



INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS DE CORTE NO PROCESSO DE USINAGEM

INFLUENCE OF CUTTING PARAMETERS IN THE MACHINING PROCESS

Denicio Carlos FERREIRA¹ João SILVA¹, Marcelo Ribeiro DE CARVALHO¹, Matheus Oliveira BENVENUTTI¹, Micaelly Vital BÜRGER¹, Orides MARQUES FILHO¹, Álvaro Paz GRAZIANI¹ e Paulo de OLIVEIRA JUNIOR¹.

¹Faculdade de Tecnologia SENAI Joinville, Rua Arno Waldemar Döhler, 957 – Santo Antônio - 89219-510, Joinville.

Recebido: xx/xx/xxxx – Aprovado: xx/xx/xxxx.

RESUMO

Com a evolução da indústria e da tecnologia empregada nos processos de fabricação, as organizações necessitam de ferramentas que ajudem a impulsioná-las e mantê-las competitivas no mercado. Alguns estudos e métodos estatísticos são de suma importância quando relacionados a qualidade, repetibilidade e confiabilidade de processos. Na área metalmeccânica e nos processos de usinagem, vários fatores podem influenciar nos resultados finais de um projeto, quando relacionados à manufatura. Acabamento superficial, rugosidade, circularidade, são situações determinantes na qualidade do produto, podendo ser determinados por parâmetros e métodos utilizados na fabricação do mesmo. Neste caminho, o presente estudo tem como objetivo a análise das paredes usinadas através do processo de interpolação realizado em centro de usinagem CNC. Analisando a influência de parâmetros como incremento, avanço e velocidade de corte, pode-se afirmar que o incremento e o avanço combinados, foram mais incisivos nos resultados finais, tanto na rugosidade, quanto na circularidade.

Palavras-chave: Usinagem, fresamento CNC, parâmetros de corte, rugosidade, circularidade.

ABSTRACT

With the evolution of industry and technology used in manufacturing processes, organizations they need tools that help boost them and keep them competitive in the market. Some studies and Statistical methods are of paramount importance when related to quality, repeatability and reliability of Law Suit. In the area of metal mechanics and machining processes, several factors can influence the final results. of a project when related to manufacturing. Surface finish, roughness, roundness, are situations determinants in the quality of the product, being able to be determined by parameters and methods used in the manufacture the same. In this way, the present study aims to analyze the walls machined through the process of interpolation performed in CNC machining center. Analyzing the influence of parameters such as increment, advance and cutting speed, it can be said that the combined increment and feed were more incisive in the results final results, both in roughness and in roundness.

Keywords: machining, CNC milling, cutting parameters, roughness, circularity.

1. INTRODUÇÃO

A busca por melhorias na qualidade objetiva-se por redução de variabilidade de processo. Barbetta, Reis e Bornia (2010) afirmam que a variabilidade pode ser reduzida investindo em equipamentos, pessoas e tecnologia. De outra forma, a instabilidade do processo pode ser contida conhecendo as relações entre os fatores do processo e características funcionais do produto, envolvendo conhecimentos em engenharia, pesquisas, dados e análises estatísticas. Entretanto, nem sempre é possível manipular um grande número de variáveis. Uma maneira de acelerar o desenvolvimento da pesquisa, compreende em reduzir o seu espaço de busca, limitando o número de variáveis de entrada.

Um processo de usinagem envolve todos os processos de fabricação que possuem o objetivo de remover uma porção de material da matéria-prima, utilizando algum tipo de ferramenta de corte, essa remoção de material gera o que é chamado de cavaco, ou seja, é o material que é retirado da peça. Esse processo dá à peça um formato específico que for desejado. Dentre os tipos de operações de usinagem, como: torneamento, escareamento, rosqueamento e fresamento, temos também a operação de furação, que será usada para realizar esse experimento (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

A furação é um processo de usinagem que tem por objetivo a geração de furos, na maioria das vezes cilíndricos, em uma peça, através do movimento relativo de rotação entre a peça e a ferramenta multi/monocortante, denominada broca. A continuidade de retirada de material é garantida pelo movimento relativo de avanço entre a peça e a ferramenta, que ocorre segundo uma trajetória coincidente ou paralela ao eixo longitudinal da ferramenta. Essa operação tem a finalidade de: passagens de parafusos e rebites; abertura de rosca; passagem de alargador, entre outros. Podemos obter diferentes tipos de furos, são eles: passante; cego; com rebaixo; cônico e escalonado.

O resultado do processo é um furo que possui uma determinada circularidade. A circularidade é uma circunstância em que um círculo está dentro de um intervalo definido por dois círculos concêntricos, distantes no valor da tolerância estabelecida. Geralmente, não é preciso especificar a tolerância deste parâmetro, pois se os erros de forma estiverem dentro das tolerâncias dimensionais, eles vão ser pequenos o suficiente para uma boa montagem e funcionamento da peça. Porém, há casos em que estes erros são tão pequenos que apenas a tolerância dimensional não atenderia, sendo necessário especificar a circularidade.

O processo de furação também gera um valor de rugosidade na peça. A rugosidade consiste em erros muito pequenos na superfície da peça, tendo origem na fabricação da peça. São erros como ranhuras, sulcos, estrias, escamas e crateras. A medição de rugosidade pode ser feita através de rugosímetro, a ponta de diamante fixada na ponta do braço do rugosímetro percorre uma trajetória linear de comprimento LA pré-definido, captando as irregularidades existentes na superfície da peça. O rugosímetro processa as informações enviadas pelo sensor de

diamante, realiza cálculos da rugosidade e apresenta um valor numérico no aparelho registrador.

Portanto, esse experimento tem o objetivo de verificar a influência do incremento, avanço e rotação em um processo de furação, avaliando os parâmetros de usinagem: rugosidade e circularidade. Assim, será possível saber as influências destes parâmetros na usinagem de furos passantes, os métodos de medição e também prever a melhor utilização dos mesmos para atender as necessidades do cliente.

2. METODOLOGIA

2.1. ANÁLISE PARA MELHOR PRODUÇÃO

Neste exemplo se faz a análise da peça determinando as operações necessárias à sua fabricação e estabelecendo uma sequência de processos e operações para fabricação da mesma. Como o desenho da peça é a base para a geração do plano de processo, a sua análise deve ser o primeiro passo para a definição do plano de processo. A análise a ser empreendida deve considerar os fatores, Estrutura da peça, Observação de superfícies críticas e menos críticas, Estudo das dimensões entre as superfícies da peça.

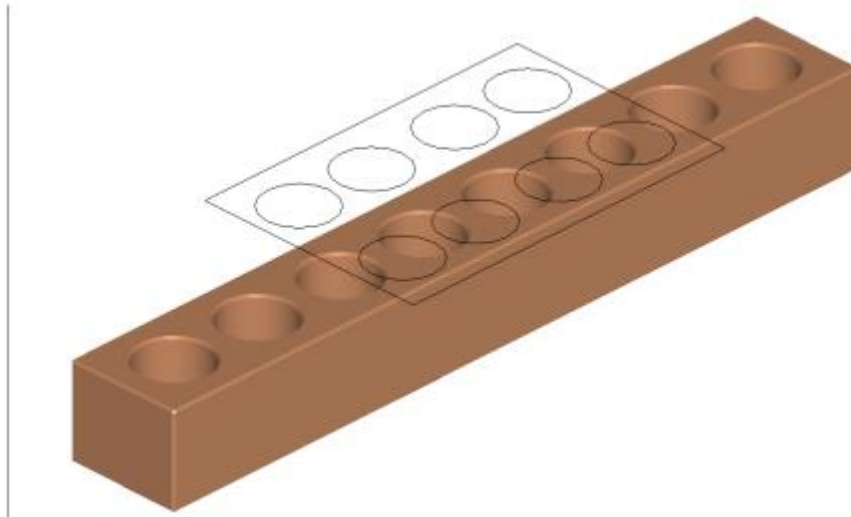


Figura 1 - Paquímetro Digital (Loja do Mecânico, 2022).

2.2. SUB-OPERAÇÕES DA USINAGEM

Um processo de usinagem pode ser dividido em diferentes sub-operações, quais sejam:

Desbaste. Grande parte do material da forma inicialmente assumida pode ser removida por meio de uma sub-operação de desbaste, ou seja, este tipo de operação visa dar à peça uma forma próxima à final de maneira mais rápida. Sendo assim, o importante é a taxa de remoção de material e não o acabamento ou a precisão dimensional. Ao final dessa operação deve-se prever material para ser removido nas sub-operações seguintes de

semi-acabamento e/ou acabamento;

Semi-acabamento. O objetivo desta sub-operação é, para superfícies menos críticas (com baixa tolerância ou rugosidade), obter o acabamento final. Já para superfícies críticas serve de preparação para a sub-operação de acabamento;

Acabamento. Tem como objetivo garantir que superfícies críticas tenham a tolerância e acabamento superficial requeridos. Sendo assim, a quantidade de material removida numa sub-operação de acabamento é, em geral, mínima.

A divisão da sequência em sub-operações pode ser explicada com base nos seguintes motivos:

Redução da influência de deformações da peça na tolerância das superfícies usinadas. Durante uma sub-operação de desbaste, devido às severas condições de corte utilizadas, a peça fica submetida a grandes esforços, os quais provocam deformações mecânicas e/ou térmicas. As dimensões obtidas, após o desbaste, são então afetadas pela deformação da peça. Como os esforços devem ser menores numa sub-operação de semi-acabamento e ainda mais reduzidos numa sub-operação de acabamento, a deformação da peça, em cada etapa, será menor e assim as chances de se atingir as tolerâncias aumenta;

Detectar possíveis defeitos internos no material o mais cedo possível. Peças obtidas por fundição podem conter defeitos internos revelados somente após a remoção das primeiras camadas de material. Se uma peça apresenta defeitos internos, que não podem ser corrigidos, todo trabalho de usinagem a peça será refugada. Assim, a detecção de prováveis defeitos deve ser executada o mais cedo possível. Em uma peça que apresente defeitos internos, estes serão revelados, muito provavelmente, durante as sub-operações de desbaste e, portanto, o agrupamento destas operações em uma etapa torna a detecção dos defeitos mais rápida;

Evitar que superfícies acabadas sejam danificadas. Durante a fixação, o processo de corte e o transporte de uma peça, esta fica sujeita a choques que podem danificar suas superfícies. A execução de todas as sub-operações de desbaste e semi-acabamento antes do acabamento diminui esta possibilidade.

2.3. SELEÇÃO DE FERRAMENTAL

A seleção de ferramentas de corte leva em conta aspectos como geometria, material, tamanho, rigidez, etc, os quais dependem, em grande parte, das operações e da estratégia adotada, das dimensões da superfície a ser trabalhada, do material da peça e da tolerância desejada. Sempre que possível deve-se optar por ferramentas padronizadas. Se os resultados da utilização desta ferramenta não forem satisfatórios, ferramentas específicas são apresentadas para cada tipo de corte e material, no nosso caso utilizamos como padrão um cabeçote de 2 facas com diâmetro de Ø16mm.

2.4. SELEÇÃO DE DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO

Dispositivos de fixação são necessários para sujeitar a peça na máquina-ferramenta. Sempre que possível deve-se utilizar dispositivos de fixação padronizados como placas de 3 castanhas, pinças e prismas. Dispositivos específicos são utilizados somente quando absolutamente necessário, para garantir as tolerâncias ou aumentar a produtividade. Quando o volume de produção é pequeno e o produto apresenta mudanças frequentes, dispositivos de fixação específicos tendem a aumentar os tempos de preparação e os custos de produção. Para a seleção dos dispositivos de fixação para usinagem, deve-se ainda pensar na rigidez da peça. Peças pouco rígidas não podem se sujeitar a altas forças de fixação, pois se deformam, ou quebram, no nosso evento foi utilizado uma morsa hidráulica de 3 toneladas.

2.5. SELEÇÃO DE REFERÊNCIAS PARA FABRICAÇÃO

Normalmente, em um desenho de peça há um "plano de referência" que é para o funcionamento normal do produto. Esta superfície deve ser usada como referência de tamanho, pois será usada para fixação ou inspeção após a usinagem. designer de produto Estabeleça a referência primária para as dimensões e tolerâncias mais apertadas, assumindo o Os engenheiros usarão a mesma referência de usinagem. A referência na figura pode ser Um ponto, linha ou área que define a localização de outro ponto, linha ou área no desenho do projeto. Durante a fabricação, se tal referência não puder ser fornecida. Este pode ser um ponto, linha ou área A localização da superfície a ser usinada. Isso é definido no esboço do planejamento do processo de fabricação. As dimensões no esboço de planejamento do processo são chamadas de dimensão de fabricação.

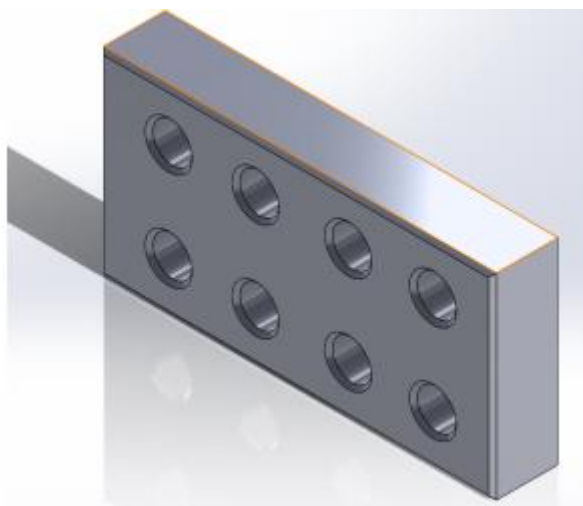


Figura 2 - Projeto de referência (Os autores, 2022)

2.6. DETERMINAÇÃO DE SOBREMETAL EM PEÇAS A SEREM USINADAS

O sobremetal é o material que deve ser deixado para a remoção na operação seguinte. O sobremetal retirado em uma cada operação na sequência de usinagem de uma peça é chamado de sobremetal parcial, enquanto o sobremetal que é retirado durante toda a sequência do plano de processo, desde a matéria-prima, é chamado de sobremetal total. A cada operação em uma superfície está associada uma dimensão que deve ser obtida. O sobremetal a ser retirado numa operação depende das tolerâncias desta operação assim como das tolerâncias da operação anterior.

2.7. SELEÇÃO DE CONDIÇÕES DE CORTE

As condições de corte utilizadas numa operação de usinagem influenciam de forma bastante significativa a tolerância dimensional e a qualidade superficial obtidas, assim como na vida da ferramenta e produtividade de um processo. A seleção de condições de corte envolve a determinação de três parâmetros: profundidade e largura de usinagem (a_p e a_e), avanço (f) e velocidade de corte (v_c). O primeiro passo é a determinação da profundidade de a_p .

Se for possível a execução da operação em um único passe, então a_p pode ser determinada em função do sobremetal. Em operações de desbaste, a_p é função da potência da máquina-ferramenta, do comprimento da aresta de corte, da rigidez da peça, do método de fixação, etc. Desta forma, podem ser necessários vários passes de usinagem para a remoção do sobremetal, com profundidades de corte menores. A profundidade de corte está sempre associada à natureza da operação executada. As operações de semi-acabamento e acabamento geralmente são realizadas em um único passe devido ao pequeno sobremetal deixado.



Figura 3 - Fabricação concluída (Os autores, 2022)

2.8. MEDIÇÃO DAS VARIÁVEIS RESPOSTA

Com o objetivo de medir a circularidade de cada um dos furos, foi realizado as medições dos diâmetros dos furos nas coordenadas X e Y, com a utilização de um paquímetro digital, foi feito cinco replicatas para cada medida, sendo realizada três medições por um dos integrantes da equipe e duas por outro integrante da equipe.



Figura 4 - Paquímetro Digital (Loja do Mecânico, 2022)

Para medir a rugosidade, foi utilizado um rugosímetro com ponta de diamante, para padronizar as medições fizeram-se marcações na peça com caneta permanente para que seja medido sempre no mesmo lugar. O rugosímetro mostra os valores diretamente no visor, para cada medida a ponta do rugosímetro percorreu 4 mm. O parâmetro utilizado foi o Ra, que diz respeito à rugosidade média, significa que é um valor médio dos valores absolutos de afastamento do eixo Y em relação à linha média, dentro do percurso da ponteira do rugosímetro.

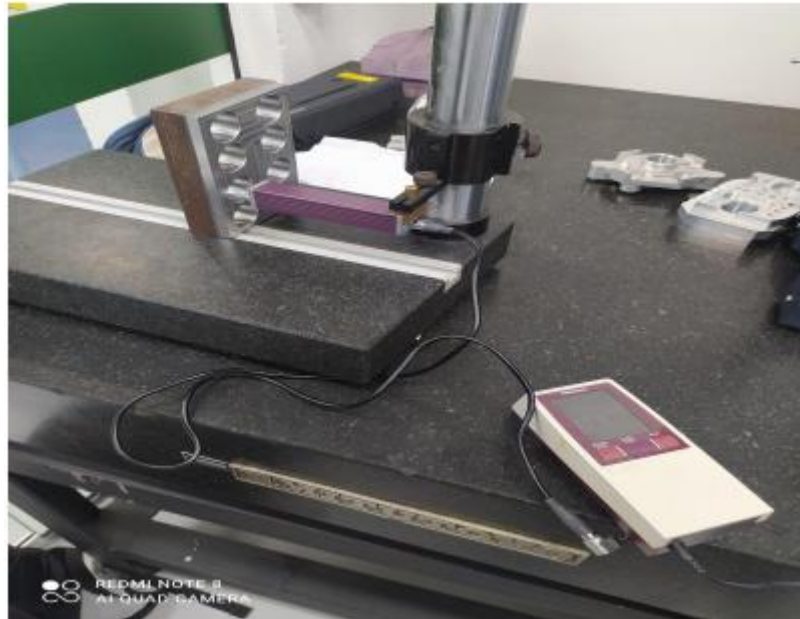


Figura 5 - Medição de rugosidade (Autores, 2022)

No momento da medição, foi detectado um problema no rugosímetro, o mesmo apresentou uma mensagem de erro, alegando que a rugosidade era muito alta para ser medida. Foi mantida a mesma ponteira, porém, trocado o aparelho registrador conseguimos realizar as medições.

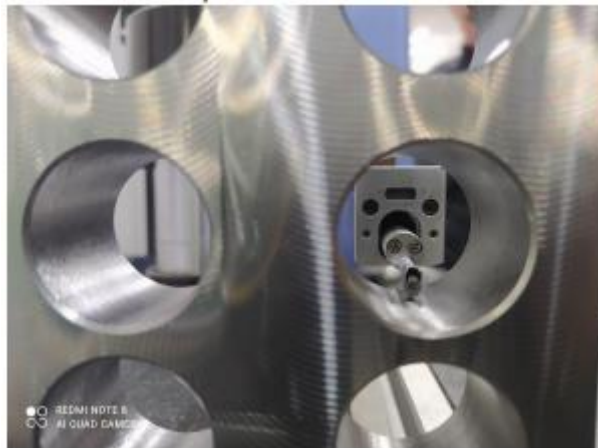


Figura 6 - Posição do Rugosímetro (Autores, 2022)

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

3.1. RESULTADOS DA RUGOSIDADE

Os resultados coletados com relação a rugosidade estão apresentados abaixo:

Incremento	Avanço	Rotação	Rugosidade Média (Ra)				
0,25	500	2000	1,847	1,833	1,760	1,741	1,751
1	500	2000	2,061	2,066	2,073	2,069	2,068
0,25	2500	2000	0,942	0,950	0,941	0,942	0,949
1	2500	2000	1,801	1,766	1,752	1,784	1,806
0,25	500	4500	1,450	1,478	1,502	1,490	1,467
1	500	4500	1,525	1,489	1,534	1,511	1,500
0,25	2500	4500	1,284	1,300	1,288	1,290	1,481
1	2500	4500	1,546	1,527	1,512	1,505	1,499

Tabela 1 - Valores Ra (Autores, 2022)

A partir dessa base de dados coletados, foram feitas as análises no software Minitab, sendo plotados os gráficos de probabilidade, gráfico de pareto e o valor do R².



Gráfico 1 - Normalidade Ra (Autores, 2022)

Analisando os dados do gráfico 1, pode-se constatar que os valores de rugosidade seguem uma distribuição anormal, pois o “Valor-P” é menor que o nível de significância equivalente a 0,05. Uma possível causa desse resultado pode ter sido o instrumento sem calibração, já que foi apontado um erro na primeira tentativa de medição.

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
0,0377723	98,87%	98,63%	98,24%

Figura 6 - Valor R² Ra (Autores, 2022)

Analisando os dados da figura 5, pode-se constatar, com o valor de R^2 , que a curva de aproximação pode descrever 98,84% do experimento real. Isso quer dizer que há pouca variabilidade nos valores de rugosidade, e em uma aplicação prática, é mais confiável de prever estes dados.

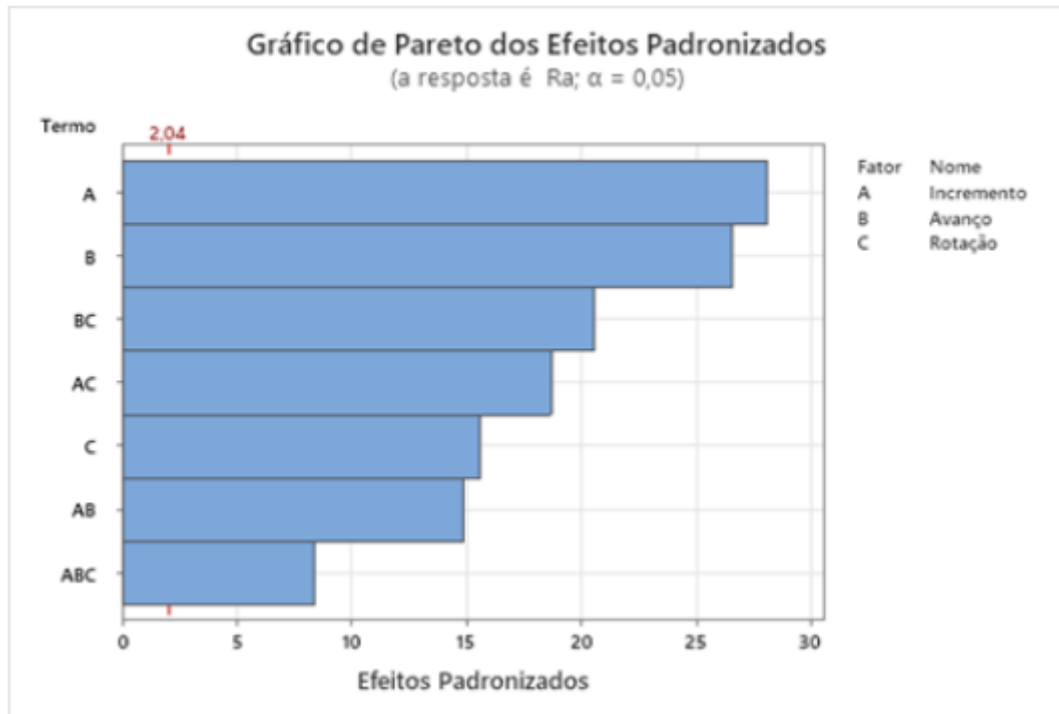


Gráfico 2 - Gráfico de Pareto Ra (Autores, 2022)

Esse gráfico mostra a influência de cada parâmetro de corte. Nesse caso, todos os parâmetros tiveram influência na rugosidade da superfície. Porém, os que mais influenciam no processo são: incremento e avanço.

3.2. RESULTADOS DA CIRCULARIDADE

Os resultados coletados com relação a circularidade estão apresentados abaixo:

Incremento	Avanço	Rotação	Circ. X					Circ. Y				
0,25	500	2000	29,66	29,64	29,7	29,69	29,55	29,54	29,65	29,71	29,69	29,52
1	500	2000	29,7	29,71	29,7	29,71	29,43	29,69	29,58	29,78	29,7	29,45
0,25	2500	2000	29,71	29,65	29,64	29,67	29,61	29,71	29,58	29,75	29,77	29,66
1	2500	2000	29,54	29,56	29,62	29,65	29,57	29,47	29,44	29,65	29,62	29,62
0,25	500	4500	29,66	29,67	29,76	29,71	29,69	29,64	29,71	29,71	29,74	29,65
1	500	4500	29,71	29,71	29,75	29,66	29,65	29,5	29,68	29,63	29,65	29,68
0,25	2500	4500	29,61	29,57	29,7	29,71	29,63	29,49	29,42	29,64	29,6	29,68
1	2500	4500	29,58	29,54	29,75	29,72	29,55	29,56	29,53	29,7	29,71	29,54

Tabela 2 - Tabela de valores circularidade (Autores, 2022).



Gráfico 3 - Normalidade Circularidade X (Autores, 2022)

Analisando os dados do gráfico 3, pode-se dizer que os valores de circularidade X seguem uma distribuição anormal pois o “Valor-P” é menor que o nível de significância equivalente a 0,05 (MONTGOMERY; RUNGER, 2003). Uma possível causa deste comportamento seria o método de medição, o fato de dois operadores diferentes terem feito a medição, ou ainda algum erro no instrumento.



Gráfico 4 - Normalidade Circularidade Y (Autores, 2022)

Analisando os dados do gráfico 4, pode-se dizer que os valores de circularidade Y seguem uma distribuição anormal pois o “Valor-P” é menor que o nível de significância equivalente a 0,05. Uma possível causa deste comportamento seria o método de medição, o fato de dois operadores diferentes terem feito a medição, ou ainda algum erro no instrumento.

Ao compararmos a circularidade em X e Y, mesmo ambas tendo comportamento de distribuição anormal, percebe-se que a circularidade em Y obteve valores mais próximos da normalidade do que a circularidade X.

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
0,0473154	24,58%	8,08%	0,00%

Figura 7 - Valor R² Circularidade (Autores, 2022)

Analisando os dados da figura 6, pode-se constatar com o valor de R² que a curva de aproximação pode descrever 24,58% do processo real. Isso significa que os valores de circularidade possuem alta variabilidade, e dependendo da aplicação podem ou não influenciar na montabilidade e funcionamento da peça (CALEGARE, 2001).

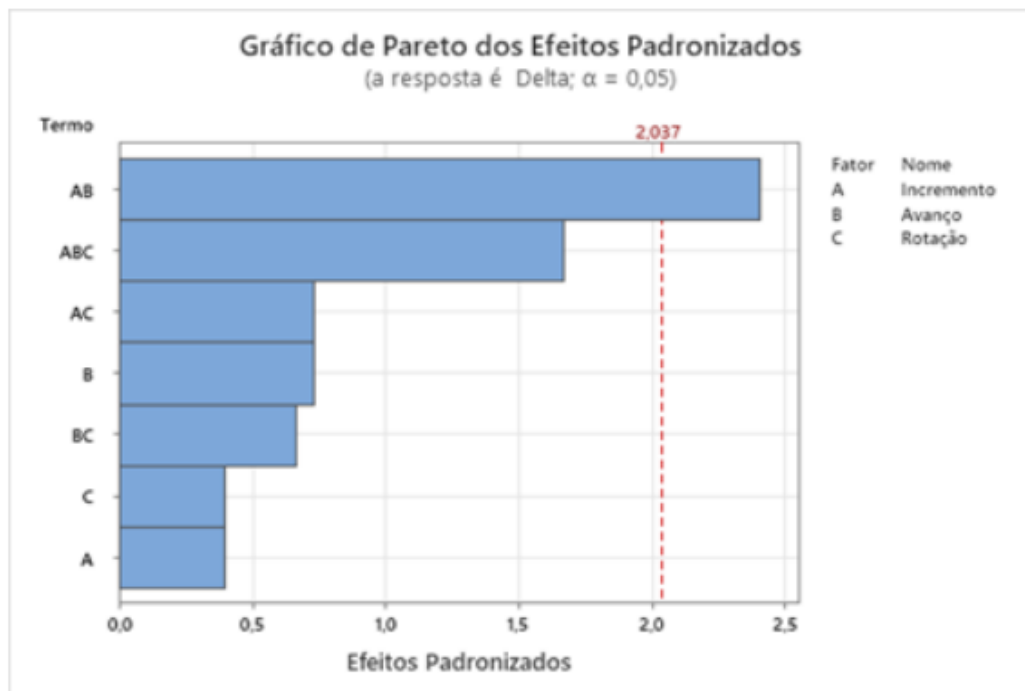


Gráfico 5 - Gráfico de Pareto Circularidade (Autores, 2022)

Para esse caso de circularidade, os fatores que influenciam no processo serão a combinação de avanço e incremento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões obtidas neste trabalho, com base nas medições da rugosidade e circularidade, onde foram utilizados um rugosímetro e um paquímetro digital, ambos da marca Mitutoyo, para posteriormente a análise de todos os dados gerados através do software Minitab. Comparando o resultado da utilização dos parâmetros de incremento, avanço e velocidade de corte, fica claro que a maior influência tanto na rugosidade quanto na circularidade da parede usinada é da combinação das variáveis de incremento e avanço, mostrando serem os parâmetros mais eficazes para a qualidade final da peça.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBETTA, P.; REIS, M.; BORNIA, A. **Estatística para Cursos de Engenharia e Informática**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CALEGARE, Álvaro José A. **Introdução ao Delineamento de Experimentos**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2001.

MONTGOMERY, D.; RUNGER, G. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 2 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S.A., 2003.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.