

A RELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE E A COMPETITIVIDADE: ESTUDO DE CASO APLICADO A UM PROCESSO DE USINAGEM

*THE RELATIONSHIP BETWEEN PRODUCTIVITY AND COMPETITIVENESS: A CASE STUDY
APPLIED TO A MACHINING PROCESS*

Marcos Franco Batista¹, Claudio Augusto Kelly², Dailton de Freitas², Rodrigo Ramos de Oliveira², Weliton Santos de Abreu²

¹Engenheiro de Produção graduado pelo Centro Universitário FUNVIC, Pindamonhangaba-SP

²Docente do UniFUNVIC - Centro Universitário FUNVIC, Pindamonhangaba-SP.

*Correspondência: prof.claudiokelly.pinda@unifunvic.edu.br

RECEBIMENTO: 18.08.20 ACEITE: 15.12.20

Resumo

Esse trabalho baseou-se em um estudo de caso realizado no setor de usinagem de uma indústria metalúrgica multinacional, localizada na cidade de Pindamonhangaba, região do Vale do Paraíba, estado de São Paulo. O estudo é dirigido especificamente à produção de tubos com conexões roscadas em suas extremidades, com objetivo de contribuir para a melhoria contínua do processo de usinagem e consequente aumento na produtividade da empresa. Um estudo de *benchmarking* interno foi realizado por meio de um trabalho de *network*, em que foi aplicado ao processo de produção de um torno horizontal de dois eixos, um inserto para operações de acabamento. Os resultados desta aplicação mostram um ganho expressivo na produtividade do processo de usinagem; tais ganhos foram avaliados através do cálculo dos parâmetros OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), método utilizado para avaliar a eficiência global de equipamentos. Os custos do processo antes e após a aplicação deste estudo também foram calculados e demonstram uma economia anual estimada em torno de US\$ 70.000,00 para o processo de usinagem de tubos.

Palavras-chave: Produtividade. Usinagem. Competitividade. *Benchmarking*.

Abstract

This work was based on a case study carried out in the machining sector of a multinational metallurgical industry, located in the city of Pindamonhangaba, Vale do Paraíba region, state of São Paulo. The study is specifically directed to the production of pipes with threaded connections at their ends, aiming to contribute to the continuous improvement of the machining process and consequent increase in the company's productivity. An internal benchmarking study was performed through a network work, which was applied to the production process of a two-axis horizontal lathe, an insert for finishing operations. The results of this application show a significant gain in the productivity of the machining process; these gains were evaluated by calculating the OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) parameters, the method used to evaluate the overall equipment efficiency. The process costs before and after the application of this study were also calculated and demonstrate an estimated annual savings of around US\$ 70,000.00 for the pipe machining process.

Keywords: Productivity. Machining. Competitiveness. *Benchmarking*.

Introdução

Barbosa Filho (2017) destaca que “A economia brasileira se encontra formalmente em recessão desde o segundo trimestre de 2014” e prossegue dizendo que o produto *per capita* brasileiro sofreu uma queda no período entre 2014 e 2016, conforme Tabela 1. Considera ainda que o crescimento do PIB em longo prazo dependerá de uma política de aumento de produtividade e investimentos.

Tabela 1- Taxa de crescimento anual do PIB

ANO	PIB
2011	4,0
2012	1,9
2013	3,0
2014	0,5
2015	-3,8
2016	-3,6

Adaptado de: Barbosa Filho (2017)

A Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos, em sua publicação sobre competitividade afirma que: “Nos últimos anos houve uma onda de encolhimento dos investimentos no país, principalmente nos setores de infraestrutura e industrial, o que tornou o Brasil pouco produtivo e vulnerável ao mercado internacional.” (ABIMAQ, 2019). Neste contexto, a redução de custos de fabricação e o conceito de fazer mais com menos tem grande importância para a competitividade de uma empresa, assim como atender as necessidades e expectativas dos clientes no menor prazo. A produtividade surge como fator de suma importância para redução dos custos, aproveitamento dos recursos, das instalações, do maquinário e da mão de obra (NETTO, 2007; CHIAVERINI, 2010; SCHNEIDER, 2017; POZENATTO, 2018). A busca pelo incremento da produtividade proposta neste estudo de caso converge com os conceitos fundamentais de competitividade para uma empresa (FERRARI, 2018). A empresa onde este trabalho foi aplicado tem como negócio principal a fabricação de tubos, destinados à exploração e transporte de petróleo, atendendo o mercado energético interno e externo. Seu centro de produção divide-se em duas áreas principais: - formação de tubos e soldagem e - beneficiamento de tubos (usinagem e revestimentos).

No presente trabalho, o estudo de caso é dirigido à área de usinagem, impulsionado pelo aumento na demanda deste produto de sete polegadas (7”) com extremidade roscada, no ano de 2018. Através de embasamento teórico sobre usinagem, foi elaborado um estudo de melhoria da produtividade nesta área, com base em dois parâmetros: - avanço de corte e - controle de interrupções.

O objetivo do presente trabalho foi demonstrar que a realização de um estudo de *benchmarking* interno para a redução do tempo de usinagem de uma conexão em tubos com 7” de diâmetro assim como a redução das paradas previstas no processo de usinagem pode melhorar a competitividade da empresa no mercado atual.

Método

Trata-se de um estudo quantitativo o qual buscou quantificar os resultados, indicando ganhos ou perdas de produtividade na avaliação dos dados. Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os principais conceitos de produtividade e usinagem em tornos CNC (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2018; OKUMA, 2019). Através de um trabalho de *network* foi elaborado um estudo de *benchmarking*, realizado internamente entre as filiais que compõem o grupo e que possuem históricos maiores de produção do produto objeto deste estudo.

Utilizando as informações levantadas pelo estudo de *benchmarking* interno e da literatura, foi definida uma estratégia para alcançar o objetivo do estudo, considerando entre as oportunidades de melhoria a que mostrou maior viabilidade de implantação na linha de usinagem. Testes práticos de usinagem foram realizados em um lote de tubos de 7” de aço laminado (baixo teor de carbono).

Coleta de dados

Foram tomadas medidas dos tempos de usinagem através de um sistema automatizado de captura na área de produção da empresa (SLACK, 2008).

Os custos de fabricação foram informados pelo departamento interno de controle de custos da empresa. A quantidade de trocas de insertos por desgaste foi registrada pelo operador do torno em um quadro de frequência elaborado para o estudo.

Análise dos dados

Os resultados obtidos foram avaliados através da elaboração de tabelas e gráficos e o desempenho da produtividade foi avaliado considerando os parâmetros *Overall Equipment Effectiveness* OEE (VINCE, 2018). Os custos de fabricação dos produtos foram comparados com os custos prévios ao estudo assim como sua viabilidade de implantação, dando conclusão ao trabalho.

Equipamentos e materiais utilizados no estudo

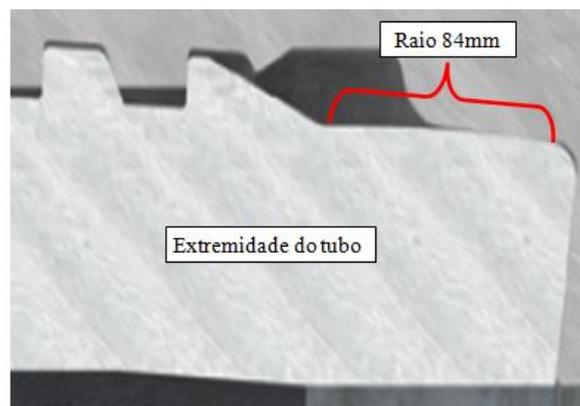
Neste estudo foram usinados tubos de aço laminado (baixo teor de carbono), diâmetro 177,8 mm (7"), espessura 8,05 mm e comprimento de 1.200 mm usando insertos de metal duro fabricados pela Sandvick, modelo RCMT 10T3 M0, classe 4315.

O processo de usinagem dos tubos de aço laminado foi realizado em torno horizontal, fabricado pela Colinet, modelo HTM20 com dois eixos (X; Z), comando Fagor 8055T, ano de fabricação 1978. Para mediar a rugosidade das superfícies usinadas foi usado rugosímetro da Digimess.

Estudo de caso – benchmarking

Para o seguinte caso, os concorrentes são considerados as filiais da multinacional, pois; o produto em questão se trata de uma conexão de fabricação exclusiva da marca. Em relação ao produto, o mesmo é um tubo de aço de baixo carbono, laminado e perfilado; com uma rosca usinada em cada uma de suas extremidades; seu perfil possui um raio de 84 mm na ponta com a função de criar uma superfície de vedação por atrito, Figura 1. Neste raio existem requisitos de qualidade, como geometria do raio e rugosidade superficial.

Figura 1- Extremidade, selo de vedação (corte transversal)



Quanto à produtividade, foram consultados através de um trabalho de *network*, profissionais das unidades do México, Argentina e Itália (Tabela 2).

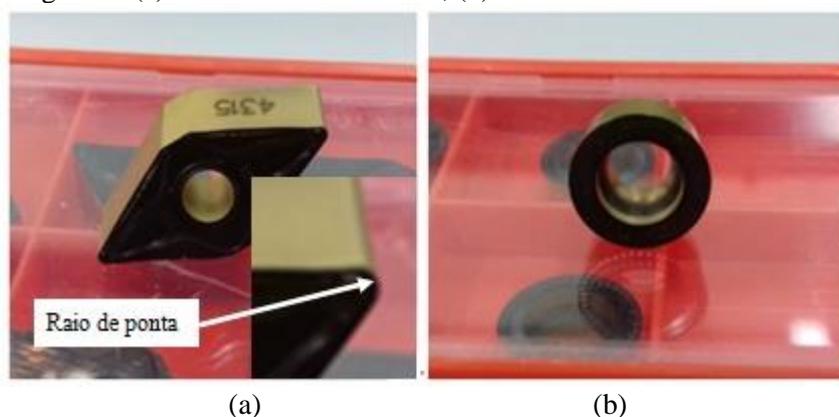
Ao término do estudo, a filial mais produtiva (Argentina) tinha entre suas melhores práticas, o uso de insertos de raios maiores do que os utilizados habitualmente nas operações de acabamento.

Tabela 2- *Benchmarking* de alguns países

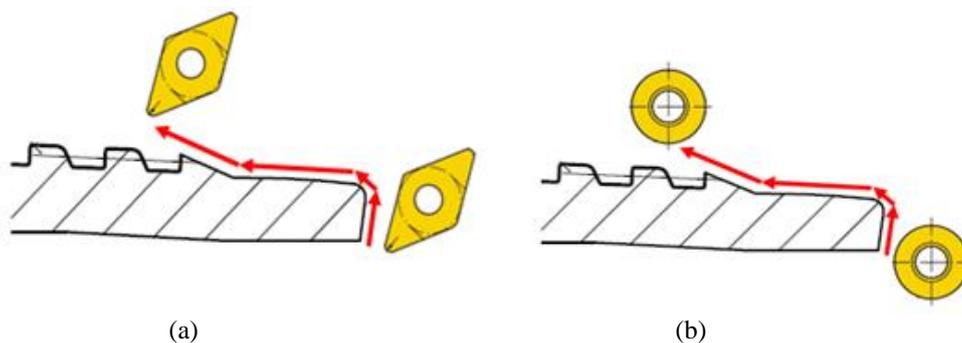
Filial	Tempo de processo (min)	Δt (min)
Argentina	2,00	--
México	4,67	2,67
Brasil	4,83	2,83
Itália	4,90	2,90

A filial argentina mantém esta posição devido à algumas diferenças em seu processo frente aos demais tornos, dentre elas vale ressaltar o uso de máquina CNC como ferramenta de trabalho simultâneo (duas torres), ferramentas conjugadas, *handling* (carregamento e descarregamento de peças) mais rápido e insertos de performance superior nas operações de acabamento da extremidade. Na busca pela alternativa mais viável e de menor investimento, optou-se pelo estudo dos insertos utilizados no processo. A filial substituiu o inserto DNMG150608 (Figura 2a), comumente utilizado para operações de acabamento, pelo inserto RCMT10T3M0 (Figura 2b), que possui um raio 6,25 vezes maior do que o anterior.

Figura 2- (a) Inserto DNMG150608; (b) Inserto RCMT10T3M0



A Figura 3 exemplifica a diferença entre os insumos utilizados em cada filial.

Figura 3- (a) Filial Brasil - DNMG150608; (b) *Benchmark* - RCMT10T3M0

A partir dessas informações, a mesma prática foi aplicada na filial brasileira, para o mesmo produto. A filial Argentina compartilhou a programação CNC com os parâmetros de corte que utiliza e o avanço de corte foi alterado de 0,10 mm/rpm para 0,25 mm/rpm; um aumento de 150 % nesta operação. Foi adquirido um lote de 10 peças do inserto RCMT10T3M0 e o conceito foi aplicado a um lote de 240 tubos, usinados em um torno horizontal de dois eixos. Deriva desta alteração no processo atual a preocupação em manter ou superar os requisitos de qualidade utilizando os parâmetros indicados pela filial argentina; portanto foram realizados cálculos teóricos de acabamento superficial com base na literatura de usinagem, para reforçar a viabilidade do estudo. Dentre as citações literárias, Pereira (2017) afirma que “A rugosidade da superfície maquinada depende de vários parâmetros, tais como, máquina-ferramenta, propriedades do material a maquinar, geometria e material da ferramenta...” Tange ao estudo o que concerne a geometria, pois; raios

maiores conferem mais resistência ao inserto e permitem trabalhar com maiores velocidades de corte mantendo um bom acabamento superficial, conforme pode ser evidenciado pelo cálculo de rugosidade teórica na equação 1, indicada por Mitsubishi (2018) e Biasibetti et al. (2019), para acabamento superficial.

$$h = \frac{f^2}{8 \times Re} \times 1000 \quad (1)$$

- h (μm) = Rugosidade da superfície acabada;
- f (mm/rot) = Avanço programado em mm/rotação;
- Re (mm) = Raio de ponta do inserto.

Assim, considerando a rugosidade máxima permitida para a superfície acabada do raio de vedação: $1,6\mu\text{m}$ (Ra máx), utilizando o inserto DNMG150608, pode-se calcular a rugosidade teórica a partir dos dados conhecidos:

Re (mm) = 0,8 mm;

Avanço programado mm/rotação = 0,1 mm.

$$\text{Tem-se: } h = \frac{0,10^2}{8 \times 0,80} \times 1000 = 1,56 \mu\text{m}$$

Considerando os mesmos dados de avanço para o inserto RCMT10T3M0, tem-se o seguinte resultado:

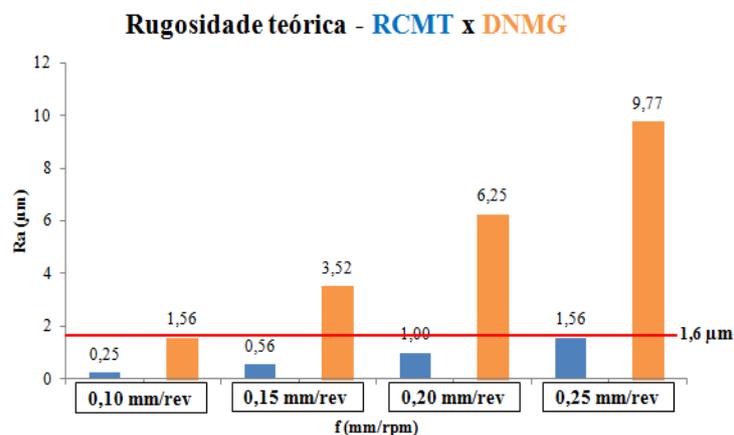
Re (mm) = 5,0 mm;

Avanço programado mm/rotação = 0,1 mm.

$$\text{Temos: } h = \frac{0,10^2}{8 \times 5,0} \times 1000 = 0,25 \mu\text{m}$$

A Figura 4 demonstra que ao se trabalhar com os parâmetros de *benchmarking*, a rugosidade teórica permanece abaixo do máximo permitido com maiores avanços, possibilitando um aumento de produtividade.

Figura 4- Gráfico de Rugosidade teórica (μm) x avanço (mm/rotação)



Pode ser evidenciado pela equação 2 que quanto maior for o avanço f e sendo n uma constante no processo, maior será a velocidade de corte v .

$$f = \frac{v}{n} \rightarrow v = f \times n \quad (2)$$

f = avanço (mm/rev);

v = velocidade de corte (mm/min);

n = rotação do eixo principal (RPM).

Portanto, quanto maior for o avanço f e sendo n uma constante no processo, maior será a velocidade de corte v . Considerando a equação 3 referente a tempo de corte, substituindo v na fórmula e afirmando que

o comprimento do perfil da peça a ser usinado L_m é o mesmo para todas as peças, pode-se deduzir matematicamente que quanto maior for o avanço f , menor será o tempo de corte T_c para esta operação.

$$T_c = \frac{L_m}{v} \rightarrow T_c = \frac{L_m}{f \times n} \tag{3}$$

T_c = tempo de corte (min);

L_m = comprimento a ser usinado (mm);

v = velocidade de corte (mm/min).

Resultados

Cálculo de OEE

Utilizando como base os parâmetros OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), evidenciam-se os resultados deste estudo. Foram calculados os parâmetros de disponibilidade, performance e qualidade de cada inserto e realizada uma comparação dos dados.

Os testes foram realizados nos dias 20, 21 e 22 do mês de setembro de 2018. Uma comparação entre a produtividade prevista com o uso do inserto atualmente utilizado DNMG150608 e o resultado real obtido nos testes com o inserto RCMT10T3M0 encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3- Produção prevista versus real

Peças/turno	20/09/2018	21/09/2018	22/09/2018
Previsto	71	71	71
Real	80	80	80
Δ	9	9	9

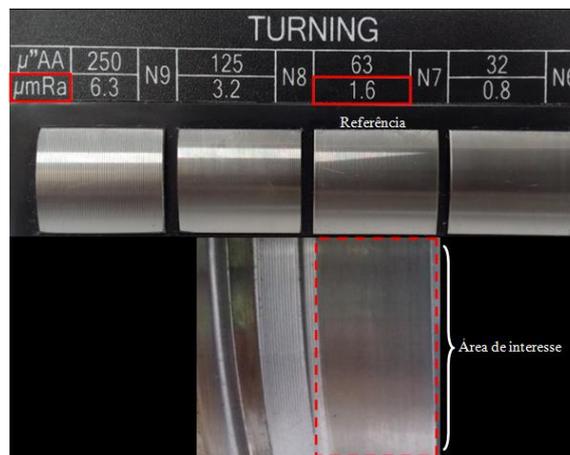
O cálculo de OEE referente a performance é demonstrado pela equação 4.

$$\begin{aligned} \text{Performance} &= (\text{peças produzidas/peças previstas}) \times 100 \tag{4} \\ \therefore \text{Performance} &= (80 \text{ peças} / 71 \text{ peças}) \times 100 = 112,7\% \end{aligned}$$

O acabamento superficial, especificamente a rugosidade das peças produzidas com o inserto RCMT10T3M0 foi mantida dentro das tolerâncias, conforme indicavam os cálculos teóricos prévios aos testes, confirmando o indicado na literatura.

Para averiguar os resultados do acabamento superficial foi utilizado um padrão visual de acabamento. O método de avaliação consiste em contrapor o padrão de rugosidade referente a torneamento na região de interesse e comparar o acabamento da peça com o padrão (Figura 5).

Figura 5- Inspeção Visual de Acabamento Superficial - Rugosidade (μmRa)



A qualidade das peças produzidas se manteve em 100%, de acordo com os cálculos de OEE, indicado pela equação 5.

Onde:

- Total produzido: 80;
- Peças Aprovadas: 80;
- Refugo: 0;
- Retrabalho: 0.

$$\text{Qualidade} = [(\text{Peças aprovadas} - \text{refugo} - \text{retrabalho}) / \text{Total produzido}] \times 100 \quad (5)$$

$$\therefore \text{Qualidade} = [(80 - 0 - 0) / 80] \times 100 = 1 \times 100 = 100\%$$

Considerando a vida útil de cada inserto, e o tamanho da amostra de 240 peças, foi possível comparar o número de paradas relativas a cada inserto e assim calcular o parâmetro OEE de disponibilidade.

A Tabela 4 apresenta o rendimento e o número de trocas do inserto RCMT 10 T3M0, indicando uma média de três trocas por turno devido ao desgaste de arestas, considerando que este inserto possui duas arestas de corte.

Tabela 4- RCMT 10T3M0 trocas por desgaste

DATA	20/09/2018			21/09/2018			22/09/2018		
TROCA	25	50	75	100	125	150	175	200	225
PARADA	1	2	3	4	5	6	7	8	9

A Tabela 5 apresenta, entretanto, o rendimento e o número de trocas do inserto DNMG 150608 considerando teoricamente a produção de 240 peças no mesmo período. Os dados mostram uma média de sete trocas por turno devido ao desgaste de arestas, este inserto possui quatro arestas de corte.

Tabela 5- DNMG150608 trocas por desgaste

DATA	20/09/2018							21/09/2018							22/09/2018						
TROCA	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240	
PARADA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	

Dispondo dos dados abaixo, calculou-se a disponibilidade dos equipamentos para produção pela equação 6:

- Tempo médio de troca de insertos = 0,03 h/aresta;
- RCMT10T3M0 - Total de trocas/turno = 3;
- DNMG150608 - Total de trocas/turno = 7;
- Tempo de produção efetivo = 7,83 h/turno;
- Paradas para manutenção = 0,18 h/turno;
- Troca dos demais insertos = 0,24 h/turno;
- Carregamento de peças = 0,22 h/turno.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{(\text{Tempo de produção efetivo} - \text{Paradas programadas})}{(\text{Tempo de produção efetivo} + \text{Paradas})} \quad (6)$$

- Disponibilidade com uso do inserto DNMG150608
Tempo de paradas por troca DNMG 150608 = 7 x 0,03h = 0,21h

$$\text{Temos: Disponibilidade} = \frac{[7,83\text{h} - (0,21\text{h} + 0,18\text{h} + 0,22\text{h} + 0,24\text{h})]}{(7,83 + 0,0\text{h})} \times 100 = 89,1\%$$

- Disponibilidade com uso do inserto RCMT10T3M0

Tempo de paradas por troca RCMT 10 T3 M0 = 3 x 0,03h = 0,09h

$$\text{Temos: Disponibilidade} = \frac{[7,83\text{h} - (0,09\text{h} + 0,18\text{h} + 0,22\text{h} + 0,24\text{h})]}{(7,83 + 0,0\text{h})} \times 100 = 90,7\%$$

Para quantificar o ganho em eficiência global do equipamento (OEE), comparou-se a disponibilidade, performance e qualidade entre o inserto DNMG 150608 utilizado como padrão no processo e o inserto RCMT 10 T3 M0, aplicando a equação 7.

$$\text{OEE} = (\text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade}) \times 100 \quad (7)$$

Assim considerando que a qualidade e a performance do inserto DNMG150608 sejam iguais a 100% e tendo calculado sua disponibilidade em 89,1% tem-se:

$$\text{OEE} = (1 \times 1 \times 0,891) \times 100 = 89,1\%$$

Aplicando o cálculo de OEE aos parâmetros de qualidade, performance e disponibilidade resultantes do uso do inserto RCMT10T3M0, tem-se:

$$\text{OEE} = (1 \times 1,127 \times 0,907) \times 100 = 102,2\%$$

Este resultado indica um aumento de 13,1% na eficiência global do equipamento em relação ao insumo anteriormente utilizado, inserto DNMG 150608.

Cálculos monetários

Através do dado: custo hora máquina¹ US\$450.00, fornecido pelo departamento interno de orçamentos, pode-se calcular pela equação 8 os ganhos monetários da aplicação da melhoria.

$$\text{Ganho (US\$/turno)} = \frac{\text{Ganho peças/turno} \times \text{Tempo de processo}}{60 \text{ min}} \times \text{hora máquina} \quad (8)$$

$$\therefore \text{Ganho (US\$/turno)} = (9 \times 3,83\text{min}) / (60\text{min}) \times \text{US\$450,00} = \text{US\$261,00/turno}$$

A partir destes dados foi elaborada uma estimativa anual de ganhos calculada pela equação 9:

- Dias previstos em 2018: 268;
- Turnos: 1 ;
- Ganho hora fábrica /turno: US\$261,00.
-

$$\text{Economia anual} = (\text{Dias trab.}) \times (\text{Turnos}) \times (\text{Ganho US\$/turno}) \quad (9)$$

$$\therefore \text{Economia anual} = 268 \times 1 \text{ turno} \times \text{US\$261,00/turno} = \text{US\$69,948,00}$$

Dados como custo por unidade usinada e rendimento em peças produzidas estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6- Dados comparativos entre insertos DNMG & RCMT

Inserto	U\$/unid.	Rendimento (peças)
DNMG 150608	12.50	48
RCMT 10 T3 M0	9.50	50

¹ Custo hora máquina se refere a todos os custos que envolvem a utilização de máquinas: depreciação, manutenção, energia, consumíveis, etc.

Observa-se uma economia no custo por peça produzida com o inserto RCMT10T3M0 em relação ao inserto DNMG150608 utilizado até o momento, considerando o custo de cada inserto dividido pelo rendimento em peças de cada um, demonstrado nos cálculos abaixo. A equação 10 demonstra o custo do inserto DNMG 150608 enquanto a equação 11 demonstra o custo do inserto RCMT 10 T3 M0.

$$\text{Custo (DNMG 150608) US$/peça} = \$12.50/48 \text{ peças} = \$0.26/\text{peça} \quad (10)$$

$$\text{Custo (RCMT 10 T3 M0) US$/peça} = \$9.50/50 \text{ peças} = \$0.19/\text{peça} \quad (11)$$

Considerando o histórico de consumo de 200 peças por ano do inserto DNMG 150608, o consumo da mesma quantidade do inserto RCMT 10 T3 M0 resultaria em uma economia no montante de US\$600,00, como mostrado na Tabela 7.

Tabela 7- Custo por histórico de consumo

Inserto	DNMG150608	RCMT10T3M0
Custo/unidade (US\$)	12,50	9,50
Consumo (unidades)	200	200
Custo total (US\$)	2500,00	1900,00

A economia total gerada pela aplicação do inserto RCMT10T3M0 é demonstrada pela equação 12:

$$\text{Economia total} = \text{Ganho hora fábrica} + \text{Economia no consumo} \quad (12)$$

$$\therefore \text{Economia total} = \text{US\$69.948,00} + \text{US\$600,00} = \text{US\$70.548,00}$$

Discussão

A realização do estudo de *Benchmarking* neste trabalho demonstra claramente a existência de soluções prontas, cuja aplicação na maioria dos casos é viável e positiva para as indústrias. De acordo com Forno et al. (2009) o *benchmarking* é um modelo pelo qual se pode alcançar vantagem competitiva através de adaptações criativas das práticas do mercado. Vale ressaltar que o levantamento dos dados de produtividade entre filiais nos países estrangeiros, foi dificultado pelos diferentes idiomas. O trabalho de *network* foi aplicado com a finalidade expressa de obter resultados no aumento da produtividade e na competitividade da empresa e várias melhorias para o processo foram apresentadas para a realização do estudo; sendo que cada possível melhoria foi avaliada quanto a seu custo de implantação e seu resultado (FERREIRA, 2017; ENDEAVOR, 2019). Marques (2012, 2019) afirma em seu estudo sobre *networking* que através das redes sociais as empresas podem alcançar aumentos em produtividade e vantagem competitiva.

Não foi possível precisar o ganho em produtividade na filial brasileira a partir dos dados da filial *Benchmark*, pois os processos e máquinas de usinagem entre as mesmas são similares e não idênticos. Variáveis como método de carregamento de tubos no torno e os demais insumos utilizados no processo aparecem como fatores principais e não se esperava alcançar a mesma produtividade desta filial com o estudo e sim um aumento na produtividade atual dos tubos de 7". Apenas após os testes foi possível mensurar os ganhos, pois era necessário aplicar a melhoria na mesma condição de produção do inserto atualmente utilizado. A utilização dos parâmetros de OEE foi primordial para avaliar os resultados na produtividade durante o estudo de caso.

A maneira mais simples de mensurar a eficiência da empresa é fazer o cálculo do índice de OEE. Este índice é um métrico percentual que representa como estão "as melhores práticas" da empresa e leva em consideração três importantes variáveis de produtividade: a disponibilidade dos equipamentos para produção, a qualidade do que é produzido e a performance (COSTA, 2014; SILVEIRA, 2018).

Sendo a produtividade um conceito de se fazer mais com menos e não apenas mais, considerando a equação 2 formulada por Vasconcellos e Garcia (2005), ao se calcular o custo por peça de cada um dos insertos utilizados, fica clara uma redução nos gastos de produção com o uso do inserto RCMT 10 T3 M0 em

relação ao item DNMG150608. Foi possível observar que a geometria do inserto RCTM 10 T3 M0 permite uma produção de mais peças com uma mesma aresta, reduzindo o número de paradas para troca de arestas desgastadas durante o processo. Comparando estes resultados com o rendimento de peças por aresta do inserto DNMG150608, pode-se observar que embora o inserto RCMT 10 T3 M0 tenha menos arestas de corte que seu concorrente, seu maior rendimento em peças contribui para um aumento na eficiência de trabalho do equipamento (RODRIGUEZ, 2005, PLENTZ, 2013; REZENDE, 2015).

Quanto à qualidade, evidenciou-se durante a verificação da rugosidade requerida, que o uso de um inserto com raio de ponta maior melhorou o acabamento superficial das peças, estando de acordo com o que indica Fitzpatrick (2013) e Biasibetti et al. (2019). Na equação 1 utilizada para cálculo da rugosidade teórica é possível evidenciar matematicamente a influência do tamanho do raio de ponta na qualidade das peças. Durante o período dos testes, o inserto RCMT 10 T3 M0 foi avaliado quanto a sua capacidade de produzir, mantendo os requisitos dimensionais e de acabamento. Importa ressaltar que o inserto DNMG150608 também apresenta boa qualidade de acabamento superficial em sua aplicação nas operações de acabamento para avanços baixos mantendo também os requisitos dimensionais. Entretanto, avaliando os resultados dos testes, a utilização do inserto RCMT10T3M0 conferiu maior confiabilidade ao processo, tanto por sua resistência quanto pelo acabamento resultante nas peças.

Conclusões

Os resultados apresentados e discutidos levam a concluir que o objetivo deste trabalho foi alcançado. Pela aplicação de uma melhoria, resultado de um estudo de *Benchmarking*, o processo se tornou mais produtivo, teve os custos reduzidos e sua capacidade de competir com os concorrentes no mercado foi aumentada. A relação entre a produtividade e a competitividade foi demonstrada através de uma melhoria no processo de acordo com a proposta principal deste estudo de caso.

Referências

- ABIMAQ. **A história das máquinas Abimaq 70 anos**. São Paulo: Magma, 2006.
- _____. **2019 agenda de competitividade**. São Paulo: ABIMAQ, 2019.
- BARBOSA FILHO, F. H. **A crise econômica de 2014/2017**. 2017. Instituto Brasileiro de Economia, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2017.
- BIASIBETTI, G. R. S. et al. **Análise da rugosidade superficial de barras de aço SAE 1045 após torneamento**. Revista Matéria, Porto Alegre, v. 24, n. 2, 2019.
- CHIAVERINI, V. **Processos de fabricação e tratamento**. 2. ed. São Paulo - SP: Pearson, 2010.
- COSTA, F. S. **Estudo de ganhos de produtividade e de qualidade em máquinas CNC com o uso de sistemas *toolsetter laser***. 2014. 97 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Nove de Julho, UNINOVE, São Paulo, 2014.
- ENDEAVOR. *Benchmarking*. Disponível em: < <https://endeavor.org.br/estrategia-e-gestao/benchmarking/>>. Acesso em: 18 set. 2019.
- FERRARI, A. **Usinagens completas: a solução para aumentar a produtividade**. Disponível em:< <https://avozdaindustria.com.br/usinagens-completas-solucao-para-aumentar-produtividade/>> Acesso: 16 set. 2018.
- FERREIRA, A. C. et al. **Aumento da produtividade do processo de usinagem de Hub com insertos de alto avanço: um estudo de caso**. IN: VII Congresso de Engenharia de Produção. 12. 2017, Ponta Grossa. APREPRO, 2017.

FITZPATRICK, M. **Introdução aos processos de usinagem**. Porto Alegre - RS. AMGH, 2013.

FORNO, A. J. D. et al. Aplicação da ferramenta *benchmarking* enxuto: estudo de caso em uma empresa do setor cerâmico. IN: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 13. 2009, Salvador. ENEGEP, 2009.

MARQUES, J. R. **Competitividade: Desenvolvimento profissional**. Disponível em: <<https://www.ibccoaching.com.br/portal/coaching-carreira/competitividade-desenvolvimento-profissional/>>. Acesso em: 17 set. 2019.

MARQUES, L. S. G. **IBS networking: um estudo de caso**. 2012. 148 f. Dissertação mestrado, Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2012.

MECÂNICA INDUSTRIAL. **Aplicações das máquinas CNC**. Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/aplicacoes-das-maquinas-cnc/>>. Acesso em: 16 set. 2018.

_____. **O que é uma máquina ferramenta**. Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/571-o-que-e-uma-maquina-ferramenta/>>. Acesso em: 15 mai. 2019

_____. **Fórmulas para torneamento**. Disponível em: <http://www.mnbr-carbide.com.br/technical_information/tec_turning_tools/tec_hsk-t/tec_hsk-t_formula/tec_turning_formula>. Acesso em: 20 out. 2018.

_____. **O que é metal duro?** Disponível em: <http://www.mnbr-carbide.com.br/technical_information/tec_guide/tec_guide_carbide>. Acesso em: 18 set. 2019

_____. **Efeitos das condições de corte para torneamento**. Disponível em: <http://www.mitsubishicarbide.net/contents/mht/pt/html/product/technical_information/information/turning_effects.html>. Acesso em: 17 set. 2019.

_____. **Raio da ponta**. Disponível em: <http://www.mitsubishicarbide.net/contents/mht/pt/html/product/technical_information/information/turning_unction_radius.html>. Acesso em: 17 set. 2019.

MOURA, L. F. H. A (Coord.). **A história das máquinas Abimaq 70 anos**. São Paulo: IPSIS, 2006.

NETTO, D. **Produtividade: o que não fizemos**. Carta Capital, jul. 2017. Disponível em: <<https://www.cartacapital.com.br/revista/962/produtividade-o-que-nao-fizemos>>. Acesso em: 17 out. 2017.

OKUMA. **Tornos verticais**. Disponível em: <<https://www.okuma.com/v920ex>>. Acesso em: 16 set. 2018.

PEREIRA, D. A. B. **Estudo comparativo da vida útil das ferramentas e acabamento superficial para diferentes ferramentas de fresagem**. 2017. 113 f. Dissertação, Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2017.

PLENTZ, M. **Estudo de caso para melhoria de eficiência produtiva de linha de produção em uma indústria de alimentos**. 2013. 76 f. Monografia, Centro Universitário Univates, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Lajeado, 2013.

POZENATTO, L. **Produtividade na indústria: Fórmulas para calcular parâmetros de corte**. Disponível em: <<http://www.produtividadenaindustria.com.br/formulas-para-calculer-parametros-de-corte/>> Acesso em: 03 out. 2018.

REZENDE, F. H. **A dinâmica dos salários e da produtividade do trabalho no Brasil nos anos 2000**. 2015. 55 f. Monografia, Universidade Estadual de Campinas Instituto de Economia, Campinas, 2015.

RODRIGUEZ, A. R. **Estudo da geometria de arestas de corte aplicadas em usinagem com altas velocidades de corte**. 2005. 249 f. Tese, Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, 2005.

SANDVICK. **Metal duro revestido**. Disponível em:

<https://www.sandvik.coromant.com/pt/pt/knowledge/materials/cutting_tool_materials/coated_cemented_carbide>. Acesso em: 16 set. 2018.

_____. **Materiais**.

Disponível em: <<https://www.sandvik.coromant.com/pt/pt/knowledge/materials/introduction/pages/default.aspx>>. Acesso em: 16 set. 2018.

_____. **Como escolher a pastilha de torneamento correta**.

Disponível em: <<https://www.sandvik.coromant.com/pt/pt/knowledge/general-turning/pages/how-to-choose-correct-turning-insert.aspx>>. Acesso em: 16 set. 2018.

_____. **Raio e profundidade de corte**.

Disponível em: <<https://www.sandvik.coromant.com/pt/pt/knowledge/boring/how-to-achieve-good-hole-quality/selection-of-inserts/insert-nose-radius-and-depth-of-cut/pages/default.aspx>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

_____. **Ferramentas**.

Disponível em: <https://www.sandvik.coromant.com/pt/pt/products/Pages/turning-tools.aspx>. Acesso em: 18 set. 2019

SCHNEIDER, C. R. **A importância da produtividade**. A Notícia, set. 2014. Disponível em:

<http://anoticia.clicrbs.com.br/sc/economia/negocios/noticia/2014/09/a-importancia-da-productividade-4591864.html>. Acesso em: 17 out. 2017.

SILVEIRA, C. B. **OEE, cálculo de eficiência da planta e integração de sistemas**. Disponível em: <

<https://www.citisystems.com.br/oeo-calculo-eficiencia-equipamentos-integracao-sistemas/>>. Acesso em: 16 out. 2018.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2008.

USINAGEM BRASIL. **Oito dicas para aumentar a produtividade na usinagem**. Disponível em:

<http://www.usinagem-brasil.com.br/11679-oito-dicas-para-aumentar-a-productividade-na-usinagem/>. Acesso em: 13 set. 2018.

VASCONCELLOS, M.A; GARCIA, M.E. **Fundamentos de Economia**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

VINCE. **O que é OEE**. Disponível em: <WWW.OEE.COM.BR> Acesso em: 29 out. 2018.