

PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DE UM DISPOSITIVO JOMINY PARA AULAS PRÁTICAS EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4403

Anderson Damasceno de Paula - anderson.damasceno.054@ufrn.edu.br
Universidade Federal do Rio Grande do Norte UFRN

Symone Leandro de Castro - symone.castro.701@ufrn.edu.br
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Killdery Fernandes Peixoto - killderyfernandes@gmail.com
Universidade Federal do Rio Grande do Norte UFRN

Bismarck Luiz Silva - bismarck_luiz@yahoo.com.br
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Resumo: *O Ensaio Jominy é normatizado e utilizado para medir a temperabilidade de ligas metálicas. Competências e habilidades associadas à temperabilidade, transformação de fases, transferência de calor e propriedades, são essenciais para a formação do engenheiro de materiais. O uso de equipamentos didático-pedagógicos colabora diretamente para essa iniciativa. Neste sentido e considerando que no curso de engenharia de materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), existia uma demanda do dispositivo Jominy para aulas práticas na disciplina Transformação de Fases e Tratamentos Térmicos, uma proposta de desenvolvimento de revitalização de um dispositivo Jominy foi realizada no ano de 2022, a partir da metodologia de ensino denominada Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj). Os alunos começam o projeto no primeiro dia de aula do semestre letivo (quatro meses), finalizando na última semana de aula, com a tutoria do professor e coordenador da iniciativa, Bismarck Luiz Silva. A tutoria era feita tanto presencialmente quanto online, através de aplicativos de mensagens. Ocorreu uma apresentação do desenvolvimento do projeto para o tutor e outros estudantes, a fim de avaliar pontos positivos e negativos. Na construção do dispositivo, os estudantes usaram materiais já disponíveis no Departamento de Engenharia de Materiais (DEMat) da UFRN. Dentre os passos para o projeto de reconstrução, houve a avaliação do estado da estrutura física do equipamento em desuso. Foi realizada uma consulta à norma ASTM A255, a fim de normatizar as dimensões entre os componentes. Atentos ao*

aspecto de sustentabilidade, traçou-se um plano para a adição de um sistema de recirculação de água durante os experimentos Jominy. Peças metálicas e poliméricas foram substituídas por novas, além de alguns componentes que foram lixados e pintados. O dispositivo foi identificado com o logotipo da UFRN e DEMat. Por fim, houve a execução de testes do equipamento Jominy. O projeto final foi apresentado e o dispositivo entregue em condições de uso para aulas práticas. O presente trabalho além de documentar a revitalização e padronização do equipamento Jominy, propôs a inovação de implementar um sistema de bombeamento de água para reduzir o desperdício de água durante os ensaios. Dessa forma, alinha-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU como: i. Indústria, Inovação e Infraestrutura (9); e ii. Consumo e Produção Sustentáveis (12). Verificou-se que o equipamento é considerado viável economicamente para ser replicado em universidades e institutos com interesse técnico-científico na área. Adicionalmente, os alunos desenvolveram competências como trabalho em equipe, resolução de problemas, aplicação de normas técnicas, desenho técnico, gestão de projetos e custos.

Palavras-chave: Engenharia de Materiais; Aprendizagem baseada em projetos; Dispositivo Jominy.

PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DE UM DISPOSITIVO JOMINY PARA AULAS PRÁTICAS EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

1 INTRODUÇÃO

O ensaio Jominy consiste na avaliação de temperabilidade de um aço, ou seja, na capacidade de um aço de formar martensita pelo tratamento térmico de têmpera (Callister, 2002). O ensaio trata do resfriamento de uma peça cilíndrica (aços), de 25 mm de diâmetro, aquecida até a temperatura na faixa de 900° C, usando um jato de água à temperatura ambiente, a fim de promover, na escala microestrutural, a formação de fase martensita ao longo de seu comprimento. O ensaio Jominy é padronizado segundo a norma ASTM A255, que recebe esse nome em homenagem a Walter E. Jominy, um metalurgista norte-americano que o desenvolveu em 1939 com objetivo de medir o gradiente de temperabilidade, resfriando uma ponta enquanto a outra se mantinha aquecida.

O ensaio Jominy de temperabilidade é utilizado para avaliar a capacidade de transformação da microestrutura do aço em martensita, sendo um indicador da sua temperabilidade (Callister, 2002). A dureza do ensaio é medida utilizando a escala de dureza Rockwell C (HRC), permitindo a construção de uma curva de temperabilidade. Essa curva é influenciada por variáveis fatores como o teor de elementos de liga e o tamanho do grão austenítico durante o ensaio (Reed-Hill, 1973). Portanto, o ensaio Jominy é uma ferramenta de referência no processo de produção de aços temperados, fornecendo informações sobre a adequação da liga utilizada e se as especificações de dureza desejadas para a peça podem ser alcançadas.

A utilização do dispositivo Jominy na formação de profissionais na área de engenharia de materiais e metalurgia é benéfica para o aprendizado, podendo trazer uma abordagem prática a estudos teóricos. Dessa forma, o futuro profissional poderá compreender os processos de temperabilidade, garantir a qualidade de peças produzidas industrialmente, considerar a importância da seleção de elementos de liga para o projeto e adequar a dureza da liga por meio do processamento para atender as necessidades de projetos.

Devido a demanda de um dispositivo Jominy para aulas práticas em disciplinas que abordem transformação de fases, comportamento mecânico e tratamentos térmicos, do curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), foi elaborado e desenvolvido um projeto de revitalização de um dispositivo Jominy a partir da metodologia chamada Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj). O projeto foi efetuado no ano de 2022 sob tutoria do professor e coordenador da iniciativa, Bismarck Luiz Silva. Na ABPj, o aluno está no centro de seu processo de ensino-aprendizagem, constrói o conhecimento a partir de ações colaborativas, alinhando teoria e prática, sempre partindo de situações reais do seu contexto acadêmico e/ou social (BACICH, et al. 2017; BENDER, 2014). É uma das principais metodologias para capacitar os engenheiros do século XXI para a dinâmica Indústria 4.0, ampliando e

fortalecendo competências e habilidades técnicas e comportamentais como resolução de problemas, liderança, comunicação, trabalho em equipe, desenho técnico, normatização, gestão de projetos, custos e pessoas (BACICH, et al. 2017; BENDER, 2014).

A revitalização ou desenvolvimento de dispositivos para aulas experimentais em cursos de engenharia é um tema relevante, pois existe a sinergia das demandas das universidades públicas e também de formar melhor os futuros. Foi neste âmbito que o presente projeto foi construído.

2 METODOLOGIA

O equipamento em questão refere-se ao dispositivo Jominy criado pela turma de engenharia de materiais do ano de 2004.2 (Figura 1). O dispositivo apresentava um grau de deterioração avançado. O procedimento de revitalização consistiu em etapas de análise dimensional, seleção de materiais, reconstrução do projeto e validação do equipamento. As etapas foram desenvolvidas nos Laboratórios de Ensaios Mecânicos de Materiais (LEMat) e Ensino Ativo em Materiais (LEAM), ambos do Departamento de Engenharia de Materiais (DEMat) da UFRN.

Figura 1 - Dispositivo Jominy criado pela turma 2004.2.

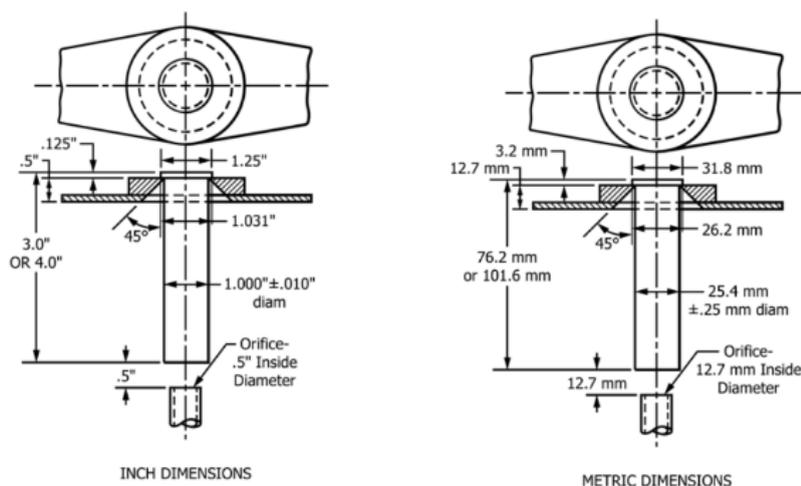


Fonte: Autoria própria.

2.1 Análise Dimensional

O dispositivo Jominy possui dimensões padronizadas para o suporte do tarugo ensaiado, distância entre tarugo e saída de água e diâmetro de saída de água. Nesta etapa aferiu-se às dimensões, utilizando um paquímetro, para verificar se o mesmo se encontrava dentro dos padrões estabelecidos pela ASTM A255 (ASTM A255, 2002). A Figura 2 ilustra as dimensões requisitadas para o dispositivo.

Figura 2 - Esquemático de suporte para ensaio Jominy.



Fonte: ASTM A255, 2002.

2.2 Seleção de Materiais

Nesta etapa, fez-se uma seleção de materiais relacionando seu custo-benefício para revitalizar a estrutura e proporcionar o uso nas disciplinas do curso de engenharia de materiais que envolvam tratamentos térmicos, comportamento mecânico e transformação de fases. Assim, separou-se em três grupos os materiais adquiridos (Figura 3) para realizar a revitalização e padronização segundo a norma ASTM A255 (2002): (1) revitalização do tambor do dispositivo, (2) readaptação e (3) inclusão de sistema hidráulico para bombeamento de água (Tabela 1).

Tabela 1 - Materiais utilizados para revitalização.

Grupos	Quantidade	Material	Preço (R\$)
Revitalização do tambor	1	Tinta esmalte base água branca	100,00
Revitalização do tambor	3	Lixa de ferro grão 60	5,50
Revitalização do tambor	1	Pincel 700 3/4	5,00
Ajuste de norma	1	Luva CPVC 15 mm	1,56
Bombeamento de água	1	Mangueira 2m	20,00
Bombeamento de água	1	Válvula	15,00
Bombeamento de água	2	braçadeira de aço	4,00

Fonte: Autoria própria

Figura 3 - Materiais utilizados para montagem de tubulações do dispositivo Jominy.



Fonte: Autoria própria.

Figura 4 - Material utilizado para pintura do dispositivo Jominy a) tinta; b) pincel.

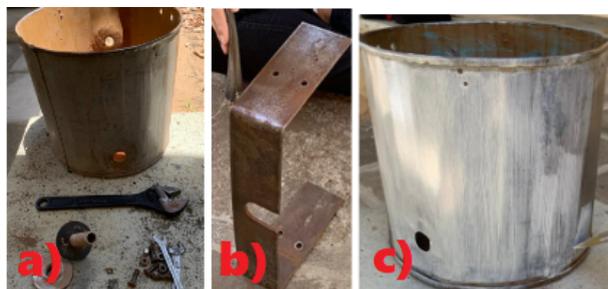


Fonte: Autoria própria.

2.3 Metodologia de Reconstrução do Projeto

A fase de execução consistiu no desmonte, lixamento, para retirar a oxidação generalizada na superfície, e a pintura do dispositivo, para evitar que a estrutura metálica volte a oxidar (Figura 5).

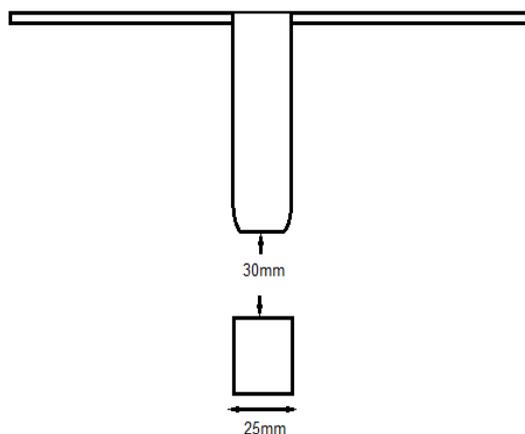
Figura 5 - Revitalização da estrutura com a) desmonte do equipamento; b) lixamento da área oxidada; c) pintura do tambor.



Fonte: Autoria própria.

A segunda fase de reconstrução foi a adaptação do dispositivo segundo a norma ASTM A255 (2002). Pois segundo o critério de avaliação dimensional, a saída de água se encontrava com o diâmetro de saída maior que o determinado e com uma distância maior da coluna de água (Figura 6).

Figura 6 - Imagem ilustrativa das dimensões correspondentes do dispositivo da turma 2004.2.



Fonte: Autoria própria.

Na terceira fase, fez-se a adaptação do sistema de recirculação de água. O projeto objetivou a reutilização da água. Para isso, usou uma bomba d'água (Figura 7) já disponível no departamento, tendo em vista que a temperatura da água não infringe a regra da faixa estipulada de temperatura, conforme a norma ASTM A255 (estar entre 5°C até 30°C por 10 minutos) (ASTM A255, 2002).

Figura 7 - Especificações da bomba utilizada.



Fonte: Autoria própria.

2.4 Validação do Equipamento

Como etapa final da revitalização, realizou-se um teste de funcionalidade referente às mudanças realizadas no dispositivo Jominy. Para atender aos critérios da norma ASTM A255 (2002) e ao ambiente onde serão executados os ensaios de temperabilidade. Os testes foram realizados no Laboratório de Fundição e Tratamentos Térmicos (LabFuTT), no Prédio do DEMat.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estrutura Revitalizada

A partir dos procedimentos adotados observou-se que a saída de água principal para o ensaio de temperabilidade não se encontrava padronizada, conforme a norma ASTM A255. O diâmetro e altura da coluna de água se encontravam com o dobro das dimensões estipuladas. Para ajustar, utilizou-se uma luva com diâmetro interno de 15 mm. No entanto, para a altura, levou-se em consideração a distância entre a base do tarugo com a saída de água, obtendo a distância de 15 mm (Figura 8) e, com auxílio de um arco de serra, fez-se um corte para adequação do tamanho.

Visando o reaproveitamento de água, acoplou-se o sistema de arrefecimento de um forno pré-existente no Laboratório de Fundição e Tratamentos Térmicos (LabFuTT). Para isso, realizou-se adaptações entre os canos e mangueiras possibilitando o bombeamento de água a partir de uma válvula com flange que possibilita o controle de fluxo da água (Figura 9).

Figura 8 - Saída d'água com da luva para adaptação
no dispositivo Jominy.



Fonte: Autoria própria.

Figura 9- Sistema hidráulico para reutilização de água.



Fonte: Autoria própria.

O suporte do tarugo é uma região que entra em contato com altas temperaturas. Para isso, o grupo acoplou em seu suporte pastilhas de mulita, uma cerâmica refratária, que suporta temperatura máxima até 1700 °C com condutividade térmica de 3,1 W/mk (Callister, 2002). Evitando assim, elevada troca de calor com o aço do suporte e o tarugo (Figura 10).

Figura 10 - Suporte do tarugo com acoplamento cerâmico.



Fonte: Autoria própria.

Após a montagem, o teste do contato da água com o tarugo foi considerado adequado, como mostra a Figura 11. A vazão de água na saída de encontro ao tarugo foi efetiva e não gerou acúmulo de água no tambor. A Figura 12 mostra o estado final do dispositivo Jominy devidamente identificado, após todas as atualizações mecânicas, hidráulicas, dimensionais e de design.

Figura 11 – Funcionamento hidráulico do dispositivo Jominy.



Fonte: Autoria própria.

Figura 12 – Dispositivo Jominy após todas as atualizações.



Fonte: Autoria própria.

3.2 Custo benefício

De acordo com os materiais comprados e o levantamento de preço realizado dos materiais adquiridos pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, a revitalização do dispositivo custou aproximadamente R\$151,00 reais. Cunha (2017), reportou um custo médio por dispositivo Jominy de R\$500,00 em 2017. Realizando o ajuste de preço de acordo com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), atualmente a montagem do dispositivo do zero se encontraria na faixa de R\$703,20 reais. Gerando assim uma economia de R\$552,20 para o Departamento de Engenharia de Materiais para ter o equipamento para uso em aulas práticas.

5. CONCLUSÃO

O dispositivo Jominy se encontra apto para uso em aulas práticas do curso de Engenharia de Materiais, conforme recomenda a norma ASTM A255.

A adição da bomba hidráulica para reutilizar água foi eficiente e reduzirá o gasto de água a cada experimento.

Durante o desenvolvimento do projeto, notou-se que os valores gastos para a produção do equipamento com materiais menos nobres resultaram em economia e na entrega de um excelente equipamento.

Os alunos avaliaram como positiva a metodologia baseada em projetos (ABPj), permitindo o desenvolvimento de competências como resolução de problemas, normatização, liderança, comunicação, trabalho em equipe, gestão de projetos, custos e pessoas.

A regularidade das reuniões em grupo corroborou com a organização prévia do ambiente de manufatura, aquisição dos materiais, compreensão da norma adotada e da inovação de baixo custo, contribuindo para a finalização do projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e ao Departamento de Engenharia de Materiais.

REFERÊNCIAS

- ALVES, esdras. **Projeto e Construção de um dispositivo Jominy para ensaio de temperabilidade em aços**. 2022. 43 f. TCC (Graduação) - Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 2022.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM A255**, Standard Test Methods for Determining Hardenability of Steel. In: Annual Book of ASTM Standards, 2020.
- BACICH, Lilian; MORAN, José (Orgs.). **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora: Uma Abordagem Teórico-Prática**. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2017. 260 p.
- BENDER, William N. **Aprendizagem Baseada em Projetos: Educação Diferenciada para o Século XXI**. 1. ed. Porto Alegre: Penso. 2014.
- CALLISTER, William D. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 5. ed. Rio de Janeiro – RJ, 2002.
- CUNHA, Carlos Eduardo da. **Projeto, construção e validação de aparato Jominy, segundo norma ASTM A255-02**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.
- REED-HILL, Robert E. **Physical Metallurgy Principles**. 2. ed., Copyright by Litton Educational Publishing, Inc., D. Van Nostrand Company. 1973.
- ROMÁN, Luiz Enrique Garay. **Fabricação do dispositivo Jominy para têmpera e caracterização de um aço médio teor de carbono**. 2022. 74 f. TCC (Graduação)- Engenharia de Materiais, Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território (ILATIT) da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz de Iguaçu, 2022.
- SCHEIDEMANTEL, renato. **Utilização de métodos teóricos para a avaliação da temperabilidade Jominy de aços com diferentes composições químicas**. Orientador: Luiz Carlos Pereira. 2014. 78 f. TCC (Graduação) - Engenharia Metalúrgica, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ABSTRACT

The Jominy Test is standardized and used to measure the hardenability of metallic alloys. Skills associated with hardenability, phase transformation, heat transfer and properties are essential for the training of materials engineers. The use of didactic-pedagogical equipment contributed directly to this initiative. In this sense, and considering that in the materials engineering course at the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), there was a demand for the Jominy device for practical classes in the discipline Phase

Transformation and Thermal Treatments, a proposal for the development of the revitalization of a device Jominy was held in 2022, based on the teaching methodology called Project-Based Learning (PjBL). Students begin the project on the first day of class of the school semester (four months), ending it on the last week of class, with the tutoring of the teacher and coordinator of the initiative, Bismarck Luiz Silva. Tutoring was done both face-to-face and online, through messaging apps. There was a partial presentation of the development of the project for the tutor and other students, in order to evaluate positive and negative points. In the construction of the device, the students used materials already available at the Department of Materials Engineering (DEMat) at UFRN. Among the steps for the reconstruction project, there was an evaluation of the state of the physical structure of the disused equipment. The ASTM A255 standard was consulted in order to standardize the dimensions between the components. Attentive to the aspect of sustainability, a plan was drawn up for the addition of a water recirculation system during the Jominy experiments. Metallic and polymeric parts were replaced with new ones, in addition to some components that were sanded and painted. The device was identified with the UFRN and DEMat logo. Finally, tests were carried out on the Jominy equipment. The final project was presented and the device delivered in conditions of use for practical classes. The present work, in addition to documenting the revitalization and standardization of the Jominy equipment, proposed the innovation of implementing a water pumping system to reduce water waste during the tests. In this way, it is aligned with the UNO Sustainable Development Goals (SDGs) such as: i. Industry, Innovation and Infrastructure (9); and ii. Sustainable Consumption and Production (12). It was verified that the equipment is considered economically viable to be replicated in universities and institutes with technical-scientific interest in the area. Additionally, students developed skills such as teamwork, problem solving, application of technical standards, technical design, project and cost management.

KEYWORDS: Materials Engineering; Project-Based Learning; Jominy Device.