

Otimização de Custos de Probes de Rebarbamento



Ana Rita Villela Costa¹; João Leite de Carvalho¹; Marcel di Francisco Benda².

¹ Unifacear Centro Universitário

RESUMO

Atualmente as empresas buscam melhoria contínua, otimização de processos e redução de custos. O projeto de redução do custo de probes de rebarbamento é um exemplo da utilização de ideias e procedimentos simples que alcançam resultados positivos no que diz respeito aos processos de produção e qualidade adotados em uma indústria automotiva. Foi constatado que a fabricação dos probes de rebarbamento com seu projeto original gerava um custo elevado. Com isto foi analisado o ponto de desgaste da ferramenta e concluído que o mesmo poderia ser otimizado, executando a confecção em duas peças, o corpo da haste que não sofre desgaste e o postigo que possui a área que desgasta com uma determinada frequência de utilização. Probes são ferramentas que fazem a retirada da rebarba através de líquido de emulsão, esta rebarba é o resultado do processo de usinagem em encontros de furações dentro do bloco do motor. Este projeto foi idealizado dentro de uma linha de produção, que foca justamente na redução de custos, de mão de obra técnica, tempo de intervenção em máquina e ferramentas no processo produtivo.

Palavras chave: Projeto; Rebarbamento; Usinagem.

ABSTRACT

Today companies are looking for continuous improvement, process optimization and cost reduction. The deburring cost reduction project is an example of the use of simple ideas and procedures that achieve positive results with respect to the production and quality processes adopted in an automotive industry. It was found that the manufacturing of the deburring probes with its original design generated a high cost. With this, the wear point of the tool was analyzed and it was concluded that it could be optimized by performing the two piece work, the body of the rod that does not suffer wear and the insert that has the area that it wears with a certain frequency of use. Probes are tools that make removal of the burr through emulsion liquid, this burr is the result of the machining process in drilling encounters inside the engine block. This project was conceived within a production line, which focuses precisely on cost reduction, technical labor, machine intervention time and tools in the production process.

Key Words: Design; Deburring; Machining.

1 INTRODUÇÃO

O principal objetivo deste trabalho é a redução do custo em um determinado setor de uma linha de produção em uma indústria automobilística fabricante de motores, localizada na região metropolitana de Curitiba, através da modificação do Probe de rebarbamento para evitar desperdícios, pois se trata de um processo de custo elevado.

Entende-se por probes de rebarbamento, as hastes alongadas constituídas de uma furação interna, em sua extremidade há furações com diâmetros mínimos que por sua vez, ao ter o líquido de emulsão introduzido com uma determinada vazão, passa pelos furos com diâmetros restritos elevando a pressão.

O processo de utilização do probe, consiste em duas hastes mancalizadas executando em conjunto um movimento longitudinal, pilotados hidráulicamente na furação realizada na primeira etapa, furo horizontal.

Para garantir a eficácia do processo de rebarbamento, as furações da extremidade do probe não podem ter aumento do diâmetro. As furações de Ø0,6mm na extremidade da haste garantem a pressão de 260 bar, como a vazão é constante, se houver o aumento do diâmetro, a pressão diminui e ao chegar em 240 bar acontece o desarme do pressostato. Com a aplicação de algumas ferramentas de qualidade, chegou-se à conclusão que a queda de pressão era devida exclusivamente ao aumento do diâmetro de 0,6mm. Com os dados mensuráveis concluiu-se que com a confecção de um probe bi-partido, diminuiria consideravelmente o custo geral do processo de rebarbamento, visando a qualidade de mesma.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do projeto será de adequação dos probes e procedimentos para uma redução dos custos em aproximadamente 70%, e será estudada qual a maneira de se reduzir os custos. A área de desgaste dos probes de rebarbamento são as furações de saída na extremidade, sendo assim, os mesmos serão constituídos em duas peças, corpo haste e ponteira postiça (área de desgaste). O corpo que é um item que não há desgaste, será mantido por todo o tempo de processo, só sendo substituído ao ser danificado por erro operacional ou colisões internas. O postiço que é o item de desgaste será substituído periodicamente através de um controle de ciclos, que foi predeterminado em 100 mil ciclos.

1.2 JUSTIFICATIVA

O Projeto foi definido levando em consideração que o sistema de rebarbamento se encontra no segmento final de usinagem da linha do Bloco Motor onde há necessidade de redução de custo de manutenção visando a qualidade no processo de usinagem e redução do tempo de máquina parada devido troca de probes por desgaste ou danos que impactam na eficiência geral da linha produtiva. A melhoria aplicada tem total relevância, o projeto ajudará diretamente na redução nos custos de fabricação da ferramenta, redução de custos devido desgaste ou danos e redução do tempo de troca da ferramenta.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para esclarecimento do projeto, será abordado todo o processo realizado dentro de linha de produção desde suas operações específicas até processos de máquinas similares. O Projeto foi tratado seguindo princípios de otimização de processo, foi relacionado com a finalidade de reduzir os custos gerados devido a operação ser apontada como uma das principais perdas levantada pelo Desdobramento de Custos de uma linha de produção automotiva (usinagem bloco do motor). Dentre as verificações e funcionalidades de referência do projeto foram analisados artigos sobre o tema, buscando a redução de custos e tornando o custo total agregado do produto reduzido, assim tornando o produto mais competitivo.

2.1 PROCESSO DE USINAGEM

Processo de fabricação que tem como objetivo a remoção de sobremetal em determinados materiais. Segundo Ferraresi (1970) ele define usinagem “como operação de usinagem entendemos aquelas que, ao conferir a peça a forma, ou as dimensões ou o acabamento ou qualquer combinação destes três itens, traduzem cavacos”.

As operações de usinagens consistem na divisão de processo convencional e não convencional. Dentro dos processos convencionais destacam-se o torneamento, fresamento e furação. Nos processos não convencionais são utilizados a eletro erosão, laser, ultrassom e outros.

2.1.1 Processos Convencionais

2.1.1.1 Torneamento

Operação na qual um material com a sua forma indefinida gira em torno do eixo da máquina operatriz, onde ao mesmo tempo uma ferramenta monocortante executa a remoção periférica de sobremetal de modo a transformar a peça com a sua forma geométricas e dimensões definidas conforme o desenho de execução do processo ou projeto.

2.1.1.2 Fresagem

Utilizado para obter superfícies com formatos paralelos, planos ao eixo e perpendiculares ao eixo de rotação da ferramenta.

Segundo Stemmer (2005), “fresagem é um processo de usinagem no qual a remoção de material da peça se realiza de modo intermitente, pelo movimento rotativo da ferramenta que geralmente é multicortante, assim, é possível gerar superfícies das mais variadas formas”.

No fresamento é realizado um movimento de corte onde a ferramenta gira e a peça se desloca realizando o movimento de avanço conforme.

2.1.1.3 Furação

A furação horizontal que tem como função a passagem de óleo, sendo executada no centro de usinagem, depois passa-se a executar as furações diagonais que alimentam o óleo nos “casquilhos”, porém na união entre a furação horizontal com as 5 furações diagonais é criada uma rebarba proveniente do processo. A peça é conduzida por toda a linha de usinagem e essa tem a função de rebarbar, lavar, enxaguar e secar a peça.

2.1.2 Processos Não Convencionais

2.1.2.1 Eletroerosão

Conforme descrito por Montandon (2008) o sistema de eletroerosão é realizado quando a ferramenta é avançada em direção à peça, onde ambos são mergulhados em

um líquido isolante, ou fluido dielétrico. A ferramenta é carregada positivamente, enquanto que a mesa e a peça são negativas (ou vice-versa). Uma série de pulsos voltaicos é aplicada entre os dois eletrodos, que são separados pela fenda de trabalho (*gap*), numa distância em torno de 0,01 a 0,5mm. À medida que o eletrodo-ferramenta, é carregado com um potencial de alta voltagem, ao aproximar da peça, forma-se um intenso fluxo eletromagnético rompendo as propriedades isolantes do fluido dielétrico, esse é integrado ao processo e fornece o isolamento contra as descargas prematuras, onde resfria a área isolada e remove os detritos.

2.2 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

Ishikawa como também é conhecido, o diagrama de causa e efeito, tem como objetivo pontuar possíveis causas e assim planejar e atacar com maior eficácia os problemas encontrados. Para Kume (1993) "O diagrama de causa efeito mostra a relação entre uma característica de qualidade e os fatores. O diagrama é usado atualmente não apenas para lidar com as características de qualidade do produto, mas também em outros campos". Por ter um formato semelhante a espinha de peixe também é conhecido como tal e foi criado em meados dos anos 60, por Kaoru Ishikawa.

2.2 PROCESSO DE ELIMINAÇÃO DE REBARBAS

Schäfer (1978) descreve a rebarba como "parte de uma peça, produzida por meio de um processo de fabricação, localizada em uma aresta ou uma superfície e que está fora da geometria desejada". Ko e Dornfeld (1991) definiram como sendo uma "projeção indesejável de material, formado por consequência de uma deformação plástica que ocorreu durante uma operação de corte ou cisalhamento".

A norma DIN 6784 (1982) define rebarba como "uma saliência na aresta da peça fabricada".

A definição de Schäfer engloba a rebarba nas arestas e também nas superfícies da peça de trabalho, que são consequentes dos processos de fundição e solda, já a definição da norma DIN 6784 restringe as rebarbas apenas nas arestas da peça (figura 1).

Schäfer (1978); “Uma rebarba é a formação de material indesejada, que ocorre nos cantos ou nas superfícies das peças após a fabricação e que se projeta além da superfície ideal da peça”. Rebarbas não são consideradas desvios de forma, e na observação das rebarbas não são levados em conta desvios dimensionais e rugosidade. Na furação passante, inevitavelmente um excesso de material, de certa magnitude, fica acumulado ao redor da entrada e da saída do furo.

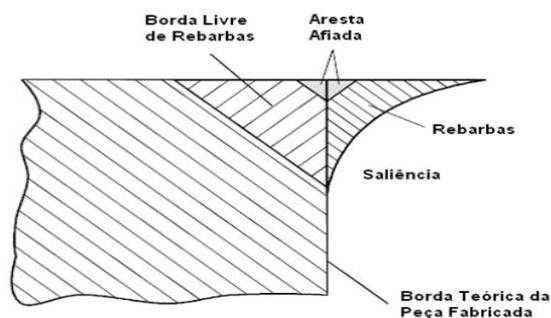


FIGURA 1 – DEFINIÇÃO DE REBARBA CONFORME NORMA DIN 6784.

FONTE: NETO, DAYOUB M. D. - ET. AL. (2011)

A furação horizontal tem como função a passagem de óleo, sendo executada no centro de usinagem. Na próxima máquina de usinagem é executada as furações diagonais que alimentam o óleo nos “casquilhos”, porém na união entre a furação horizontal com as 7 furações diagonais (figura 2) é criada uma rebarba proveniente do processo (figura 3).



FIGURA 2– ENCONTRO DAS FURAÇÕES
FONTE: OS AUTORES (2017)



FIGURA 3 – ÁREA DA REBARBA
FONTE: OS AUTORES (2017)

A maioria das operações de usinagem podem deixar as peças muito suscetíveis em todo o contorno, exibindo irregularidades e projetando rebarbas no entorno das bordas, distorcendo geometricamente e nas dimensões da peça, afetando assim o componente de precisão.

2.4 PROBES DE REBARBAMENTO

O probe de rebarbamento é denominado como um componente de máquina específico, cuja função é a de retirar possíveis impurezas resultantes de processos de usinagem, tais como: Cavacos, escórias, oxidações, rebarbas e cristais de roscagem.

O objeto de estudo proposto é o probe, tem como função retirar rebarbas, sendo que ele pode também ser definido como sendo uma vareta introduzida através de comando hidráulico no interior das furações, com canal interno onde é alimentado com líquido emulsor constituído pelo fluído Houghton Clean 130 T concentração de 3 a 4% H₂O, que por sua vez é alimentado com uma vazão contínua. Ao ter as restrições de saída, causadas pelas furações com diâmetros restritos, tem sua pressão elevada, gerando força necessária para extrair o material através de arraste.

Estes probes no processo de rebarbamento do bloco motor, são utilizados em duas peças, tendo funções similares, porém um deles sendo inserido pela face frontal e outro pela face traseira do bloco.

Sung-Lim (1989) definiu uma rebarba como uma projeção indesejável de material formada do resultado do escoamento plástico numa operação de corte ou cisalhamento. Num sentido mais amplo, a formação indesejável de um chanfro ocasionado pela fratura do material durante a deformação pode ser considerado como uma rebarba.

Os probes possuem furações de 0,6mm em sua extremidade os quais serão confeccionados somente as ponteiras, assim ao realizar a substituição, somente deste componente que passou a ser denominado item de desgaste.

2.5 AÇO INOXIDÁVEL

Os aços inoxidáveis surgiram a partir de estudos realizados em 1912. O inglês Harry Brearley (1913) estudava uma liga Fe-Cr (13%) e, quando tentava fazer algumas observações metalográficas, verificou que a liga fabricada resistia à maior parte dos reagentes que se utilizavam na época em metalografia. Assim, denominou-a de "*stainlesssteel*" que, literalmente, quer dizer "aço sem manchas".

Após um ano, na Alemanha, Eduard Maurer, estudou uma liga Fe-Cr que continha, além dos elementos da liga de Brearley, cerca de 8% de Ni. Como resultado observou-se que a liga resistiu vários meses a vapores agressivos no laboratório no

qual trabalhava (OLIVEIRA, 2013). Os aços descobertos por eles eram os atualmente conhecidos como AISI 420 (martensítico) e AISI 302 (austenítico) respectivamente.

2.6 DUREZA DO MATERIAL

Segundo CHIAVERINI (1986), Dureza é uma característica superficial, sendo definida como resistência que um material apresenta ao ser deformado por outro corpo, menos deformável. Na realidade podemos afirmar que a dureza é apenas uma condição de superfície e não representa uma propriedade fundamental da matéria.

O ensaio de dureza, juntamente com o de tração é um dos mais empregados na seleção e controle de qualidade dos materiais.

De acordo com Daniel Herring (2007), “os testes de dureza são, sem dúvida, o processo de controle de qualidade mais comum realizado na indústria”.

Ensaio são utilizados com frequência para determinar o sucesso ou fracasso de uma operação de tratamento térmico especial ou para aceitar ou rejeitar o material. Testes de dureza são pensados para serem mais fáceis de executar no chão da fábrica ou no laboratório metalúrgico, mas se revelam uma das provas mais difíceis de fazer corretamente.

2.6.1 Método de Dureza *Rockwell*

Herring (2007) identifica o método Rockwell como “utilizado para testes de materiais ferrosos e não ferrosos, os quais foram recozidos, endurecidos, temperados ou revestimentos endurecidos, materiais folhados em calibres mais pesados e carbonetos cimentados. O teste *Rockwell* Superficial é utilizado onde são necessárias cargas mais leves, como testes de superfícies finas de cementação, superfícies carburadas e material folhado em bitolas finas. Ensaio de microdureza são utilizados para formas intrincadas muito pequenas, peças finas e para determinar profundidade do revestimento”. As escalas Rockwell mais comuns utilizadas são “C” e “B.”

É utilizada uma bola de carboneto de tungstênio como penetrador conforme figura 4 e um peso de 100 kg para se obter um valor expresso como HRB. A escala C para materiais mais duros utiliza um cone de diamante e um peso de 150 kg para se obter um valor expresso como HRC. Existem outras diversas escalas alternativas para outros fins.



FIGURA 4 – DURÔMETRO E CORPO DE PROVA
FONTE: OS AUTORES (2018)

2.7 METALOGRAFIA

Tem como objetivo explicar as propriedades do material e seu comportamento, conhecer as estruturas físicas e químicas. Para obtenção deste conhecimento são realizados ensaios metalográficos e através destes procurar relacionar propriedades, processos e desempenho. Esta análise é dividida em macrografia que procura entender a homogeneidade do material e micrografia que, com auxílio de microscópio, identifica a granulação do material.

3 MATERIAL E MÉTODO

Para realizar a substituição do probe no modo convencional é necessário a paralização da linha de produção para manutenção corretiva de aproximadamente 3 horas.

Atualmente quem executa a substituição do probe é a equipe técnica de manutenção, pois é necessário o alinhamento do mesmo, com referência o bloco motor. Após as correções das avarias, as atividades podem ser repassadas para a equipe operacional.

Foram analisados através do diagrama de Ishikawa três fatores que contribuem para o alto custo de manutenção na linha de rebarbação.

Os pontos analisados com pequenos investimentos e que trarão resultados satisfatórios foram:

- * Modificação na estrutura do probe de rebarbamento, confecção de um componente bipartido;
- * Configuração do CLP de forma que, quando atingir 100 mil ciclos, a estação entre em trabalho de preventiva;
- * Treinamento para operadores, para que não haja necessidade de mão-de-obra técnica para realização da substituição do probe.

3.1 FABRICAÇÃO DO PROBE

Para tornear o postigo e corpo da haste, a matéria prima utilizada será uma barra de Aço Inoxidável AISI 304. Para a fabricação consultar desenhos modificados conforme projeto em Anexos A e B. Usando as mesmas velocidades de cortes de 120m/min, para obter o Ø7,0mm, e para finalizar com o acabamento a velocidade de 160m/min e diâmetro de 6,35mm utilizando ferramenta com inserto de metal duro. A extremidade inferior do postigo passará pelo processo de confecção de rosca M5 e para esta tarefa será substituída por uma ferramenta específica para roscas externas com ângulo de corte 60°.

A furação interna é realizada por uma broca de metal duro com Ø3,0mm e com profundidade de 33,6mm. O mesmo postigo é encaminhado a eletroerosão para a realização das 8 furações de Ø0,6mm por onde passará o líquido emulsor, com um ângulo de 45° do centro do probe, o eletrodo utilizado tem dimensão de Ø0,52mm e o GAP de 0,08mm, a furação acontecerá até a intersecção com a furação central, e após é realizado o polimento nos furos para aumentar a durabilidade à corrosão.

A furação interna do corpo da haste é realizada através de brocas de Ø3mm em todo seu comprimento, o corpo mede do lado direito 234,6mm e 284,6mm do lado esquerdo, que há na extremidade superior sendo confeccionada a rosca interna com o auxílio de um macho M5, e é por estas áreas roscadas que será realizada a fixação postigo/haste.

Tanto postigo quanto haste passaram por um processo de fresamento para a confecção dos facetados, utilizando uma fresa de topo de Ø10mm, deixando ambos com espessura de 5mm, com o objetivo inserir a chave de "boca" de 5mm para realizar o aperto das partes.

A peça utilizada para a fixação no mancal é o flange e será unido a haste por um processo de soldagem, utilizando eletrodo 19Cr9Ni (AISI 304). Será utilizado para a fabricação aço inox AISI 304 com Ø35mm e espessura de 20mm. A flange seguirá toda as dimensões estabelecidas em projeto, tendo suas dimensões finais de diâmetros concluída é realizado a soldagem na haste e por final é realizado a furação de centro do flange no Ø3mm que é por onde passará o líquido emulsor.

Após as melhorias das etapas, as atividades podem ser repassadas para a equipe operacional. Assim o custo de mão de obra para substituição pode ser reduzido em aproximadamente 40%. É realizado SOP (*Standard Operation Production*) e o operador é treinado pela equipe técnica sobre execução trabalho.

3.2 DEFINIÇÃO DO MATERIAL

Para confecção do probe foram estudados três materiais levando em conta alguns fatores para obtenção de uma ferramenta que atenderá com qualidade e segurança do processo, porém o mais viável foi o aço inoxidável, mostrou características satisfatórias, com mais de 10% de Cromo(Cr) em sua composição é um material balanceado para uma melhor resistência a corrosão, O Cromo permite uma película sobre a superfície do material que o torna impermeável e insolúvel nos meios corrosivos, além de resistência a corrosão possuem também propriedades mecânicas, de conformação, resistência ao calor, elevada performance, alta resistência a corrosão, durabilidade, grande capacidade de conformação e custo/benefício favorável. Após análise dos materiais foi verificada a viabilidade do Inox para a confecção da ponteira probe pelo processo de usinagem. Constatado que o custo de confecção das varetas inteiriças dos probes são elevadas devido ao processo de fabricação, sendo necessário uma furação interna de 3mm e na vareta esquerda 320mm comprimento e na vareta direita 270mm de comprimento, com 8 furos na ponta de 0,6mm, seja confeccionada por eletroerosão, conforme mencionado o único item de desgaste são as furações de extremidade de 0,6mm Com isto a vareta será dividida em duas peças: vareta (corpo de alimentação de emulsão) e ponteira postiça (trata da extremidade, contendo furos de 0,6mm que sofrem desgastes) conforme figura 5.

Ambos serão unidos por rosca M5. Sendo assim confeccionado somente item desgaste pode ser executado por broca canhão, pois tem diâmetro 2mm e comprimento 60mm e seu custo fabricação reduzido.



FIGURA 5 – DIVISÃO PROBE (VARETA E POSTIÇO)

FONTE: OS AUTORES (2017).

3.3 RESULTADOS E ANÁLISES

Para execução do processo de usinagem do postiço do probe, após análise, foi determinada a barra de Aço Inoxidável 304 com diâmetro de 10mm, o material foi aprovado devido ao processo produtivo, pois se trata de um composto com resultados satisfatórios e alta resistência devido ao tratamento superficial executado.

3.3.1 Posição da troca dos Probes.

Para executar a substituição dos probes é necessário a retirada da placa de mancalização, o qual gera um tempo elevado de máquina parada para manutenção.

Com a implantação da melhoria do postiço probe, a vareta não será mais substituída, pois não sofrerá desgaste, portanto não será necessária a retirada da placa.

3.3.2 Resultados do Ensaio de Dureza

A dureza *Rockwell C* foi determinada nas seções transversais e longitudinais do corpo de prova. Foi utilizado o durômetro da marca Duromet devidamente calibrado. A carga utilizada foi de 15 kgf e a ponta de penetração Cone de diamante. Essas medidas foram realizadas para caracterizar o material utilizado nos ensaios. Os valores estão definidos conforme escala C do durômetro mecânico chegando próximo de 25 HRC.

3.3.3 Ensaio Metalográfico

Primeiramente foi realizado a preparação do corpo de prova com as dimensões 20x20x10mm, na sequência foi realizado um polimento simples de baixa rotação (aproximadamente 300rpm). O ataque químico com Nital 10% e a utilização do microscópio eletrônico da marca BUEHLER forneceram as características do material utilizado na fabricação do probe, concluindo através das imagens fotográficas que se trata de um Aço Inox AISI 304.

3.3.4 Redução de Custos Gráfico de Pareto

Podemos verificar (figura 6) que o custo estimado para o ano de 2018 é de aproximadamente R\$4.000,00, sendo que o valor médio dos anos de 2011 até 2017 é de R\$ 39.714,29, a redução de custo do projeto está em aproximadamente (valor estimativo) 89%.

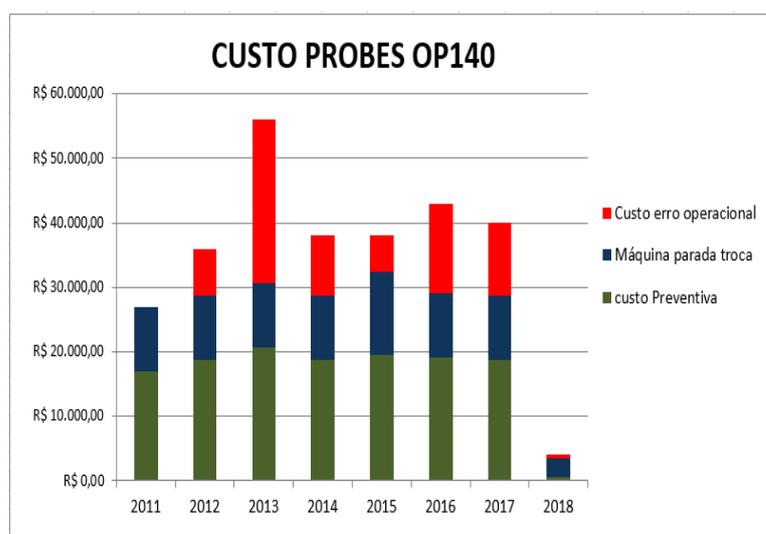


FIGURA 6 – GRÁFICO CUSTOS
FONTE: OS AUTORES (2017)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No projeto realizado foi possível analisar todos os aspectos do processo de furação de passagem de óleo do motor, com sua funcionalidade e importância. Com isto foi necessário realizar estudo e compreender o sistema de rebarbamento através dos “probes” a função específica da pressão sobre os mesmos.

Com a conclusão das melhorias realizadas é possível verificar o ganho real anual em execução de manutenção Preventiva e em quebra de máquinas o qual foi de aproximadamente R\$35.000,00. A alteração do diâmetro do probe e as melhorias executadas em CLP trouxeram um ganho de execução nas atividades em 70% do tempo de execução.

Sendo assim os resultados alcançados com as melhorias implementadas trouxeram um ganho significativo para a corporação o qual deixa a mesma mais competitiva no cenário nacional, também o envolvimento entre empresa e pesquisadores foi de fundamental importância para resultado satisfatório. A pesquisa realizada foi tratada como base a metodologia WCM (*World Class Manufacturing*), pilar PM onde houve uma abordagem principalmente nos Step's 4 e 5, melhorando a robustez do item de desgaste e também atribuindo atividade ao operador.

5 REFERÊNCIAS

CHIAVERINI, V. **Tecnologia Mecânica**. Vol. 1, 2 e3. 2ª edição. Makron Books. 1986. São Paulo.

HERRING, D. **Evolução do teste de dureza Rockwell no tratamento térmico 2007**.

Disponível em:

<<http://foundrygate.com/upload/artigos/EvoluçãodotestededurezaRockwellnotratamentotérmico.pdf>>, acesso em 05 de outubro 2018.

FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo. Edgard Blücher Ltda, 1970.

GAMARRA, José R. Estratégias de Usinagem no Torneamento de Aço Inoxidável Super Duplex (UNS S32750). 2017. 120 folhas. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2017. Disponível em:

<<https://drive.google.com/file/d/1eGUVouaLk5n9pMH3kdXC1VSbVjboXva8/view>>, acesso em: 04 de abril 2018.

HARRY BREARLEY. **Invenção do aço inoxidável**. Disponível em: <<https://operamundi.uol.com.br/noticia/14285/hoje-na-historia-1913-harry-breareley-inventa-o-aco-inoxidavel>>, acesso em 15 de abril de 2018.

KO, S.; Dornfeld, D. A. **A study on burr formation mechanism**. *Journal of Engineering Materials and Technology*, v.113, p.75-87, 1991.

KO, S. L.; Lee, J. K. Analysis of burr formation in drilling with a new concept drill. **Journal of materials processing technology**, v.113, p.392-98, 2001.

KUME, H.; Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade. São Paulo, editora Gente, 1993.

MIN, S.; Kim, J.; Dornfeld, D. A., Development of a drilling burr control chart for low alloy steel, AISI 4118. **Journal of materials processing technology**, v. 113, p. 4-9, 2001.

MECANICA INDUSTRIAL. **Máquinas Usinagem CNC**. Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/689-o-que-e-usinagem-cnc/>>, acesso em 12 set. 2018.

MONTANDON, Renato. **Utilização de processos de eletroerosão por utilização de fluidos dielétricos a base de óleos vegetais na usinagem**. Disponível em: <[http://assets.cimm.com.br/uploads/cimm/publicacao/arquivo/193/dissertação Completa.pdf](http://assets.cimm.com.br/uploads/cimm/publicacao/arquivo/193/dissertação%20Completa.pdf)>, acesso em: 08 de abril de 2018.

NETO, Dayoub M. D.; BUZZATO, Pedro H. F.; REBELLO, Ricardo C. **Substituição de um processo de rebarbação manual por um processo de rebarbação eletroquímica**. 2011.

OLIVEIRA, C.A; **Usinagem e resistência à corrosão dos Aços Inoxidáveis Super Duplex**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2013.

SCHÄFER, F. **Gratbildung und entgraten beimumfangsstimfi-äsen**. VDI-Z 120, Nr. 1/2, 1978.

STEMMER, C.E. **Ferramentas de Corte 1**. 6ª ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.