

# A TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS NO CICLO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS PLÁSTICOS

*A tecnologia de medição por coordenadas pode ser uma ferramenta poderosa no processo de desenvolvimento de produtos plásticos, encontrando aplicação desde as etapas de concepção do produto até o controle da produção seriada, possibilitando um aumento significativo da qualidade e produtividade. Nesse artigo da Fundação CERTI, um centro de referência em medição por coordenadas no Brasil, essas potencialidades são detalhadas, demonstrando a abrangência e profundidade com que a tecnologia pode ser aplicada.*

Maurício de Campo Porath<sup>1</sup>; André Roberto de Sousa<sup>2</sup>

## **Flexibilidade e Produtividade: Características da Medição por Coordenadas**

A tecnologia de medição por coordenadas (TMC) (ou medição tridimensional) é hoje uma ferramenta já consolidada nos processos de garantia da qualidade dimensional de produtos em indústrias dos mais diversos setores produtivos. Algumas das vantagens em relação aos meios de medição convencionais que têm garantido o sucesso desta tecnologia são:

- **Alta flexibilidade:** devido a esta característica, intrínseca do princípio de medição utilizado, a tecnologia de medição por coordenadas pode ser aplicada com sucesso em processos caracterizados por pequenos lotes ou, até mesmo, por peças unitárias, onde a diversidade de geometrias das peças é muito grande;
- **Alta produtividade:** a utilização de máquinas de medir por coordenadas CNC permite que sejam inseridas em ciclos de produção com elevado grau de automatização, possibilitando assim também a aplicação em processos caracterizados por grandes lotes;
- **Alta informatização:** facilidade de integração com sistemas CAD/CAM e sistemas de garantia da qualidade (CAQ), possibilitando um fácil interfaceamento da medição com outros setores da empresa;
- **Alta precisão:** em setores produtivos que demandem alta precisão dimensional das peças, a utilização de máquinas de medir por coordenadas com incertezas de medição da ordem de  $\pm 1 \mu\text{m}$  tem se tornado cada vez mais freqüente;
- **Alta confiabilidade:** quando utilizada de forma consciente, esta tecnologia oferece confiabilidade comparável a qualquer outro processo de controle dimensional.

Além da aplicação no controle dimensional de produtos, a TMC tem se mostrado uma ferramenta poderosa em engenharia reversa, através da digitalização precisa de superfícies com formas livres.

Com estas qualidades, a TMC é hoje fundamental também na área de plásticos, devido a crescente exigência por tolerâncias dimensionais estreitas e à complexidade geométrica do ferramental de injeção e das peças injetadas.

Nesse contexto, a medição por coordenadas tem sido aplicada com sucesso em praticamente todas as etapas do ciclo produtivo da peças, da concepção à produção seriada.

A figura 1 ilustra essa presença contínua da TMC no processo de desenvolvimento de produtos plásticos.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Metrologista do Laboratório de Medição por Coordenadas da Fundação CERTI.

<sup>2</sup> Professor de Metrologia do Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina – CEFET-SC.

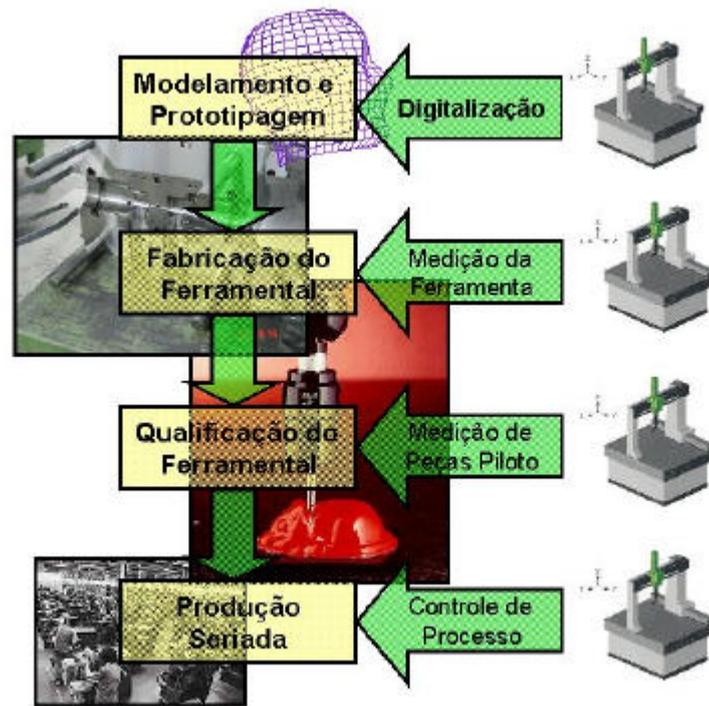


Fig. 1: A TMC no processo de desenvolvimento de um produto plástico

### **A TMC na Etapa de Modelamento e Prototipagem**

Por motivos funcionais ou estéticos, em várias situações o modelamento de uma peça plástica é feito fisicamente por designers em materiais como madeiras ou resinas. Nesses casos é necessária a digitalização do protótipo para que se obtenha o modelo CAD sobre o qual todo o desenvolvimento do ferramental é realizado. A figura 2 ilustra um desses casos, com a digitalização de um frasco de shampoo.

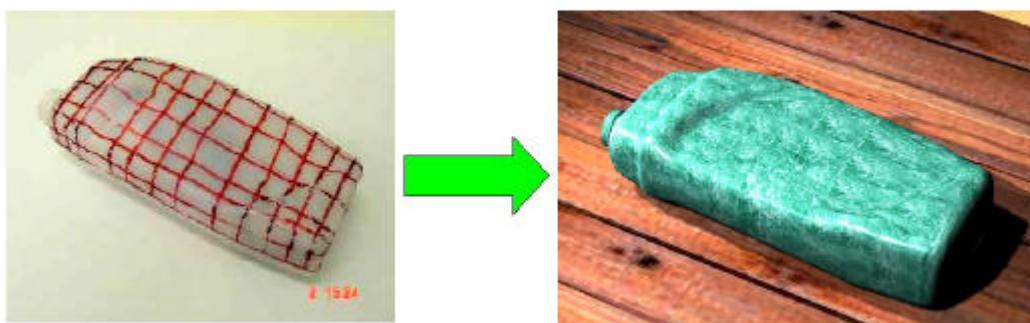


Fig. 2: Digitalização de um frasco de shampoo

Em outros casos, o produto é desenvolvido a partir de uma peça antiga, para a qual não se tem um modelo CAD ou desenhos.

Seja qual for o caso, o processo de engenharia reversa encurta bastante o tempo de desenvolvimento de um produto.

A digitalização de superfícies consiste basicamente da aquisição de pontos sobre a superfície e posterior tratamento dos mesmos em softwares específicos para a geração dos modelos CAD. Com isso, nuvens de pontos são exportadas para um sistema CAD, dentro do qual a construção de curvas e superfícies matemáticas é realizada através de malhas poligonais (Meshs) ou NURBS (Non- Uniform Rational B-Splines), sendo esta última descrição preferida em muitos casos pela sua maior precisão [1]. A figura 3 mostra esse processo.

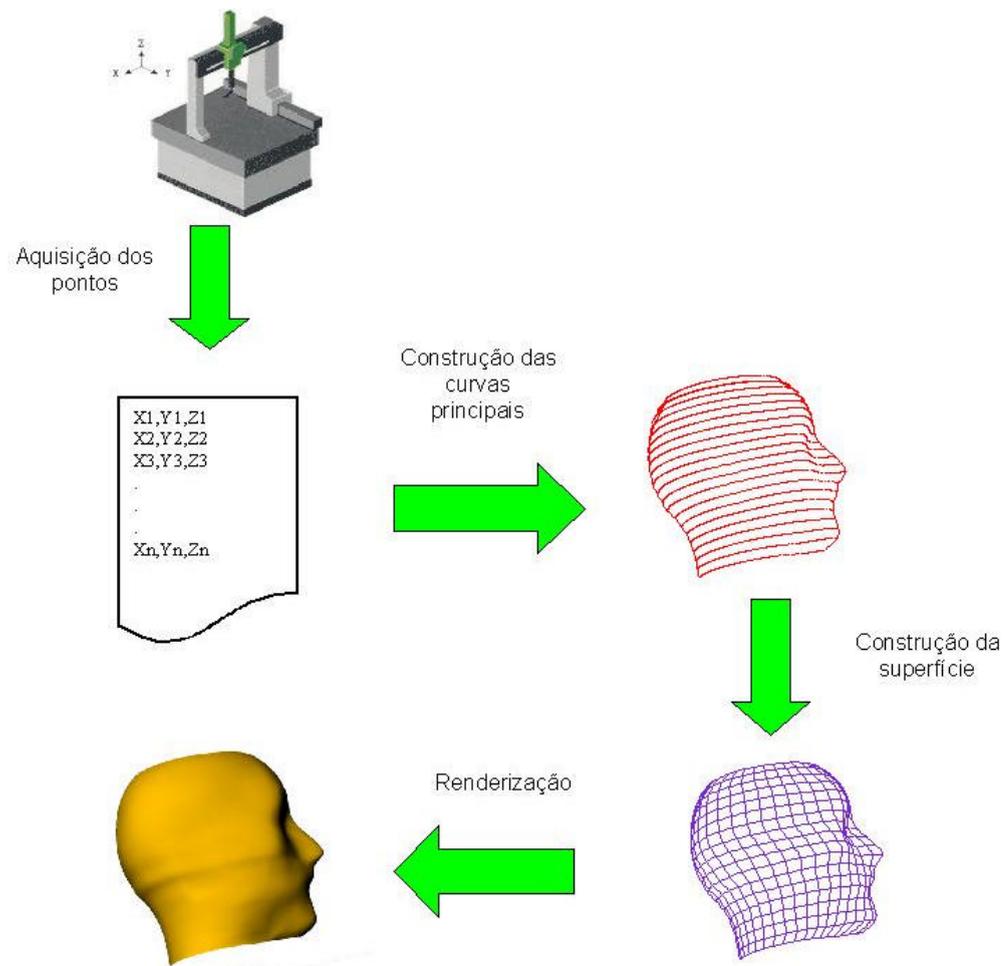


Fig. 3: Processo de digitalização de uma superfície com TMC

Para a digitalização de superfícies livres existem atualmente várias tecnologias, dentre estas o laser de varredura, a fotogrametria e a medição por coordenadas. Uma das vantagens da medição por coordenadas em relação aos demais processos é a precisão dos pontos adquiridos e a facilidade de exportação dos dados para sistemas CAD. No entanto, a principal razão pela qual a TMC tem sido preferida por muitas empresas é a disponibilidade do equipamento. Muitas empresas têm demandas somente esporádicas para digitalizações, o que faz com que um investimento em um equipamento dedicado não se justifique. Opta-se então pela aquisição de um software de digitalização para a máquina de medir por coordenadas disponível na empresa (praticamente todos os fabricantes de MMC oferecem estes softwares) ou pela terceirização do serviço.

## A TMC na Etapa de Fabricação do Ferramental

Na etapa de produção do ferramental a medição por coordenadas pode ser aplicada no controle dimensional dos moldes. Devido ao alto custo dos moldes e pela característica de produção unitária, é muito importante que seja realizado um controle dimensional após cada etapa ou conjunto de etapas de fabricação, para garantir a conformidade de cada etapa de usinagem e, ao final, para garantir a conformidade dimensional da ferramenta e, conseqüentemente, das peças.

Além do controle dimensional, em moldes onde se faz necessário furação manual, máquinas de medição por coordenadas podem ser aplicadas como traçadores tridimensionais.

Um exemplo de aplicação interessante no controle de moldes, visualizado na figura 4, é a separação do desvio de posição de um conjunto de furos ou insertos em relação a uma dada referência, do desvio de posição entre os furos ou insertos do conjunto. Este problema de medição, resolvido com relativa facilidade por TMC, encontraria bastante dificuldade de resolução por métodos convencionais de medição.

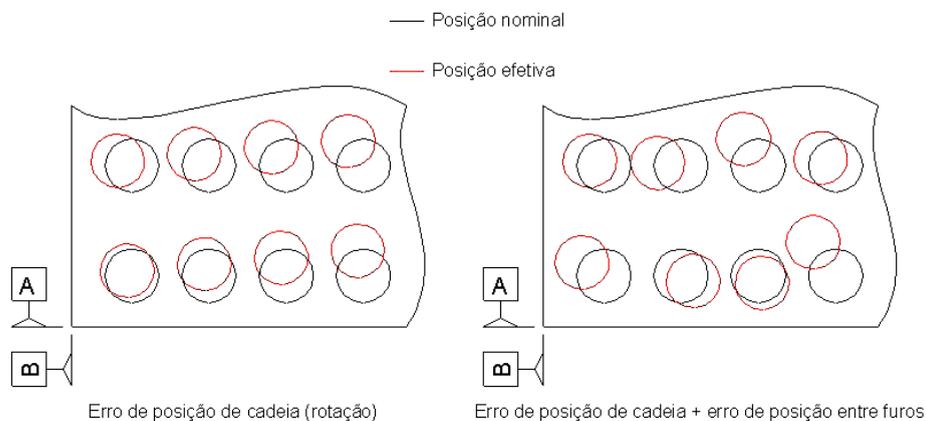


Fig. 4: Erros de posição de furos em relação às referências A e B

## A TMC na Etapa de Qualificação do Ferramental

Esta etapa pode ser realizada pela ferramentaria responsável pela sua fabricação, pelo comprador ou por uma terceira parte. A qualificação de terceira parte, realizada por uma instituição de reconhecida competência pode trazer vantagens a este processo. A primeira, e mais óbvia, é a sua posição de neutralidade na transação de compra e venda da ferramenta. Uma segunda vantagem é que quando realizado por especialistas em metrologia dimensional, a maior qualidade de informação faz com que o resultado da medição deixe de ser somente uma lista de números com marcações de “conforme” e “não conforme”, e passe a informar soluções para as possíveis não conformidades do ferramental. Este processo, denominado de “medição analítica” tem sido adotado na Fundação CERTI nas suas medições de peças plásticas e ferramental.

A TMC pode ser uma grande aliada neste processo. A avaliação dimensional das peças piloto com meios de medição tradicionais, tais como paquímetros, micrômetros, medidores de altura e goniômetros, é pouco abrangente. Os requisitos de fabricação de produtos plásticos têm se tornado cada vez mais rigorosos; e a especificação de

tolerâncias de forma, orientação e posição se tornando cada vez mais freqüente. A geração de resultados confiáveis para desvios deste tipo com instrumentos convencionais é bastante difícil e, às vezes, impossível.

A utilização de máquinas de medir por coordenadas CNC permite que se garanta reprodutibilidade da medição, condição fundamental para que se possa fazer uma análise estatística de um lote de peças piloto.

Uma característica com importância cada vez maior na indústria é o desvio de superfícies com formas livres (não regulares) de peças. Exemplos onde estes requisitos são bastante importantes são as peças plásticas de carrocerias de automóveis, onde é necessário que se garanta continuidade de forma entre peças. O controle deste tipo de característica é feito por comparação direta contra o modelo CAD 3D. A aquisição dos pontos sobre a superfície é feita de forma semelhante à feita na digitalização, tendo assim a TMC as mesmas vantagens mencionadas anteriormente. A utilização de softwares específicos permite que se faça uma análise visual de regiões com desvios positivos (excesso de material) e negativos (falta de material) na superfície, possibilitando uma fácil identificação de partes do molde a serem corrigidos. A figura 5 ilustra uma aplicação desse tipo.

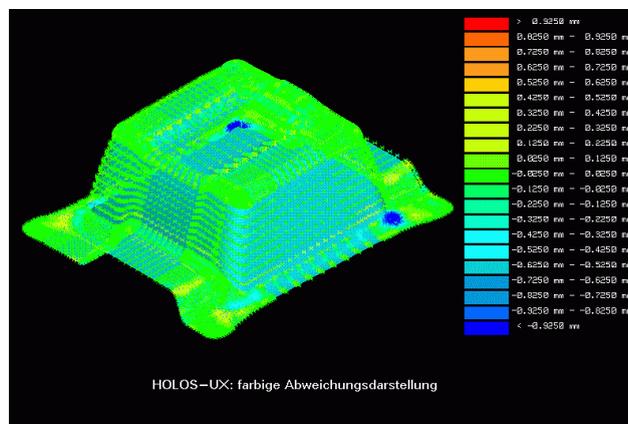


Fig. 5: Resultados de medição de uma superfície com formas livres (Zeiss HOLOS-UX)

## A TMC na Etapa de Produção

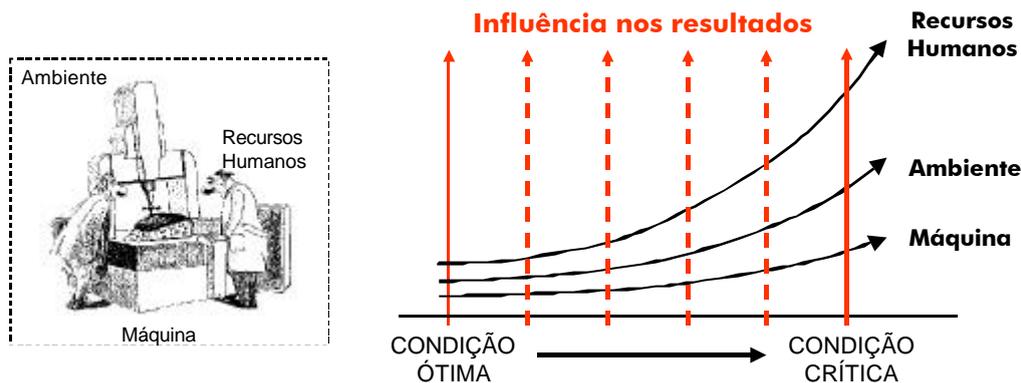
Após a aprovação do ferramental/lote piloto e do processo entrar em regime, a medição analítica de peças de produção permite que os parâmetros de fabricação sejam otimizados, aumentando a eficiência do processo e, também, garantindo a estabilidade (capabilidade) do processo (afetada por desgaste do ferramental, alteração de variáveis do processo, etc.). Para que o controle seja eficiente, é necessário que a variabilidade do processo de medição seja pequena frente à variabilidade do processo de produção. Fundamental para que esta condição seja atendida é que o sistema de medição garanta níveis de reprodutibilidade suficientemente altos.

A utilização de meios convencionais de medição, ou até mesmo de máquinas de medir por coordenadas manuais, pode fazer com que efeitos tais como erros de medição do operador e erros de forma da peça induzam uma variabilidade alta no processo de medição.

Máquinas de medir por coordenadas CNC integradas à produção, podem gerar resultados confiáveis e aumentam a produtividade do controle de processo, na medida em que podem ser também integradas ao Sistema de Garantia da Qualidade da empresa, como em sistemas de Controle Estatístico de Processo.

## A Importância da Confiabilidade na Medição por Coordenadas

Para que a TMC seja útil ao processo, a sua confiabilidade deve ser garantida, e para isso é necessário que alguns cuidados sejam tomados. Os operadores de máquinas de medir por coordenadas devem ser suficientemente capacitados para a tarefa que executarão. Operadores de máquinas CNC devem ser conscientes dos efeitos desastrosos para a medição que uma má fixação ou uma limpeza não muito rigorosa da peça podem trazer. Programadores CNC e operadores de máquinas manuais devem ter, além do treinamento específico na tecnologia, uma formação bastante sólida em metrologia, garantindo assim que a estratégia de medição escolhida seja adequada à tarefa executada. A figura 6 compara a influência do operador com a influência do ambiente e da máquina nos resultados da medição [2].



A CAPACITAÇÃO DO PROFISSIONAL DEVE SER PROPORCIONAL À IMPORTÂNCIA DA TECNOLOGIA NO PROCESSO DE GARANTIA DA QUALIDADE

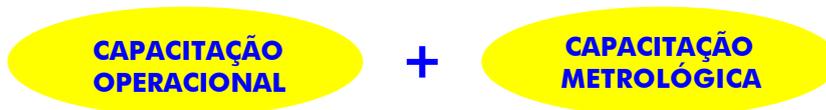


Fig. 6: Importância da capacitação metrológica dos recursos humanos

Um ambiente climatizado de forma incorreta também pode afetar negativamente a medição. Gradientes térmicos no volume da máquina, gerados por um direcionamento incorreto das saídas de ar frio ou por proximidade com fontes de calor podem ser responsáveis por deformações das guias da máquina, gerando erros de medição. A figura 7 ilustra estas situações [2].

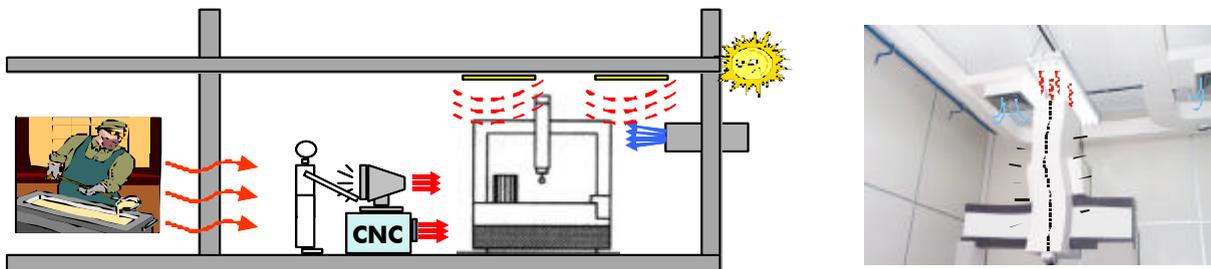


Fig. 7: Ambiente aumentando a incerteza de medição

Finalmente, a máquina deve ser adequada à tarefa executada e devidamente calibrada. Uma escolha incorreta da máquina de medir por coordenadas na hora da compra pode fazer com que se torne um obstáculo à produtividade ou, até mesmo, que sua aplicação se torne inviável devido ao volume de medição reduzido ou à incerteza de medição inadequada. A calibração periódica de máquinas de medir por coordenadas também é de fundamental importância. Infelizmente a Fundação CERTI tem detectado com certa frequência, em calibrações de máquinas de clientes, a existência de erros muito fora das especificações do fabricante da máquina de medir por coordenadas. A detecção e correção destes desvios é de importância indiscutível. Muitas empresas têm optado por contratar serviços de calibração em laboratórios independentes. Esta opção é bastante interessante, pois somente assim a neutralidade é garantida.

## **Conclusão**

---

A atual situação econômica do país, desfavorável à importação, faz com que muitas novas oportunidades na área de peças plásticas surjam. A produção de moldes de precisão, por exemplo, para toda a linha de injetados para a indústria eletrônica e de informática, atualmente importados na maioria dos casos, poderia ser feita no Brasil. Para que isto se torne possível, se faz necessário uma maior conscientização da importância da metrologia no processo de produção deste tipo de molde.

Nesse contexto, a tecnologia de medição por coordenadas se apresenta como uma ferramenta bastante poderosa e atualmente pouco explorada, atuando em praticamente todas as etapas do processo produtivo de peças plásticas, da concepção do produto passando pela produção e aprovação do ferramental, até a medição de peças seriadas para controle de processo.

No entanto, para que todo o potencial da TMC seja aproveitado a confiabilidade dos resultados deve ser garantida e, dentre outros cuidados, o treinamento do operador é vital. Tem se verificado que ter os técnicos treinados pelo fabricante da máquina de medir por coordenadas é importante, mas não suficiente para que todas as possibilidades oferecidas por esta tecnologia possam ser exploradas. A experiência tem mostrado que os treinamentos se concentram muito na operação do software de medição, não dando tanta importância para a correta escolha da estratégia de medição (número e distribuição de pontos, apalpador, fixação, etc.), decisiva para a confiabilidade da medição [3].

## **Bibliografia**

---

- [1] Porath, Maurício C. **Relatório de Estágio Curricular em Engenharia Mecânica**. Relatório 3 da disciplina EMC 5522: Estágio Profissional em Engenharia Mecânica - UFSC. Relatório 3, p. 3-15. Junho de 2001.
- [2] Sousa, André R. **Garantia da confiabilidade metrológica na Medição por Coordenadas**. Apostila de Curso oferecido pela Fundação CERTI, 2001.
- [3] Souza, André R. **Como utilizar a medição por coordenadas com eficiência e confiança**. Máquinas e Metais, Maio 2001, p.114-127.