produto metálico inicia-se muito antes da sua construção através de processos de inspeção das matérias-primas. Ao dar entrada na empresa é de fundamental importância que o setor de qualidade inicie a inspeção dos materiais que após ser submetido a uma série de ensaios não destrutivos e destrutivos. Dentre os ensaios destrutivos realizados o ensaio metalográfico é de essencial importância e pode ser dividido em duas partes: ensaio macrográfico e ensaio micrográfico (Copaert, 2008) (Rohde, 2010).

No ensaio micrográfico, uma seção da amostra é retirada e preparada através de lixamento, polimento e emprego do ataque químico que irá depender do tipo de análise requerida (identificação das fases, identificação de defeitos, etc). Após a etapa de preparação se analisa aspectos macroestruturais como: identificação do processo de fabricação (fundição, ou conformação mecânica), homogeneidade química da peça, presença de defeito (trincas, inclusões, dentre outras). A macrografia também é fortemente empregada em processos de análise de falha em estruturas e para qualificação de procedimentos de soldagem. Para qualificação dos procedimentos de soldagem além de se observar a presença de defeitos macroscópicos são medidos os parâmetros geométricos do cordão, e áreas de deposição e fundida a fim de se avaliar o grau de misturas entre os metais de base e adição. (Copaert, 2008)

O ensaio micrográfico tem por objetivo avaliar a microestrutura do material e desta forma correlacionar suas propriedades físicas e mecânicas. Para que isso seja possível são realizados diversos procedimentos de análise normatizados. Uma das principais normas utilizadas é a norma ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Dentre as normas aplicadas na indústria destacam-se a ASTM E45-13 (*Standard practice for determining the inclusion or second-phase constituent content of metals by automatic image analysis*), a ASTM E112-13 (*Standard test methods for determining average grain size*), dentre outras (Rohde, 2010).

Portanto através das análises micrográficas podem ser obtidas diversas informações como: identificação e classificação das inclusões, identificação e quantificação das fases e constituintes em termos de: fração volumétrica de fase, morfologia, tamanho, distribuição, composição química, dentre outras. Amostragem das seções, corte, embutimento, lixamento, polimento, inspeção e documentação sem ataque químico, ataque químico e inspeção e documentação após ataque (Rohde, 2010).

A correta amostragem das seções a serem estudadas é essencial uma vez que a microestrutura é tridimensional, mas na análise micrográfica os resultados obtidos são bidimensionais. Desta forma, a equivalência da análise bidimensional para compreensão do espaço tridimensional é realizada através de uma área da ciência chamada de estereologia, onde os fenômenos podem ser percebidos na prática observando a micrografia da amostra. Na análise de micrografia os grãos que compõem a estrutura do material são representados pelas superfícies claras enquanto os contornos de grão são formados pelos limites das superfícies bidimensionais destes grãos o encontro entre três ou mais grãos formam uma curva de perfil unidimensional que na micrografia são identificados como pontos. A **Figura 1** apresenta uma micrografia de um aço inoxidável austenítico, onde é possível observar a granulação dos materiais assim como os contornos de grão. Na etapa de corte devem ser observados os seguintes aspectos: tipo e a quantidade de líquido refrigerante e o método de aplicação do líquido, pressão aplicada pelo disco sobre a amostra, tamanho e a velocidade do disco abrasivo, potência do motor do disco abrasivo, dureza do disco abrasivo, dureza do material da amostra e vibração do dispositivo *cut-off*.

Figura 1 - Exemplo de uma micrografia



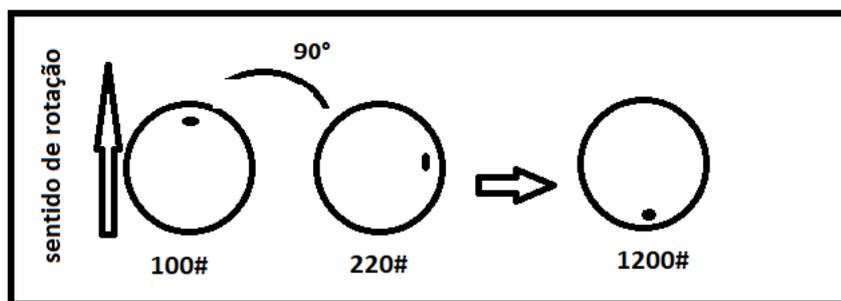
Fonte: Autoria própria.

A etapa de embutimento pode ou não ser realizada, uma vez que esta etapa tem por finalidade facilitar o manuseio de peças pequenas durante lixamento, polimento e exame microscópico. O embutimento consiste em circundar a amostra com um material inerte (resina baquelite, resina epóxi ou poliéster). O embutimento pode ser a frio ou a quente, dependendo das circunstâncias e da amostra a ser embutida. O embutimento a quente requer a utilização de equipamento para realização da prensagem da amostra e dispositivo de aquecimento para cura da resina baquelite. O processo de embutimento utilizando resinas de poliéster ou epóxi na sua maioria é realizado a frio, onde a resina e a amostra são colocadas em um molde de silicone, o molde é preenchido pela mistura de resina e catalisador e a cura pode ser obtida por aplicação ou não de calor ou por incidência de luz ultravioleta. Na realização do embutimento devem-se tomar alguns cuidados como verificar a face a ser observada e escolher o tipo adequado de embutimento. Para aplicações em materiais de baixa dureza muitas vezes se faz necessário proteger a superfície que se deseja observar a fim de evitar o abaulamento da amostra.

A etapa de lixamento pode ser realizada de forma manual ou semiautomatizada. Para realização da operação são utilizadas lixas com diversas

granulometrias com materiais abrasivos como carbeto de silício (SiC) (100#, 220#, 320#, 400#, 600# e 1000# dependendo do tipo de material pode-se também utilizar as lixas 1200# e 2400#). Durante o processo de lixamento, a água corrente é utilizada como meio lubrificante e de refrigeração. Nesta etapa devem ser tomados cuidados, como: lubrificar a amostra para evitar aquecimento e impregnação, manter a amostra sob pressão uniforme para evitar abaulamento e lavar entre passos para evitar contaminação e resíduo de material de uma lixa para outra. Para uma correta execução do processo de lixamento deve-se rotacionar a amostra 90° a cada troca de lixa conforme apresentado na **Figura 2**.

Figura 2 – Rotações por lixa



Fonte: Autoria própria.

A etapa de polimento é realizada após a etapa de lixamento e pode ser realizada de forma manual ou semiautomática. Para o polimento são utilizados agentes abrasivos (suspensão de alumina ou pasta de diamante). A granulometria do agente abrasivo varia de forma decrescente (16 a 1 μ m). Nesta etapa cuidados devem ser tomados: limpeza rigorosa da superfície (lavar antes e entre cada etapa); escolha adequada do tipo de abrasivo; escolha do pano de polimento; velocidade de polimento; pressão (esta variável depende fortemente o tipo de material a ser preparado), trocar o pano de polimento para cada abrasivo; limpeza da amostra a fim de evitar a formação de defeitos de polimento por partículas abrasivas (riscos). Os principais defeitos de polimento são: riscos, cometas, abaulamento. Contudo, para alguns materiais, como aços inoxidáveis, a etapa de polimento pode ser realizada por dissolução anódica (polimento eletrolítico) de um metal em um eletrólito, gerando uma superfície plana, polida e livre de deformações mecânicas. A escolha do eletrólito deve ser feita em função do material e das características que se deseja observar.

Após a etapa de polimento a amostra deve ser lavada e seca. Para a secagem da amostra a mesma deve ser posicionada de forma paralela ao fluxo a fim de evitar a formação de manchas.

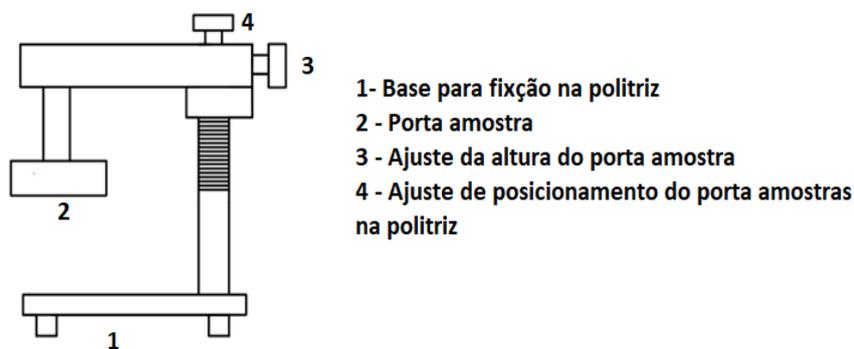
Após as etapas de preparação, a amostra é avaliada utilizando microscópio óptico sem ataque químico a fim de verificar algumas características como tipo de inclusão, presença de defeitos (trincas) dentre outras imperfeições. Nesta etapa podem ser utilizadas normas com o objetivo de classificar as inclusões como: ASTM E45 e ASTM E112. Para a verificação da microestrutura, identificação das fases, presença de precipitado, quantificação de fases e tamanho de grão, dentre outras, as amostras devem ser atacadas com reagente adequado, onde a amostra é imersa por tempo suficiente para que as microestruturas possam ser reveladas. Os principais ataques químicos utilizados

são: Nital, Beraha e Picral. Após a preparação, a amostra é avaliada em microscópio óptico onde a depender do material e norma (ASTM E112; ASTM E1382; ASTM E1286, ASTM E1181, etc...), são quantificadas e classificadas as fases, tamanho de grão, número de grão ASTM, etc.

METODOLOGIA

O desenho do dispositivo foi realizado em software 2D (auto CAD) bem como seus respectivos componentes para visualização das necessidades de fixação e levantamento do material necessário para construção. A **Figura 3** apresenta o desenho completo do dispositivo proposto assim como sua disposição final no equipamento (politriz).

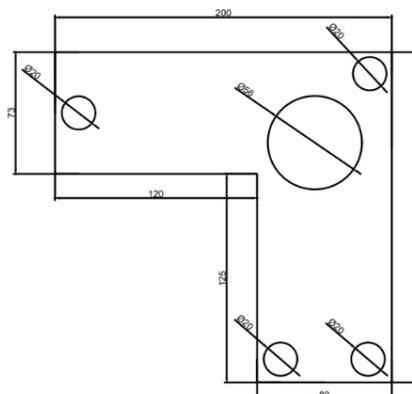
Figura 3 – Aparato projetado



Fonte: Autoria própria.

A base do dispositivo, apresentada na **Figura 4**, foi confeccionada em SAE 1020, com extensão de 200 mm por 200 mm e 5,5 mm de altura para ter um apoio por dois pontos da base inferior do equipamento garantindo uma maior estabilidade. Os furos são passantes para a base poder ter uma maior fixação nos pés de borracha do equipamento, assim os *vibra stop* junto com a porca o prendem para sustentar o peso do dispositivo.

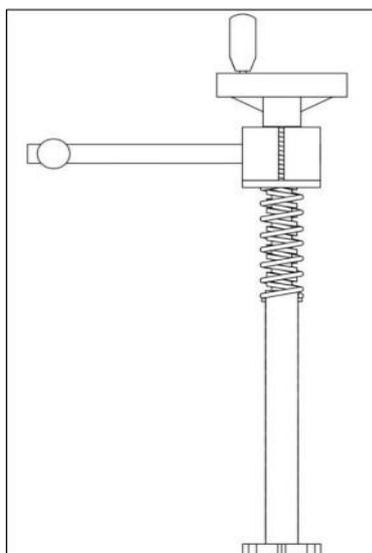
Figura 4 – Base do dispositivo



Fonte: A autoria própria.

A torre do dispositivo, mostrada na **Figura 5**, foi confeccionada em um tubo SAE 1045 com uma barra roscada zincada SAE 1020, um material robusto de baixo custo, de fácil aquisição e com uma facilidade para ser trabalhado, com 282 mm de altura para que possa alcançar o prato de polimento até uma distância segura ao levantar o dispositivo.

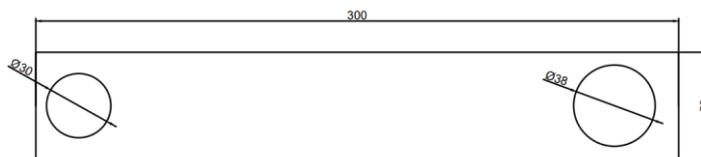
Figura 5 – Torre para controle da altura do porta-amostra



Fonte: A autoria própria.

Na **Figura 6**, o bloco do eixo horizontal foi confeccionado em alumínio ASTM 5052, com 50 mm de largura, 32 mm de espessura e 300 mm de comprimento. O bloco é apoiado em cima do tubo MC- SAE 1045, onde tem um furo de 38 mm para alojar o rolamento e conseguir correr livremente sobre o furo da torre e um de 30 mm para a fixação do eixo de suporte do flange. Para impedir um movimento lateral, o bloco conta com um sistema de aperto com um parafuso M5 inoxidável no sentido horizontal.

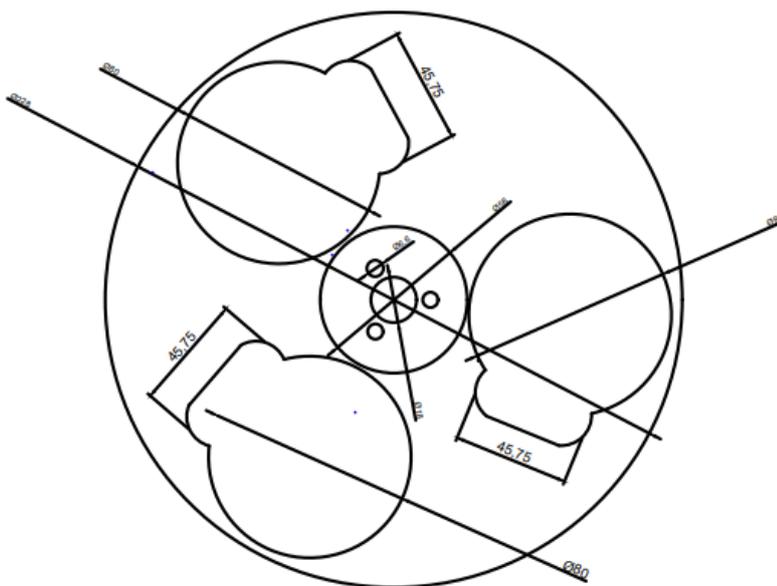
Figura 6 – Bloco do eixo horizontal



Fonte: Autoria própria.

Na **Figura 7**, o flange foi confeccionado em alumínio ASTM 6351, com um diâmetro de 114 mm, o disco tendo três furos de 40 mm e um oblongo de 25 mm, onde tem um parafuso inoxidável M6 preso a rosca do batoque para a fixação das amostras e um furo de 6 mm e mais 3 furos para parafuso M5 onde é a fixação do flange no eixo.

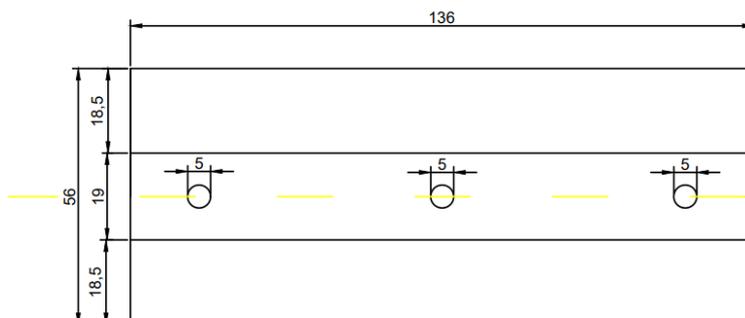
Figura 7 – Flange em alumínio



Fonte: Autoria própria.

O tubo foi confeccionado em Mc-SAE 1045 com um comprimento 136 mm e largura de 56,9 mm, tendo três furos de 5 mm de diâmetro. A **Figura 8** apresenta de forma esquemática a distribuição dos furos no tubo.

Figura 8 – Desenho esquemático dos furos no tubo em aço SAE 1045



Fonte: Autoria própria.

Os custos estimados para a realização do projeto estão descritos na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Estimativa de custo de produção

Peças	Quantidade (un)	Preço (R\$)
Base	1	50
Bloco de eixo horizontal	1	136
Flange de alumínio	1	56
Parafusos	11	50
Parafusos moscas	6	20
Tubo MC	1	60
Rolamentos NACHI	1	56
Volante	2	50
Barra roscada	1	60
Pés de borracha	4	80
Porcas	8	7
Pino de Fixação	1	40
Total		665

Fonte: Autoria própria.

Verificadas todas as necessidades de materiais, os componentes serão usinados em máquinas operatrizes, como torno, fresadora e furadeira. O dimensional foi respeitado utilizando-se de técnicas de medição com o uso de paquímetros, micrômetro externo, micrômetro interno, escalas, esquadros entre outros. Para a montagem do dispositivo, foram usadas diversas ferramentas manuais e diversos tipos de chaves.

Após a montagem foi apreciado o tempo de produção da amostra, realizando um levantamento do tempo manual em comparação ao semiautomático, além da medição dimensional das amostras produzidas para verificar a viabilidade de ambos os processos. Com base nesses processos é possível dizer que a pesquisa foi bibliográfica, documental e com um estudo de caso. Para Gil (2007) a pesquisa bibliográfica é uma investigação sobre ideias ou

análises das diversas faces de um problema. Fonseca (2002) ainda completa que este tipo de pesquisa é feito a partir de levantamento de dados já analisados como livros, artigos científicos entre outros. Já a pesquisa documental ainda para Fonseca (2002) é muito parecida com a bibliográfica, porém recorre a fontes sem um tratamento analítico, como por exemplo revistas, jornais, documentos oficiais. E por último o estudo de caso tem como objetivo investigar um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, onde o autor não tem controle dos possíveis resultados que a pesquisa possa trazer (YIN, 2015). Com base nisso o projeto foi realizar um retrofit nos equipamentos do laboratório. Retrofit, segundo Cetnarowski & Grams (2014), pode ser definido como recurso utilizado nas empresas para aumentar a eficiência das máquinas por meio de atualizações tecnológicas. Simon (1990) ainda indica que o custo total do retrofit não ultrapasse 40% do valor de um novo equipamento para que o mesmo compense a ser feito. Desta forma a empresa consegue uma máquina mais atualizada tecnologicamente sem a necessidade da aquisição de outra.

O projeto foi desenvolvido completamente com medidas teóricas para realização das etapas do dispositivo e conta com uma base fixada aos pés do equipamento, uma torre de sustentação do dispositivo, um eixo prolongador para alcançar o prato de polimento, por fim o dispositivo de rotação que comporta as amostras metalográficas. A escolha do modelo se deu por acreditarmos ser possível a construção com os recursos de máquinas e ferramentas dentro da faculdade, por apresentar construção simples e de custo acessível.

RESULTADOS

A **Figura 9** apresenta o dispositivo de lixamento e polimento desenvolvido neste trabalho. Na foto esquerda da **Figura 9** é possível observar a disposição do equipamento na politriz. Já na foto direita da **Figura 9** é possível ver em detalhe a disposição da amostra para o processo de lixamento.

Figura 9 – Fotos do dispositivo desenvolvido



Fonte: A autoria própria.

Com o desenvolvimento do protótipo foi possível realizar o processo de lixamento e polimento com maior eficiência em relação ao processo manual onde os erros de preparação como o abaulamento da amostra eram frequentes. O processo manual muitas vezes levava a um retrabalho que, conseqüentemente,

aumentava o tempo gasto na preparação das amostras contribuindo para uma baixa produtividade. Com a implantação do dispositivo, o abaulamento das amostras não foi observado e o número de amostra preparadas por vez passou de uma para três, o que aumentou a produtividade e a qualidade da preparação. O processo semiautomático possibilita ao professor executar um número maior de amostras por aula favorecendo o processo de ensino e aprendizagem na prática dos alunos dos cursos de tecnologia da Fatec Osasco Prefeito Hirant Sanazar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou a necessidade de um procedimento mais seguro e eficaz na área de metalografia, conciliando a produtividade com a segurança de um sistema de politriz. Foi elaborado um projeto de sistema semiautomático, no qual é possível polir ou lixar até três peças simultaneamente. O objetivo foi projetar um suporte que trouxesse melhorias significativas no equipamento de politriz. A pesquisa revelou a necessidade da instalação desse suporte nos equipamentos da faculdade, melhorando sua produção, eliminando os riscos ao operador e padronizando a qualidade das amostras confeccionadas. Cada peça do dispositivo de polimento metalográfico poderá ser produzida no laboratório de usinagem da faculdade, com isto diminuindo os custos de sua fabricação e instalação. O suporte é uma peça adaptável que não afetará a funcionalidade da politriz. Desta forma, esse projeto se mostrou viável quando se refere a questões de quesitos técnicas e comerciais. Além do fato de sua atualização tornar o sistema mais moderno e atualizado. O custo total dos materiais empregados na construção do dispositivo foi de R\$ 665 reais, não computada mão de obra uma vez que foi confeccionada pelos próprios autores.

Retrofit of semi-automatic device for metallographic polishing

ABSTRACT

The present work presents a retrofit project for a semiautomatic device for the preparation of useful metallographic analysis (sanding and polishing) used for didactic purposes at the Metallography Polishing Laboratory at Fatec Osasco Prefeito Hirant Sanazar. The mechanical mechanism was developed using the AutoCAD software. The metal parts of the device were manufactured with ASTM 5052 aluminum alloy. The device was able to polish or sand up to three 40 mm diameter samples simultaneously. The device was developed to be universal, that is, it can be used in other models of polishers, where it has an adaptation in any of the three positions (X, Y, Z.). In this way, the work improved the process of preparation of metallographic engineering favoring the performance of the learning process and with focus on technological education.

KEYWORDS: metallograpy; polishing; retrofit.

Adaptación de un dispositivo semiautomático para pulido metalográfico

RESUMEN

El presente trabajo expone un proyecto de actualización para un dispositivo semiautomático destinado a la preparación de muestras metalográficas (lijado y pulido), utilizado con fines educativos en el laboratorio de metalografía de la Fatec Osasco Prefeito Hirant Sanazar. Para la elaboración de este proyecto, se llevó a cabo el diseño mecánico utilizando el software AutoCAD, eligiendo la aleación de aluminio ASTM 5052 como material para la fabricación de las piezas. Estas piezas se obtuvieron mediante torneado CNC. Una vez confeccionadas las piezas del dispositivo, este se ensambló en la pulidora. El aparato obtenido permite pulir o lijar hasta tres muestras de 40 mm de diámetro simultáneamente. Se ha concebido este dispositivo de manera universal, lo que significa que puede adaptarse fácilmente a otros modelos de pulidoras, permitiendo su ajuste en cualquiera de las tres posiciones (X, Y, Z). De esta manera, el presente trabajo contribuye a mejorar los procesos de preparación de muestras metalográficas, lo que a su vez potencia un mejor desempeño en el proceso de enseñanza y aprendizaje, siendo este el enfoque de la educación tecnológica.

PALABRAS CLAVE: metalografía; pulido; reequipar.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, A. L. DE B; SOARES, A. R; NACIMENTO, I. A. DO. "s.d". **O ensaio metalográfico no controle da qualidade**. Disponível em https://www.academia.edu/11757923/O_ENSAIO_METALOGRAFICO_NO_CONTROLE_DA_QUALIDADE . Acesso em 24 de ago. de 2022.
- BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 3ª Ed. Blucher, São Paulo: 2011.
- BORGES, J. N. **Preparação de amostras para análise microestrutural**. "S.d". Disponível em <http://pavanati.com.br/doc/Apostila%20Ana%20Maliska%20-%20Preparacao%20Microestrutural.pdf> . Acesso em 24 de ago. de 2022.
- CETNAROWSKI, E., & GRAMS, C. A. **Retrofit em Máquinas Industriais: estudo de caso**. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3151/1/CT_COMET_2014_1_03.pdf
- COPAERT, H. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2008.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- ROHDE, R. A. **Metalografia preparação de amostras: uma abordagem pratica**. Publicado em outubro de 2010. Disponível em https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4313798/mod_resource/content/1/APOSTILA_METALOGRAFIA.pdf . Acesso em 22 de ago de 2022.
- ROSARIO, J. M. **Automação industrial**. 1ª ed. Baraúna, São Paulo: 2009.
- SIMON, A. T. **Retrofitting e reforma, duas formas de melhorar a produção**. Máquinas e Metais, 416, 38-41.1990.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

INEP. **Censo de educação superior de 2020**. disponível em
<https://download.inep.gov.br/censo_escolar/resultados/2020/apresentacao_coletiva.pdf> ' Acesso 2022, 21/09/2022

FATEC OSASCO, **Tecnólogo em manutenção industrial**. 2022 disponível em
<<https://fatecosasco.edu.br/fatec/>>. Acesso 2022, 21/09/2022

Recebido: 22 de novembro de 2022.

Aprovado: 26 de abril de 2023.

DOI:

Como citar: GUSMÃO, G G; BRITO, T A; BARBOSA, V R; ARRUDA, A C; MORAIS, D , Retrofit de dispositivo semiautomático para polimento metalográfico, **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 10, n.1, p. 17-31, jul. 2023.

Contato: Gustavo Gotado Gusmão: gustavogotado@hotmail.com

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

