METODOLOGIA PARA ENSINAR TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS EM UM CURSO DE ENGENHARIA

João Cirilo da Silva Neto jcirilo@araxa.cefetmg.br.

CEFET-MG-Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais-Campus IV, Araxá
Av. Ministro Olavo Drumonnd, 25, Bairro São Geraldo, CEP:38.180.084-Araxá- MG.

Resumo:

O objetivo deste trabalho é mostrar uma metodologia didático-pedagógica para ensinar tolerâncias geométricas em um curso de engenharia, tendo como referência a NBR 6409 da ABNT:1997: 1997- tolerâncias geométricas, utilizando instrumentos de metrologia. Com este procedimento são mostrados metodologias e procedimentos experimentais necessários para o ensino e a aprendizagem dos desvios e tolerâncias: perpendicularidade, paralelismo, concentricidade e cilindricidade. À medida que a tolerância geométrica para um elemento define o campo dentro do qual a posição do elemento deve estar contido, espera-se que este trabalho possa servir como uma referência para o ensino e aprendizagem desse conteúdo.

Palavras-chave: Metrologia, Tolerâncias Geométricas, Ensino de Engenharia, NBR 6409: 1997.

1. INTRODUÇÃO

Um curso de engenharia deve capacitar o aluno para atuar de forma satisfatória no mercado de trabalho cada vez mais competitivo. Além disso, o aluno precisa ser incentivado a desenvolver a criatividade individual e a convivência coletiva para solução de problemas de sua área. Para atingir esses objetivos, é necessário que o estudante de engenharia saiba utilizar os conceitos básicos e específicos de cada disciplina, relacionando-os com as atividades práticas da engenharia no seu dia-dia.

O engenheiro é por excelência um resolvedor de problemas. A toda hora, em sua atividade profissional, o engenheiro está às voltas com um conjunto de informações esparsas que precisam ser transformadas em uma saída útil e organizada. O resultado dessa transformação é uma das principais atividades que destingem o engenheiro de outros profissionais (BAZZO e PEREIRA, 2006).

A solução de problemas de engenharia geralmente visa à elaboração de um novo produto serviço, sistema ou processo, ou a sua melhoria. O termo sistema é entendido como a combinação completa de equipamentos, materiais, energia, informações e pessoal necessários para alcançar alguma meta específica.

Por outro lado, a metrologia é uma linguagem universal. Tem sido assim devido principalmente ao amplo progresso industrial em todo o mundo, mas é tão necessária na ciência pura como na ciência aplicada. Não há como um pesquisador repetir o trabalho de outro sem as medidas específicas. Isso é aplicável em todos os campos das ciências, da astronomia à biologia (CONEJERO, 2006).

Quando se trata do ensino de metrologia os desafios são ainda maiores porque, muitas vezes, o aluno não tem experiência necessária para entender essa importância. Com isso, o professor deve buscar metodologias adequadas para facilitar a aprendizagem dos alunos, visando à interdisciplinaridade de conteúdos diferentes e relacionando os mesmos com a metrologia.

O ensino das tolerâncias geométricas requer um cuidado especial porque o aluno precisa perceber que um desvio forma ou de posição fora dos especificados em normas técnicas podem comprometer o perfeito funcionamento de uma peça, de um conjunto, de um equipamento ou de uma máquina.

Uma forma de elucidar o ensino de tolerâncias geométricas é utilizar experimentações práticas para analisar um tipo de desvio. Isso deve ser feito a partir de medições em laboratórios e discutir os resultados com os alunos em sala de aula.

Essa metodologia pode aumentar a aprendizagem e o nível de interesse dos alunos pelo conteúdo da disciplina, tendo em vista que ele pratica atividades de medição semelhantes àquelas que ele encontraria na indústria.

Este trabalho tem como objetivo mostrar uma metodologia didático-pedagógica para ensinar tolerâncias geométricas em um curso de engenharia, tendo como referência a norma NBR 6409-1997-Tolerâncias geométricas da ABNT (1997), utilizando instrumentos básicos de metrologia. Durante as aulas de metrologia do Curso de Engenharia de Automação Industrial do CEFET-MG Campus IV-Araxá foi possível medir os desvios e tolerâncias de: perpendicularidade, paralelismo, concentricidade, cilindricidade de peças usinadas no Laboratório de Mecânica da Instituição.

2. METODOLOGIA DIDÁTICO-PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Uma metodologia pode ser definida com sendo um roteiro ou seqüência para resolução de um problema. No caso da metodologia didático-pedagógica, ela pode ser a maneira detalhada para ensinar ou explicar determinado fenômeno. A Figura 1 mostra a metodologia didático-pedagógica para o ensino de tolerâncias geométricas. A explicação de cada etapa é mostrada a seguir.

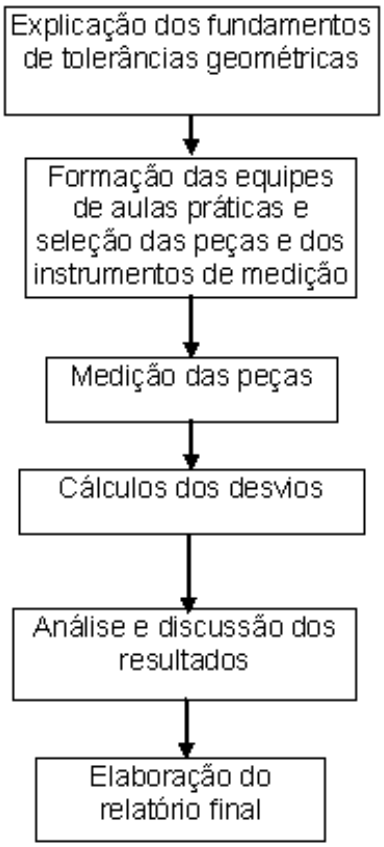

Figura1. Metodologia didático-pedagógica

2.1. Explicação dos fundamentos de tolerâncias geométricas

O desenvolvimento e a consolidação da cultura metrológica são um dos grandes desafios das instituições porque a busca constante pela produtividade e pela qualidade requer a crescente qualificação, principalmente, dos engenheiros. A divulgação e ensino da metrologia não são tarefas fáceis porque isso requer ações concretas que sejam baseadas em normas técnicas e fundamentos científicos consolidados.

Desde o início das aulas de metrologia, os alunos de engenharia devem ser orientados da necessidade de se dar importância à questão da tolerância em seu curso. Não basta pensar somente em tolerância dimensional de peça que é variação permitida de suas dimensões. É mais importante, ainda, dominar os princípios de tolerâncias geométricas.

No Curso de Engenharia de Automação Industrial, do CEFET-MG- Campus IV - Araxá é mostrado aos alunos que quando uma peça ou um componente é produzido, na montagem ou desmontagem desses componentes precisa haver uma intercambiabilidade adequada entre eles, sem maiores esforços ou ajustes severos. Com base nessa condição, o estudante de engenharia precisa conhecer e dominar os principais aspectos das tolerâncias geométricas para tomar decisões corretas na análise dimensional de um conjunto a ser montado.

Outro ponto que deve ser destacado nas aulas é o caso da necessidade de especificação e indicação das tolerâncias geométricas. De modo geral, será necessário indicar tolerâncias de forma e de posição nos seguintes casos (AGOSTINHO, et all 1990):

a) Em peças para as quais a exatidão de forma requerida não seja garantida com os meios normais de fabricação.
b) Em peças onde deva haver coincidência bastante aproximada entre as superfícies. Por isso, as tolerâncias de forma devem ser inferiores, ou no máximo, iguais às tolerâncias de suas dimensões de ajuste.
c) Em peças de um modo geral, onde se necessite, além do controle dimensional, também o controle de formas para possibilitar montagens sem interferência, quando isso não for solicitado no projeto.

O contrário também deve ser ensinado aos alunos de engenharia, ou seja, as tolerâncias geométricas não devem ser indicadas quando não há necessidades das mesmas. Além disso, as tolerâncias geométricas podem ser indicadas mesmo que não sejam previstas as tolerâncias dimensionais no projeto.

Com base NBR 6409-Tolerâncias geométricas da ABNT (1997) e em Agostinho et al (1990), são mostradas aos alunos as principais definições de tolerâncias geométricas a seguir. Essas definições são indispensáveis para facilitar a comunicação e o envolvimento dos alunos com o tema.

Elemento de referência: Elemento real a partir do qual as tolerâncias de orientação, posição ou batimento são desenvolvidas. O elemento de referência pode ser uma superfície, uma linha ou um ponto.

Elemento tolerado: Elemento real ao qual estão associadas tolerâncias de orientação, posição ou batimento.

As tolerâncias de forma e posição: devem ser indicadas quando necessárias, ou seja, para assegurar requisitos funcionais, intercambiabilidade e processos de manufatura. O fato de se indicar uma tolerância de forma ou posição não implica necessariamente o emprego de um processo particular de fabricação ou medição.

2.1.Tolerância de posição

Tolerância de posição é a diferença entre uma aresta ou superfície da peça e a posição teórica prescrita pelo projeto da peça. Nesse caso, será estudada a concentricidade, cujo campo de tolerância é limitado por um círculo de diâmetro “t”, cujo centro coincide com o centro de referência, se o valor da tolerância for precedido símbolo de diâmetro. A figura 124 mostra que o centro do círculo ao qual o quadro de tolerância esta está contido em um círculo de diâmetro de 0,01mm, concêntrico com o centro do círculo A (centro de referência, Figura 2).

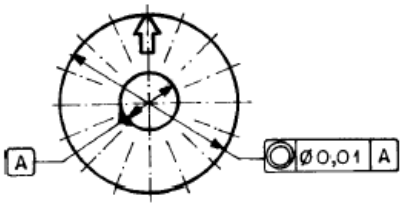

Figura 2. Tolerância de forma

Tolerância de forma é indicada por duas superfícies paralelas, ou para o caso de perfiz por duas linhas paralelas entre as quais se deve encontrar o perfil ou a superfície real. De acordo com NBR 6409 (1997) , a tolerância de forma é característica da retitude, planeza, circularidade, cilindricidade, perfil de uma linha e perfil de uma superfície qualquer.

A cilindricidade, que é tolerância de forma, é limitada por dois cilindros coaxiais afastados de uma distância "t", conforme as figuras 3 e 4 e eles devem estar afastados de 0,1mm.

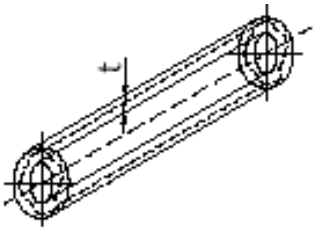

Figura 3. Tolerância (t)

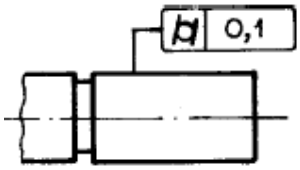

Figura 4. Tolerância de cilindricidade

2.2.Tolerância de orientação

Este tipo de desvio é definido para elementos ou superfícies que têm pontos ou superfícies em comum através interseção de suas linhas. A tolerância de orientação é representada pelo paralelismo, perpendicularidade e a inclinação de uma superfície.

A tolerância de perpendicularidade pode ser avaliada numa zona compreendida entre duas superfícies, duas linhas paralelas, ou por um cilindro perpendicular a uma referência, conforme a Figura 5. Nesse caso, a linha de centro da peça deve estar contida em um cilindro de diâmetro 0,01mm perpendicular à superfície da base (superfície de referência A).

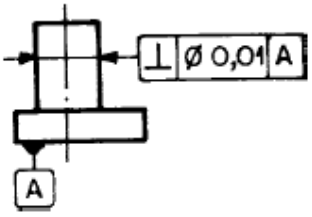

Figura 5. Tolerância de perpendicularidade

Paralelismo entre dois planos é definido como a distância de dos planos paralelos a um plano de referência, entre os quais devem-se localizar os planos reais. O campo de tolerância é limitado por duas linhas retas paralelas, afastadas de uma distância "t" e paralelas à linha de referência, se a tolerância for especificada em um só plano (ver figura 6).

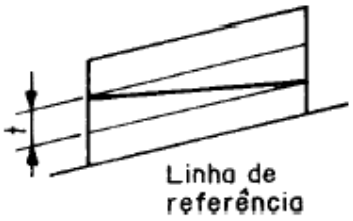

Figura 6. Tolerância de paralelismo

2.3. Formação das equipes de aulas práticas e seleção das peças e dos instrumentos de medição

O objetivo principal das aulas práticas de metrologia é garantir que os alunos possam familiarizar-se com o manuseio dos instrumentos e que consigam interpretar corretamente uma medida. Para analisar as tolerâncias geométricas, foram formadas quatro equipes com cinco alunos e selecionados micrômetros, relógios, paquímetros, mesas de traçagem e as peças necessárias para realização das medições. Cada equipe foi responsável por um dos quatro tipos de tolerâncias geométricas: perpendicularidade, paralelismo, concentricidade e cilindricidade.

2.3.1. Medição das peças

Para cada tipo de tolerância geométrica foi montado um aparato dos procedimentos necessários e feito um roteiro de medições. Foram feitas cinco medidas e calculada a média. A Tabela 1 mostra como as peças deveriam ser medidas pelos alunos para avaliar os desvios. Em função da resolução do relógio comparador, foi estabelecida uma tolerância geométrica de 0,01 mm, exceto para concentricidade que foi 0,02mm, em função da resolução do paquímetro (ABENDE, 2006).

Tabela 1. Medição de desvios (L=Leitura em mm)

Desvio	L1	L2	L3	L4	L5	Média
1						
2						
3						
4						

Legenda: 1. Perpendicularidade; 2. Paralelismo; 3. Concentricidade; 4. Concentricidade.

2.3.2. Aparato para medir a perpendicularidade

Neste caso o aparato foi montado sobre uma mesa de desempeno que serviu como referência. Movimentava-se a peça para que o relógio comparador mostrasse a variação da dimensão da peça. A Figura 6 mostra o aparato para medir a perpendicularidade.

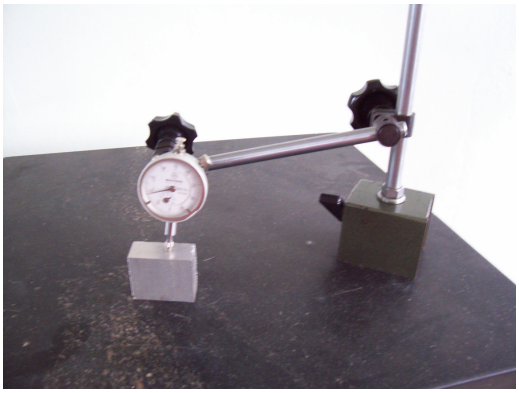

Figura 6. Aparato para medir a perpendicularidade

2.3.3. Aparato para medir paralelismo

Para medir o paralelismo, foi utilizado o mesmo aparato que foi usado anteriormente. Na Figura 7 estão um relógio comparador e uma mesa de desempeno.

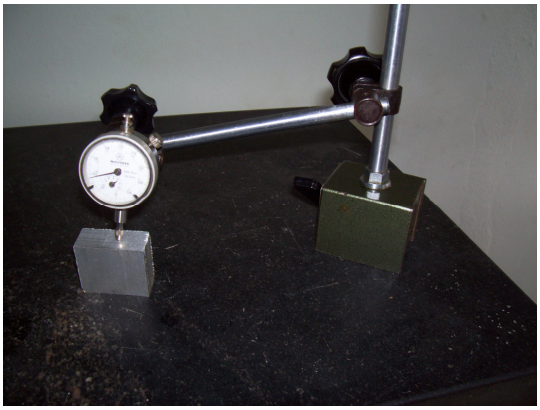

Figura 7. Aparato para medir paralelismo

2.3.4. Aparato para medir concentricidade

Para medir a concentricidade de uma peça cilíndrica com um furo, foi utilizado um paquímetro externo, conforme a Figura 8.

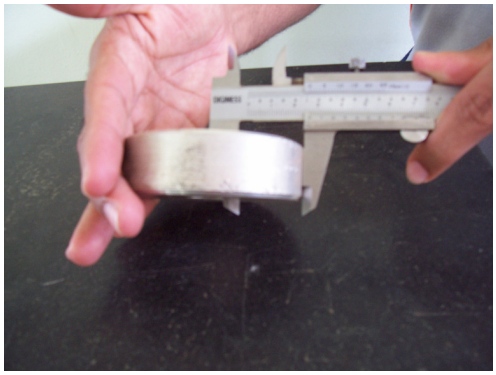

Figura 8. Aparato para medir concentricidade

2.3.5. Aparato para medir cilindricidade

Para medir a cilindricidade da peça foram utilizadas a castanha e a ponta rotativa de um torno, porque era necessário movimentar a peça para verificar seu desvio. A Figura 9 mostra o aparato para medir cilindricidade.

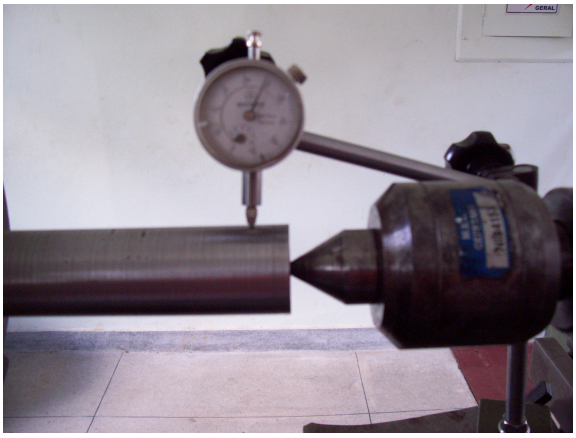

Figura 9. Aparato para medir cilindricidade

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Durante as medições, os alunos puderam praticar metrologia e aperfeiçoar os conhecimentos sobre tolerâncias geométricas, obedecendo aos procedimentos listados na Tabela 1. Para efeito de análise, é mostrada na Tabela 2 somente a média de cada desvio.

Tabela 2. Média de cada desvio

Tipo de desvio	Média dos desvios (mm)	Valor de referência (mm)
Perpendicularidade	0,01	0,01
Paralelismo	0,02	0,01
Concentricidade	0,02	0,02
Cilindricidade	0,04	0,01

4. ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL

O objetivo de um relatório é descrever, discutir e analisar os pontos mais importantes de uma pesquisa. Essa descrição exige análise e raciocínio à cerca do tema pesquisado**.**

No caso das tolerâncias geométricas, os alunos foram orientados a realizar um relatório, tendo como base os valores de referência estimados para cada tipo de desvio. Para fins didáticos, foi sugerido aos alunos um roteiro de relatório com a seguinte estrutura: Nomes dos alunos, Nome da prática, Objetivos, Justificativa, Procedimento experimental, Resultados e Análise, Conclusões e Referências bibliográficas.

Após a análise dos resultados, foi feita uma mesa redonda para discutir os resultados e cada grupo pode mostrar sua experiência com tolerâncias geométricas. Após a discussão, os alunos mostraram a importância das aulas práticas e concluíram que a perpendicularidade e a concentricidade estavam de acordo com o valor de referência. Mas o paralelismo e a cilindricidade estavam fora do valor especificado.

Como os princípios de metrologia permitem o envolvimento e a interpretação do processo de medição em diversas áreas do conhecimento, um dos maiores objetivos da metrologia reside na capacidade de analisar uma medição com a maior confiabilidade possível.

No caso das tolerâncias geométricas, deve ser mostrado aos alunos que eles precisam valorizar esse conteúdo, tendo em vista que tolerâncias geométricas fora da especificação podem dificultar a intercambialidade de peças e equipamentos, além de prejudicar o seu funcionamento.

Apesar de peças serem executadas com limites mínimos e máximos, em caso de montagem em série, por exemplo, freqüentemente são necessárias avaliações de tolerâncias geométricas. Para esse controle, os alunos foram orientados de modo a utilizem instrumentos padronizados e baseados em normas técnicas. Em geral, são utilizados relógios comparadores para analisar as tolerâncias geométricas, mas os alunos souberam que existem outros instrumentos para esse fim e que tais erros podem ser detectados e medidos também com instrumentos convencionais e de verificação, tais como réguas, micrômetros, paquímetros ou aparelhos específicos para quantificar esses desvios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tolerância dimensional é uma característica importante para produção de uma peça com base na exatidão. Por isso, a peça pode apresentar dimensões máximas e mínimas, mas todas dentro de uma faixa admissível. Do mesmo modo que é praticamente impossível obter uma peça real com as dimensões nominais exatas, também é muito difícil obter urna peça real com formas rigorosamente idênticas às da peça projetada. Assim, desvios de formas dentro de certos limites não chegam a prejudicar o bom funcionamento das peças.

As variações aceitáveis das formas e das posições dos elementos na execução da peça constituem as tolerâncias geométricas. Os procedimentos experimentais para analisar indicações de tolerâncias geométricas devem ser uma prática comum durante as aulas de metrologia em cursos de engenharia.

Com esse trabalho foi possível mostrar uma metodologia didático-pedagógica para ensinar tolerâncias geométricas em um curso de engenharia. Além disso, os alunos puderam executar aulas práticas, utilizando instrumentos reais e muito importantes para a prática profissional.

6. AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Diretoria do CEFET-MG pela oportunidade de realizar este trabalho no Laboratório da Instituição e por poder participar do COBENGE 2012.

7. REFERÊNCIAS

ABENDE. Procedimento de controle dimensional: medição de tolerâncias geométricas, 2006, 7 pp.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento - Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho. NBR 6409. Rio de Janeiro, 1997. 19 pp.

AGOSTINHO , O. L., RODRIGUES, A.C.S. e LIRANI, J. Tolerâncias, desvios e análise de Dimensões. São Paulo, Ed. Edgar Blücher, 1990.

BAZZO, Walter Antônio; PEREIRA Luiz Teixeira do Vale. Introdução à engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos. Editora da UFSC, 2006.

CONEJERO, A. S. “A importância da metrologia”. Disponível em: http://www2.desenvolvimento.gov.br/arquivo/publicacoes/sti/indBraOpoDesafios/coletanea/Metrologia/Artigo3AntonioConejero.pdf . Acesso em: 05 abr. 2009.

METHODOLOGY FOR THE TEACHING GEOMETRIC TOLERANCES IN AN ENGINEERING COURSE

Abstract: *The aim of this work is to show a didactic and pedagogic methodology for teaching geometric tolerances in an engineering course, with reference to NBR 6409:1997, ABNT geometric tolerances, using basic instruments of metrology. With this procedure are shown methodologies and experimental procedures necessary for teaching and learning of the deviations and tolerances: squareness, parallelism, concentricity and roundness. As the geometric tolerance for an element defines the field within which the position of the element must be contained, it is expected that this work can serve as a reference for teaching and learning of content.*

Keywords: *Metrology, Geometric Tolerances, Engineering Education, NBR 6409:1997.*