

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

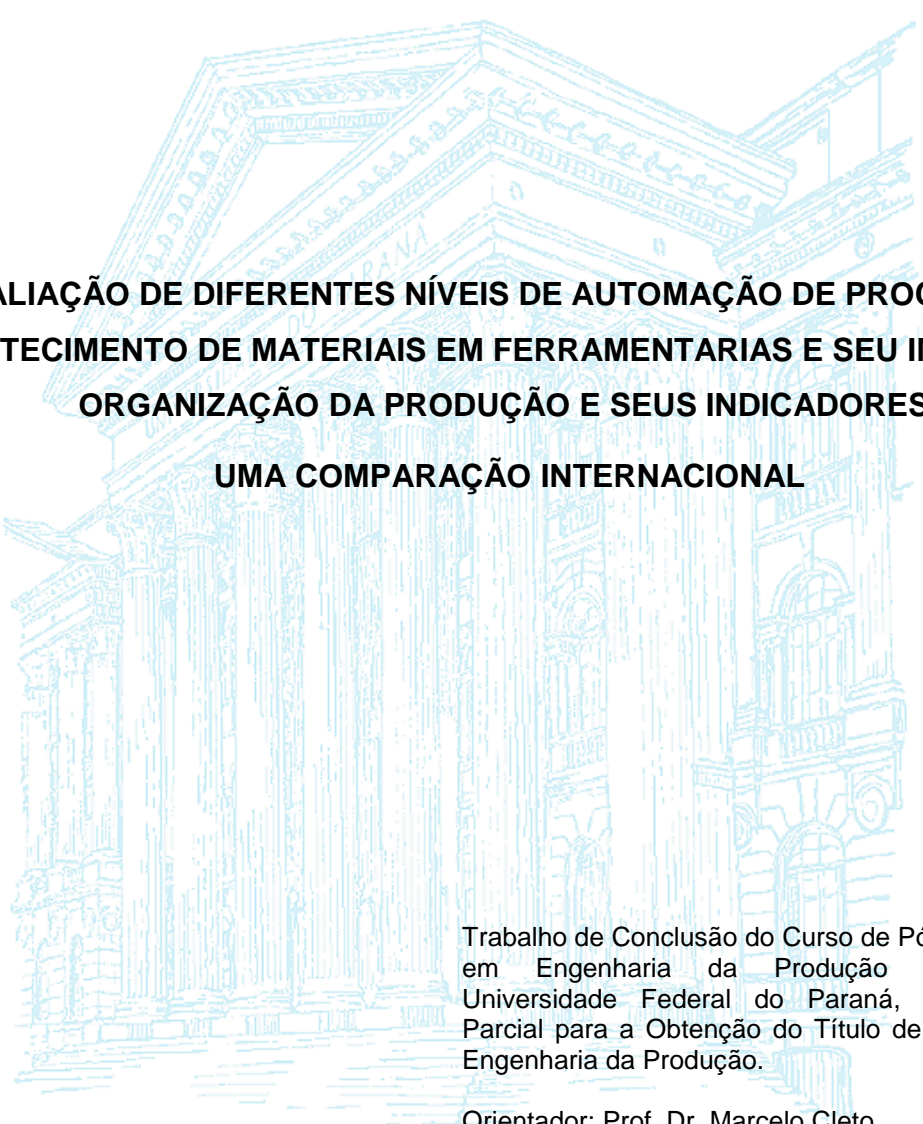
FLAVIO FERREIRA

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS E
ABASTECIMENTO DE MATERIAIS EM FERRAMENTARIAS E SEU IMPACTO NA
ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E SEUS INDICADORES:
UMA COMPARAÇÃO INTERNACIONAL**

CURITIBA

2014

FLAVIO FERREIRA



**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS E
ABASTECIMENTO DE MATERIAIS EM FERRAMENTARIAS E SEU IMPACTO NA
ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E SEUS INDICADORES:
UMA COMPARAÇÃO INTERNACIONAL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Pós Graduação em Engenharia da Produção apresentado à Universidade Federal do Paraná, como Requisito Parcial para a Obtenção do Título de Especialista em Engenharia da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Cleto

CURITIBA

2014

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS E
ABASTECIMENTO DE MATERIAIS EM FERRAMENTARIAS E SEU IMPACTO NA
ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E SEUS INDICADORES:
UMA COMPARAÇÃO INTERNACIONAL**

**EVALUATION OF DIFFERENT LEVELS OF PROCESS AUTOMATION AND
MATERIALS FEEDING IN TOOLINGS AND ITS IMPACT ON THE ORGANIZATION
OF PRODUCTION AND ITS INDICATORS: AN INTERNATIONAL COMPARISON**

Flavio Ferreira, e-mail: flavioferre@hotmail.com
Universidade Federal do Paraná

Resumo: O presente artigo apresenta uma comparação do nível tecnológico de Ferramentarias localizadas no Brasil, Itália e China e sua influência em indicadores de desempenho e qualidade. O trabalho foi desenvolvido através de uma pesquisa de campo com três empresas de cada país identificando as tecnologias aplicadas nos processos de produção e abastecimento de materiais bem como seus resultados econômicos. Constatou-se que há grande diferença entre as tecnologias empregadas nos processos de fabricação e abastecimento de materiais entre os países estudados e fica sugerida a relação direta com os principais indicadores do setor.

Palavras-chave: Ferramentaria (Empresa fabricante de Matrizes); Moldes; Automação; Nível Tecnológico.

Abstract : This paper describes a comparison of the technological level of Toolings located in Brazil, Italy and China and its influence on performance indicators and quality. The work was developed through field research with three companies in each country that identified the technologies applied in production processes and materials feeding as well as its economic results. The result is that there is great difference between the technologies employed in manufacturing and materials feeding among the countries studied and is suggested a direct relationship with key industry indicators.

Keywords: Tooling (Mold and Die Manufacturer Company); Molds; Automation; Technological level.

1. INTRODUÇÃO

A competição mundial no setor de Ferramentarias tem se acentuado nos últimos dez anos com atuação cada vez mais intensiva de empresas localizadas na Ásia, particularmente na China. Os ganhos em qualidade e produtividade destas, está determinando uma transformação na forma de atuação e no uso intensivo de tecnologias de automação por parte dos concorrentes, fazendo frente a esta nova realidade.

Este trabalho visa apresentar como a adoção de diferentes níveis tecnológicos em processos de manufatura de moldes e matrizes influenciam em alguns dos principais indicadores de uma Ferramentaria: competitividade, produtividade e qualidade.

Tais níveis foram avaliados através de uma pesquisa de campo com Ferramentarias localizadas no Brasil, China e Itália, a qual utilizou através de um questionário para obtenção de informações detalhadas sobre seus processos, fluxos de materiais e resultados, bem como as práticas observadas *in-locu* durante a atuação de um dos autores deste artigo por mais de 20 anos no segmento estudado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido por Ohno (1988) a partir da década de 50, disseminou-se pelo mundo principalmente a partir da década de 80 em virtude dos excelentes resultados alcançados pela Toyota Motor Company.

O STP é uma abordagem de gestão industrial baseada em dois princípios fundamentais, (MONDEN, 1984). O primeiro é o *jidoka*, traduzido como "automação com um toque humano", que corresponde a dotar uma máquina com a possibilidade de parar de forma automática, caso detecte um problema de qualidade no produto que está fabricando. O segundo é o *just-in-time*, traduzido como "apenas a tempo" e que corresponde a produzir apenas quando houver demanda para o produto, seja ele produto final ou produto em processo. Com a aplicação integral destes princípios se conseguem duas coisas: a inexistência de produtos ou peças com defeitos e o fluxo de materiais pela fábrica.

Com a aplicação do conceito do STP a muitas empresas surgiu o conceito de manufatura enxuta, que veio a consolidar como uma filosofia de gestão ou conjunto

de conceitos, princípios, técnicas, métodos, etc., destinados a eliminar desperdícios e perdas nas atividades industriais (LIKER, 2004). As principais perdas identificadas por Shingo (1985) como superprodução, espera, transporte, processamento, estoque, desperdício nos movimentos e o desperdício na elaboração de produtos defeituosos, contribuem para uma baixa performance da organização fabril e devem ser reduzidas ou eliminadas.

Os conceitos e práticas da manufatura enxuta tem sido aplicados nas Ferramentarias com os objetivos de reduzir o tempo de set-up e de melhorar o fluxo de materiais na área fabril, dentre outras aplicações. O Sistema de Troca Rápida de Ferramenta (TRF) proposto por Shingo (1985) divide as operações de set-up em internas e externas e através de algumas técnicas para aplicação da TRF mostra que pode ser atingida uma significativa redução dos tempos de set-up.

Segundo Deonísio (2003), considerando que o processo de inovação tecnológica de produtos como automóveis e eletrodomésticos esta diretamente relacionado a capacidade das indústrias fabricantes de moldes e ferramentas atender suas complexas geometrias e demais especificações técnicas, com ciclos de desenvolvimento e lançamento cada vez mais curtos, o investimento em pesquisa e otimização de métodos e processos de fabricação é fundamental para a continuidade do aprimoramento tecnológico de tais produtos.

Porém, de acordo com Sachelli (2007), a indústria brasileira de moldes apresenta baixa capacidade para acompanhar o desenvolvimento tecnológico ocorrido no setor em âmbito mundial e ainda possui limitações técnicas para desenvolver projetos complexos resultando em um grande déficit na balança comercial brasileira de moldes. Além da qualidade e preços competitivos, o prazo de desenvolvimento é um fator diferencial e, portanto, o aprimoramento de métodos de gestão e a implementação de tecnologias é fundamental para a redução do ciclo e custos de fabricação e projeto, aumento da flexibilidade do sistema produtivo e promoção do aumento continuado da qualidade.

De acordo com Resende (2003), os EUA, Japão e Alemanha são os maiores produtores mundiais de moldes. Em um mercado com faturamento anual acima de 20 bilhões de dólares as exportações brasileiras não ultrapassaram US\$ 20 milhões. Não coincidentemente, estes países apresentam nível tecnológico e organizacional bastante elevado em relação ao Brasil, além de promoverem um contínuo desenvolvimento através de parcerias com universidades e instituições de pesquisa.

Em média, 60% do custo de um molde de injeção está relacionado ao seu processo de fabricação, conseqüentemente a otimização de parâmetros de usinagem, ferramentas de corte, dispositivo de fixação e set-up de peças, ferramentas e eletrodos é fundamental para garantia de um bom resultado econômico. Esta otimização ocorre no chão-de-fabrica, pela utilização de equipamentos adequados que racionalizam a utilização das máquinas e melhoram o resultado da usinagem. Em operações de acabamento manuais, ou seja, as quais não foram possíveis atingir as especificações apenas via usinagem com máquinas-ferramentas, estima-se que no Brasil é necessário o triplo do tempo em relação aos EUA, (DEONISIO, 2003).

Ferro (2002) afirma que Portugal, reconhecidamente um pólo fabricante e exportador de moldes, exporta mais de 90% da produção, para qual emprega um modelo de gestão inovador e meios produtivos de última geração. Diferentemente do que acontece no Brasil, as Ferramentarias portuguesas distribuem atividades entre si, potencializando a formação de especialistas em cada etapa do desenvolvimento de um molde.

Sacchelli (2007), destaca outras significativas diferenças no setor de fabricação de moldes entre Brasil e Portugal, que vão desde o maior investimento em equipamentos e softwares, até atitudes governamentais como apoio fiscal e linhas de crédito que apóiam o desenvolvimento tecnológico do setor, relacionadas no Quadro 1.

QUADRO 1 - COMPARAÇÃO NO SETOR DE MOLDES ENTRE BRASIL E PORTUGAL

Brasil	Portugal
Falta de recursos humanos na área técnica	Grande investimento em capacitação técnica, com cursos superiores e técnicos na área
Muitas máquinas e equipamentos antigos e com pouca tecnologia	Grande investimento em máquinas e ferramentas
Muitas empresas utilizam de forma inadequada os equipamentos	Investimento em estudos para maximizar a utilização dos equipamentos
Pouca parceria entre empresas e fornecedores	Grande parceria entre fornecedores de equipamentos para a melhora do processo produtivo de moldes
Pouca terceirização de acessórios para moldes, e muitas vezes sem qualidade	Grande utilização da terceirização com alta qualidade
Inexistência de grandes fornecedores de acessórios e componentes para moldes (DME, Hasco, etc.), o que dificulta a padronização	Facilidade na aquisição de acessórios e componentes padronizados com garantia de qualidade dos fornecedores
Falta de investimento em ferramentas e <i>softwares</i> para aumentar a produtividade	Investimento em recursos computacionais visando à otimização do projeto
Poucas empresas possuem em seu organograma o gestor de projetos	Existência de gestores de projeto para acompanhamento dos processos entre a produção e o cliente

FONTE: SACCHELLI, 2007

Em Portugal, o Centro Tecnológico da Indústria de Moldes, Ferramentas Especiais e Plásticos (Centimfe) promove pesquisas relacionadas a fabricação, projetos de moldes e formação de recursos humanos, fatores de grande carência no Brasil, GORNI (2003).

Para Knorst (1998), diante dos critérios de competitividade mundiais impostos ao setor de Ferramentarias, a atualização tecnológica através da modernização de equipamentos e aprimoramento dos processos produtivos é fundamental para a sobrevivência e aumento da competitividade de uma empresa deste segmento.

Percebeu-se a existência de poucos trabalhos em relação a questão da automação de processos neste setor e este trabalho busca contribuir não só para a literatura científica, como também para a prática empresarial.

A partir de considerações anteriores, somados ao acirramento da concorrência promovido especialmente pelo colossal crescimento das importações de moldes de Ferramentarias chinesas nas últimas duas décadas, fica evidente a relevância do assunto abordado neste artigo, particularmente para empresas brasileiras, mas também para qualquer competidor internacional.

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi embasado em pesquisa de campo observacional realizada em nove empresas, das quais três são brasileiras, três chinesas e três italianas.

As empresas estudadas foram escolhidas por representarem referência no mercado de moldes e matrizes, estarem atuando a mais de 10 anos e, principalmente, por fornecerem para as indústrias que acabam ditando as regras comerciais neste segmento, seja pelo potencial de negócios ou pela extensão internacional de suas compras, sendo elas a automotiva (montadoras e sistemistas Tier One) e linha-branca.

A pesquisa de campo foi realizada aplicando um questionário para obtenção de informações detalhadas sobre as tecnologias e recursos de automação que as empresas possuem e utilizam, além de seus processos, fluxos de materiais e resultados. Os dados obtidos na pesquisa são classificados como primários, uma vez que foram obtidos diretamente junto às empresas.

A partir dos dados obtidos foram aferidas algumas conclusões acerca das características individuais de cada país. Finalmente, foi realizada uma análise comparativa entre os três países, classificando-os quanto ao nível tecnológico utilizado em seus processos.

4. PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa de campo foi realizada através da aplicação de dois questionários e observações realizadas em visitas às fábricas aqui citadas com objetivo de coletar informações a respeito das práticas adotadas na gestão dos recursos e indicadores de resultados.

As três Ferramentarias estudadas em cada país possuem departamentos de projeto e fabricação. Seus principais produtos são moldes para injeção de peças técnicas em plástico e alumínio sob pressão, atendendo principalmente sistemistas automotivos e linha-branca. Algumas características estão listadas na Tabela 01.

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS ESTUDADAS

País	Ferramentaria	Nº. Funcionários	Tempo de atuação no mercado (anos)
Brasil	A	60	20
	B	120	23
	C	90	24
China	A	870	12
	B	980	10
	C	1120	10
Itália	A	20	40
	B	22	45
	C	24	38

FONTE: O autor (2014)

O primeiro questionário, estruturado e fechado, foi aplicado em gestores industriais, visando identificar o nível tecnológico dos principais processos produtivos e fluxos de materiais da empresa. Os resultados obtidos estão relacionados no Quadro 2.

Os tópicos abordados foram divididos pelas principais tarefas da cadeia de construção de um molde, e subdivididos quanto a presença e utilização dos recursos de automação atualmente disponíveis no mercado para cada equipamento específico, bem como, os meios de integração entre eles.

Nos sub-tópicos buscou-se, além de citar os recursos tidos com estado-da-arte na fabricação de moldes e matrizes, colocá-los de modo prático e coerente em cada tarefa da cadeia produtiva.

QUADRO 2: RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO NÚMERO 01 APLICADO ÀS NOVE EMPRESAS

TAREFA/ EQUIPAMENTO	RECURSOS DE AUTOMAÇÃO / TECNOLOGIA	BRASIL			CHINA			ITÁLIA		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Centro de Usinagem CNC	Magazine interno de ferramentas com operação de programas de múltiplas ferramentas	E	P	P	P	P	P	E	E	E
	Preset Interno de ferramenta com apalpador ou lazer, tipo Renishaw ou Blum	E	P	NE	E	NE	NE	RS	RS	RS
	Preset Interno de peça com apalpador ou lazer, tipo Renishaw ou Blum	E	P	NE	E	P	NE	RS	RS	RS
	Mesa magnética	E	E	NE	NE	E	NE	RS	RS	RS
	Sistema de indexação de peças, tipo 3R ou Erowa	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E
	Sistema de magazine externo ou estante de peças com alimentação automática, via robô ou braço manipulador	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E
	Preset externo de peça	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E
	Preset externo de ferramenta	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E
	Refrigeração interna de ferramenta com alta pressão	P	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E
	4º eixo, 3+2 eixos e 5 eixos simultâneos	E	P	NE	P	NE	NE	E	E	E
Centro de Usinagem CNC de eletrodos	Magazine interno de ferramentas com operação de programas de múltiplas ferramentas	E	P	P	P	P	P	E	E	E
	Preset Interno de ferramenta com apalpador ou lazer, tipo Renishaw ou Blum	E	P	NE	E	NE	NE	RS	RS	RS
	Preset Interno de peça com apalpador ou lazer, tipo Renishaw ou Blum	E	P	NE	E	P	NE	RS	RS	RS
	Sistema de indexação de eletrodos, tipo 3R ou Erowa	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E
	Sistema de magazine externo ou estante de eletrodos com alimentação automática, via robô ou braço manipulador	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E
	Preset externo de eletrodo	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E
	Preset externo de ferramenta	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E
	Integração com eletroerosão, via robô ou braço manipulador	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E
	4º eixo, 3+2 eixos e 5 eixos simultâneos	P	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E

Eletroerosão Penetração convencional	Bases tipo 3R ou Erowa para indexação de eletrodos no cabeçote;	E	E	NE	NE	E	NE			
	Bases tipo 3R ou Erowa para indexação de peças na mesa;	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	Mesa magnética;	E	NE	NE	NE	NE	NE			
Eletroerosão Penetração CNC	Bases tipo 3R ou Erowa para indexação de eletrodos no cabeçote	E	E	NE	NE	E		E	E	E
	Bases tipo 3R ou Erowa para indexação de peças na mesa	NE	NE	NE	NE	NE		E	E	E
	Magazine interno de eletrodos	E	P	NE	P	P		RS	RS	RS
	Mesa magnética;	E	NE	NE	NE	E	NE	RS	RS	RS
	Sistema de magazine externo ou estante de eletrodos com alimentação automática, via robô ou braço manipulador	NE	NE	NE	NE	NE		E	E	E
	Sistema de magazine externo ou estante de peças com alimentação automática, via robô ou braço manipulador	NE	NE	NE	NE	NE		E	E	E
	Integração com centro do usinagem, via robô ou braço manipulador	NE	NE	NE	NE	NE		E	E	E
	Eixo "C" e eixo "R"	NE	NE	NE	NE	NE		E	P	P
Eletroerosão Furação rápida	Utilizada para execução de furos de passagem do fio de corte	E	E		E		E	E	E	E
	Comando CNC	E	NE	NA	NE	NA	NE	E	E	E
Eletroerosão Corte a fio	Utilizada para corte de perfis precisos e complexos	E	E	NE	E	E	E	E	E	E
	Sistema de passagem automático do fio	E	E	E	E	NE	E	E	E	E
	Bases para indexação de peças na mesa, tipo 3R ou Erowa	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	NE	NE
Retífica Plana	Comando CNC	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	NE
	Avanço vertical automático	E	E	NE	NE	E	E	E	E	E
	Bases para indexação de peças na mesa, tipo 3R ou Erowa	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	NE	NE
Retífica Cilíndrica	Comando CNC	E	NE	NE	NE	E	NE	E	E	NE
	Avanço automático	E	E	E	E	NE	NE	E	E	E
	Base para indexação de peças no eixo árvore, tipo 3R ou Erowa	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	NE

Máquina para furção profunda Broca canhão	Comando CNC							E	E	E
	Magazine interno para grupo de broca canhão com operação de programas de múltiplas brocas							NE	NE	NE
	Preset Interno de ferramenta com apalpador ou laser, tipo Renishaw ou Blum							NE	NE	NE
	Preset Interno de peça com apalpador ou laser, tipo Renishaw ou Blum							E	NE	NE
	Preset externo de peça	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NE	NE
	Preset externo de ferramenta							NE	NE	NE
	Trocador de palletes para peças							NE	NE	NE
	Bases para indexação de peças na mesa, tipo 3R ou Erowa							NE	NE	NE
	4º eixo, 3+2 eixos e 3+3 eixos							E	E	E
	Fresamento CNC integrado (acima de 6 eixos)							NE	NE	E
Mandrilhadora	Comando CNC	E	E	NE	E	NE	NE	E	E	E
	Magazine interno de ferramentas com operação de programas de múltiplas ferramentas	P	P	NE	P	NE	NE	E	E	E
	Preset Interno de ferramenta com apalpador ou laser, tipo Renishaw ou Blum	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E
	Preset Interno de peça com apalpador ou laser, tipo Renishaw ou Blum	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	E
	Preset externo de ferramenta	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	4º eixo e 3+2 eixos	E	NE	NE	NE	E	NE	E	E	E
Prensa de fechamento	Mesa basculante para parte fixa do molde	E	E		E	E	E	E	E	E
	Mesa de fechamento com mesa deslizante e basculante para parte móvel do molde	NE	NE	NA	E	NE	NE	E	E	E
	Controle e monitoramento de paralelismo	E	NE		NE	E	NE	E	E	NE
	Almofadas hidráulicas para teste do sistema de extração do molde	E	NE		NE	E	NE	E	E	NE
Metrologia	Máquina de medição tipo portal sem comando CNC;	RS	RS	RS	E	RS	RS	RS	RS	RS
	Máquina de medição tipo portal com comando CNC;	E	E	E	E	NE	E	E	E	E
	Capacidade para rodar programas de escaneamento ou verificação dimensional a partir de modelos 3D;	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	NE	NE
	Escaneamento com cabeçote apalpador;	E	E	E	E	E	E	E	E	E
	Digitalização 3D de superfícies com sistema de medição óptico com projeção de luz ou varredura a laser;	E	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	NE
	Assistência de robô ou mesa rotativa integrado ao sistema de digitalização 3D;	E	NE	NE	NE	NE	NE	E	E	NE
	Integração da metrologia com equipamento de manufatura através de robô ou braço manipulador;	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E	NE	E

Os índices apontados no Quadro 2 tem o seguinte significado:

- a) E = Tarefa/Equipamento presente e recurso de automação/tecnologia utilizado;
- b) NE = Tarefa/Equipamento presente e recurso de automação/tecnologia não presente;
- c) P= Tarefa/Equipamento presente e recurso de automação/tecnologia presente porém não utilizado;
- d) RS= Tarefa/Equipamento presente porém com recurso de automação/tecnologia superior ao questionado;
- e) NA= Tarefa/Equipamento não presente.

No segundo questionário, estruturado com perguntas abertas, voltou-se à obtenção dos resultados econômicos da empresa, cujos resultados estão demonstrados na Quadro 3.

QUADRO 3 - RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO NÚMERO 02 APLICADO ÀS NOVE EMPRESAS

Pais	Empresa	Nº Funcionários	Nº Horas por turno regular/ Homem/Mês	Utilização Médias dos Equipamentos *	Faturamento Médio/Mês
BRASIL	A	60	160	44%	USD 215.000
	B	120	160	42%	USD 391.000
	C	90	160	40%	USD 266.000
CHINA	D	870	288	42%	USD 2.242.000
	E	980	288	40%	USD 2.420.000
	F	1120	288	39%	USD 2.656.000
ITÁLIA	G	20	140	86%	USD 288.000
	H	22	140	82%	USD 279.000
	I	24	140	79%	USD 276.000

* Percentual da utilização em atividades que agregam valor ao produto sobre o total de horas do equipamento disponível mensalmente, considerando 24 horas (inclusive sábados e domingos).

FONTE: O autor (2014)

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. ITÁLIA (Apagam se as luzes, mas não a produção)

A província de Bréscia, localizada na região italiana da Lombardia, é conhecida industrialmente como berço da fundição de alumínio sob-pressão e nela estão as três Ferramentarias italianas investigadas neste trabalho, especializadas na fabricação de moldes e estampos rebarbadores para produção de componentes de alumínio.

A Itália apresenta algumas vantagens competitivas no mercado de ferramentas oferecidas por políticas ou atitudes governamentais, tais como, custo de aços especiais (principal matéria-prima do setor), disponibilidade de mão-de-obra qualificada e uma rede ampla e confiável de fornecedores facilmente acessíveis em todo mercado comum europeu, porém, sobre este pontos ficará sugerido a discussão para um futuro trabalho.

De acordo com os tópicos abordados pelo questionário de investigação do nível tecnológico, foram evidenciados nas três unidades operacionais italianas os seguintes pontos:

- a) Usinagem com programas CNC de múltiplas ferramentas acessadas no magazine da máquina, utilizando a automação básica fornecida pelo equipamento;
- b) Forte presença de centros de usinagem high-speed com 5 eixos simultâneos e, o principal, a difusão deste conceito de fabricação desde o setor de projeto até a programação CNC, maximizando a utilização dos recursos que esta tecnologia oferece, tais como: aumento no rendimento das ferramentas de corte pelo melhor aproveitamento do seu flanco de corte, drásticas reduções na usinagem por eletroerosão (bem como a necessidade de fabricação de eletrodos), menor número de set-ups proporcionado pelo acesso direto a 5 faces da peça e, conseqüentemente, redução no ciclo total de usinagem da matriz;
- c) Utilização de medição e preset externo de ferramentas, peças e eletrodos ilustrado na Figura 01. A transmissão de dados para os centros de usinagem ocorre via rede DNC, sendo possível enviar os dados da ferramenta diretamente ao controle da máquina;

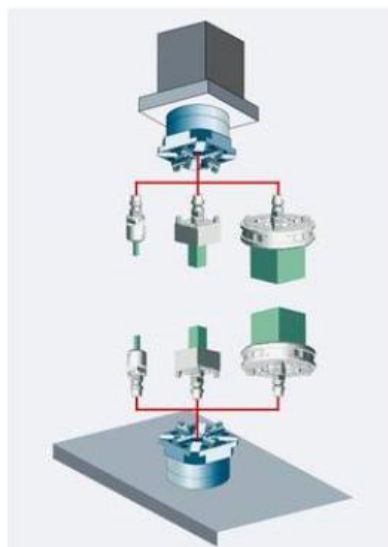
FIGURA 01 - EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MEDIÇÃO E PRESET EXTERNO DE FERRAMENTAS DE CORTE



FONTE: www.zoller.info, 2014

- d) Fixação rápida de peças e eletrodos com sistemas de indexação ultra-precisos que acompanham o componente nos diversos equipamentos da seqüência de confecção e inspeção, ilustrado na Figura 02;

FIGURA 02 - ESQUEMA DE INDEXADORES PARA MOVIMENTAÇÃO DE ELETRODOS ENTRE CENTRO DE USINAGEM E ELETROEROSÃO



FONTE: www.erowa.com, 2014

- e) Movimentação de componentes de moldes e eletrodos entre processos de usinagem e inspeção dimensional através de sistemas automatizados que combinam robôs e magazines rotativos, conforme ilustrado nas Figuras 03, 04 e 05;

FIGURA 03 - ALIMENTAÇÃO DE CENTROS DE USINAGEM 5 EIXOS COM SISTEMA ROBÓTICO ROTATIVO SINCRONIZADO COM MAGAZINES DE PEÇAS



FONTE: www.erowa.com, 2014

FIGURA 04 - ALIMENTAÇÃO DE CENTROS DE USINAGEM 5 EIXOS COM SISTEMA ROBÓTICO LINEAR SINCRONIZADO COM MAGAZINES DE PEÇAS



FONTE: www.erowa.com, 2014

FIGURA 05 - ALIMENTAÇÃO DE PEÇAS E ELETRODOS EM MÁQUINAS DE ELETROEROSÃO COM SISTEMA ROBÓTICO LINEAR SINCRONIZADO COM MAGAZINES



FONTE: www.gfms.com, 2014

- f) Células de produção e inspeção utilizam magazines e estantes de componentes com alimentação por braços robóticos, ilustrados na Figuras 06, 07 e 08;

FIGURA 06 - CÉLULA DE MANUFATURA INTEGRA CENTRO DE USINAGEM *HIGH-SPEED* E ELETROEROSÃO



FONTE: www.exeron.de, 2014

FIGURA 07 - MAGAZINE ROTATIVO COM ELETRODOS E PEÇAS EM PALETES PRESETADOS, TODOS COM SISTEMA DE INDEXAÇÃO TIPO EROWA



FONTE: www.exeron.de, 2014

FIGURA 08 - CÉLULA DE INSPEÇÃO E PRESET EXTERNO ROBOTIZADA



FONTE: www.erowa.com, 2014

- g) Utilização de equipamento automatizado de alto rendimento para realização de furações profundas;
- h) Metrologia com sistema óptico para verificação dimensional por comparação ao modelo matemático do produto obtido a partir molde;
- i) Área de montagem a ajuste final do molde auxiliada por prensa de fechamento com mesas lado móvel basculante e lado fixo deslizante e monitoramento de paralelismo.
- j) Número pequeno de funcionários, em média 20 pessoas com alto nível de qualificação técnica, não havendo distinção nas funções de programador CNC e operador CNC, ou seja, a mesma pessoa planeja e executa.
- k) Horas-extras raramente acontecem. Funcionários trabalham em apenas um único turno diurno de segunda a sexta-feira, porém, o tempo médio de operação dos principais equipamentos fica entre 80% a 90% das 24 horas disponíveis diariamente considerando sábados e domingos. Fora do horário normal de expediente, em caso de paradas, o equipamento envia uma mensagem de texto para o telefone celular do responsável por sua programação informando o motivo: quebra de ferramenta, baixa pressão pneumática, queda de energia elétrica, etc.

Ainda, em uma das Ferramentaria avaliadas foi verificado a utilização de sistemas rápidos de indexação também para peças cilíndricas, cujos processos principais envolvem os equipamentos de torno e retífica, mas eventualmente requerem operações de fresamento e erosão e, conseqüentemente, movimentação e set-up entre eles, conforme ilustrado na Figura 09.

FIGURA 09 - RETÍFICA CILÍNDRICA OPERANDO COM BASE DE INDEXAÇÃO RÁPIDA



Seja para um componente do molde ou para as ferramentas de corte e eletrodos utilizados na sua confecção, a movimentação de materiais numa indústria de moldes é particularmente crítica devido ao tempo e precisão requeridos no set-up entre os vários equipamentos da cadeia de produção, fatores fundamentais para a produtividade e qualidade.

As práticas utilizadas pelas Ferramentarias italianas para otimização de set-up e movimentação de peças e ferramentas, além das demais características técnicas comentadas acima fazem dessas Ferramentarias as mais bem avaliadas quanto ao nível tecnológico e, conseqüentemente, desempenho econômico.

5.2. CHINA

Uma das ferramentaria avaliadas na China está localizada na cidade de Shenzhen, ao sul do país fazendo fronteira com o norte de Hong Kong e as outras duas na região de Ningbo, costa oriental da China. Ambas bastante conhecidas por serem cidades portuárias muito importantes e elevados índices de industrialização.

Os principais resultados obtidos na investigação do nível tecnológico das três fábricas chinesas avaliadas foram:

- a) Presença de máquinas de usinagem e inspeção CNC de última geração de fabricação japonesa, europeia e norte-americana, além das asiáticas;
- b) Utilização do magazine para armazenamento das ferramentas de corte conforme seqüência do planejamento de usinagem, porém, com trocas acompanhadas pelo operador e não via programa múltiplo;
- c) Set-up interno de peças e ferramentas de corte com utilização de apalpador e relógio comparador;
- d) Movimentação manual de peças e eletrodos;
- e) Fixação e zeramento de peças e eletrodos nas máquinas de usinagem e inspeção com recursos convencionais, sem sistemas de indexação;
- f) Furações profundas realizadas com equipamentos convencionais, mandrilhadoras ou furadeira radial.
- g) Metrologia com sistema óptico e apalpadores, ambos dependentes de máquina de medição tridimensional CNC;

- h) Montagem e ajustes auxiliados por prensa de fechamento com mesas lado fixo basculante e lado móvel deslizante, sem monitoramento de paralelismo.
- i) Funções de programador e operador de máquinas CNC distintas.
- j) Grande número de funcionários, em média 600 pessoas trabalhando em regime normal, ou seja, sem horas-extras, em dois turnos com 12 horas cada, de segunda a sábado.

As Ferramentarias chinesas possuem um parque fabril moderno, porém, com set-up e movimentação de peças e ferramentas totalmente dependente dos operadores, tanto pela falta do equipamento que possibilita a automação como pela não utilização dos recursos disponíveis. Mesmo considerando baixo o nível tecnológico identificado nas empresas chinesas, outros fatores como a grande disponibilidade de mão-de-obra e matéria-prima a baixos custos as tornam competidores muito fortes no cenário mundial.

5.3. BRASIL

A cidade de Joinville, na região Sul do Brasil, é um dos três principais pólos fabricante de moldes para injeção de plástico e alumínio no Brasil, os outros dois estão nas regiões de Caxias do Sul e São Paulo. As três Ferramentarias avaliadas neste trabalho estão no pólo de Joinville.

Seguindo os critérios do questionário de avaliação do nível tecnológico, as unidades operacionais apresentaram os seguintes resultados:

- a) Apenas uma fábrica utiliza o potencial de automação básico oferecido pelo centro de usinagem CNC, ou seja, o magazine para troca de ferramentas de corte através de programas de múltiplas ferramentas;
- b) As três empresas possuem máquinas com recursos para usinagem high-speed em 3 eixos e apenas uma empresa possui uma máquina com capacidade para usinar em 5 eixos simultâneos, porém, com baixo aproveitamento dos recursos que o sistema proporciona por ainda estar na fase inicial de qualificação dos profissionais e, conseqüentemente, sem o conhecimento assimilado há pouca difusão do método entre os demais setores;
- c) Set-up interno de ferramentas e peças, ou seja, nenhuma máquina tipo Zoller ou tridimensional dedicada para este fim é utilizada. Apenas uma das

empresas utiliza sensores tipo Renishaw para zeramento tanto de peças como das ferramentas de corte, as demais trabalham ainda com relógios comparadores ou posicionamento da ferramenta em cima da peça.

- d) Sistema para indexação rápida para eletrodos foi verificado em duas unidades, porém, com movimentação manual entre fresadora e eletroerosão. Nestas, as máquinas de eletroerosão estavam equipadas como trocador automático de eletrodos;
- e) Nenhuma das unidades pesquisadas trabalha com sistema para indexação de peças com set-up realizado externamente e tão pouco magazines ou paletes de peças;
- f) Bases magnéticas estão presentes nos centros de usinagem e nas eletroerosões de penetração;
- g) Nenhuma das unidades pesquisadas possui qualquer tipo de sistema robotizado para movimentação de componentes ou células de manufatura ou de metrologia;
- h) Furações realizadas apenas em equipamentos convencionais;
- i) Uma das fábricas possui, além da máquina de medição tridimensional CNC, um sistema de metrologia por varredura óptica independente. A segunda unidade possui uma máquina tridimensional CNC, porém, sem capacidade para varredura a partir de modelos matemáticos e a terceira não possui tridimensionais.
- j) As três empresas contam com prensas de fechamento no setor de montagem e ajustes, mas apenas uma delas possui o equipamento capaz de trabalhar com o maior tamanho de molde ali fabricado, portanto, a tarefa de ajuste necessita ser realizada com auxílio da ponte rolante.
- k) Em média, o número de funcionários é de 90 pessoas com níveis de qualificação bastante distintos entre cada função. As funções de programadores e operadores são distintas, mas observa-se um bom nível de conhecimento dos operadores em programação, principalmente 2D a qual se realiza diretamente no comando de máquina.
- l) Os turnos normais de trabalho são diurnos de 8 horas de segunda a sexta-feira. O segundo e terceiro turno funcionam apenas para máquinas gargalos, normalmente, os centros de usinagem e eletroerosões de penetração com

número reduzido de operadores com relação ao turno diurno, porém, mesmo com a presença de operadores o tempo médio de operação das máquinas CNC não ultrapassa 40% considerando as 24 horas disponíveis incluindo sábados e domingos.

5.4. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PAÍSES

A comparação entre os níveis tecnológicos identificados nas empresas dos três países estudados esta apresentada na Quadro 4. Nesta, os índices apresentados no Capítulo 3, que correlacionam a disponibilidade do equipamento com seus respectivos recursos de automação, estão expressos de modo percentual ao total de tecnologias listadas no questionário número 01.

QUADRO 4 - COMPARAÇÃO NÍVEL TECNOLÓGICO EM PAÍSES

SITUAÇÃO	BRASIL	CHINA	ITÁLIA
E + RS	23%	17%	80%
P	7%	6%	1%
NA + NE	70%	77%	21%

FONTE: os Autores (2014).

6. CONCLUSÃO

A utilização de menos de 40% do potencial de um dos principais equipamentos de fabricação de um molde reflete bem a realidade das Ferramentarias no Brasil. É certo que modelos de gestão influenciam bastante em tal indicador, como exemplo, o fato dos operadores não participarem do planejamento ou serem os próprios programadores CNC, principalmente aqueles que trabalham em turnos nos quais não podem contar com o auxílio do programador para tirar dúvidas ou resolver situações corriqueiras da atividade.

Porém, como foi destacado no modelo italiano, além de atitudes de gestão, é necessário investimentos para utilização dos equipamentos em atividades que realmente agreguem valor a cadeia produtiva eliminando enormes desperdícios de

tempo em set-ups de peças e ferramentas e proporcionando a atendimento do propósito de uma máquina CNC de trabalhar com pouquíssima assistência do operador.

Obviamente, como em qualquer investimento, o retorno sobre o investimento realizado em sistemas de automação deve ser cuidadosamente calculado, porém, as empresas brasileiras investigadas sequer o consideram, e, quando há necessidade de ampliar a capacidade produtiva, acabam optando por aumentar o parque fabril, em máquinas e número de funcionários ao investir em automações que lhe trariam o mesmo resultado produtivo com as vantagens de puxar a qualificação de seus profissionais, alavancar a qualidade e precisão do produto e aumentar a flexibilidade quanto as variações do mercado podendo "ligar ou desligar" turnos adicionais sem alterar seu quadro de funcionários (uma vez que no Brasil a obtenção de mão-de-obra qualificada é bastante difícil).

Algumas automações básicas disponíveis nos centros de usinagem como o magazine de ferramentas ou o trocador de eletrodos em eletroerosões de penetração simplesmente não são utilizadas por duas das três empresas pesquisadas. Sabendo que as Ferramentarias investigadas na Itália, com média de 20 funcionários, informou faturamento cerca de 10% superior as brasileiras com média de 90 funcionários é necessário uma reflexão sobre conceito brasileiro de produção de moldes.

É fato presente no dia a dia dos negócios, principalmente de moldes para injeção de plástico, que o modelo chinês, que trabalha com boas máquinas, porém, com ainda menos sistemas de automação para otimização de set-ups e movimentação de materiais que o Brasil, obviamente por possuir farta disponibilidade de mão-de-obra a custos irrisórios, esta tirando das Ferramentarias brasileiras muitos negócios e, conseqüentemente, quando não são obrigadas a fechar as portas, trabalham com preços de venda que as condenam a estagnação.

Este trabalho envolveu 03 estudos de caso no Brasil, 3 na Itália e 3 na China, que sugerem uma realidade que pode apresentar discrepâncias, caso sejam analisadas todas as empresas do segmento em cada país. No entanto, em virtude da atuação de um dos autores do artigo no segmento estudado há mais de 20 anos, pode-se dizer que as práticas observadas apresentam grande ocorrência, principalmente no Brasil.

REFERÊNCIAS

DEONISIO, C.C.C. **Os benefícios da inovação tecnológica na Ferramentaria de uma Indústria automobilística: utilizando o conceito de usinagem em alta velocidade de corte.**

São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica (CCM/ITA), 2003.

FERRO, S. **Setor tem Tecnologia de Ponta e Preço Coreano.** Plástico Moderno on line.

Ed.321,jun.,2001.

http://www.plastico.com.br/revista/pm321/moldes/setor_tem_tecnologia.htm -

acesso em 13 de abril de 2014.

GORNI, A. A. **Portugal, seus Moldes e o Futuro.** Plástico Industrial, São Paulo, ano V, n. 54, p. 8695, fev., 2003.

KNORST, T. **Aplicação da tecnologia PFCP integrada ao CAPP em ambiente de Ferramentaria,** Florianópolis, Tese de Mestrado, UFSC, 1998.

RESENDE, M. F. C. & GOMES, J.O. **Competitividade e potencial de crescimento do cluster de moldes para a indústria do plástico em Joinville,** Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2003.

SACCHELLI, C.M. **Sistematização do processo de desenvolvimento integrado de Moldes de injeção de termoplásticos,** Florianópolis, Tese de Doutorado, UFSC, 2007.

BHASIN, S. **Performance of Lean in large organizations.** Journal of Manufacturing Systems. Vol.31,2012, pp.349-357

BHASIN, S.; BURCHER, P. **Lean viewed as a philosophy.** Journal of Manufacturing Technology Management. Vol.17, No.1, 2006, pp.56-72

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N. **Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking.** International Journal of Operations & Production Management. Vol.24, No. 10, 2004, pp994-1011

LIKER, J. K. **The Toyota Way.** McGraw-Hill Companies, Inc. New York, 2004.

MONDEN, Y. **Toyota Production System.** Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineers, Japan, 1984

OHNO, T. **Toyota production system: beyond large-scale production.** Productivity Press, Inc., 1988

SHINGO, S. **A revolution in manufacturing: the SMED system.** Productivity Press, Inc., Japan, 1985