

# **A MEDIÇÃO TRIDIMENSIONAL POR COORDENADAS APLICADA AOS PROCESSOS PRODUTIVOS DE MOLDES E FERRAMENTAS PARA PRODUTOS PLÁSTICOS<sup>1</sup>**

Marco Aurélio Martines Bueno<sup>2</sup>

A evolução de recursos de informática e o desenvolvimento sistemas de leitura e sensores especiais para uso em máquinas de medir por coordenadas (MMC) vêm ampliando as possibilidades de uso desta tecnologia para as mais diversas tarefas.

No processo de fabricação de produtos plásticos, em especial, esta diversidade de recursos que a MMC dispõe permite sua aplicação em vários momentos do processo, resultando em um significativo salto de qualidade e produtividade, reduzindo tempo e custos do processo e minimizando indices de refugo.

A contribuição da MMC no processo produtivo de plásticos começa já na concepção inicial onde pode ser utilizada para transformar o modelo conceito em informação digital e disponibilizar ao software de modelação os dados base para criação de ferramental. A próxima etapa onde a MMC pode ser utilizada é o controle do ferramental, através do recurso de comparação entre CAD este mesmo recurso auxilia nas etapas de aprovação de amostras e controle preventivo de desgaste de modelo.

Outro recurso utilizado no processo produtivo de plásticos é a inspeção geométrica que é aplicado para controle de produção. A MMC pode ainda ser configurada para uso em processo com sistema de carga e descarga automático viabilizando controle de 100% da produção.

**Palavras Chave : DIGITALIZAÇÃO, CONTROLE DIMENSIONAL, QUALIDADE.**

1. 1º Encontro de Integrantes da Cadeia Produtiva de Ferramentas, Moldes e Matrizes 28, 29 e 30 de outubro de 2003 – São Paulo – SP.
2. Consultor Técnico, Mitutoyo Sul Americana Ltda.

## Máquina de Medição por Coordenadas (MMC) – Perfil

A MMC é hoje um recurso com larga utilização para controle de qualidade, laboratórios, salas de metrologia e departamentos de controle de qualidade. Nesta aplicação a MMC são aproveitadas as características fundamentais da MMC: exatidão, velocidade, flexibilidade, facilidade de operação e a capacidade de gerar grande número de informações sobre a peça analisada.

Considerando isto o uso das máquinas de medir por coordenadas teve suas aplicações metrológicas largamente difundidas e teve um crescimento de utilização muito forte nos últimos anos, com acentuada aceleração durante a década de 90 devido ao grande crescimento da atividade industrial nos setores automobilístico, aeronáutico e de embalagens. (figura1)

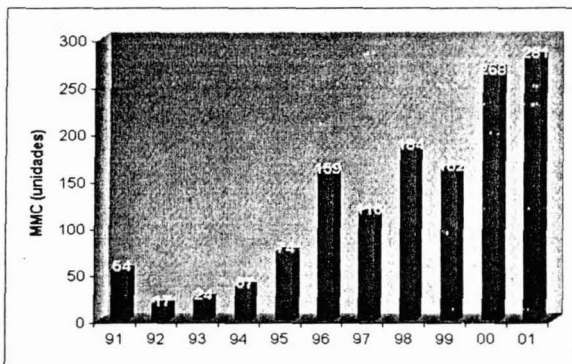


Figura 1 – Produção nacional de MMC (fonte: ABIMAQ)

A aplicação para controle de qualidade dimensional é a atividade inicial para a qual a MMC foi desenvolvida e estima-se que corresponde hoje a 87% da utilização das tridimensionais instaladas no Brasil (fonte: Mitutoyo). Porém a partir do início dos anos 90 a popularização e melhoria dos recursos de informática, permitiram que fossem criados novos softwares que trouxeram a MMC, maior exatidão e desenvolvimento de outras capacidades além das funções metrológicas já utilizadas desde sua criação na década de 60.

Estas novas ferramentas permitiram a MMC realizar análises estatísticas com atualização on-line das bases de dados, estabelecer comunicação direta com sistema CAD, permitindo a troca de informações sobre as peças medidas e os dados originais de projetos, possibilitou também a conversão de peças em informação digital e até a comunicação entre a MMC e as máquinas de produção criando sistemas autocontroláveis de produção.

Todo este desenvolvimento acontece paralelo e em função, do aumento de produção e do nível de qualidade e complexidade que se tem nos dias de hoje. A globalização e a descentralização de produção através das cadeias produtivas, onde existem inúmeras empresas que trocam peças entre, si exige que o controle dimensional seja cada vez mais preciso para que garantir, por exemplo, que uma peça produzida no Brasil possa ser montada em um automóvel fabricado na Alemanha. Assim como a reposição desta peça possa ser desenvolvida por um outro fabricante qualquer.

Os produtos de forma geral experimentaram nos últimos anos forte aumento de complexidade nas formas e conseqüentemente nos processos de fabricação. Esta demanda técnica, juntamente com a necessidade de mercado onde é cada vez menor o tempo de lançamento de novos produtos, revolucionou os processos produtivos. No passado tempo de vida dos produtos era de quatro a cinco vezes maior que vemos de hoje.

A revolução ocorreu mais fortemente na concepção de novos produtos, o design passou ser muito mais importante e a manipulação dos modelos iniciais cada vez mais se distanciou do processo manual, para reduzir o tempo de lançamento dos projetos. Após a concepção inicial da idéia (atividade onde ainda não foram criados substitutos para o homem) o processo é cada vez mais eletrônico e automático.

Dentre os fatores que alteraram a forma de produção, é também importante citar o aumento de demanda que exige maior eficiência dos sistemas produtivos, com menor tempo de preparação (SET UP), menor incidência de manutenção e redução de desperdícios.

E foi considerando este panorama que o desenvolvimento das funções da MMC acontece, o estado da arte em máquinas de medir por coordenadas é capaz de combinar ferramentas e participar de diversos momentos do processo produtivo (figura 2) e assim contribuir para o aumento de qualidade, redução de tempo e aumento de produtividade com elevado grau de confiabilidade e baixo custo de implantação.

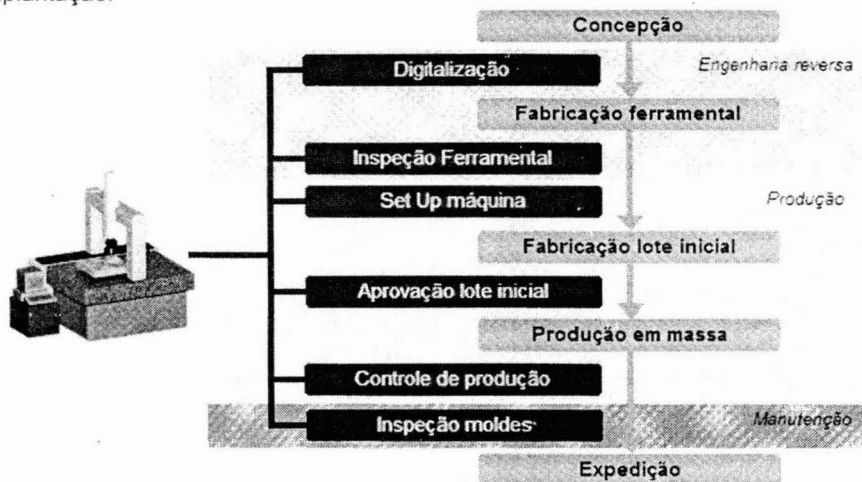


Figura 2 – Participação da MMC no processo produtivo.

Este perfil de capacidades se aplica às MMC de maneira geral, existem hoje diversas concepções de MMC, que varia quanto a forma, exatidão e aplicação, as mais comuns são as máquinas de pórtico, os braços de medição articulados e os traçadores tridimensionais.

## Engenharia reversa

Considerando a linha do processo de fabricação, a primeira atividade onde é possível empregar a MMC é na transformação da idéia em material de trabalho, chamada de engenharia reversa.

Nesta etapa o objetivo é converter uma forma física em informação eletrônica. Essa conversão se dá geralmente sobre uma peça que serve de referência para a fabricação do modelo, por exemplo um modelo em argila (figura 3), uma miniatura ou até mesmo uma peça já concebida que irá sofrer alterações.

A conversão da forma em dados digitais vai servir para que através de softwares CAD, os projetistas e modeladores criem as ferramentas de injeção ou caixas moldes, com maior facilidade. Sem esta informação o tempo de criação destas ferramentas é maior e não há possibilidade de visualizar o produto com antecedência.

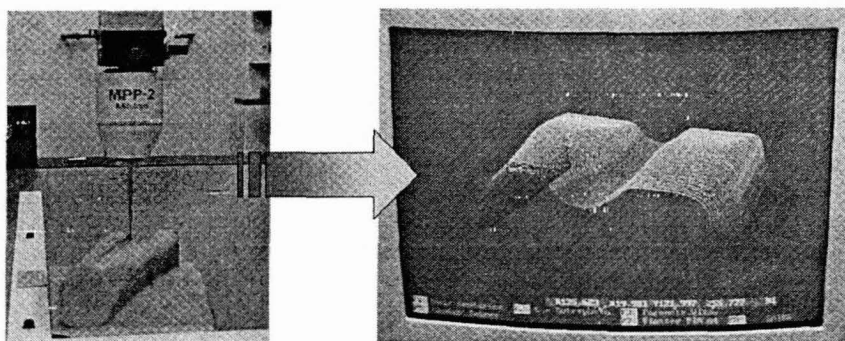


Figura 3 – digitalização de modelo em cibatul.

Esta é a função onde a MMC tem seu uso mais distanciado do convencional controle dimensional, é também a função onde existe um maior número de estratégias de trabalho, ferramentas e resultados possíveis.

Para dimensionar uma MMC para uso em engenharia reversa é preciso discutir os seguintes aspectos: Tipo (complexidade) da peça a ser digitalizada, tempo disponível para digitalização, recurso de software para pós-processamento de dados, estratégia de digitalização e por fim custo da operação.

A complexidade do produto a ser digitalizado irá determinar que tipo de sensor deverá ser empregado e também se deve ser utilizada uma MMC manual ou automática. A tecnologia de sensores para MMC se desenvolveu muito nos últimos anos, há oferta de sensores mecânicos para uso manual, sensores mais precisos como os sensores eletrônicos e os sensores ópticos a laser.

Quanto maior o nível de detalhamento do produto cresce a indicação para uso de sensores de digitalização a laser. Neste tipo de sensor a velocidade de digitalização e o nível de detalhamento obtido são os maiores possíveis no momento, pois não há contato do digitalizador com a peça, o sensor se aproxima da peça e por difração de luz coleta os dados da forma transformando-os em uma nuvem de pontos.

Os sensores mecânicos são em geral, soluções mais baratas, porém o tempo de digitalização aumenta muito com estes sensores assim como acontece uma

redução de detalhamento em comparação com o sistema laser. O levantamento da nuvem de pontos acontece através do toque do sensor com a superfície. Ainda que mais lento este é o método mais utilizado, pois o fator custo é muito importante nesta discussão.

Para minimizar a influência das desvantagens dos apalpadores mecânicos, a determinação de uma estratégia inteligente de digitalização é muito importante. A primeira idéia que se faz de um trabalho de digitalização é copiar a peça por inteiro, transformando em nuvem de pontos quase que a totalidade dos detalhes do produto. Este método é o mais caro de todos, pois vai exigir o uso de um sensor eletrônico ou se tornará um processo muitíssimo demorado se realizado com um sensor mecânico ou eletrônico.

A alternativa é trocar a estratégia de digitalização para um levantamento de cortes estratégicos, criando uma estrutura, ou esqueleto, do produto para que este possa ser desenvolvido dentro do ambiente CAD. Este processo é bastante rápido e exige uma forte interação entre o digitalizador e o modelador em CAD. É um processo aonde o modelador irá coletando na peça informações de detalhes conforme a necessidade, neste sentido podemos considerar que uma MMC tipo pórtico manual ou um braço articulado de medição são mais recomendados. (figura 4)

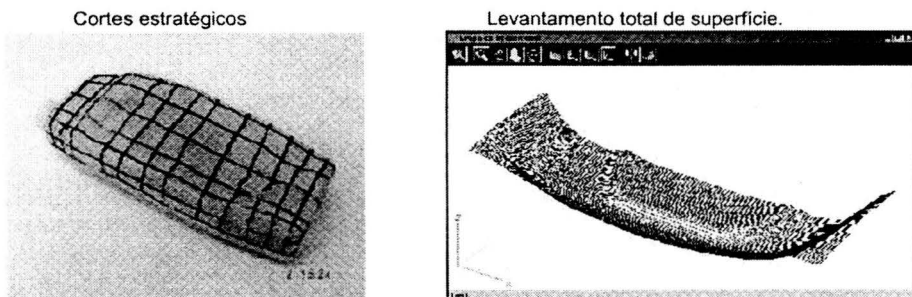


Figura 4 – estratégias de digitalização.

A capacidade do pós-processador que irá ser utilizado também deve ser considerada na composição do sistema de digitalização. Um pós-processador de grande capacidade, que tenha bons recursos para trabalhar uma digitalização feita com cortes estratégicos, por exemplo, irá necessitar de menor número de informações para permitir a criação do ferramental, isto barateia o custo do digitalizador tanto em vista que não serão necessários sensores especiais ou estratégias muito elaboradas para levantamento de superfícies.

Em produtos de menor complexidade é possível suprimir o uso de pós-processadores, e levar os dados da digitalização direto para o centro de usinagem ou eletroerosão, nestes casos o custo de implantação é bastante acessível e é necessário bons conhecimentos da máquina de produção que será utilizada.

Após o levantamento da nuvem de pontos ou cortes o sistema digitalizador deve ser capaz de escreve-los numa linguagem compatível com o sistema seguinte, para evitar necessidade de investimento em transformadores de linguagem.

Concluída a digitalização, já é possível iniciar a construção do ferramental, modelos e peças auxiliares.

## Fabricação de ferramental

O uso da MMC neste momento é o mais conhecido até o momento, a máquina de medir por coordenadas é utilizada como comparador para verificar se a peça produzida esta conforme os dados de projeto.

Nesta atividade é importante a adequação de exatidão da MMC com as tolerâncias de projeto. Existe hoje uma enorme gama de classes de exatidão para MMC, variando de 0,5mm até máquinas com exatidão de 0,0004mm, quanto maior a exatidão maior será o custo , por isto é importante considerar no projeto o método de construção de forma que não exija tolerância desnecessariamente apertadas encarecendo o processo de controle.

São duas as análises para qualificação de ferramental a serem realizadas, a primeira é a inspeção geométrica, onde serão conferidas as características dimensionais de furos (diâmetro, posição) ângulos entre faces, posições, simetrias e esquadro de canais e guias, erros de forma de elementos de fixação para evitar folgas e também diferenças nos calços (se houverem) para ajuste.

Nesta inspeção o operador faz uso de um relatório numérico com a identificação do item medido e as informações de valor nominal, tolerâncias de projeto e desvios para correção. O equipamento utilizado é geralmente uma MMC portátil devido a sua maior exatidão (2~5 $\mu$ m) e se for utilizada em uma ferramentaria exclusivamente, é fortemente recomendado o uso de um máquina manual, por ser mais econômica e permitir medições rápidas para peças únicas.

O outro tipo de análise realizado no momento da fabricação é o estudo de comparação CAD x peça, chamado de comparação de superfícies. Este processo se utiliza de um modelo matemático que é a peça virtual, criada no processo de engenharia reversa e serve como padrão para fabricação, a peça ( em geral o molde) e inspecionado e sua condição atual, ou considerando a dilatação térmica prevista e contraposta com o modelo matemático desta forma é possível validar um molde ou se necessário for, corrigi-lo.

O relatório desta análise é gráfico e o potencial de software é ponto crítico para dimensionamento de equipamento. O software deve ser capaz de ler o arquivo matemático no formato disponibilizado pelo modelador, sem perda de detalhes e a capacidade de visualização deve ser grande para permitir uma perfeita interpretação de resultados. (figura 6).

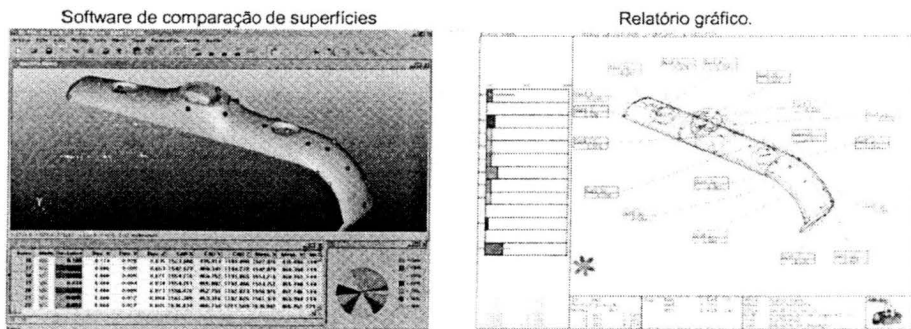


Figura 6 – Análise comparativa CAD x Modelo

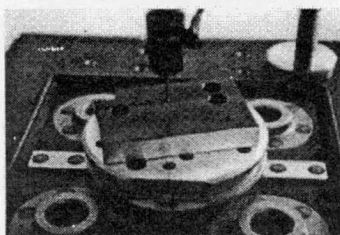
## Produção

Uma contribuição que a MMC pode dar ao processo produtivo que tem pouco uso no mercado brasileiro, mas já esta consolidada na Europa e Estados Unidos, é o uso como SET UP de máquina de produção (centro de usinagem ou eletroerosão).

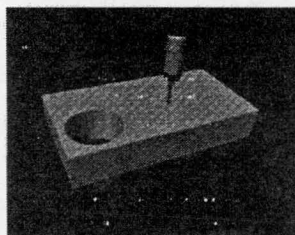
No método convencional o operador realiza um procedimento de reconhecimento da posição atual da peça no momento em que ela é fixada na máquina de produção, a fim de corrigir eventuais desalinhamentos ou para reposicionar o ponto de início de usinagem. Este procedimento é geralmente feito com uso de instrumento convencionais (relógios comparadores ou apalpadores) e depende muito da sensibilidade do operador para ser eficiente, sem contar que é um tempo onde a máquina de produção está improdutiva, parada.

A MMC pode ser utilizada para realizar este trabalho de reconhecimento de alinhamento (inclinação) e posição e transferir estas informações diretamente para o centro de usinagem ou eletroerosão reduzindo a zero o tempo de máquina parada. Para que este sistema funcione, é necessário que a peça esteja em um suporte (pallet) que permita ser fixado na MMC da mesma forma que é fixado na máquina operatriz.

Peça no pallet



Software na MMC



Resultado a ser enviado

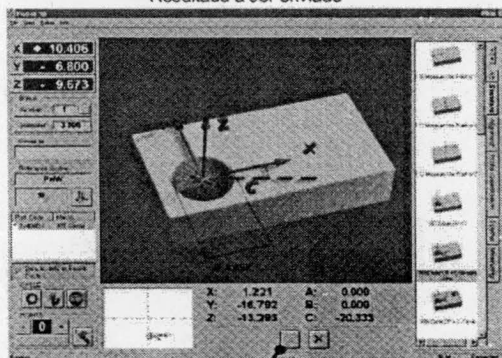


Figura 7 – SET UP de máquina

No processo produtivo de plásticos esta aplicação é utilizada ainda no processo de fabricação de ferramental, e a MMC a ser escolhida deve ser manual e de curso compatível com os pallets utilizados.

O uso mais freqüente da MMC no momento atual se dá exatamente durante o controle dimensional de produtos acabados, existem hoje inúmeras ferramentas que permitem o controle dimensional de produtos e a análise dos resultados obtidos. Além da visualização de resultados individuais os resultados obtidos durante a inspeção podem ser relacionados em softwares de estatística, para facilitar a interpretação de causas e efeitos na produção ou ainda estes resultados podem ser transferidos para acumuladores onde podem disponibilizar as informações de produção para diversos setores interessados no andamento da produção.

Ainda que esta área de aplicação seja relativamente bem difundida e bastante utilizada, também nesta aplicação temos evoluções acontecidas mais recentemente e que aumentam ainda mais a contribuição da MMC para o processo produtivo.

O maior desafio para o controle de produção está no tempo de ensaio (inspeção), os processo produtivos são cada vez mais capazes de produzir dezenas centenas de peças por hora, por outro lado as MMC mais velozes não são capazes de acompanhar tal velocidade, por exemplo, se estiverem analisando a produção de uma injetora de plástico que produz 60 peças por minuto. Neste caso o controle deve ser por amostras, a cada tempo uma certa quantidade de peças deve ser levada ao laboratório para análise dimensional.

Mesmo assim o tempo de carga e descarga de peças deve ser mínimo pois se a cada nova amostra o operador perder tempo carregando e descarregando a MMC isto significara uma necessidade de diminuição do numero de amostras ou um aumento no intervalo de inspeção. É com vistas nestes inconvenientes e buscando capacitar a MMC para inspecionar um numero cada vez maior de peças com objetivo de chegar a 100% da produção é que a grande inovação do momento é automatizar a operação das MMC quando em uso na produção.

Esta automação ocorre em dois sentidos, software e hardware. Nos software o que temos é uma capacidade maior de comunicação com sistemas de transporte, capacidade de tomar decisões sobre as peças medidas e maior flexibilidade para execução de rotinas de inspeção.

Um bom exemplo desta flexibilidade está sendo utilizada em diversos fabricantes de embalagens plásticas, nesta atividade o alto número de peças produzidas impossibilita a inspeção de toda produção, por isto o sistema de amostras é utilizado para se manter um controle do dimensional das peças. Para reduzir o tempo de carga e descarga o software de medição oferece uma ferramenta chamada MODO PALLET onde é criada uma única rotina de inspeção para cada tipo de embalagem e esta rotina é repetida inúmeras vezes com apenas uma chamada. As repetições ocorrem seguidamente, porém considerando um deslocamento entre elas, desta forma as embalagens devem ser dispostas sobre a mesa da MMC em linhas e colunas com intervalos de distância regulares e a medição se dá em cada peça por vez, permitindo que as primeiras posições sejam repostas após a inspeção e a MMC trabalhe em ciclo contínuo eliminando tempo de parada para carga e descarga. (figura 8)

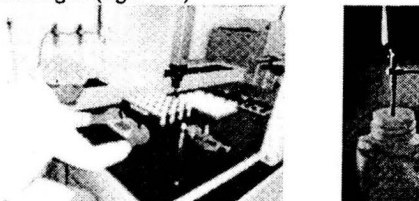


Figura 8 Inspeção de embalagens plásticas



Na linha de evolução de hardware, as MMC de hoje podem ser montadas em células de medição com elementos de transporte conectados e programas inteligentes que decidem que atitude tomar em função do resultado da medição executada, podem corrigir parâmetros nas máquinas produtivas, registrar os dados em diferentes locais de acordo com o tipo de peça medida, registrar sobre a própria peça uma informação de identificação através de impressora especiais sob o comando da MMC, aumentando a velocidade de inspeção e de difusão de informações tornando o processo como um todo mais controlável e menos dispendioso.

### **Conclusão**

A versatilidade da tecnologia envolvida em uma MMC, permite que todas as ferramentas citadas podem ser re combinadas para adequar-se as necessidades de cada processo, criando um importante auxiliar para o aumento de qualidade e produtividade em um processo de produção de plásticos atuando em todas as suas fases.

O uso de uma mesma MMC para todas as atividades que ela pode contribuir depende de um detalhado estudo de tempo gasto em cada atividade e de configuração de acessórios disponível, em geral é utilizada mais de uma MMC para executar diferentes tarefas dentro de um processo devido à influência que ela pode ter sobre os resultados, aumentando assim a demanda de serviço sobre este equipamento.

### **Bibliografia:**

- BUENO, Marco Aurélio M. O CNC aplicado a máquinas de medir por coordenadas. São Paulo, Relatório final de estágio técnico, Senai SP, 1996.
- CUNHA, Nelson. E agora? Preciso comprar uma Tridimensional. São Paulo , Boletim técnico Mitutoyo, 2000.
- EROWA. JMS Pre Set 3D Working example. DeskTop Publishing EROWA Marketing Services, 2002
- LOEBNITZ, Dr. Dieter. Geometrische 3D-Mess-Software für Koordinaten-Messmaschinen. Neuss, Mitutoyo, 1999.
- PARLEE, Ken. Com contato ou sem contato (ou ambos)?. São Paulo, Revista Metrologia Industrial, abril 2001 p.28-33.
- SOUZA, André R. Garantia da confiabilidade metrológica na medição por coordenadas. Florianópolis, Apostila de curso oferecido pela FUNDAÇÃO CERTI, 2001.

