

Aplicação de Cartas de Controle por Amplitude para Garantia da Qualidade de Ensaios de Tração

Jefferson Haag^{1,2}, **Etiene Benini Mendes**^{1,2}, **Afonso Reguly**^{1,2}, **Telmo Roberto Strohaecker**^{1,2}

¹ Laboratório de Metalurgia Física; ² Universidade Federal do Rio Grande do Sul

E-mail: jhaag@demet.ufrgs.br

Resumo: Laboratórios de ensaio tem implantado sistemas de gestão da qualidade, conforme a norma ABNT NBT ISO/IEC 17025, visando a obtenção de resultados confiáveis e rastreáveis. Dentre seus requisitos, o item da garantia da qualidade é um dos mais difíceis de se atender. As cartas de controle são ferramentas que possibilitam o acompanhamento do processo de análise do laboratório ao longo do tempo, permitindo a melhoria contínua de seus métodos. O objetivo desse trabalho é a construção de cartas de controle por amplitude para o ensaio de tração. Com base nos resultados, pretende-se melhorar o controle de qualidade dos ensaios.

Palavras-chave: Garantia da qualidade, Cartas de controle, Ensaio de tração.

Abstract: Testing laboratories have implemented quality management systems based on ISO/IEC 17025 standard, seeking to obtain reliable and traceable test results. Among the standard requirements, the quality assurance is one of the most difficulties to comply. Control charts are tool that enable the monitoring of the laboratory analysis process through time, allowing continuous improvement of its methods. This work aims to construct R-charts for tensile testing. Based on the results, it intends to improve the quality control of the tests.

Keywords: Quality assurance, Control charts, Tensile testing.

1. INTRODUÇÃO

Laboratórios de ensaio tem implantado Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQs), baseando-se na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 [1], e buscando a acreditação junto a CGCRE. Atualmente, apenas no Brasil, há cerca de 1038 laboratórios independentes acreditados junto a essa entidade.

Para obtenção da acreditação por essa norma, os laboratórios de ensaio devem atender a uma série de requisitos, entre os quais se inclui a garantia da qualidade de resultados de ensaio (requisito 5.9). São necessárias ferramentas que permitam o controle da qualidade para monitorar a validade dos ensaios, sendo elas relacionadas aos processos internos e externos, e quantificadas através de métodos estatísticos. Dentre esses métodos, podemos citar ensaios de proficiência,

comparação interlaboratorial, comparação bilateral, cartas de controle, estudo de RR, entre outros. A aplicação desses métodos, em conjunto com o atendimento aos demais requisitos normativos, visa o controle e a melhoria contínua dos ensaios realizados.

As cartas de controle são um dos métodos mais antigos utilizados para monitorar e controlar análises de rotina por causa da sua simplicidade e sua utilidade na detecção de tendências negativas nos trabalhos analíticos. O objetivo é detectar os efeitos negativos sobre os resultados e identificar sua fonte em potencial [2]. Existem diferentes tipos de cartas de controle à serem aplicadas na garantia da qualidade e, dentre estes, podemos destacar as cartas de controle por amplitude (ou *R-chart*), que é utilizada quando se deseja controlar a precisão da análise. Para isso, a amplitude é calculada como a diferença entre o resultado maior e o resultado menor de múltiplas análises da amostra de controle [3]. O método consiste em calcular a amplitude ($R = x_{\text{maior}} - x_{\text{menor}}$) e os limites de controle ($LC = \bar{R}$, $LIC = \bar{R} \cdot D_3$ e $LSC = \bar{R} \cdot D_4$), e construir as cartas considerando a média das amplitudes como linha central do gráfico e os limites calculados como as delimitações de controle [4] [5].

Ensaio de tração são amplamente utilizados na indústria para o controle de qualidade dos materiais desde o recebimento da matéria prima até a homologação de produtos. Dentre as propriedades obtidas no ensaio, podemos citar o limite de resistência à tração (LR), limite de escoamento (LE) e o alongamento (AL%). As normas ASTM E8/E8M [6] e ISO 6892-1 [7] ditam os requisitos e métodos para realização do ensaio de tração à temperatura ambiente.

Na literatura, é pouco observado a aplicação de cartas de controle em laboratórios mecânicos, cujos ensaios são realizados em amostras de qualidades variadas. Libardi [8] realizou as cartas de controle de média para o módulo de

elasticidade, fazendo-se medidas de força e deformação na região elástica. Por sua vez, Faria e Libardi [9] utilizaram as cartas de controle por média para garantir a qualidade de máquinas de ensaios de tração, obtendo valores de força máxima. Apesar desses autores utilizarem as cartas de controle para verificação da qualidade das máquinas de ensaio, o uso dessa ferramenta para monitoramento dos resultados do ensaio não é abordado, sendo então uma lacuna a ser estudada.

O Laboratório de Metalurgia Física (LAMEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul é acreditado pela CGCRE na realização de ensaios mecânicos-metalúrgicos desde 2010, possuindo 56 ensaios/métodos em seu escopo de acreditação. Como parte da melhoria contínua do sistema de gestão, busca-se ferramentas capazes de monitorar e otimizar a qualidade dos ensaios.

Esse trabalho visa construir cartas de controle por amplitude (*R-charts*) para monitorar a qualidade das principais propriedades obtidas pelo ensaio de tração, sendo este um dos ensaios padronizados mais solicitados ao laboratório.

2. MÉTODOS

Este trabalho consiste em ensaios de tração com amostras contendo triplicatas de corpos de prova de seção circular. As dimensões padrões são diâmetro de 10mm e comprimento útil de 50mm. A Figura 1 mostra uma representação esquemática dos corpos de prova ensaiados.

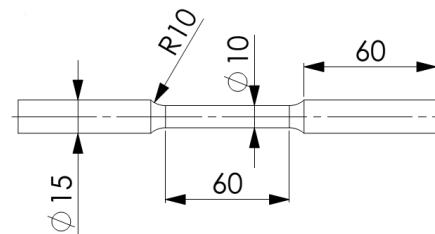


Figura 1. Corpo de prova do ensaio de tração.

Os ensaios de tração foram realizados em uma máquina eletromecânica marca Instron modelo 5585H, seguindo métodos padronizados baseados

na norma ISO 6892-1 [7]. Foram calculadas as propriedades de limite de escoamento, limite de resistência e alongamento para cada amostra.

As cartas de controle por amplitude foram construídas utilizando as triplicatas de ensaios e calculando a amplitude entre as amostras ao longo de 12 meses. Assim, a análise de cada propriedade foi realizada com 20 amostras. Os valores adotados de D_3 e D_4 foram de 0 e 2,574; respectivamente. Caso algum ponto estiver fora dos limites de controle, este precisa ser excluído do cálculo dos limites de controle devem ser recalculados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2 a 4 mostram as cartas de controle por amplitude para o limite de resistência, limite de escoamento e alongamento, respectivamente. Todos os pontos ficaram dentro dos limites de controle para a propriedade de limite de escoamento. Por outro lado, foram observados dois pontos fora dos limites, considerando-os assim como causas especiais, tanto para o limite de resistência quanto para o alongamento.

Como foram observadas pontos considerados como causas especiais, é necessário realizar uma análise crítica e identificar a razão da ocorrência do potencial problema no processo de análise. Este fato deve ser registrado formalmente no sistema da qualidade do laboratório.

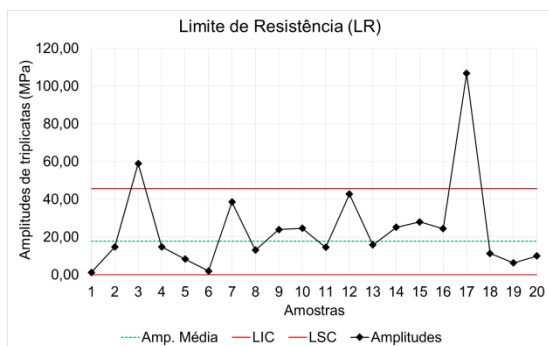


Figura 2. Carta de amplitude por amplitude para o limite de resistência.

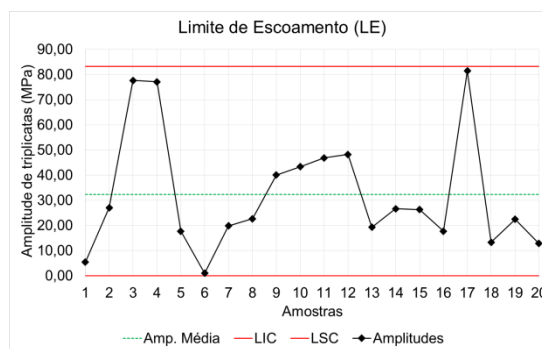


Figura 3. Carta de amplitude por amplitude para o limite de escoamento.

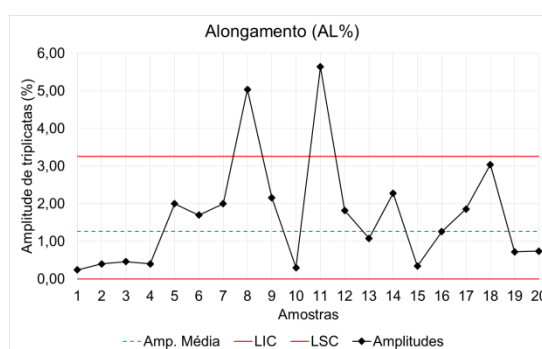


Figura 4. Carta de amplitude por amplitude para o alongamento.

Nos casos das causas especiais para o limite de resistência e do alongamento, a análise crítica foi realizada pela equipe da qualidade, levantando as ações corretivas adequadas. Em ambos os casos, as fontes para ocorrência podem estar associadas a: equipamento pessoal e suprimentos/serviços. Buscou-se analisar fonte-a-fonte para encontrar a causa-raiz e agir preventivamente.

Os equipamentos se encontravam-se calibrados e em estado adequado de manutenção, sendo assim, essa fonte foi desconsiderada. Avaliando a segunda possível fonte (pessoal/operadores), sabe-se que os ensaios são realizados por diversos usuários (seis operadores) e contatou-se que as causas especiais não ocorreram com o mesmo operador. Logo, a variação não está associada ao erro sistemático de apenas um operador. Como o sistema depende da experiência do operador, principalmente no alongamento, onde o método

necessita que o operador meça o comprimento inicial e final do corpo de prova, constatou-se que todos os operadores estavam treinados, porém os prazos entre os treinamentos estavam muito extensos (maiores que um ano). Sendo assim, sugeriu-se reduzir os prazos para seis meses, implementando métodos de avaliação da eficácia de treinamentos consistentes. Por fim, a última fonte não foi considerada relevante, pois todas as amostras são verificadas no recebimento por analistas autorizados pelo sistema de gestão, garantindo assim que as amostras estão de acordo com as tolerâncias dimensionais.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com as cartas de controle por amplitude possibilitaram a maior compressão do método de ensaio, sendo considerada uma ferramenta para o monitoramento e garantia da qualidade. A partir de sua utilização, pode-se detectar que haviam causas especiais, isto é, desvios acima dos limites de controle. Por fim, foram sugeridos que os prazos dos treinamentos fossem reduzidos, visando a atualização dos colaboradores que executam os ensaios de tração no laboratório.

REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira de Normas Técnicas. “ABNT NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaios e calibrações”. Rio de Janeiro, 2005.
- [2] M. Simonet. “Quality control in qualitative analysis”. Trends in Analytical Chemistry, v.24, n.6, p.525-531. 2005.
- [3] T.B. Turuta. “Aplicação de cartas de controle como ferramenta de melhoria frente às dificuldades operacionais de laboratórios acreditados na ABNT NBR ISO/IEC 17025”. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. 2015.

- [4] F.M. Albano, M.T. Raya-Rodriguez. “Validação e garantia da qualidade de ensaios laboratoriais”. Rede Metrológica RS. Porto Alegre. 2009.
- [5] D.C. Montgomery. “Introduction to statistical quality control”. 5ª Ed. John Wiley & Sons. 2005.
- [6] American Society for Testing and Materials (ASTM International) “ASTM E8/E8M– 15a: Standard test methods for tension testing of metallic materials”. Pennsylvania, 2015.
- [7] International Organization for Standardization “ISO 6892-1:2009 Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature”. 2009.
- [8] R. Libardi. “Cartas de controle de média para utilizar em uma máquina de ensaios de tração”. Banas Qualidade. p.98-103. São Paulo, 2010.
- [9] D. Faria, R. Libardi. “Utilização das cartas de controle de média para controle das máquinas de ensaios de tração do Laboratório de Materiais da Universidade Metodista de Piracicaba”. 19 Congresso de Iniciação Científica da Universidade Metodista de Piracicaba-UNIMEP. Santa Bárbara do Oeste, 2010.