

# Interface DMES para Programação Máquinas de Medir por Coordenadas em Ambiente de Realidade Virtual

## Autores

---

Leonam Joao Leal de Paula

## Orientador

---

Alvaro Jose Abackerli

## Apoio Financeiro

---

Pibic

## 1. Introdução

---

Máquinas de medir por coordenadas (MMC's) são instrumentos metrológicos empregados na inspeção da qualidade dimensional de muitos produtos do setor metal-mecânico. Estas máquinas são muito eficientes e versáteis, o que faz com que elas produzam resultados extremamente confiáveis. MMC's podem medir desde pequenas peças mecânicas como eixos e engrenagens, até carros inteiros ou asas de aviões.

Segundo (ABACKERLI *et al*, 2000), pelo fato das MMC's serem versáteis elas podem ser aplicadas em tarefas complexas e isso dificulta as decisões relativas à medição, particularmente em relação à programação da medição em máquinas numericamente controladas. Nestas situações é freqüente que se interrompa o processo de medição para que sejam corrigidas linhas de programação visando adequar o programa à tarefa que se deseja executar. Estas interrupções além de resultar em atrasos, geram custos adicionais de produção devido aos elevados valores envolvidos na operação destas máquinas.

Uma das mais eficientes alternativas existentes para o auxílio deste problema são os softwares de simulação virtual que permitem verificar eventuais erros na programação sem o uso da MMC. Entretanto os softwares que existem atualmente para estes afins são possuem custos muito elevados de aquisição. Além disso, por serem extremamente sofisticados não são apropriados para o ensino da metrologia para novos usuários da medição por coordenadas.

Para auxiliar no problema citado incluindo o ensino da medição por coordenadas foi desenvolvido um simulador de MMC's que utiliza um ambiente de realidade virtual para representá-la graficamente. A figura 1 mostra uma MMC real (Fig. 1-a) e a sua representação virtual (Fig. 1-b). Inicialmente este software reproduzia apenas movimentos da máquina real e a simulação ampliada dos seus erros cinemáticos que são micrométricos.

Para que com ele se pudesse analisar a programação de medições foi necessária a ampliação dos seus recursos pela implementação das seguintes funções básicas:

- a função “*Home*”;
- a qualificação do apalpador;
- medição automática de um ponto;
- medição automática de uma reta;
- medição automática de um plano;
- medição automática de um círculo.

As implementações propostas obedeceram as características do protocolo I++ DME *Specification*, dentre as quais a sintaxe de comando, os parâmetros de entrada, a execução lógica da função e a organização de classes.

## 2. Objetivos

---

Com base no exposto o presente objetivo é desenvolver rotinas de programação que permitam ao usuário de MMC's utilizar o simulador para obter uma representação gráfica da seqüência de operações que compõe a medição pretendida.

Para a construção destas rotinas deverão ser elaboradas estruturas matemáticas e lógicas que, com os dados enviados pelo usuário por meio da interface de comandos, permitam gerar uma a movimentação na máquina virtual que corresponde à medição desejada. Além disso, é prevista também a implementação de um interpretador de comandos que reconheça o comando DME enviado pela interface de comandos.

## 3. Desenvolvimento

---

A pesquisa para a implementação das rotinas foi realizada em quatro etapas: definição das características da função (projeto de implementação); implementação da função no código de programação; testes da implementação; e correção da implementação realizada mediante análise da representação virtual obtida.

A definição das características das funções visou reconhecer como eram executadas as funções, visto que a descrição presente na especificação DMES é genérica. A partir da observação do funcionamento de uma MMC real utilizando tais funções, pode-se estabelecer o modo de funcionamento desejado para cada função do protocolo DME. Definida as características, projetou-se a lógica de cada função e modelamentos matemáticos correspondentes.

Uma vez definidas as funções sua programação foi feita em código JAVA já usado na implementação das interfaces da máquina virtual. Seguiram-se os testes para validar a seqüência de ações simuladas comparando-a com o comportamento real da máquina e as eventuais correções para aprimoramento das rotinas em função da representação gráfica obtida para as mesmas. Esta lógica interativa de

desenvolvimento foi aplicada na implementação de todas as rotinas acima listadas. Ao final do projeto as classes foram documentadas utilizando a ferramenta JAVADOC®.

Para a implementação das funções tomou-se o protocolo I++ DME *Specification*. Ela é uma especificação internacional que apresenta todas as características existentes na Interface DMES destinada ao controle numérico de equipamentos de medição. Inserido nesta especificação está um protocolo que apresenta todas as funções DMES de programação de medição.

A função de inicialização dos eixos da máquina, conhecida como “*Home*” consiste em retornar todos os corpos rígidos do equipamento para seus respectivos inícios de curso, e depois os reposicionar em uma coordenada padrão em uma ordem específica de movimentos. Ela serve para que a máquina reconheça o posicionamento dos seus eixos. A sintaxe para a execução desta função segundo a especificação DMES é “*Home()*”.

A qualificação do apalpador permite à máquina determinar o comprimento da sua ferramenta ativa realizando a medição de cinco pontos em uma esfera padrão. A sintaxe para este comando é “*ReQualify()*”.

Para se medir um ponto a sintaxe utilizada é “*PtMeas(X(x), Y(y), Z(z), IJK(i,j,k))*”. Com estes argumentos a máquina se aproxima do ponto na direção definida pelo vetor  $IJK(i,j,k)$ , até que a ferramenta (apalpador) toque a superfície e meça efetivamente o ponto. Caso não seja encontrada nenhuma superfície o ponto não é medido e a máquina retorna a uma posição de descanso.

Ao medir uma reta deve ser utilizada a sintaxe “*ScanOnLine(Sx, Sy, Sz, Ex, Ey, Ez, i, j, k, StepW)*”, onde  $(Sx, Sy, Sz)$  define um ponto cartesiano que representa o início da reta a ser medida;  $(Ex, Ey, Ez)$  o ponto final da reta a ser medida;  $(i, j, k)$  são as coordenadas do vetor que é perpendicular ao plano em que a reta está contida e *StepW* é a distância média entre pontos. Ao executar esta função a máquina calcula os pontos que devem ser medidos e chama seqüencialmente a função de medição de ponto passando a ela os valores calculados.

Na medição de um círculo é utilizada a sintaxe “*ScanOnCircle(Cx, Cy, Cz, Sx, Sy, Sz, i, j, k, delta, sfa, StepW)*”, sendo  $(Cx, Cy, Cz)$  o ponto central do círculo;  $(Sx, Sy, Sz)$  o ponto inicial de medição no círculo;  $(i, j, k)$  o vetor normal ao plano que contém o círculo, *delta* o ângulo que define o arco a ser medido ao longo do círculo; *sfa* o ângulo do vetor de aproximação do círculo e *StepW* a distância angular entre os pontos do círculo a medir. De modo análoga à medição da reta, são utilizados os parâmetros passados à função para calcular os pontos e seus respectivos vetores de aproximação, chamando-se varias vezes a função de medição do ponto com os argumentos necessários.

## 4. Resultados

---

O resultado obtido da presente implementação é uma classe chamada “*DMESFunctions*” que contém as funções acima descritas. Como descrito, digitando a sintaxe DMES destas funções na interface de comandos o usuário obtém sua execução visualizada da seqüência de medição. Colocando vários comandos na interface gera-se uma lista cuja execução seqüencial permite a simulação da medição real.

A figura 2 mostra a trajetória do apalpador na máquina quando ela mede uma reta com ponto inicial  $(0,0,340)$ ; ponto final  $(600,0,340)$ , vetor normal  $(0,0,-1)$  e distância entre pontos de 100mm; o que resulta na medição dos 7 pontos ilustrados sobre a reta.

A parte (a) da figura 3 tem a trajetória percorrida na medição de um círculo. O círculo da figura tem ponto central  $(300,300,250)$ ; ponto inicial  $(440,300,250)$ ; vetor normal ao plano que contém o círculo  $(0,0,-1)$ ;

ângulo *delta* de 360°, que indica que o círculo todo será medido a partir do ponto inicial definido; *sfa* com valor de 180°, que indica que o círculo será medido na parte interna; além do valor de 45° para a distância angular média entre os pontos medidos que resulta nos 8 pontos ilustrados.

Na parte (b) da figura é mostrada a qualificação do apalpador que depende da orientação espacial do mesmo. Na qualificação são medidos cinco pontos, um no pólo da esfera padrão e mais quatro no seu equador, todos dependentes da orientação definida para o apalpador. A qualificação mostrada tem como orientação 0° e 0° para os ângulos  $\pm e^2$  para em relação aos eixos A e B de rotação da cabeça indexadora que contém o apalpador.

Das implementações propostas, apenas a função que mede o plano não foi implementada segundo o protocolo DMES que não traz qualquer sintaxe para esta função. Porém segundo usuários de MMC's um plano pode ser medido por duas formas: medindo-se um círculo contido no plano, ou medindo-se mais de uma reta coplanar e paralela. Logo, com as funções de medição de retas e de círculos é possível também medir um plano na máquina virtual.

## 5. Considerações Finais

---

A implementação aqui discutida em conjunto com todos os outros recursos do aplicativo gerou uma máquina de medir virtual com grande potencial para auxílio no aprendizado para usuários de MMC's. A simulação off-line do programa de medição permite evitar inesperadas depurações com a MMC já em funcionamento, permitindo ainda a simulação dos erros cinemáticos existentes nas MMCs como resultado de uma fase anterior deste projeto.

Com isso a MMC virtual agora possui um potencial bastante diferenciado para ensino/treinamento de conceitos da metrologia em relação aos softwares comerciais, especialmente da medição por coordenadas. Sua linguagem e comandos simplificados permitem sua fácil utilização e conseqüentemente proporciona um aprendizado mais eficiente.

## Referências Bibliográficas

---

ABACKERLI, A. J.; ORREGO, R. M. M. **Intercomparação de Medições em Máquinas de Medir por Coordenadas** - II. Parte 2/2. Relatório Final de Pesquisa. Projeto FAP 205-99. Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. Janeiro 2003.

ABACKERLI, A. J.; ORREGO, R. M. M.; CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Princípios da Medição por Coordenadas**. Apostila de treinamento técnico especializado. 3ª edição revisada e ampliada. Setembro 2000. Publicação EGP – Engenharia & Tecnologia. Rua 9 de Julho 709, Salto – SP.F

BIASI, S. C.; GATTASS, M. **Uso de quaternios para a representação de rotações em 3D**. Tecgraf. Disponível em: <http://www.tecgraf.puc-rio.br/~mgattass/fcg/material/Quaternios.pdf>. Acesso em: 01/ago/2005.

FURGERI, S. **Java 2: Ensino Didático: Desenvolvendo e Implementando Aplicações**. SP: Érica, 2000.

MIGUEL, P. A. C. Applying Servqual For Assessing Internal Quality Of Maintenance Service – Analysis Of The Reliability And Validity Of The Instrument. 3º COBEF – 12 a 15 de abril, 2005.

## Anexos



