



METROLOGIA – UMA DISCIPLINA AGREGADORA DE MÚLTIPLOS CONHECIMENTOS

Fabiana Rodrigues Leta

Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156 - São Domingos – 24210-240 - Niterói – RJ - fabiana@ic.uff.br

Stella Maris Pires Domingues

Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156 - São Domingos – 24210-240 - Niterói – RJ - stella@mec.uff.br

Resumo. *Apresenta-se neste artigo uma nova abordagem de ensino para a disciplina de Metrologia. O principal objetivo desta disciplina, no Curso de Engenharia Mecânica da UFF, é transmitir ao aluno os conceitos formais de Metrologia, e, desenvolver neste a capacidade de elaboração de mecanismos para avaliação da qualidade de produtos. Nesta abordagem, o produto a ser estudado é escolhido pelo aluno, que não fica limitado somente à área de Metrologia Dimensional. A partir deste estudo é desenvolvido por cada aluno um projeto que abrange os conceitos de: Metrologia, Controle de Qualidade e Fabricação. Em alguns casos, estes projetos levam à criação de protótipos capazes de avaliar a qualidade de produto através de testes. A motivação central do curso está na busca de mecanismos capazes de avaliar a qualidade do produto escolhido. A qualidade do produto está associada à capacidade deste de alcançar os fins determinados no projeto, mantendo a satisfação do cliente. Neste contexto o curso de Metrologia passa a agregar conhecimentos de outras disciplinas de Engenharia, tendo em vista que a qualidade de um produto pode envolver múltiplas áreas.*

Palavras-chave: *Metodologia de Ensino em Engenharia Mecânica, Metrologia, Controle de Qualidade.*

1. INTRODUÇÃO

A implantação da disciplina Metrologia no Curso de Engenharia Mecânica da UFF teve como principal objetivo fornecer aos alunos de graduação conceitos formais de Metrologia Dimensional, de forma integrada a práticas de laboratório, tendo em vista que alguns destes conceitos encontravam-se dispersos em disciplinas do Setor de Fabricação Mecânica. A necessidade de conscientização e motivação dos alunos para a qualidade, assim como a associação intrínseca entre Metrologia e Qualidade, ampliou o escopo das atividades do curso. A qualidade, em um sentido mais amplo, é o resultado da obtenção de um produto que satisfaça plenamente as necessidades de um cliente. Dentro deste cenário, a Metrologia, ciência da medição, apresenta-se de modo estratégico para a realidade industrial brasileira por ser a base técnica da qualidade. Os desdobramentos da Metrologia têm uma larga abrangência, tanto em relação à sua interdisciplinaridade, quanto ao seu nível de atuação. Com efeito, a Metrologia mostra-se fundamental em diferentes níveis de aplicação, desde o “chão de fábrica” até o desenvolvimento de tecnologias altamente sofisticadas, sendo também tecnologia fundamental em todas as áreas de atuação da

indústria. Inicialmente, para ressaltar a importância da Metrologia como meio de assegurar a qualidade dos produtos, os conhecimentos das disciplinas de Processos de Fabricação por Usinagem foram aplicados na avaliação da qualidade de máquinas-ferramenta. Desta primeira experiência surgiram as demais que motivaram os alunos a pesquisarem produtos previamente testados pelo INMETRO e por laboratórios específicos. Desta pesquisa resultaram experiências que envolveram conceitos e conhecimento de outros campos da Metrologia, como força, pressão, ótica, entre outros.

2. METROLOGIA E QUALIDADE

2.1. Metrologia

Metrologia é a ciência da medição. Medição é o conjunto de operações que tem como objetivo determinar o valor de uma grandeza. A Metrologia abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em qualquer campo da ciência ou tecnologia (INMETRO, 1995).

O resultado de uma medição é sempre um valor ou dado, mais a unidade de medida que caracteriza o mensurando, acompanhado de uma incerteza de medição. O cálculo da incerteza de medição está associado à natureza do mensurando, dos padrões utilizados, das influências externas (temperatura, umidade, pressão, aceleração da gravidade etc.) e do processo de medição (Theisen, 1997).

O resultado da medição é a melhor estimativa do valor do mensurando. Desse modo, a qualidade do que está sendo medido está associada ao grau de confiabilidade do resultado gerado (Waeny, 1992). O maior ou menor grau de confiabilidade está relacionado ao processo empregado na obtenção do resultado da medição. Assim, para se avaliar a qualidade de um produto, ou seja, se este produto atende à sua especificação inicial, é necessário que sejam realizadas medições para testar sua confiabilidade. Os dados obtidos após as diversas medições são então avaliados a partir de conceitos básicos apresentados no curso de Metrologia.

A Metrologia pode ser aplicada a diferentes áreas do conhecimento tais como: Mecânica, Acústica e Vibrações, Eletricidade, Química, Térmica e Óptica. Existindo, em cada uma dessas áreas, uma vasta quantidade de unidades de medida.

2.2. Importância do Controle de Qualidade

No mundo de hoje, as mudanças ocorrem de uma maneira cada vez mais intensa. São conseqüências da rápida evolução social, tecnológica e, acima de tudo, mental que a humanidade vem atravessando. Estas mudanças põem à prova a sobrevivência das empresas em todo o mundo, abalando as mais sólidas estruturas empresariais. Empresas pequenas e rápidas absorvem o mercado de empresas grandes e lentas, empresas que possuem seus produtos e serviços certificados pelas Normas Internacionais são preferidas pelo consumidor, em detrimento das que não possuem.

O objetivo do Controle de Qualidade Total (CQT) é proporcionar condições, dentro da empresa, que garantam a absorção destas mudanças. O CQT é exercido por todos os elementos participantes de um processo, para obter resultados que satisfaçam as necessidades de todas as pessoas envolvidas no processo, em especial o seu cliente (Werkema, 1996).

Para atingir as metas de qualidade total, é essencial ter um bom sistema de padronização montado na organização. A padronização simplifica as etapas a serem seguidas para alcançar a meta, e envolve o uso de normas, limitação ou diminuição de tipos, uniformização de métodos de avaliação, de projeto, da comunicação e documentação, e da execução dos processos.

Aos padrões de execução de processos estão relacionados os procedimentos operacionais, desenvolvidos para cada atividade relacionada com a Qualidade. Tais procedimentos devem descrever os objetivos e o desempenho dessas atividades para que a Qualidade seja atingida.

Para que a padronização seja universalmente aceita é necessário que seja baseada em Normas Internacionais. Dependendo da atividade para a qual se destina o produto ou serviço, há um grande número de normas, regulamentos ou códigos que regem a implantação dos Sistemas de Qualidade.

Uma empresa deve ser capaz de demonstrar a qualquer tempo, a conformidade de seus produtos e serviços aos requisitos e necessidades de seus clientes, ou seja, garantir a qualidade de seus processos. As empresas que conseguem isso podem ser certificadas, em relação a uma das Normas da Série ISO 9000, isto é, órgãos competentes e idôneos reconhecem o Sistema de Qualidade implantado na empresa, e emitem um Certificado de Garantia da Qualidade do processo ou do produto desenvolvido na empresa.

2.3. Controle de Qualidade em Laboratórios

Como exigência do Sistema de Qualidade implantado em Laboratórios de Metrologia, conforme as normas da série ISO 9000 e atualmente a norma ISO / IEC GUIDE 25, todos os procedimentos operacionais para as atividades que contribuam direta e indiretamente para a Qualidade devem ser registrados e incluídos no Manual da Qualidade do Laboratório (ABNT e INMETRO, 1998). Entre estes procedimentos operacionais encontram-se os procedimentos metrológicos, de grande importância no sentido de garantir a confiabilidade dos serviços prestados.

Os procedimentos metrológicos podem ser divididos em procedimentos de medição e procedimentos de calibração, existindo ainda os procedimentos de manutenção.

Procedimentos de medição consistem no “conjunto de operações, descritas especificamente, usadas na execução de medidas particulares, de acordo com um dado método” (INMETRO, 1995). O INMETRO observa ainda que “um procedimento de medição é usualmente registrado em um documento, que algumas vezes é denominado procedimento de medição (ou método de medição) e normalmente tem detalhes suficientes para permitir que um operador execute a medição sem informações adicionais”.

Os procedimentos de medição de um instrumento devem descrever detalhadamente cada uma das medições possíveis no instrumento, em concordância com as normas do INMETRO e outras afins, sendo individual para cada instrumento.

Os procedimentos de calibração descrevem a maneira pela qual os instrumentos devem ser calibrados, de modo que estes sejam rastreados pelo padrão nacional (INMETRO). Em outras palavras, tomando como exemplo a Metrologia Dimensional, este procedimento certifica se a leitura obtida no instrumento é compatível com a Definição Internacional do Metro, dentro de uma tolerância preestabelecida. Tais procedimentos devem ser rigorosos, devendo estar completamente em conformidade com as normas internacionais e da ABNT.

3. METODOLOGIA DE ENSINO NO CURSO DE METROLOGIA

3.1. Metrologia Dimensional no Curso de Engenharia Mecânica

Desde a última reforma curricular, é oferecida aos alunos de graduação em Engenharia Mecânica a disciplina Metrologia Dimensional. Esta disciplina tem por objetivo conscientizar, motivar e formar pessoal qualificado para atuar em Metrologia, seja: na indústria, em laboratórios de calibração e ensaios ou em pesquisa.

A disciplina conta com a infra-estrutura do Laboratório de Metrologia Dimensional da UFF (LMD - UFF). O LMD existe num contexto universitário que tem como objetivos mais amplos o ensino (formação

de recursos humanos de Graduação e Pós-Graduação), a pesquisa (projetos na área de Metrologia) e a extensão (repasso de tecnologia à comunidade industrial).

Além do LMD, encontra-se a disposição dos alunos outros laboratórios para o desenvolvimento das atividades do curso de Metrologia. Os laboratórios mais procurados são: Laboratório de Ensaio Mecânicos (LEM), Laboratório de Tecnologia Mecânica (LTM), Laboratório de Metalografia e Tratamentos Térmicos (LABMETT), Laboratório de Automação, Processamento de Imagens e Sinais (LAPIS) e Laboratório de Reologia (LARE).

O programa desta disciplina é constituído, resumidamente, de: princípios básicos da Metrologia; noções de cadeias de rastreabilidade e Certificação; técnicas de Controle da Qualidade em fabricação, através de análise estatística; e, estudo e manejo de instrumentos de medição de uso comum na indústria. O programa prevê ainda aulas práticas no Laboratório de Metrologia Dimensional.

Atualmente vem sendo adotada uma abordagem inovadora no curso de Metrologia, que consiste no desenvolvimento de projetos que estimulam os alunos, a partir da seleção de um produto comercial, a criarem procedimentos que permitam avaliar a qualidade do mesmo. Adotou-se esta nova metodologia em função do incentivo que o INMETRO vem dando à realização de certificações voluntárias de produtos comercializados.

A avaliação da conformidade de produtos consiste em um processo sistematizado, acompanhado e avaliado de forma a assegurar que um produto, serviço, processo ou profissional atenda a requisitos de normas ou regulamentos preestabelecidos. A avaliação da conformidade normalmente envolve ações visando o estabelecimento de normas ou regulamentos, ensaios e auditorias para avaliação de sistemas da qualidade (INMETRO, 2001). Neste contexto, a disciplina de Metrologia Dimensional deve estimular a avaliação da conformidade de produtos.

Os projetos são desenvolvidos, individualmente pelos alunos, de acordo com as seguintes etapas:

- (1) **Identificação do produto** – o aluno deve selecionar um produto acabado que servirá como objeto de estudo durante o curso. A escolha deste produto também deve destacar sua aplicação.
- (2) **Identificação das principais características do produto** – nesta etapa o aluno deve reconhecer os principais itens do produto que devem atender a critérios de qualidade.
- (3) **Pesquisa de normas técnicas** - o aluno deve pesquisar as principais normas e documentações de referência aplicáveis aos itens em estudo.
- (4) **Seleção de procedimentos de avaliação** – o aluno deve selecionar alguns procedimentos de ensaio que permitam a avaliação da comprovação de conformidade de um item.
- (5) **Desenvolvimento de novos procedimentos** - no caso de não existirem normas técnicas específicas para avaliação do produto, cabe ao aluno desenvolver um procedimento.
- (6) **Execução do(s) procedimento(s) de ensaio** – o aluno deve executar o(s) procedimento(s) pertinente(s) à avaliação dos itens, respeitando as normas técnicas cabíveis.
- (7) **Avaliação dos resultados** – os resultados devem ser discutidos destacando-se a qualidade dos itens do produto.
- (8) **Apresentação dos resultados** – o aluno deve apresentar os resultados de acordo com o estabelecido pela RBE.

Cabe ressaltar que, por limitações operacionais e de tempo, não são realizados ensaios em lotes do produto, ficando-se restrito a somente uma ou poucas amostras.

A seleção do produto e dos itens de teste costuma envolver múltiplos conhecimentos, não se restringindo apenas à área dimensional, mesmo porque, os itens de conformidade a serem avaliados raramente são somente de uma área de conhecimento.

3.2. Apresentação de Casos

Para exemplificar os tipos de produtos e o desenvolvimento da abordagem proposta, são apresentados, resumidamente, alguns temas de projetos desenvolvidos por alunos da disciplina de Metrologia.

Entre os produtos analisados pode-se destacar a lata de refrigerante. Uma das características avaliadas foi a capacidade de abertura do lacre, que consistiu em determinar se o lacre suporta, dentro dos limites dos ângulos determinados, executar a abertura da lata, sem se partir antes, o que resultaria na perda do produto. Um outro item analisado foi a rotulagem. O procedimento verificou se as informações relevantes estavam impressas na lata, como fabricante, validade, composição química, indicação de volume, indicação de teor alcoólico, símbolo de reciclagem. Foi também realizado um teste de queda, que consistiu em verificar qual a altura máxima para que não ocorra o rompimento da lata ou qualquer outro dano ao produto.

Além deste caso podem ser citados os seguintes projetos de avaliação de qualidade de produtos: fusíveis, resistores elétricos, serras, torno, extrusora, embalagens plásticas etc.

A seguir são apresentados detalhadamente dois projetos desenvolvidos, no primeiro destaca-se a existência de normas adequadas para verificação da qualidade do produto, além da agregação de conhecimentos de Elétrica, e, no segundo observa-se o desenvolvimento de um protótipo para teste.

3.2.1. Fusíveis

A importância deste primeiro trabalho foi estimular o aluno na busca de Normas, Certificados e outras informações técnicas que venham a tornar possível a avaliação de desempenho do produto escolhido. Antes desta busca, o aluno selecionou o produto a ser estudado (fusíveis) e identificou os principais itens deste que deveriam atender os critérios de qualidade. Destaca-se este projeto em função do aprendizado de outra área de conhecimento diferente da Dimensional.

Por limitação de espaço, a apresentação deste trabalho vai se deter à seleção das características e a comparação entre as diferentes Normas.

Alguns fatores envolvem uma boa seleção de fusíveis, pois a escolha correta determinará o melhor desempenho e maior segurança para seus aparelhos e circuitos.

(1) Identificação do produto - Fusíveis.

(2) Identificação das principais características do produto

-Corrente nominal de operação.

A determinação da corrente que melhor se enquadre ao seu projeto, normalmente é determinada pelo fabricante e estampada no fusível.

-Temperatura ambiente.

Estimar qual será a variação de temperatura ambiente do seu equipamento em operação.

-Sobrecarga de corrente e duração do tempo em que o fusível deve abrir (Tempo de fusão).

Tempo decorrido quando um fusível sofre uma sobrecarga e inicia a ruptura do elemento e o instante em que se inicia o arco.

-Tipo de ação.

Está relacionado com as características tempo x corrente do fusível. Estimar qual a mais adequada.

- Estimativa de tamanho, comprimento, diâmetro e altura do fusível.

(3) Pesquisa de normas técnicas

UL - No registro UL estão contidas todas as exigências da UL/CSA 248-14 - Fusíveis para proteção de sobrecargas.

Os testes de índice de amperagem da UL são conduzidos a 110%, 135% e 200% da corrente nominal tabelada. O fusível deve conduzir 110% do seu índice de amperagem e estabilizar a uma temperatura que não exceda a 75°C.

O fusível deve abrir a 135% da corrente nominal dentro de 1 hora e a 200% da corrente nominal dentro de 2 minutos para 0-30 A e 4 minutos para 35-60 A.

RU - UL Reconhecido, quando a UL realiza testes para utilização específica de um fusível.

CSA - A Certificação da CSA no Canadá é equivalente ao registro de Aprovação da UL nos Estados Unidos. O programa de aprovação da CSA é idêntica ao UL Reconhecido, pois permite ao fabricante criar a sua própria especificação, efetuar os testes e aprová-los.

MITI - A aprovação da MITI no Japão é similar a aprovação da UL nos Estados Unidos.

MIL-F-15160 e **MIL-F-23419** - Estas especificações controlam fusíveis adequados para uso em aplicações eletrônicas Militares, segundo a *Internacional Electrotechnical Commission* (IEC). A IEC ao contrário da UL e CSA, somente edita as normas e não aprova nem homologa fusíveis. Enquanto que a UL e CSA especificam e são responsáveis pelos testes e fornecem as aprovações. As aprovações para especificações da IEC são dadas pelas organizações como SEMKO (*Swedish Institute of Test and Approvals of Electrical Equipment*) e BSI (*British Standards Institute*) - Instituto de Padrões Britânico. A publicação 127, Classe I, II, III e V (250V), define dois níveis de capacidade de interrupção: Fusíveis de baixa capacidade e alta capacidade de interrupção.

Fusíveis de baixa capacidade de interrupção devem passar em testes de 35 A ou 10 vezes a capacidade da corrente, enquanto que fusíveis de alta capacidade de interrupção devem passar em testes de 1500 A.

(4) Seleção de procedimentos de avaliação

Após este estudo o aluno escolheu um tipo de fusível para aplicar os testes de desempenho de qualidade. Para tanto foi escolhido um fusível registrado pela UL e certificado pela CSA.

(5) Desenvolvimento de novos procedimentos

Não foi necessário desenvolver novos procedimentos tendo em vista a existência de normas específicas.

(6) Execução do(s) procedimento(s) de ensaio

Os testes seguiram explicitamente à norma recomendada, não ocorrendo anormalidades durante a execução dos procedimentos.

(7) Avaliação dos resultados

Tendo em vista a realização de testes em apenas dez produtos, não foi possível discutir sobre a qualidade da amostra, uma vez que esta não foi obtida de maneira controlada. Dos dez produtos testados, sete encontravam-se de acordo com o estabelecido pela norma técnica.

(8) Apresentação dos resultados

Os resultados foram apresentados segundo modelo disponibilizado de relatório técnico.

3.2.2. Latas de refrigerante

Neste trabalho, além da escolha do produto, do levantamento de itens, da escolha de Normas técnicas e da seleção de procedimentos de avaliação, o aluno elaborou um protótipo para execução do procedimento de ensaio.

As análises realizadas se referem a latas de refrigerante, e consistem em determinar se a marca testada está em conformidade com as normas técnicas ou com os procedimentos adotados para determinar características outras que não possuam norma específica.

Define-se procedimento qualquer roteiro formalizado com a finalidade de determinar características do produto, que não possam ser obtidas seguindo-se as normas técnicas, seja por falta de uma norma específica para a determinação desta característica, ou pela dificuldade de se obter ou se adaptar uma norma preexistente ao problema proposto.

(1) Identificação do produto - Latas de refrigerante.

(2) Identificação das principais características do produto

Qualidade de abertura do lacre, desempenho em queda e rotulagem.

(3) Pesquisa de normas técnicas

NBR 9474 - determinação de desempenho em queda

NBR 10531 - definição de termos referentes a embalagens metálicas

NBR 11276 - classificação de latas com até 20 litros

NBR 10532 - determinação do volume de líquido em latas

(4) Seleção de procedimentos de avaliação

Foram selecionados os seguintes itens para avaliação: capacidade de abertura do lacre, rotulagem e teste de queda.

(5) Desenvolvimento de novos procedimentos

Para a determinação das características do produto, serão propostos os seguintes procedimentos, visto que ocorre uma impossibilidade de obtenção de normas específicas sobre o assunto, ou as normas existentes e citadas anteriormente não são adaptáveis ao problema proposto:

a) Capacidade de abertura do lacre

Para a medição da capacidade de abertura do lacre, deve ser observado que a lata e o lacre estejam sem danos na sua estrutura (amassados, pontos de ferrugem, etc). Também deve ser considerado um ângulo de rotação mínimo, que não comprometa a estrutura do lacre no ato de abertura da lata, Fig. 1. Este procedimento determina se o lacre suporta, dentro dos limites dos ângulos determinados, executar a abertura da lata, sem se partir antes, o que resultaria na perda do produto.

O ângulo beta deve ser igual a $\pm 5^\circ$, para se ter uma abertura ideal. Também, como forma de averiguar a capacidade de abertura do lacre, pode ser construído um sistema que possibilite a medição da força necessária para a abertura da lata. Neste ponto, é sugerido um modelo para a medição desta força.

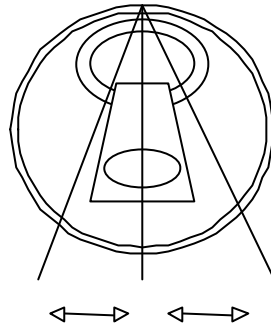


Figura 1. Ângulo máximo admissível para rotação do lacre = β .

O modelo proposto consiste de um fixador para a lata (torno de bancada, ou similar), com um cabo para tracionar o lacre, fixado por uma pequena garra, faz-se a medida da força necessária acrescentando-se pesos medidos, gradativamente. A força de abertura é medida quando o lacre rompe a tampa da lata, pois a força seguinte será menor, para encerrar a ação de abertura, Fig. 2.

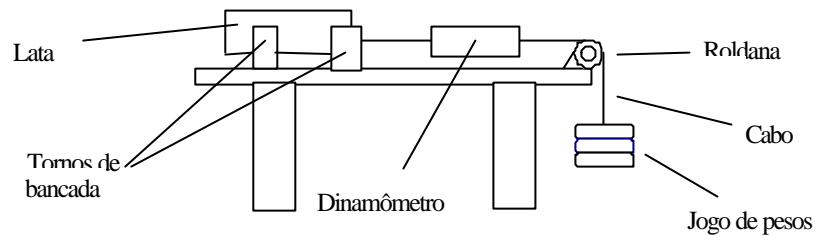


Figura 2. Esquema para medição da força de abertura da lata.

Como forma de auxiliar na medição da força, pode-se associar ao cabo de tração um dispositivo medidor de força, como um dinamômetro, que fará a leitura imediata da força, sem serem necessárias conversões matemáticas.

Pode-se também, após a medição da força de abertura, medir-se o maior ângulo possível para que haja a abertura da lata, variando-se a posição do lacre.

Segue alguns dados fornecidos pelo fabricante das latas referentes aos esforços suportados pelos componentes das mesmas:

Rompimento da escotilha: 4,5 PSI = 0,316 kgf/cm²

Abertura da escotilha: 5,5 PSI = 0,385 kgf/cm²

Resistência do anel: 6,0 PSI = 0,420 kgf/cm²

b) Rotulagem

Este procedimento analisa se as informações relevantes estão impressas na lata, como fabricante, validade, composição química, indicação de volume, indicação de teor alcoólico, símbolo de reciclagem.

c) Teste de queda

Este procedimento estipula uma altura máxima que deve ser obedecida para que não ocorra rompimento da lata ou qualquer outro dano que resulte na condenação do produto. Analisando a altura de uma pessoa normal, estipula-se esta altura de queda como sendo de 1,4 m.

(6) Execução do(s) procedimento(s) de ensaio

Os testes escolhidos foram executados no Laboratório de Tecnologia Mecânica da UFF (LTM). Foi escolhido como ensaio principal, o teste de tração para determinação da força de abertura da lata, feita pelo lacre.

- Rotulagem

O ensaio para rotulagem analisou se as informações sobre o produto estão de acordo com o estipulado.

- Volume

Com o auxílio de um frasco perfeitamente cilíndrico, foi medido o volume do líquido na lata.

- Teste de tração

Com um balde associado ao conjunto mostrado anteriormente, substituindo o jogo de pesos, foram obtidos resultados dentro da faixa especificada, ou seja, não foi preciso alcançar a força necessária para a ruptura do lacre, ou da escotilha, para que esta se abrisse.

(7) Avaliação dos resultados

A análise tem como finalidade comparar, segundo as normas citadas, ou os procedimentos estipulados, a adequação do produto analisado, com relação a informações de rotulagem, volume, resistência a choque mecânico (queda) e dispositivo de abertura (mínima força exigida).

Ressalta-se que a análise realizada foi para somente uma marca de refrigerante e que somente foi considerado um teste entre os anteriormente citados.

Não foi observada nenhuma anormalidade em relação à rotulagem estipulada, tendo a marca todas as informações pertinentes relacionadas na lata.

Como resultado observou-se que tanto o lacre quanto a escotilha suportaram a força aplicada para a abertura, sem que ocorressem falhas na abertura.

Devido à modificação no procedimento de cálculo para abertura, não foi possível medir a variação angular admissível do lacre, nem a exata força aplicada até a abertura.

Quanto ao volume, observou-se um erro pequeno menor do que 0,8 %, erro este em parte devido à formação de pequena camada de espuma, e conseqüente perda de material por evaporação, em virtude do tempo de espera necessário ao assentamento da espuma.

(8) Apresentação dos resultados

Os resultados foram apresentados conforme normas de relatório técnico (parte destes resultados encontra-se destacada no presente artigo).

4. CONCLUSÕES

A disciplina de Metrologia agrega múltiplos conhecimentos em Engenharia no momento em que se estimula a análise da qualidade de diversos itens produzidos pela indústria, visando a competitividade nos mercados interno e externo. A avaliação da conformidade destes itens capacita o aluno a desenvolver habilidades em projetos de controle de qualidade. O aluno deve conhecer o processo de fabricação e os requisitos de qualidade dos itens para poder avaliá-los. No desenvolvimento desta atividade são empregados também conhecimentos fundamentais de tratamento estatístico de dados, além dos conhecimentos pertinentes ao projeto a ser analisado. Estes podem estar associados às seguintes áreas: dimensional, elétrica, de fabricação, de ensaios, de materiais, entre outras.

A metodologia de ensino adotada na disciplina de Metrologia da UFF vem permitindo a formação de pessoal qualificado com capacidade de atender às necessidades atuais do mercado na área de Metrologia, tanto em nível tecnológico quanto de formação de recursos humanos. Alguns ex-alunos da disciplina vieram a atuar em diferentes Laboratórios do INMETRO (Dimensional, Força e Dureza, Acústica e Vibrações, entre outros). O aproveitamento de recursos humanos em diversas áreas demonstra o caráter multidisciplinar do curso de Metrologia.

A nova abordagem dada à disciplina de Metrologia permite que alunos de outros cursos de Engenharia também participem das atividades, assimilando os conceitos fundamentais da área e desenvolvendo projetos relacionados a sua habilitação. Isto demonstra a importância da Metrologia para a formação de engenheiros em função do seu caráter multidisciplinar. Com isso a disciplina agrega também os conhecimentos e experiências comuns à realidade de outras áreas.

Tradicionalmente a metodologia adotada em disciplinas de Metrologia consta de transmissão de conceitos e realização de práticas laboratoriais. Apesar da disciplina não ser tipicamente de projeto, na metodologia adotada na UFF o aluno aplica os conhecimentos obtidos através do desenvolvimento de um projeto que inclui, em alguns casos, a elaboração de procedimentos para avaliação da qualidade.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos aos ex-alunos da disciplina de Metrologia, cujos projetos contribuíram no estudo de casos e na validação da metodologia proposta. Agradecimentos em especial a Sérgio Mota e Bruno G. Moulin autores dos trabalhos destacados neste artigo.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT e INMETRO, 1998, “Guia para a Expressão da Incerteza de Medição”, 2ª ed., Rio de Janeiro, Brasil, 120p.
- INMETRO, 2001, <http://www.inmetro.gov.br>.
- INMETRO, 1995, “Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia”, CIDIT, RJ, Brasil, 52p.
- Theisen, A. M. de F., 1997, “Fund. da Metrologia Industrial”, ed. Suliani, Porto Alegre, Brasil, 205 p.
- Waeny, J. C. de C., 1992, “Controle Total da Qualidade em Metrologia”, Makron Books, São Paulo, Brasil, 152p.
- Werkema, M. C. C., 1996, “Avaliação da qualidade de medidas”, Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte, Brasil, 98 p.

METROLOGY – A MULTIPLE KNOWLEDGE DISCIPLINE

Fabiana Rodrigues Leta & Stella Maris Pires Domingues

Abstract. *In this paper we present a new teaching approach for the Metrology discipline. The main objective of this discipline is transmit to the Mechanical Engineering students the formal concepts of Metrology and also motivate them to design quality evaluation devices for commercial products. The student chooses the product, and its evaluation is not limited only to the Dimensional Metrology area. Students develop individual projects that include the basic concepts of Metrology, quality control and manufacture. In some cases, they must create prototypes capable to evaluate the product quality through tests. To obtain such objectives the discipline attaches knowledge of other areas and Engineering disciplines.*

Keywords. *Teaching methodology, metrology, quality control.*