

TÉCNICAS PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE PREPARAÇÃO E REFERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS EM TORNO CNC

TECHNIQUES FOR REDUCING TIME FOR PREPARATION AND REFERENCING OF CNC TOOLS

Pedro Fernando Poveda ¹
Ricardo Pires ²

Data de entrega dos originais à redação em: 21/09/2017
e recebido para diagramação em: 06/12/2019

Pequenas empresas se caracterizam por produzir uma grande variedade de peças, com pequeno volume de produção para cada item. Neste trabalho, são propostas soluções para diminuir o tempo de preparo e, conseqüentemente, os custos envolvidos para a produção de pequenos volumes em torno CNC. Esta abordagem se concentra principalmente em três pontos: a fixação das peças, os referenciais no eixo Z e o setup (referenciamento) de ferramentas. Quanto a fixação das peças, deve-se preferir a utilização de placas com acionamento manual, pois são mais versáteis na fixação de materiais com grandes diferenças de diâmetros. Em relação aos referenciais no eixo Z, devem-se desenvolver os programas de usinagem com base em referencial fixo (por exemplo, na face das castanhas). Já o setup de ferramentas, pode ser evitado com a utilização de dispositivos acessórios de posicionamento nas trocas de ferramentas, permitindo a simples utilização dos corretores correspondentes nos diferentes programas de usinagem. As soluções apresentadas foram testadas em um Torno CNC Romi Centur 30D com ferramentas Sandvik.

Palavras-Chave: Processos. Produção. Setup rápido. Setup de ferramentas. Produtividade.

Small industries are characterized by producing a wide variety of parts, with small production volume for each item. In this work, solutions are proposed to reduce the preparation time and, consequently, the costs involved for the production of small volumes in CNC lathes. This approach focuses mainly on three points: the fixation of the parts, the references in the Z axis and the setup (referencing) of tools. Regarding the fixation of the parts, it is preferable to use plates with manual actuation, since they are more versatile in the fixation of materials with great diameters differences. In relation to the Z-axis reference, machining programs must be developed on the basis of a fixed reference (for example, on the face of nuts). The tool set-up can be avoided by the use of accessory positioning devices in tool exchanges, allowing simple use of the corresponding offset in the different machining programs. The solutions presented were tested on a lathe to the CNC Romi Centur 30D with Sandvik tools.

Keywords: Processes. Production. CNC Lathe. Setup. Preset. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

Até há alguns anos atrás, devido ao alto custo de investimento, o uso de máquinas com Comando Numérico Computadorizado (CNC)¹ era restrito às grandes empresas. Nos últimos anos, em razão da redução do custo desses equipamentos e grande oferta de crédito pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Social (BNDES), as pequenas empresas obtiveram acesso a esse recurso produtivo, disseminando e popularizando sua utilização. Segundo a EBAH (2017) "hoje, é praticamente impossível imaginar a indústria, principalmente os setores mecânico e metalúrgico, sem a presença de máquinas-ferramenta CNC".

As pequenas empresas se caracterizam por produzir uma grande variedade de peças com pequenos volumes de produção para cada item. Muitas vezes, é necessária a produção sem planejamento prévio e no mesmo dia do recebimento da encomenda. Desta forma, se faz necessária a busca constante pela redução no tempo de preparo das máquinas,

1 - Máquinas dotadas de Comando Numérico Computadorizado (CNC), executam as operações de usinagem (remoção de material) a partir de instruções previamente programadas.

1 - Mestre em Automação e Controle de Processos - IFSP - Especialista em Engenharia de Produto - Universidade São Judas - Tecnólogo em Mecânica - FATEC.
2 - Doutor em Sistemas Automáticos e Microeletrônicos - Universidade de Montpellier II - Mestre em Engenharia Elétrica - Escola Politécnica da USP - Engenheiro de Eletricidade - Escola Politécnica da USP

com padronização de fixações (placas e castanhas), referenciamentos e ferramentas.

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de técnicas e incorporação de dispositivos que reduzam e/ou eliminem o tempo de preparação em torno CNC, de forma a tornar competitivos os custos de produção de pequenos lotes nessas máquinas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Neumann et al (2002) "a melhor forma de economizar tempo na troca de ferramentas (e conseqüentemente ter que refazer o **preset**²), é não trocá-las". Mas isso nem sempre é possível.

Caussin (2001) coloca, entre os principais fatores a serem controlados para se reduzir o tempo de preparação nas máquinas a CNC, está o **setup** de ferramentas e dispositivos de fixação.

O tempo de **setup** é definido por Goubergen e Landeghem (2001) como sendo o intervalo de tempo que

2 - Preset é um procedimento de referenciamento (estabelecer as distâncias) da ferramenta em relação a um ponto comum (conhecido) da máquina, de forma que o sistema (CNC) identifique de forma contínua, confiável e precisa a posição da ferramenta durante as operações de deslocamento dela.

se passa entre o término da última peça boa do lote anterior até o término da primeira peça boa do próximo lote.

Segundo Shingo (1996), a Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é a maneira mais eficaz de se reduzir o tempo de *setup*, podendo chegar a 95% de redução. Por isso, a maioria das empresas do setor industrial de transformação buscam, de forma constante, redução no tempo de preparação em seus processos. Saloto e Calarge (2008) realizaram um estudo em seis grandes empresas na região de Campinas e apenas uma delas não possuía metodologias para redução do tempo de *setup*. Já nas pequenas empresas, onde a fabricação se dá geralmente em pequenos lotes, segundo Moura (1996), somente poderá se dar de forma eficiente com *setup* rápido e eliminação dos problemas relativos à qualidade.

Segundo Cas *et al* (2015), em estudo de caso de aplicação de TRF na linha de envase de uma indústria farmacêutica, com grande variedade de produtos, obteve-se uma redução média no tempo de *setup* de 47,42%, equivalente, no período de um mês a um ganho de 1071 minutos em tempo de produção.

Conforme Zola *et al* (2018), a aplicação de TRF, em uma indústria no Paraná, possibilitou uma redução de 35,27% no tempo de *setup* e aumento de 6,20% na eficiência do setor de corte à Plasma CNC.

Segundo Vane *et al* (2017), em pesquisa estatística de artigos acadêmicos, mais de 11% dos trabalhos relacionados à Manufatura Enxuta tratam da redução do tempo de *setup*.

De acordo com Batelochi (2007) “troca rápida de ferramentas não significa ritmo acelerado e sim montagens simplificadas”.

De forma a minimizar os tempos necessários para a preparação das máquinas, se faz necessária a busca por alternativas em relação aos procedimentos usuais, focando os esforços em:

- Utilizar sistemas de fixação de materiais/peças mais versáteis;
- Utilizar referenciais fixos no eixo z (“zero-peça”);
- Utilizar dispositivos vinculantes no posicionamento das ferramentas para, nas trocas, evitar a necessidade de proceder novo *setup* e tornar o processo mais rápido.

3 METODOLOGIA

Os estudos aqui abordados foram realizados e testados em um Torno³ CNC marca Romi modelo Centur 30D equipado com placa⁴ pneumática e decorreram de problemas reais identificados no sistema produtivo da empresa possuidora da máquina.

3.1 Fixação do material/peças na Placa

A maioria dos tornos CNC vem equipados com placas hidráulicas ou pneumáticas de três castanhas⁵ duras (castanhas padrão não torneáveis) ou moles (castanhas torneáveis para diâmetros específicos). Esses

3 - Tornos são máquinas destinadas a conformação com remoção de material (usinagem) de peças. Nessas máquinas, o material ou peça gira, enquanto uma ferramenta (dotada de arestas cortantes) avança contra ela, promovendo a remoção de material.

4 - Placa é um acessório utilizado em tornos para fixação do material a ser torneado. Seu acionamento pode ser manual (através de chave apropriada), pneumático ou hidráulico.

5 - Castanhas são os componentes móveis das placas que pressionam e fixam o material ou peça a ser torneada. Existem placas de três castanhas (para fixação de materiais redondos ou sextavados) e de quatro castanhas (para fixação de materiais quadrados).

acessórios apresentam grandes vantagens quando em uso na produção de grandes lotes de peças:

- Acionamento automático e sem esforço do operador;
- Fixação rápida, precisa e confiável;
- Possibilidade de ajuste da pressão (força de aperto).

Entre as desvantagens, em relação às placas de acionamento mecânico, têm-se:

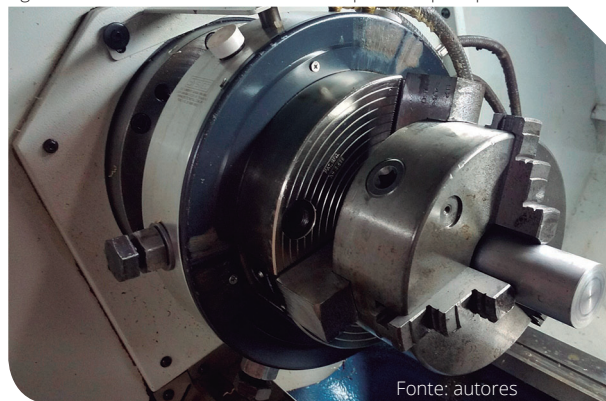
Custo elevado;

- Necessidade de manutenção frequente (óleo hidráulico para as placas hidráulicas ou lubrificante para as placas pneumáticas, retentores);
- Necessidade de sistemas de produção (compressores) e tratamento (secadores, filtros, etc.) de ar comprimido no caso de placas pneumáticas ou sistemas óleo-hidráulicos complexos no caso de placas hidráulicas;
- Pequeno curso das castanhas (menor que 5 mm), limitando a faixa de diâmetros possíveis de fixar sem regulagens adequadas.

Apesar da inquestionável otimização do processo na produção seriada de grandes lotes de itens, para pequenos e sucessivos volumes de produção, as vantagens se reduzem ou mesmo se invertem, devido ao elevado tempo de preparação entre os diferentes itens a serem produzidos. Para minimizar ou mesmo eliminar essas desvantagens, podem ser adotados os seguintes procedimentos:

- Programar a maior sequência possível de itens com diâmetros de materiais compatíveis com as castanhas/ajustes em uso;
- Referenciar o eixo Z (eixo longitudinal)⁶ na face das castanhas ao invés de na face das peças, tornando comum a qualquer item que entre em produção;
- Utilizar placas mecânicas na máquina ou mesmo adaptá-las, fixando-as nas placas pneumáticas ou hidráulicas, conforme ilustrado nas Figuras 1 e 2. Esses modelos de placas possibilitam a fixação de ampla faixa de tamanhos de materiais sem a necessidade de trocas ou ajustes no posicionamento das castanhas. Também permitem a alternância do uso de placas de três ou quatro castanhas, flexibilizando o uso de materiais redondos, sextavados ou quadrados.

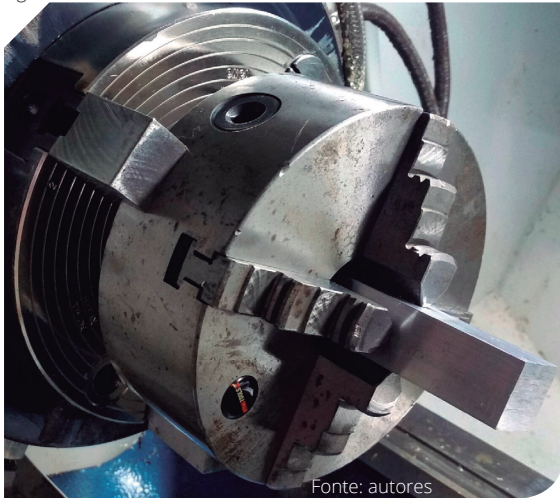
Figura 1 - Placa mecânica de 3 castanhas adaptada em placa pneumática



Fonte: autores

6 - Os movimentos das ferramentas, em tornos, se dão em referencial baseado em dois eixos ortogonais: eixo X (na direção transversal, do diâmetro da peça) e eixo Z (na direção longitudinal, do comprimento da peça).

Figura 2 - Placa mecânica de 4 castanhas



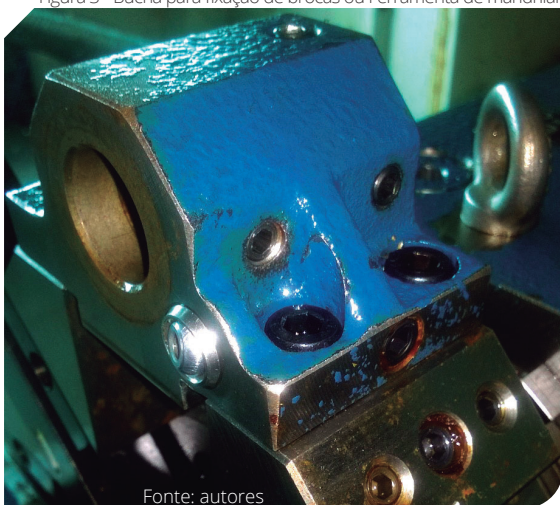
Apesar das vantagens apresentadas, devem-se levar em conta, na escolha dos métodos de fixação dos materiais, os seguintes aspectos negativos:

- Acionamento manual, que acarreta maior demora, imprecisão e probabilidade de falhas do operador;
- Devido a soma de imprecisões (concentricidade) na utilização de placas adaptadas, observou-se, experimentalmente, excentricidade de até 0,3 mm entre o diâmetro original do material e após a operação de torneamento;
- Tempo maior no ciclo de acionamento, avanço ou troca de material.

3.2 Fixação das Ferramentas na Torre⁷

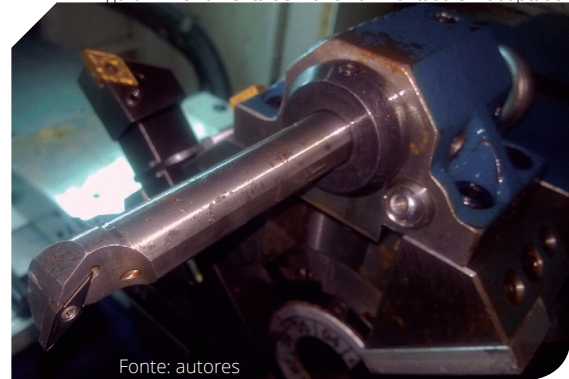
Para a fixação de brocas ou barras para torneamento interno, há a disponibilidade de acessórios originais das máquinas, como buchas de fixação, que permitem a montagem vinculando o posicionamento das ferramentas em relação aos eixos X e Z, conforme Figuras 3 e 4. Nestes casos, não há necessidade de se referenciar as ferramentas a cada troca, bastando apenas utilizar o corretor de posição apropriado, correspondente a montagem em uso.

Figura 3 - Bucha para fixação de brocas ou Ferramenta de mandrilar



7 - Torre é o acessório mecânico onde são fixadas as ferramentas de usinagem. Em tornos a CNC, as ferramentas adequadas a cada operação são selecionadas e posicionadas através de movimento rotacional da torre.

Figura 4 - Ferramenta de mandrilar montada em adaptador



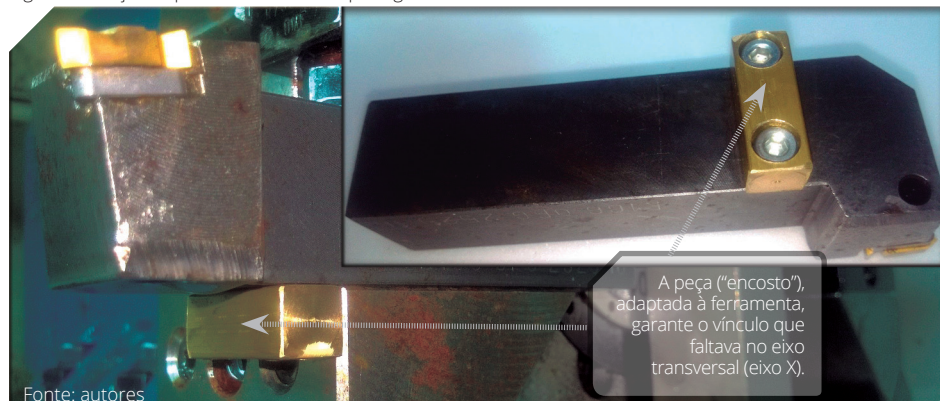
Já no caso de ferramentas para torneamento externo, o alojamento existente na torre garante o vínculo no eixo Z, mas não no eixo X, como mostrado na Figura 5.

Figura 5 - Alojamento da Ferramenta



Uma solução para garantir o vínculo no eixo transversal (eixo X) é a adaptação de um "encosto" na ferramenta (suporte da pastilha) conforme mostrado na Figura 6. A peça adaptada garante o vínculo da ferramenta tanto no eixo X como no eixo Z, bastando utilizar o corretor adequado nos programas de usinagem, após a troca da ferramenta.

Figura 6 - Peça adaptada à ferramenta para garantir o vínculo no eixo X



Fonte: autores

REFERÊNCIAS

BATELOCHI, L. **Fundamentos do Setup Rápido. O Mundo da Usinagem**, São Paulo, v.38, p.6-11, 2007.

CAS, F. da, *et al.* Implicações da redução de setup na produtividade da indústria farmacêutica. **Revista GEINTEC**, vol 5, pg 1764-1779, 2015

CAUSSIN, G. **Five techniques for reducing setup time: every tool in its place, a place for every tool.** *Tooling & Production*, vol 67, pg. 34-39, 2001

4 RESULTADOS

A metodologia e recursos tratados neste artigo foram implementados no processo produtivo de uma pequena empresa, possuidora de apenas um torno CNC Romi Centur 30D equipado com placa pneumática, utilizando ferramentas Sandvick, com suportes dotados de vínculos. Os resultados demonstraram a viabilidade das técnicas aqui apresentadas. Na Tabela 1, são apresentados os resultados obtidos e comparados com a situação antes da implantação das novas metodologias (valores médios obtidos em operações durante um mês com turnos diários de 8 horas de trabalho):

Conforme demonstrado, com o emprego das técnicas apresentadas, obteve-se uma economia de tempo de 60 minutos (12,5 % da jornada de trabalho) utilizando placa mecânica adaptada e 36 minutos (6,25% da jornada de trabalho) com a utilização de ferramentas com vínculos adaptados. No total, houve uma economia de tempo médio diário de 96 minutos, ou seja, 18,75 % da jornada diária.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas aqui apresentadas se mostraram extremamente eficientes na empresa onde foram empregadas, apontando uma direção bastante promissora para organizações industriais semelhantes. Entretanto, deve-se considerar que a aplicação e viabilidade da metodologia abordada necessita de estudo individualizado caso a caso, para se obter um resultado satisfatório da relação custo x benefício.

EBAH. 6 – **Comando Numérico Computadorizado**. Disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAe5OcaF/nocoos-comando-numerico>. Acessado em 06/09/2017.

GOUBERGEN, D.; LANDEGHEM, H. **An Integrated Methodology for More Effective Set-up Reduction**. IIE Solutions 2001 Conference. Dallas: Institute of Industrial Engineers, 2001.

MOURA, R. A.; BANZATO, E. **Redução do tempo de setup: troca rápida de ferramentas e ajustes de máquinas**. São Paulo: IMAM, 1996.

NEUMANN, C. *et al.* **A Troca rápida de Ferramentas Aplicada ao Desenvolvimento de Fornecedores**. O Mundo da Usinagem, São Paulo, v.4, p.7-11, 2002.

ROMI. **Documentação Técnica. Centur 30D**. Santa Bárbara D'Oeste, 2009.

SALOTO, E. G.; CALARGE, F. A. Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais. **Exacta**. v. 6, nº 2, p.283-296, 2008.

SANDVICK Coromant. **Manual Técnico de Usinagem**. Suécia: Elanders, 2009.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman. 1996.

VAINE, A. *et al.* **Estudo de tendências e impacto de inovações em técnicas de redução de tempo de setup via aplicação de mineração tecnológica**. 9º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação. Joinville. 2017.

ZOLA, F. C. *et al.* Redução do tempo de setup: uma proposta de melhoria aplicada a uma empresa do setor metal mecânico. **Revista Gestão Industrial**, v. 17, nº 2, p. 77-95. 2018.

Tabela 1- Quadro com resultados obtidos

Operação	Sistema utilizado	Tempo médio em cada setup (minutos)	Número médio de setups por dia	Diferença de tempo por dia (minutos)
Troca das peças na placa	Placa pneumática c/ troca e/ou ajustes (setup) das castanhas	5	12	- 60 (- 12,5%)
	Placa mecânica adaptada sem necessidade de trocas ou ajustes	0	0	
Fixação das Ferramentas na torre	Troca e montagem convencional com referenciamento (setups)	12	3	- 36 (- 6,25%)
	Troca e montagem de ferramentas com vínculos sem referenciamento	0	0	

Fonte: elaborada pelos autores