



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS

FERNANDA DOS SANTOS SILVA

**UTILIZAÇÃO DE UM PROGRAMA COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA
PARA A MELHORIA DA RELAÇÃO DE ENSINO-APRENDIZAGEM**

RUSSAS - CE

2020

UTILIZAÇÃO DE UM PROGRAMA COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA PARA
A MELHORIA DA RELAÇÃO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará – Campus Russas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Helton Magalhães Pinheiro.

RUSSAS - CE

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S58u Silva, Fernanda dos Santos.
Utilização de um programa computacional como ferramenta para a melhoria da relação de ensino-aprendizagem / Fernanda dos Santos Silva. – 2020.
105 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Engenharia Mecânica, Russas, 2020.
Orientação: Prof. Dr. Pedro Helton Magalhães Pinheiro.
1. CAD (Computer Aided Design)/CAM (Computer Aided Manufacturing). 2. Usinagem. 3. Ensino-aprendizagem. I. Título.

CDD 620.1

FERNANDA DOS SANTOS SILVA

UTILIZAÇÃO DE UM PROGRAMA COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA PARA
A MELHORIA DA RELAÇÃO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará – Campus Russas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovada em: ___/___/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Helton Magalhães Pinheiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Cândido Jorge de Sousa Lobo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Ms. Ramon Rudá Brito Medeiros
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Luciene e Erasmo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por tantas bênçãos que Ele tem me concedido e por ter me mantido firme até aqui.

Aos meus pais, Luciene e Erasmo, que são os grandes responsáveis por eu ser quem sou hoje. Agradeço por sempre me apoiar e acreditar no meu potencial. Nada seria sem vocês.

À Francilúcia, por ter sido a minha família cearense, por ter acolhido como uma filha e cuidado de mim todos esses anos. Agradeço também por sempre estar orando por mim.

Ao Prof. Dr. Pedro Helton Magalhães Pinheiro, pela excelente orientação, pelo incentivo, paciência e apoio nesse período. Por estar sempre presente, dando sempre feedbacks positivos, me motivando a crescer e melhorar sempre.

Ao Prof. Dr. Cândido Jorge de Sousa Lobo, por todas as vezes que me disse as frases “você consegue”, “não desista” e “foco Fernanda, foco”. Sou muito grata por todo incentivo. Agradeço por acreditar em mim quando nem eu mesma acreditava, por sempre estar disposto a ouvir e ajudar e, principalmente, por não me deixar desistir.

Ao Prof. Ms. Ramon Rudá Brito Medeiros por ajudar a enxergar a vida da melhor maneira, com suas frases “motivacionais”. Agradeço por sempre me ouvir e ajudar a encontrar a melhor solução para tudo.

À Prof. Dr. Silvia Teles Viana, por ser uma inspiração, não apenas para mim, mas para todas as mulheres que desejam conquistar um espaço que é nosso por direito.

Aos professores Prof. Dr. Edvan Cordeiro de Miranda e Prof. Dr. George Oliveira, por todos os ensinamentos. Por me ajudarem a crescer.

Ao meu tio Derisvaldo, meu tio Augusto e à minha madrinha Rai, que hoje não estão mais entre nós, mas que torceram por mim, me deram apoio e sonhavam comigo com esse momento.

Agradeço a toda a minha família, que são a minha fortaleza e o motivo pelo qual eu tenho forças para levantar todas as manhãs.

Aos colegas da mecânica entrevistados, pelo tempo concedido nas entrevistas.

Aos meus amigos, Severiano, Michelle, Herison, Ari, Lara, Alinne, Pedro Karol, Emídio, João Pedro, Junior, Fillipe, Leandro e Ana Iza, por terem tornado os dias mais leves, por ter dividido comigo momentos tão especiais, por terem me dado forças para continuar seguindo em frente todo esse tempo.

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.”

- Paulo Freire

RESUMO

A velocidade no surgimento de novas tecnologias exige que a universidade inove na relação de ensino-aprendizagem, uma vez que se exige dos profissionais competências que lhes permita acompanhar o ritmo de desenvolvimento do mercado. As ferramentas computacionais podem ser utilizadas como alternativas para proporcionar ao aluno uma aplicação prática dos conhecimentos teóricos aprendidos em sala de aula. Entretanto, para serem utilizadas, é necessário que o docente empregue tempo para instruir os alunos com sua utilização, visto que muitos apresentam dificuldades em aprendê-las por conta própria. Pensando nesse problema, buscou-se encontrar uma alternativa para facilitar a aplicação de ferramentas de CAD (*Computer Aided Design* ou Desenho Assistido por Computador)/CAM (*Computer Aided Manufacturing* ou Manufatura Assistida por Computador) especificamente dentro da disciplina de Processos Tradicionais de Usinagem e CNC (PTUC). Portanto, o objetivo desse trabalho é a elaboração de um arquivo tutorial com procedimentos de utilização do software Siemens NX, de modo a veicular um método de aproximação do discente de Engenharia Mecânica com o conhecimento prático, possibilitando uma redução dos impactos negativos gerados pela pouca presença de aulas com aplicações práticas e pelas medidas atuais de distanciamento social. Primeiramente, buscou-se identificar o nível de conhecimento dos alunos em relação a tais ferramentas, através de questionário realizados no *Google Forms*. Posteriormente, realizou-se estruturação e criação de um arquivo tutorial com procedimentos de utilização do software Siemens NX, a fim de auxiliar na melhoria da relação de ensino-aprendizagem, além de estimular a criatividade e autonomia dos discentes. Constatou-se que os maiores problemas para o aprendizado de tais ferramentas são a falta de acesso ao software, a falta de um profissional para tirar dúvidas e a falta de material para estudo. Deste modo, conclui-se que o tutorial é relevante para o desenvolvimento do curso e da disciplina.

Palavras-chave: CAD (Computer Aided Design)/CAM (Computer Aided Manufacturing). Usinagem. Ensino-aprendizagem.

ABSTRACT

The speed in the emergence of new technologies requires that the university innovate in the teaching-learning relationship, since professionals are required to have skills that allow them to keep up with the pace of market development. Computational tools can be used as alternatives to provide the student with a practical application of the theoretical knowledge learned in the classroom. However, in order to be used, it is necessary for the teacher to take time to instruct students in its use, since many have difficulties in learning them on their own. With this problem in mind, we sought to find an alternative to facilitate the application of CAD (Computer Aided Design)/CAM (Computer Aided Manufacturing) tools specifically within the discipline of Traditional Machining and CNC Processes (PTUC). Therefore, the objective of this work is the elaboration of a tutorial file with procedures for using the Siemens NX software, in order to convey a method of approximating the Mechanical Engineering student with practical knowledge, enabling a reduction of the negative impacts generated by the absence of practical classes and current measures of social distance. First, we sought to identify the level of knowledge of students in relation to such tools, through a questionnaire carried out in Google Forms. Subsequently, a tutorial file was structured and created with procedures for using the Siemens NX software, in order to help improve the teaching-learning relationship, in addition to stimulating students' creativity and autonomy. It was found that the biggest problems for learning such tools are the lack of access to the software, the lack of a professional to answer questions and the lack of material for study. Thus, it is concluded that the tutorial is relevant to the development of the course and discipline.

Keywords: CAD (Computer Aided Design)/CAM (Computer Aided Manufacturing).
Machining. Teaching-learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos processos de usinagem dos materiais,.....	21
Figura 2 - Processo de torneamento.	24
Figura 3 - Tipos de torneamento.....	25
Figura 4 - Tipos de fresadoras	26
Figura 5 - Tipos de fresamento	28
Figura 6 - Fluxograma do trabalho	31
Figura 7 - Fluxograma do tutorial	33
Figura 8- Nível de conhecimento dos alunos em relação aos softwares de CAD/CAM.....	35
Figura 9 - Nível de conhecimento dos alunos do 8º e 10º semestre em relação aos softwares de CAD/CAM	36
Figura 10 - Tópicos abordados no tutorial do Siemens NX.	38
Figura 11 - Barra de ferramentas do NX 10	38
Figura 12 - Criação de rascunho.....	39
Figura 13 - Peça extrudada e com recorte	40
Figura 14 - Peça revolucionada	40
Figura 15 - Definição da peça de trabalho.....	41
Figura 16 - Janela de criação de ferramenta de usinagem.....	42
Figura 17 - Caminho de usinagem.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PTUC	Processos Tradicionais de Usinagem e CNC
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> ou Manufatura Assistida por Computador
CAD	<i>Computer Aided Design</i> ou Desenho Assistido por Computador
CNC	Controle Numérico Computadorizado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo geral.....	15
1.2 Objetivos específicos.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Exigências do mercado de trabalho	16
2.2 Principais dificuldades enfrentadas na formação de bons profissionais de engenharia	16
2.3 Importância da utilização de ferramentas computacionais no ensino de engenharia	18
2.4 Impactos da pandemia da Covid-19 na educação	19
2.5 Processos tradicionais de usinagem	20
2.5.1 Torneamento	23
2.5.2 Fresamento	26
2.6 Tecnologia CNC	29
2.7 Sistemas CAD/CAM.....	30
3 MÉTODOS.....	31
3.1 Formulário aplicado aos alunos	32
3.2 Escolha do software	32
3.3 Escolha dos processos fabricação CNC	32
3.4 Criação do tutorial	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Discussão dos dados do formulário.....	35
4.2 Tutorial	37
4.2.1 Introdução ao programa	37
4.2.2 Introdução ao CAM.....	40
4.3 Benefícios da utilização de um software de CAM	43
4.4 Dificuldades do programa/tutorial.....	43
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
5.1 Sugestão para trabalhos futuros	46

1 INTRODUÇÃO

Diante da complexidade dos processos produtivos, ocasionada pelas crescentes inovações científicas e tecnológicas, as relações entre o mercado e os profissionais também têm se transformado. Os processos se tornaram mais ágeis, de modo a facilitar a resolução de problemas. Nesse contexto, exige-se do profissional competências como flexibilidade para adaptar-se às mudanças e criatividade para inovar, principalmente dentro da engenharia.

Levando em consideração esse cenário, a academia possui o desafio de formar profissionais com uma base de conhecimentos que consiga acompanhar as constantes mudanças. O discente precisa desenvolver autonomia para conseguir aprimorar continuamente suas competências quando estiver inserido no mercado de trabalho, de modo a atualizar-se de maneira contínua, buscando sempre aperfeiçoar-se com novos conhecimentos (LIMA, 2000).

As aulas com aplicações práticas são uma maneira de fugir um pouco das aulas teóricas tradicionais, introduzindo ao aluno uma vivência de novas perspectivas, sendo incentivado a ter autonomia e resolver problemas reais. Porém, a realização de aulas práticas demanda de estruturas, que no caso do ensino de engenharia, muitas vezes tem um custo elevado (LEITE, 2005).

As dificuldades presentes na relação de ensino-aprendizagem se tornaram ainda mais evidentes no atual contexto, em plena pandemia da COVID-19, fazendo surgir novos paradigmas. O distanciamento social evidenciou disparidades econômicas e educacionais que sempre existiram. As desigualdades sociais fortaleceram-se com a modalidade de ensino remoto (SENHORAS, 2020).

A mudança abrupta de modalidade de ensino, não possibilitou uma preparação adequada dos professores para tal. Desse modo, eles estão se adaptando dentro do contexto. O que pode prejudicar a formação dos estudantes (MONTEIRO, 2020).

Pensando nas problemáticas aqui colocadas, têm-se que a introdução de sistemas de CAD (*Computer Aided Design* ou Desenho Assistido por Computador) e CAM (*Computer Aided Manufacturing* ou Manufatura Assistida por Computador) pode ser uma alternativa para auxiliar na inovação da prática docente, enriquecendo a relação de ensino-aprendizagem, de modo a proporcionar aos discentes o desenvolvimento de algumas competências exigidas pelo mercado. Essa alternativa, consegue aliar os conhecimentos teóricos e práticos com o

conhecimento dos recursos tecnológicos que estão presentes dentro da indústria (ROMEIRO FILHO, 2016). Além de ser um possível incremento para o ensino remoto.

Entretanto, observou-se que os alunos possuem dificuldades quando se trata de utilizar novas ferramentas. Desta forma, para que os docentes apliquem metodologias que aliem os conhecimentos teóricos das disciplinas com os softwares, torna-se necessário despende um tempo maior para instruir os alunos com ferramentas básicas, o que impossibilitaria tal metodologia, principalmente no contexto de ensino remoto. Pensando nesse problema, buscou-se encontrar uma alternativa para facilitar a aplicação de ferramentas de CAD/CAM especificamente dentro da disciplina de Processos Tradicionais de Usinagem e CNC (PTUC), a fim de possibilitar aos alunos um meio de associar os conhecimentos teóricos com a prática. Além de facilitar a inserção de tal metodologia na disciplina, demandando menor tempo dos professores.

1.1 Objetivo geral

Elaboração de um arquivo tutorial com procedimentos de utilização do software Siemens NX, de modo a veicular um método de aproximação do discente de Engenharia Mecânica com o conhecimento prático, possibilitando uma redução dos impactos negativos gerados pela baixa presença de aulas com aplicações práticas e pelas medidas atuais de distanciamento social.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar o nível de conhecimentos dos alunos em relação às ferramentas de CAD/CAM.
- Demonstrar a importância do aprendizado de ferramentas computacionais nos cursos de engenharia para a aplicação prática dos conhecimentos teóricos.
- Demonstrar como essas ferramentas podem ser utilizadas como um complemento para o ensino remoto, minimizando os efeitos da baixa presença de aulas com aplicações práticas e presenciais.
- Auxiliar na melhoria da relação de ensino-aprendizagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, será apresentado a fundamentação teórica deste trabalho. Foi dividido nos seguintes tópicos: 1) Exigências do mercado de trabalho: onde é definido o perfil de profissional que o mercado de trabalho tem almejado; 2) Principais dificuldades enfrentadas na formação dos profissionais de engenharia: é abordado os principais fatores que inviabilizam a formação de profissionais que atendam a todas as competências exigidas pelo mercado dentro da graduação; 3) Importância da utilização de ferramentas computacionais no ensino de engenharia: neste tópico é mostrado como as ferramentas computacionais podem auxiliar no desenvolvimento do perfil profissional do aluno e suprir possíveis deficiências geradas por carências estruturais, como a insuficiência de aulas práticas; 4) Impactos da pandemia da Covid-19 na educação: discute-se como as aulas remotas podem afetar na formação, e que tipo de deficiências esse cenário pode gerar; 5) Processos tradicionais de usinagem: nesse tópico inicia-se a conceituação da disciplina em estudo.

2.1 Exigências do mercado de trabalho

A sociedade atual vive em constantes transformações. O avanço crescente das inovações tecnológicas possibilitou que o acesso à informação se expandisse exponencialmente, disseminando um grande volume de dados. Desse modo, os profissionais que estão se inserindo no mercado, necessitam desenvolver habilidades de aprendizagem contínua, versatilidade, flexibilidade e autonomia, para conseguir adaptar-se às constantes mudanças (NOSE, 2001).

Há uma demanda crescente de um novo perfil de profissional multifuncional, que atenda às necessidades das empresas dentro deste cenário de constante desenvolvimento. Para Gondim (2002), tais profissionais devem ter domínio não apenas dos conhecimentos técnicos, mas devem também possuir competências ditas cognitivas, atitudinais e comportamentais. As competências cognitivas dizem respeito à habilidade de resolução de problemas, uso da criatividade, tendo uma visão ampla do todo, utilizando as ferramentas disponíveis ao seu favor. As competências atitudinais e comportamentais são referentes à capacidade de manter bons relacionamentos interpessoais, sabendo trabalhar em equipe, tendo principalmente espírito de liderança.

2.2 Principais dificuldades enfrentadas na formação de bons profissionais de engenharia

Diversos estudos atuais demonstram necessidade em repensar o modelo tradicional de ensino. O método onde o professor é o agente detentor do conhecimento e o aluno é o ouvinte-receptor mostra-se ineficaz para a formação de profissionais que atendam as atuais demandas de mercado (MARTINS, 1999).

As novas tecnologias são criadas em uma grande velocidade, enquanto os currículos acadêmicos são longos, de modo que o ciclo de formação de novos profissionais não acompanha o desenvolvimento de tais tecnologias, o que pode gerar profissionais obsoletos com dificuldades para se adaptar ao mercado (BAELHOT, 1997)

Segundo Belhot (2005), nos últimos tempos, o nível de conhecimento construído cresce em uma escala exponencial. Por sua vez, os métodos de ensino evoluem em uma velocidade linear, de modo a não acompanhar de forma satisfatória as transformações da sociedade.

Ao longo dos anos, a academia tem sofrido uma reestruturação em prol da melhoria da qualidade do ensino, buscando cada vez mais acompanhar os avanços das inovações tecnológicas. Devido a isto, muitos profissionais da área têm buscado reinventar-se e adotar diferentes estratégias para incrementar o processo educacional tradicional. Essa atual busca por um novo modelo de ensino, evidenciou uma alarmante discordância entre o modelo de ensino tradicionalmente aplicado nas instituições e o nível de desenvolvimento de novas tecnologias (COLENCI, 2000).

O modelo de ensino tradicional condiciona o aluno a resolver problemas com soluções prontas, em situações elaboradas intencionalmente para aplicação nas disciplinas em que estão inseridos, excluindo a presença de interdisciplinaridade (MARTINS, 1999).

Atualmente, busca-se, cada vez mais, inserir o conceito de aluno como um sujeito ativo na construção do conhecimento dentro do âmbito acadêmico. Deixando a posição de unicamente passivo como dita a metodologia tradicional. Nesse contexto, o aluno constrói o próprio conhecimento e desenvolve competências que são necessárias para lhe auxiliar no desenvolvimento de habilidades para resolver problemas complexos e atuar com maestria dentro da sua carreira profissional (MARTINS, 1999).

Em oposição ao cenário em que o professor era o detentor do conhecimento, a crescente disseminação de aparatos tecnológicos e a grande facilidade no acesso e divulgação de informações, torna-se possível ao aluno ter acesso às mais diversas fontes de conhecimento. Desse modo, o papel do professor neste novo cenário sofre uma reestruturação no que diz

respeito à relação de ensino-aprendizagem. O foco deixa de ser no ensino e passa a ser no aprendizado (BELHOT, 2005).

Entretanto, as estruturas curriculares das universidades ainda permanecem engessada. As mudanças acontecem, mas de maneiras pontuais. O principal paradigma enfrentado pela universidade diz respeito à de que maneira é possível formar profissionais capazes de ter uma formação continuada, com habilidades que vão além dos conhecimentos técnicos. Profissionais que possam ser autônomos, e buscar conhecimentos fora da academia. Estimulando sua criticidade e flexibilidade, despertando neles a habilidade de resolver problemas inesperados e a paixão pela busca de conhecimento (SCHNAID, 2001).

Porém, mensurar as competências que estão sendo desenvolvidas na universidade é algo complexo para ser realizado, não há uma escala ou algo padronizado que possibilite isso. Uma vez que se considera que cada um aprende de um jeito e se desenvolve de maneira individualizada (BELHOT, 2005).

Segundo Prestes (2017), as aulas práticas são um importante veículo para a formação de uma consciência crítica, que proporciona ao discente a capacidade de assimilar os conhecimentos teóricos com aplicações práticas. Nas aulas práticas o aluno age como sujeito ativo, ampliando sua percepção dos acontecimentos ao seu redor, estimulando a criatividade e a busca por novos conhecimentos (LEITE, 2005).

2.3 Importância da utilização de ferramentas computacionais no ensino de engenharia

A utilização de ferramentas computacionais surge como uma alternativa para incrementar a qualidade do ensino. A implementação de tais ferramentas, quando feita com planejamento adequado podem trazer resultados positivos, tanto para o âmbito acadêmico, quanto para o profissional do discente (PRAVIA, 1999).

Para acompanhar o desenvolvimento tecnológico, o engenheiro além de dominar os conhecimentos técnicos, comportamentais e atitudinais, ele precisa ter a capacidade de utilizar os recursos existentes ao seu favor. Dentro da engenharia, utiliza-se modelos matemáticos para a resolução de problemas, modelos cuja complexidade avança exponencialmente com o auxílio dos aparatos tecnológicos. A utilização de computadores para resolver modelos matemáticos complexos, facilita de maneira gigantesca a resolução dos problemas, se tornando essencial para o exercício da engenharia (AMARAL, 2008).

O desenvolvimento da engenharia e o advento de tecnologias cada vez mais avançadas, permitiram a criação dos recursos de simulação existentes hoje. A melhoria de

processos computacionais, criação de gráficos e desenvolvimento de computadores cada vez mais potentes, com capacidade processamento que melhora a cada dia, tornou-se possível criar situações virtuais, através dos modelos matemáticos, recriando fenômenos físicos, químicos, mecânicos, entre outros. Sendo capazes de testar os processos, a performance e prever futuros acontecimentos baseados nas ações presentes (SCHNAID, 2001).

Segundo Frankberg (1992), *softwares* educacionais possibilitam ao aluno uma consolidação dos conhecimentos estudados, expandindo os horizontes, permitindo um crescimento profissional. Em contrapartida, os mesmos softwares podem não ser considerados educacionais, quando sua aplicação é unicamente técnica, onde o indivíduo apenas reproduz instruções pré-definidas, sem a necessidade de pensamento crítico e aplicação de conhecimentos prévios.

As ferramentas computacionais, quando utilizadas para facilitar o processo de ensino-aprendizagem, podem agregar um dinamismo ao processo. Entretanto, sua utilização não garante total aprendizado aos alunos. Os efeitos de sua aplicação podem ser tanto positivos quanto negativos. Um mal planejamento para a inserção de tais ferramentas no âmbito educacional pode findar por agravar deficiências pré-existentes. Portanto, para que a utilização de ferramentas computacionais proporcione resultados positivos, é necessário realizar um planejamento pedagógico, detalhando todos os recursos passíveis de serem utilizados, e, as limitações relacionadas ao seu funcionamento (GUERRA, 2000).

2.4 Impactos da pandemia da Covid-19 na educação

O surgimento de um novo coronavírus, responsável por provocar a doença COVID-19, se disseminou rapidamente pelo mundo, desenvolvendo um quadro pandêmico em poucos meses, impactando nos mais diversos segmentos e transformando a realidade mundial (SENHORAS, 2020).

Diversas medidas foram tomadas pelas autoridades do mundo inteiro, com a intenção de retardar o crescimento desmedido da disseminação do vírus. Dentre todas as medidas, a que ocasionou maiores impactos na vida das pessoas foi o distanciamento social. Os efeitos da pandemia têm afetado todos os setores sociais, principalmente a economia e educação (VALVERDE, 2020).

Com o isolamento social, os países que adotaram a estratégias, atribuíram às escolas o encerramento das atividades presenciais por tempo indeterminado. Senhoras (2020) aborda

os impactos gerados pela pandemia em relação às suas assimetrias. Evidenciou-se que nos mais variados contextos, os impactos apresentam-se de maneiras diferentes.

As atividades remotas se tornaram um pilar importante para prover uma redução nos impactos negativos e dar continuidade nos processos. Entretanto, tais atividade mostraram-se eficazes em um cenário onde o acesso a conteúdo de qualidade e à tecnologia necessária são garantidos. Por outro lado, em situações onde o acesso aos recursos tecnológicos é escasso, podendo haver restrições tanto por parte dos professores quanto dos alunos, tanto individuais como estruturais, onde a qualidade do material fornecido pode não ser tão boa, surgem disparidades no conhecimento adquirido, sendo necessário realização de ações para nivelar as desigualdades existentes (SENHORAS, 2020).

Os impactos pandêmicos na educação expõem um problema que não é novo. As disparidades existentes no sistema educacional, onde as desigualdades sociais findam por ser reafirmadas. Famílias sem condições financeiras, muitas delas sem acesso à internet ou a computadores, necessitam de ações para serem inseridas nesse contexto de ensino remoto (MONTEIRO, 2020).

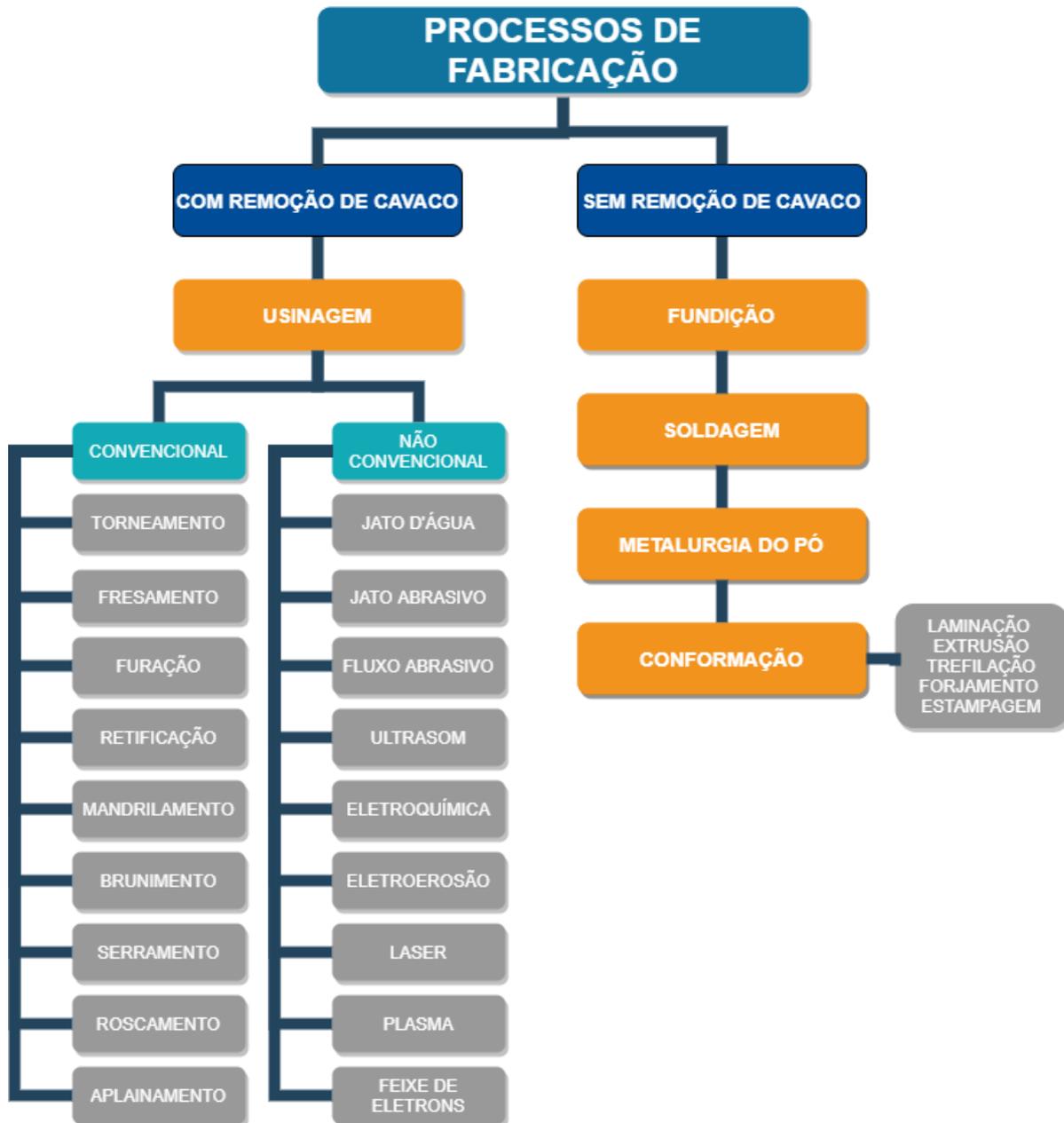
Para introduzir os professores nesse contexto, considerando uma hipótese em que o ensino à distância de fato fosse eficiente, dever-se-ia deduzir que o professor tenha transposição didática. Que, segundo Monteiro (2020), refere-se à habilidade de fazer alterações necessárias no conhecimento e na didática utilizada, para adaptar-se à diferentes ambientes de ensino-aprendizagem, como as plataformas não habituais. Entretanto, nem todos os professores possuem tal característica, nem ao menos tiveram tempo para preparação. Isso reflete na qualidade do ensino e no aumento das desigualdades existentes.

2.5 Processos tradicionais de usinagem

O processo de fabricação perpassa pela metamorfose de matérias primas que foram submetidas a diversos processos para se tornarem um produto industrializado.

Dentro dessa lógica, a Fundição tem um importante papel uma vez que antecede processos fabris como a usinagem, soldagem que utilizam materiais semiacabados. E para a fabricação de metais e ligas metálicas se pode dividir em: com a remoção de cavaco e sem a remoção de cavaco (FERRARESI, 2018), o que pode ser observado na Figura 1 com as principais operações na usinagem no processo de fabricação.

Figura 1 - Classificação dos processos de usinagem dos materiais,



Fonte: (Elaborado por autor)

Os processos de usinagem caracterizam-se como qualquer processo de fabricação que produz cavaco ao gerar um formato, dimensões ou acabamento em uma peça. Esse, por sua vez é definido como qualquer material que é removido de uma peça pela ferramenta de corte, com geometria, comumente, irregular. A saber, diversos fatores podem influenciar na sua formação, como a geometria e desgastes da ferramenta, variação da velocidade de corte, entre outros (FERRARESI, 2018).

Para tanto, MACHADO e SILVA (2004, p. 22) afirma que

A usinagem pode ser caracterizada como um processo de fabricação com remoção de material e, forma de cavaco. Consultando, porém, consultando uma bibliografia especializada pode-se definir usinagem de forma mais abrangente como sendo o processo de remoção de material que ao conferir à peça a forma, as dimensões, o acabamento, ou ainda a combinação de qualquer destes itens, produz cavaco. E por cavaco entendesse a porção de material da peça de forma geométrica irregular retirada de ferramenta de corte. Além desta característica, estão envolvidos, no mecanismo da formação do cavaco alguns fenômenos particulares, tais como o recalque, a aresta postiça de corte, a caracterização na superfície de saída da ferramenta de corte e a formação periódica do cavaco (dentro de determinado campo de variação de velocidade de corte).

Do mesmo modo, a operação de conformação seria como o processo a fim de atribuir à peça uma forma ou dimensões ou acabamento específico ou ainda a combinação entre esses três pontos. Ademais, a usinagem é comum nas indústrias na conversão de blocos metálicos fundidos, forjados ou pré-moldados para o que se deseja e com o uso de grande pressão para o estabelecimento desses manufaturados. Atividade, portanto, que agrega valor ao produto final (FERRARESI, 2018).

Os processos de usinagem podem ser classificados quanto: ao processo de remoção do material, à geometria da ferramenta de corte e à finalidade da operação de corte (FERRARESI, 2018).

A primeira pode ser subdividida em duas categorias, as convencionais que utilizam energia mecânica na remoção do material, em especial, por meio do cisalhamento que se dá no contato da ferramenta com a peça, com exemplos como o torneamento, furação e retificação. E, também os não-convencionais que por sua vez empreendem outros tipos de energia para esse processo, como as termoelétricas. E com isso acabam por não gerarem marcas-padrão na superfície da peça e ainda possuem uma taxa volumétrica de remoção de material reduzida (Apud, 2018).

A segunda, quanto à geometria da ferramenta de corte, também se divide em dois: aqueles com operação de corte com geometria definida que, por exemplo, possuem arestas cortantes e com formatos e tamanhos comuns, que entram nesse caso o torneamento. E o da maneira em que as operações de corte não versam com ferramentas conhecidas e com isso possuem partículas abrasivas com formatos aleatórios e compostas por arestas minúsculas de corte, que se pode citar, nesse caso a retificação e a lapidação (FERRARESI, 2018).

E por fim, quanto à finalidade da operação que poderá ser em desbaste, quando a usinagem, que é anterior a de acabamento, tem como propósito de uma peça com formato e dimensões já bem próximas das finais. E em contrapartida, as de acabamento, na qual a usinagem está no viés de gerar uma peça com dimensões finais e/ou acabamento específico (Apud, 2018).

Acerca do planejamento de processos se consiste em um procedimento de tomada de decisões a fim de se obter um plano de processo econômico.

Isso por meio de parâmetros específicos, a saber: a geometria da peça, a matéria prima, o acabamento superficial, a tolerância das dimensões e geométricas, os tratamentos térmicos e superficiais e o tamanho do lote. E ainda, há de se falar nas restrições que devem ser tecnológicas e independentes das escolhidas para o processo de usinagem, máquina ferramentas e operações de corte, ao se levar em conta: a peça, a máquina-ferramenta, as ferramentas de corte, a tecnologia e o usuário/operador (SOUZA, 2011).

Diante disso, tem-se os principais processos de usinagem, ao se considerar o uso de ferramentas de geometria definida, que são: torneamento, aplainamento, furação, alargamento, rebaixamento, mandrilamento, fresamento, serramento, brochamento e roscamento. E também, os com geometria não-definida, que lista-se: retificação, brunimento, lapidação, polimento, espelhamento, lixamento, jateamento, superacabamento, afiação, limagem e tomboreamento. E por fim, daqueles que usam processos não-convencionais de usinagem tem-se por: ultrassom e por jato d'água, eletroquímica, eletroerosão, feixe de elétrons, a laser e arco plasma.

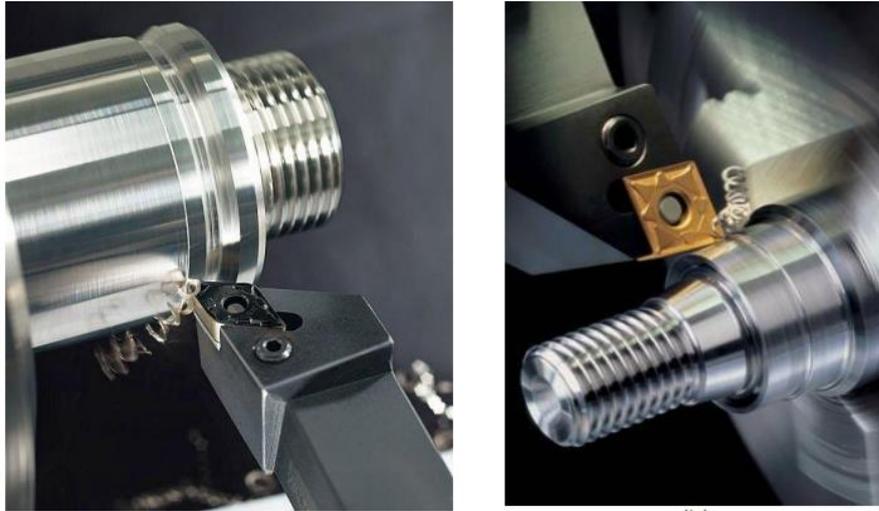
2.5.1 Torneamento

O torneamento pode ser definido como (FERRARESI, 1970)

O processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. Para tanto, a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o referido eixo.

Diante disso, pode ser observado essa relação na Figura 2 onde esse movimento da ferramenta e da peça estão exemplificados.

Figura 2 - Processo de torneamento.



Fonte: Directindustry e Departamento de Engenharia de Produção da UFJF

Com isso, para Diniz; Marcondes e Coppini (2006) os movimentos coligados entre a ferramenta e a peça inscrevem a ocorrência do processo de usinagem. E para isso, percebe-se que os movimentos acontecem com a situação estática da peça e, obviamente, com o movimento integral a cargo da ferramenta.

Para tanto, de acordo com Ferraresi (1970, p. 41) os movimentos que tomam parte diretamente na remoção de material (cavaco) são:

O movimento de corte é o movimento entre a peça e a ferramenta, o qual sem o movimento de avanço origina somente uma única remoção de cavaco, durante uma volta ou um curso.

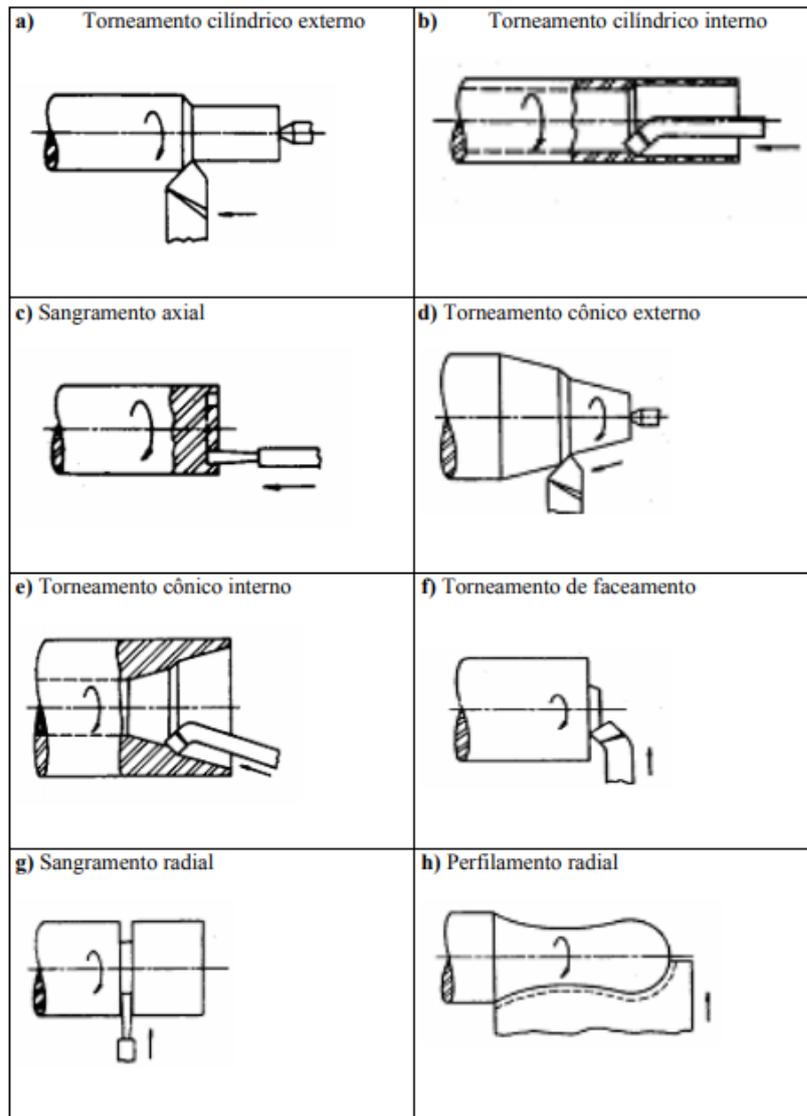
O movimento de avanço é o movimento entre a peça e a ferramenta, que associado ao movimento de corte, origina um levantamento repetido ou contínuo do cavaco durante várias revoluções ou cursos.

O movimento efetivo de corte é o resultante dos movimentos de corte e o de avanço, realizados simultaneamente.

Desse modo, para esses movimentos são atribuídas direções caracterizadas como instantâneas caracterizadas como: direção de corte, avanço ou efetiva de corte.

Sobre a sua classificação, pode-se distinguir quanto à forma da trajetória ou à finalidade que estão contidas na norma NBR 6175, figura 3.

Figura 3 - Tipos de torneamento



Fonte: (COSTA, 2006)

Novaes e Sousa (2009, p. 20), classificam

As operações de torneamento, em relação à finalidade, podem ser classificadas em torneamento de desbaste e torneamento de acabamento:

a) Acabamento: Operação de usinagem destinada a obter na peças as dimensões finais ou acabamento superficial especificado, ou ambos.

b) Desbaste: Operação de usinagem, anterior à de acabamento, visando obter na peça a forma e dimensões próximas as finais.

Quanto à forma da trajetória, o torneamento pode ser retilíneo ou curvilíneo.

1) Torneamento retilíneo: Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea. O Torneamento retilíneo pode ser:

a) Torneamento cilíndrico: Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória paralela ao eixo principal de rotação da máquina. Pode ser externo ou interno.

Quando o torneamento cilíndrico visa obtenção de um entalhe circular na face perpendicular ao eixo principal de rotação da máquina, o torneamento é denominado sangramento axial.

b) Torneamento cônico: Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea, inclinada em relação ao eixo principal de rotação da máquina. Pode ser externo ou interno.

c) Torneamento radial: Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea, perpendicular ao eixo principal de rotação da máquina. Quando o torneamento radial visa à obtenção de uma superfície plana, é denominado torneamento de faceamento. Quando o torneamento radial visa à obtenção de um entalhe circular, é denominado sangramento radial. O corte é um caso particular do sangramento radial, tendo por finalidade o seccionamento da peça em duas partes.

d) Perfilamento: Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea radial ou axial, visando à obtenção de uma forma definida, determinada pelo perfil da ferramenta.

e) Torneamento curvilíneo: Processo de torneamento, no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória curvilínea.

Desse modo, ao se observar a figura 3, a imagem A e B representam o torneamento cilíndrico externo e interno respectivamente, em que há o deslocamento da ferramenta a uma trajetória paralela ao eixo principal.

Para a figura C, tem-se o torneamento sangramento axial, de modo cilíndrico quando se deseja um entalhe circular na face perpendicular ao seu eixo principal de rotação.

A figura D representa o torneamento cônico na qual a ferramenta assume uma trajetória retilínea e ainda inclinada se correlacionada ao eixo principal de rotação da máquina.

Na figura E e F se mostra o Torneamento radial o objetivo é uma superfície plana ou um torneamento faceamento ou para o fim de um entalhe circular ou sangramento radial, respectivamente.

E por fim, o Perfilamento, no qual a ferramenta assume uma trajetória retilínea radial, Figura G.

2.5.2 Fresamento

O fresamento pode ser definido por meio de seu processo, para isso, Kratochvil (2004, p. 40) disserta que

A fresadora, ou máquina de fresar, é a máquina cuja ferramenta possui movimento de rotação e que permite movimentar a peça em um, dois, três ou mais eixos (lineares ou giratórios). Sendo assim, tem-se uma máquina elaborada para execução facilitada de peças prismáticas, ao contrário do torno, que executa principalmente peças rotacionais (perfil de revolução).

Diante disso, a máquina usada, a fresadora, movimenta a peça em um ou mais eixos e deve ser pensada para execução no sentido inverso do torno a fim de promover rotação à peça, o perfil de evolução.

O mesmo autor ainda complementa que

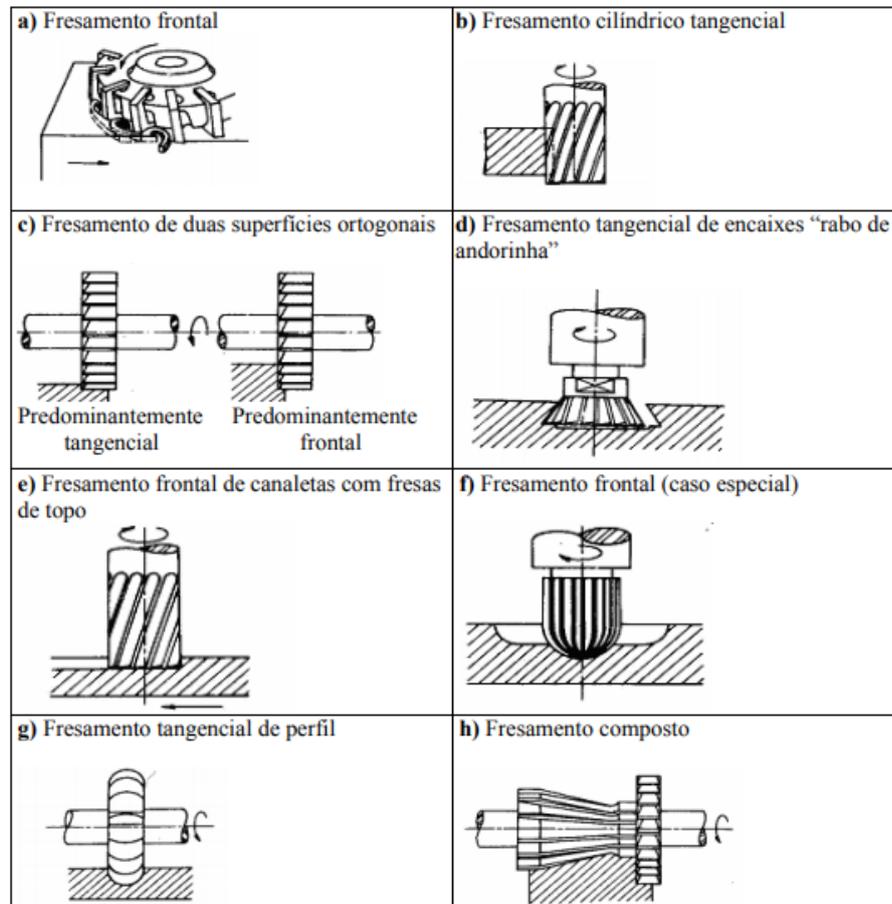
O processo de usinagem por fresamento é um dos mais universais conhecidos, possuindo grande variação quanto ao tipo de máquina utilizado, movimento da peça e tipos de ferramentas. As aplicações frequentes do processo são a obtenção de superfícies planas, rasgos, ranhuras, perfis, contornos, cavidades e roscas, entre outros. O movimento relativo pode ser resultante apenas da movimentação da ferramenta sobre a peça, ou ainda, ser resultante de uma combinação de movimentos de peça e ferramenta. Contudo, como característica do processo, tem-se a velocidade de avanço da peça bem inferior à velocidade de rotação da ferramenta. Como vantagens gerais do processo de fresamento podem-se citar as altas taxas de remoção obtidas e a possibilidade de obtenção de superfícies de elevada qualidade e complexidade (KRATOCHVIL, 2004, p. 40).

Desse modo, a variação da usinagem por fresamento é diversa quando se observa o tipo de máquina, movimento da peça e tipos de máquinas com uma obtenção de superfícies igualmente variadas. Ademais, é importante ressaltar que a velocidade do avanço da peça é inferior à rotação da ferramenta que podem gerar a vantagem de altas taxas de remoção e superfícies visivelmente de qualidade e complexidade elevadas.

Nesse contexto, Diniz, Marcondes e Coppini (2001) classificam os principais tipos de fresamento, a saber em: tangencial, frontal e do corte ser concordante ou discordante

O fresamento tangencial realiza em sua maioria a usinagem na superfície cilíndrica da ferramenta e em contrapartida o frontal tem sua ação na superfície frontal da ferramenta. No entanto, esses tipos de fresadoras, figura 4, podem ser: a) Fresamento Frontal, b) Fresamento cilíndrico tangencial, c) Fresamento de superfícies ortogonais, d) Fresamento tangencial de rasgo “rabo de andorinha”, e) Fresamento frontal com fresa de topo, f) Fresamento frontal (especial), g) Fresamento tangencial de perfil e h) Fresamento composto.

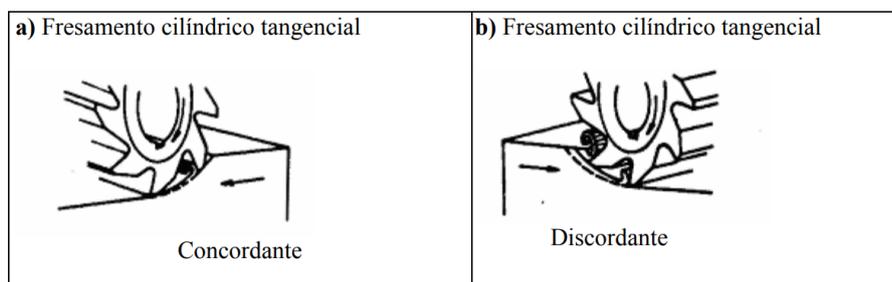
Figura 4 - Tipos de fresadoras



Fonte: (COSTA, 2006)

No quesito corte, ou os tipos de fresamento – figura 5, quando concordante está associado ao igual sentido do avanço da peça e movimento de rotação da fresa. E no corte discordante, acontece o inverso, o movimento da peça e contrário à rotação da fresa (DIB, 2013).

Figura 5 - Tipos de fresamento



Fonte: (COSTA, 2006)

2.6 Tecnologia CNC

Conceitua-se Comando Numérico (NC) como sendo o conjunto dados que caracterizam a geometria e dimensões da peça, que são mensurados e transmitidos para o Comando Numérico Computadorizado (CNC), de modo que as informações são processadas através dos valores das cotas e do desenho da peça, tornando possível a automação do processo de fabricação (PEREIRA, 2003).

A tecnologia de CNC foi desenvolvida como um meio de otimizar a usinagem de peças mais complexas, tornando-as mais precisas, sendo utilizado preferencialmente em fresadoras e madriladoras. Entretanto, para aumentar a produtividade, passou-se a utilizar o CNC em diferentes processos de usinagem, tais como torneamento e furação (SUH et al., 2008).

Com o desenvolvimento da automação industrial, o sistema CNC deixou de ser usado apenas por máquinas-ferramentas como era inicialmente e passou a ser utilizado em diversos equipamentos que necessitam de movimento controlado por sistema servo, tais como máquinas de corte, instrumentos para a realização de desenho, máquinas de medição por coordenadas, máquinas bordadoras, entre outras (SUH et al., 2008). Essa flexibilização na aplicação do controle CNC em processos de diferentes naturezas, dá-se devido a programação ser realizada baseando-se nos dados de coordenadas cartesianas (WERNER, 2016).

A programação CNC possui como principal objetivo definir a trajetória da ferramenta em relação a peça. Isso acontece através de dados numéricos das dimensões de corte, tomando como referência as abcissas e ordenadas. É possível ainda definir diversas funções, através sucessivos comandos que determinam o passo a passo das ações que a máquina deve realizar. (WERNER, 2016).

O principal elemento que tornou esta tecnologia tão popular é a possibilidade da fácil alteração das variáveis do sistema pelo próprio operador, no momento da execução da operação. Ou seja, o operador consegue modificar as funções do sistema, de modo a definir as condições de operações, como velocidade de corte, de avanço e acabamento superficial, obtendo resultados imediatos (PEREIRA, 2003).

Segundo Pereira (2003), o trabalho realizado pelas máquinas CNC acontece após passar por 6 etapas básicas, sendo elas: análise do desenho da peça; definição do processo de usinagem a ser utilizado; seleção do processo de set-up; escolha da ferramenta que será utilizada para a realização do corte; escolha das velocidades de corte e avanço; e, por fim, realização da operação de usinagem.

2.7 Sistemas CAD/CAM

A competitividade nas indústrias, faz as com que as empresas busquem cada vez mais por recursos computacionais para a programação das máquinas de manufatura que possuem Comando Numérico Computadorizado (CNC). Tais alternativas possibilitam a redução dos períodos ociosos das máquinas, além de reduzir os custos com erros que podem ser ocasionados pela programação manual (OLIVEIRA, 2011).

Um sistema CAD/CAM pode ser definido como um sistema que permite a geração de componentes gráficos interativos, integrando as funções de projeto e de manufatura dos componentes. Esses sistemas têm a capacidade de interpretar componentes gráficos e transformar esses dados em programas a serem interpretados pelas máquinas CNC (GROOVER, 2011).

Para a programação das máquinas CNC's, são utilizados os softwares que são conhecidos pela sigla em inglês CAM. Esses softwares possuem a função de interpretar as imagens geradas pelo software CAD e simular a sua fabricação. Tal tecnologia permite que máquinas sejam monitoradas durante a fabricação das peças. O procedimento é realizado com uma precisão elevada, devido ao código gerado pelo programa CAM, que permite detalhar minuciosamente o caminho que a ferramenta deve percorrer (BERNARDES, 2012).

Os sistemas de CAD/CAM proporcionam a análise dos tempos necessários para a realização dos processos, possibilita a escolha da melhor ferramenta, além de permitir que as operações de corte sejam otimizadas, definindo os melhores parâmetros de corte e operações (GROOVER, 2011).

Entretanto, para que o programa proporcione um resultado satisfatório, os dados fornecidos de entrada devem ser o mais exatos possível. Caso haja alguma falha nos dados de entrada, pode ocorrer problemas no processo produtivo, como quebras da ferramenta, tempo de fabricação maior do que o esperado e necessidade da realização do processo novamente (SILVA FILHO, 2000).

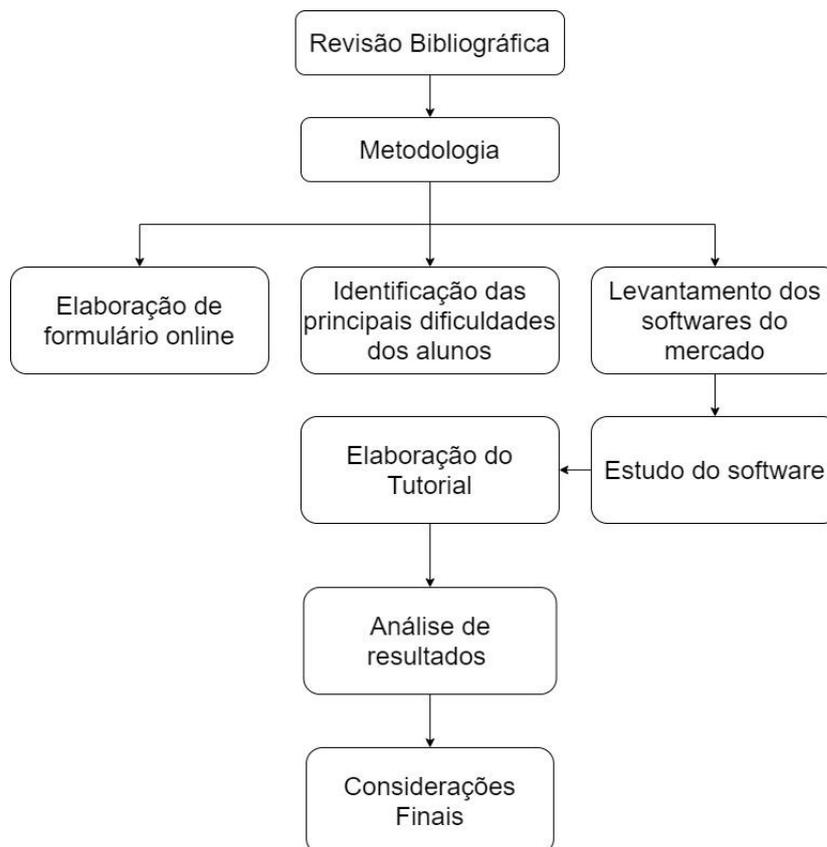
A utilização dessa tecnologia tem permitido às indústrias obter vantagens competitivas dentro do mercado, uma vez que tornou possível desenvolver peças com geometrias de maior complexidade com uma facilidade maior (SOUZA, 2004).

3 MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, realizou-se uma análise bibliográfica, através da qual buscou-se identificar os impactos que baixa quantidade de aulas com aplicações práticas gera na formação dos profissionais de engenharia mecânica. A partir deste estudo, foram analisadas como as ferramentas computacionais poderiam servir de soluções para amenizar o problema. As etapas efetuadas para este trabalho podem ser observadas na Figura 6.

Foi realizada uma pesquisa de caráter quantitativo e de natureza exploratória, com o intuito de investigar o nível de conhecimento dos alunos em relação a algumas ferramentas computacionais de CAD/CAM. Foi utilizado um grupo amostral de 57 alunos do curso de engenharia mecânica da Universidade Federal do Ceará - Campus Russas. Para a realização da pesquisa, utilizou-se a ferramenta de formulários online Google Forms.

Figura 6 - Fluxograma do trabalho



Fonte: Elaborado por autor.

Após a tabulação dos dados do questionário, utilizou-se as informações coletadas para selecionar um software para estudo. Para a partir daí, realizar a confecção de um arquivo tutorial que auxiliasse os alunos com a utilização do mesmo.

3.1 Formulário aplicado aos alunos

Para identificar o nível de conhecimento dos alunos em relação às ferramentas em estudo, foram utilizadas como critérios as ferramentas computacionais mais populares de CAD/CAM. Sendo elas: SolidEdge, SolidWorks, Autodesk Inventor, Siemens NX, Catia e o Ansys. Os alunos foram induzidos a autoavaliar seu nível de conhecimento, podendo ser ele nenhum, básico, intermediário e avançado.

Os entrevistados foram questionados sobre os fatores que dificultam o aprendizado de novas ferramentas, tendo como opções fatores como falta de acesso ao software, falta de material de estudo, falta de alguém para auxiliar com dúvidas e material de estudo apenas em inglês. Foi questionado também o quão importante os alunos consideram o aprendizado de tais ferramentas para a sua carreira profissional.

Dentro do formulário também buscou-se sondar o nível de conhecimento dos alunos especificamente em relação ao software Siemens NX, de modo a identificar a necessidade ou não da elaboração de um material para auxílio com a mesma.

3.2 Escolha do software

Para selecionar o software a ser utilizado como referência para a elaboração do tutorial levou-se em consideração critérios como aplicabilidade no mercado. O *Siemens NX* é um software utilizado amplamente por empresas de diversos setores. A escolha do software deu-se também pelo fato de que os alunos da universidade possuem livre acesso ao mesmo nos laboratórios, além de também possuir uma licença estudantil gratuita disponibilizada pela própria empresa criadora.

3.3 Escolha dos processos fabricação CNC

Para a criação do tutorial, buscou-se focar nos processos de usinagem mais populares, sendo eles a fresagem e o torneamento. A escolha deu-se pelo fato da infinidade de

componentes que podem ser fabricados por esses processos, desde às geometrias mais simples até as mais complexas. Ambos os processos são amplamente empregados nas indústrias, e possibilitam a fabricação de componentes com diversos materiais.

3.4 Criação do tutorial

Na Figura 7 está apresentado o esquema em que está dividido o tutorial.

Figura 7 - Fluxograma do tutorial



Fonte: Elaborado por autor.

Iniciou-se a elaboração de um tutorial com procedimentos e passos para utilização do Siemens NX. Para a elaboração do tutorial, foi realizada uma análise bibliográfica, com o propósito de identificar os materiais de estudos já existentes e disponíveis de forma gratuita. Após essa análise, buscou-se estruturar o trabalho de modo a facilitar o entendimento da ferramenta, de maneira interativa e prática.

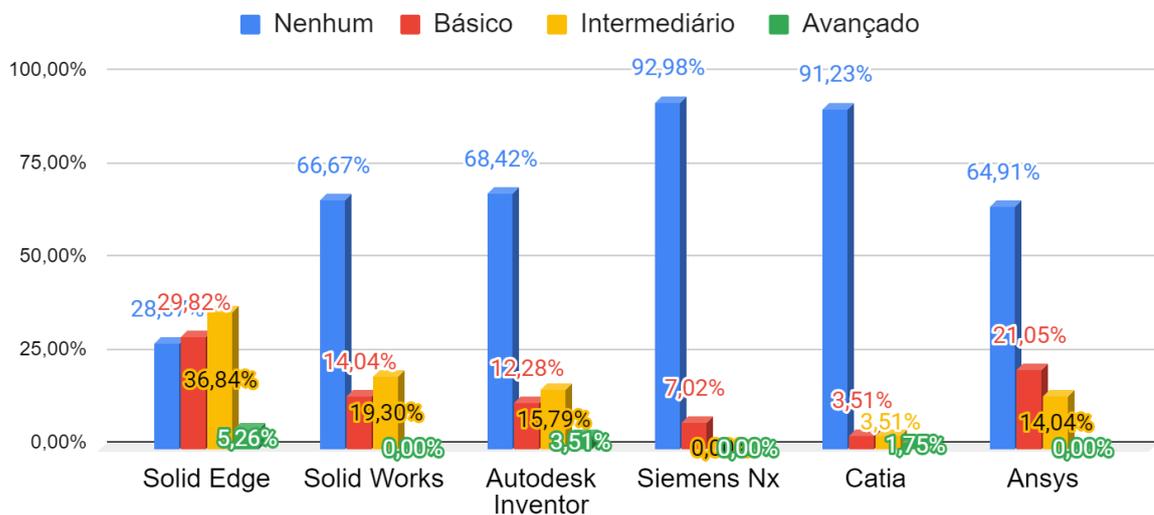
A estruturação deu-se primeiramente pela conceituação das funções oferecidas pelo software de maneira objetiva e de fácil entendimento. Em seguida, foram elaboradas maneiras de instruir a manipulação das ferramentas de CAD e CAM, através da elaboração de passo a passos interativos. Posteriormente, serão elaborados exercícios para a aplicação e teste dos conhecimentos obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Discussão dos dados do formulário

Analisando o questionário aplicado aos alunos, foi possível identificar que a maior parte dos respondentes não possuem nenhum conhecimento em relação aos softwares questionados, com ressalva do Solid Edge, que possui mais alunos com conhecimento de nível intermediário e básico do que com nenhum conhecimento. Isso pode estar relacionado ao fato de o software ser de livre acesso através da licença estudantil, pela sua popularidade e por cursos que são pelo NAFEC (Núcleo de aperfeiçoamento em Ferramentas Computacionais) e principalmente pela disciplina de desenho de máquinas e instalações. Entretanto, o SolidEdge é um software mais voltados para as ferramentas de CAD, com recurso de CAM mais limitados. Enquanto no software Siemens NX apenas 7,02% relata ter conhecimento básico, e o restante não possui nenhum conhecimento. O comparativo das respostas pode ser observado na Figura 8.

Figura 8- Nível de conhecimento dos alunos em relação aos softwares de CAD/CAM

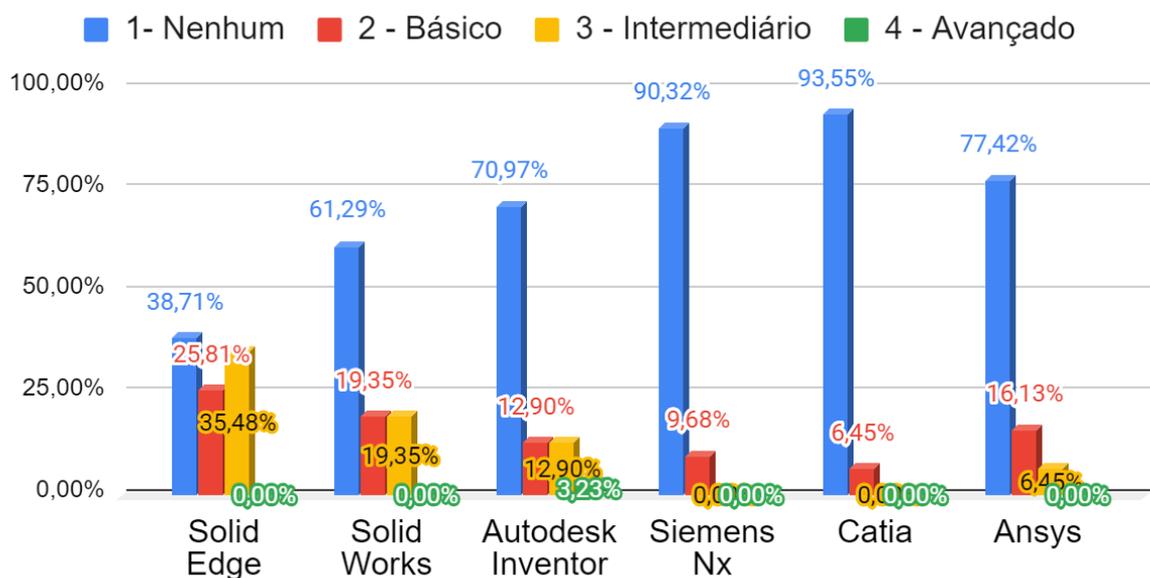


Fonte: elaborado por autor.

Fazendo uma comparação do nível de conhecimento apenas dos alunos do 8º e 10º semestre, considerando que estes são os alunos que estão mais próximos de ingressar no mercado de trabalho e são os que cursam ou já cursaram a disciplina de PTUC, observa-se que a maioria não possui nenhum conhecimento em todos os softwares listados. Entretanto, a diferença também é menor nesse caso em relação ao software SolidEdge. Enquanto para o

software Siemens NX apenas 9,68% possui conhecimento básico, frente a 93,55% que considera não ter nenhum conhecimento. Esta relação está ilustrada na Figura 9.

Figura 9 - Nível de conhecimento dos alunos do 8º e 10º semestre em relação aos softwares de CAD/CAM



Fonte: Elaborado por autor.

De acordo com a pesquisa, os alunos consideram que o conhecimento dessas ferramentas é muito importante para a sua formação. Porém, enfrentam obstáculos na hora de aprender uma nova ferramenta. Dentre as principais dificuldades identificadas, está a falta de acesso ao software e a falta de uma pessoa para auxiliá-los com dúvidas, ambos indicados por 54,4% dos alunos respondentes. Outro fator indicado está a falta de material para estudo, por 38,6% dos alunos.

Em relação ao software Siemens NX, apenas 24,6% já buscou algum material para estudo, tais como apostilas, vídeos e tutoriais. Dentre eles, 85,7% dos alunos relatam que o material encontrado não foi suficiente para auxiliá-los no aprendizado do software. Dentre os conhecimentos obtidos com o material encontrado por estes alunos, 64,29% respondeu que não obteve nenhum conhecimento relacionado a manufatura. Desse modo, é possível identificar a necessidade de um material de qualidade para auxiliá-los neste aprendizado, uma vez que uma das principais dificuldades, que é a de acesso ao software, não deve ser um problema, uma vez que o campus possui licença e vários computadores disponíveis para uso com o software instalado.

4.2 Tutorial

Para melhor compreensão e assimilação do conteúdo apresentado, o tutorial foi dividido em duas etapas. Sendo a primeira uma breve apresentação da interface do programa, mostrando os passos básicos para iniciar a sua utilização. Além de apresentar conceitos básicos de CAD. E, na segunda etapa, são abordados os passos para realização da usinagem de ferramentas através da ferramenta de CAM.

O tutorial foi estruturado unicamente com a aplicação dos comandos do software em exemplos práticos, evitando longas conceituações teóricas. Cada etapa foi dividida em pequenos subtópicos para tornar o trabalho mais didático possível e melhorar o aprendizado. Os tópicos presentes no tutorial podem ser visualizados na Figura 10.

4.2.1 Introdução ao programa

Dentro do primeiro capítulo, onde é apresentada a introdução à interface, buscou-se abordar os principais grupos de comandos presentes na barra de ferramentas. A barra de ferramentas, mostrada na Figura 11, é onde se encontram as funções de trabalho do software.

Levando em consideração o fato de que o tutorial é direcionado para pessoas que tenham pouco conhecimento ou nenhum em relação ao mesmo, os comandos abordados inicialmente dizem respeito à noções básicas de utilização, tais como a criação e salvamento de novos arquivos, abertura de arquivos existentes, além de noções básicas de desenho técnico.

Figura 10 - Tópicos abordados no tutorial do *Siemens NX*.

SUMÁRIO	
INTRODUÇÃO.....	4
SISTEMAS DE CAD/CAM.....	5
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO AO SOFTWARE SIEMENS NX – CAD.....	6
1.1. Interface.....	6
1.2. Aba de ferramentas.....	6
1.3. Como criar um arquivo?.....	7
1.4. Como abrir um arquivo?.....	8
1.5. Como salvar um arquivo?.....	9
1.6. Rascunho.....	9
1.7. Como criar um rascunho?.....	10
1.8. Criando um retângulo.....	10
1.9. Alterando as dimensões do retângulo.....	11
1.10. Centralizando o rascunho.....	11
1.11. Extrusão.....	12
1.12. Arredondamento.....	13
1.13. Recortar.....	14
1.14. Revolução.....	15
CAPÍTULO 2 – CAM.....	19
2.1. Criando um arquivo de CAM.....	19
2.2. Usinagem simples de uma cavidade.....	20
2.2.1. Importar peça.....	20
2.2.2. Selecionar a referência para máquina (ponto zero e plano de referência).....	21
2.2.3. Criar a peça de trabalho.....	22
2.2.4. Criação da ferramenta de usinagem.....	24
2.2.5. Geração do código de usinagem.....	25
2.2.6. Simulação.....	30
2.3. Torneamento.....	33
2.4. Instalação de pós-processadores.....	34

Fonte: Elaborado por autor.

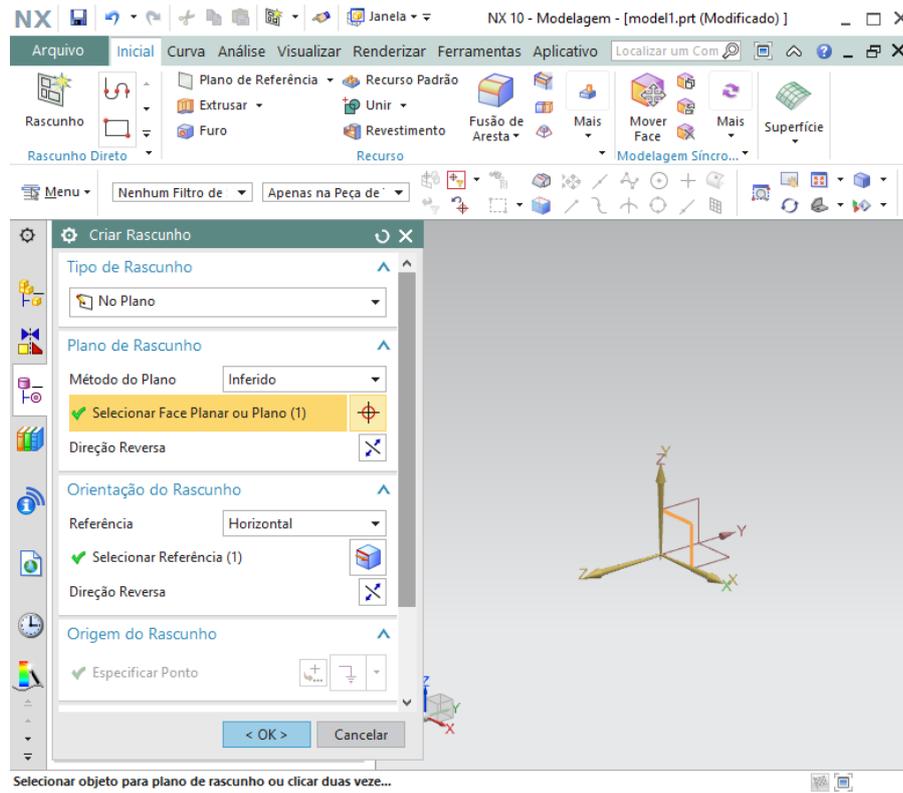
Figura 11 - Barra de ferramentas do NX 10



Fonte: Elaborado por autor.

Em seguida, há instruções básicas para iniciar a realização de desenhos. O primeiro comando utilizado é o de criação de rascunho (Figura 12), uma vez que ele é o mais importante para a realização de qualquer projeto de CAD, considerando que ele é a base para iniciar um desenho.

Figura 12 - Criação de rascunho

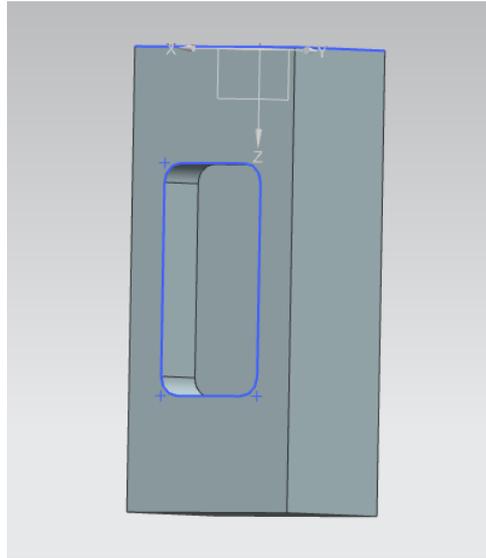


Fonte: Elaborado por autor.

Após as instruções para a criação dos rascunhos, o tutorial inicia passos para desenvolvimento de peças, demonstrando comandos essenciais para tal. São abordados comandos de criação de geometrias básicas, auxiliando no dimensionamento e no posicionamento em relação às coordenadas cartesianas. O tutorial apresenta demonstrações para a criação de cotas e utilização do comando de dimensões rápidas. Além de exemplificar a utilização de restrições. As restrições possuem a função de especificar e manter condições para, ou entre, a geometria do rascunho.

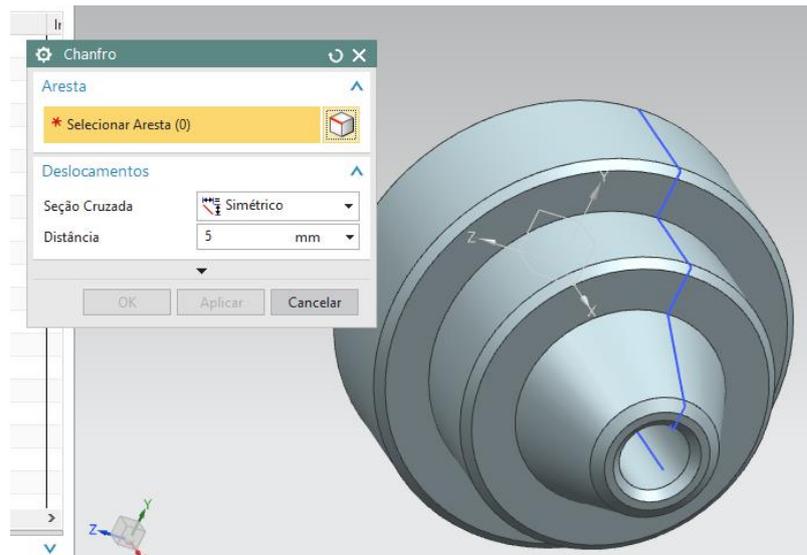
Em seguida, os comandos que dão forma aos componentes em 3D são especificados, tais como extrusão, revolução e recorte. Buscou-se utilizar todos os comandos em exemplos simples e de fácil entendimento, que podem ser visualizados na Figura 13 e na Figura 14.

Figura 13 - Peça extrudada e com recorte



Fonte: Elaborado por autor.

Figura 14 - Peça revoluciona



Fonte: Elaborado por autor.

4.2.2 Introdução ao CAM

Nesta seção, é apresentada uma sequência de passos de dois exemplos de manufatura de componentes mecânicos, exemplificando a realização de processos de usinagem através do software. Os processos presentes no trabalho são o de usinagem e fresamento.

Assim como no capítulo introdutório, esta seção também se inicia com comandos básicos, pensando nas pessoas que estão utilizando a ferramenta pela primeira vez. Os primeiros passos para realização de um processo de manufatura no software é a criação de um arquivo de CAM, que deve ter um formato diferente para cada processo de usinagem a ser utilizado. Após

a criação do arquivo, é realizada a importação da peça previamente desenhada para o ambiente de manufatura.

Na sequência, especifica-se como deve ser delimitada a referência para a máquina, definindo o ponto zero de trabalho e o plano de referência. Em seguida, as instruções indicam como criar a peça de trabalho, que nada mais é do que delimitar as superfícies usináveis da peça para que o programa a identifique. A Figura 15 demonstra a janela utilizada para especificar a peça de trabalho. O programa demanda que seja definido a geometria final do produto a ser usinado e a geometria inicial do material bruto (tarugo), denominada por ele como vazio.

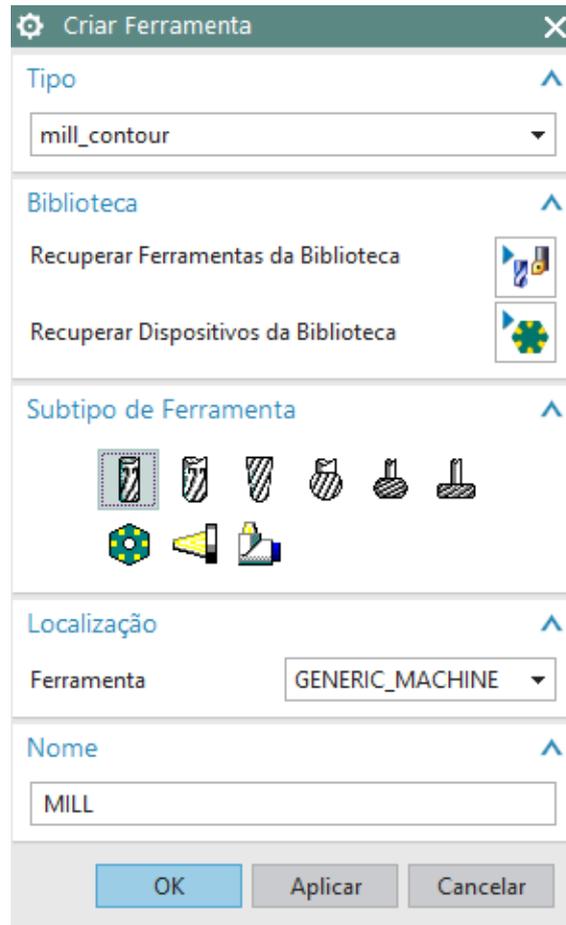
Figura 15 - Definição da peça de trabalho.



Fonte: Elaborado por autor.

Em seguida, são apresentadas instruções para a criação da ferramenta de usinagem. A escolha da ferramenta dependerá do tipo de usinagem que será realizada. Na Figura 16 é possível observar a janela de criação de ferramenta, onde a ferramenta selecionada neste caso foi a fresa. O software permite também que seja determinado as dimensões das ferramentas. O que é demonstrado logo em seguida no tutorial.

Figura 16 - Janela de criação de ferramenta de usinagem

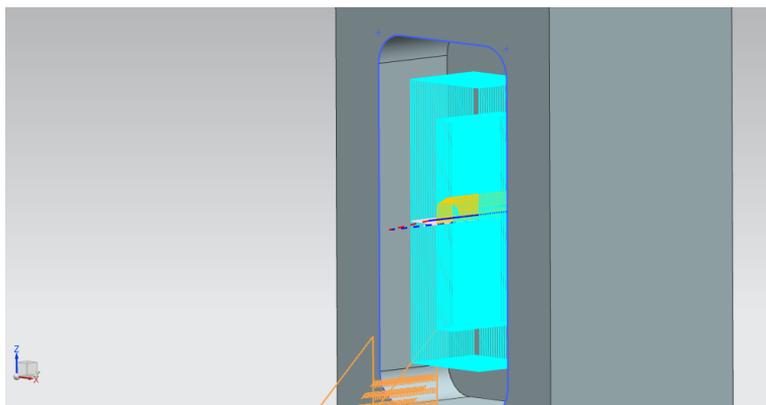


Fonte: Elaborado por autor.

Após as instruções de criação da ferramenta, deve-se gerar o código de usinagem. Para tal, o usuário utiliza um comando para criar a operação de usinagem. O tipo de operação é definido de acordo com o tipo de desbaste a ser realizado. Para a realização desse processo deve ser selecionado o programa a ser utilizado, a ferramenta que foi criada anteriormente, a geometria a ser usinada e o método, que está relacionado ao acabamento superficial, onde há opções de desbaste, semi-acabamento e acabamento.

Em seguida, é selecionada a área de corte e as faces da cavidade a ser desbastada. Diversos outros parâmetros de corte devem ser definidos nessa etapa, entre eles estão as velocidades de corte e de avanço. Por fim, o tutorial indica como gerar o caminho de usinagem, que são linhas coloridas que indicam o caminho que a ferramenta deve percorrer para realizar a operação, como mostrado na Figura 17.

Figura 17 - Caminho de usinagem.



Fonte: Elaborado por autor.

Após a realização de todos os procedimentos necessários para que o programa reconheça a peça, a ferramenta, e identifique o processo a ser realizado e o caminho que a ferramenta deve percorrer, deve ser feita uma simulação para verificar se tudo está funcionando corretamente.

4.3 Benefícios da utilização de um software de CAM

A utilização de softwares de simulação reduz consideravelmente o tempo e os custos de operação da usinagem. A interface interativa facilita a modelagem e geração de um grande volume de dados relacionados aos processos, gerando relatório automaticamente e poupando tempo.

É possível fazer testes antes de realizar as operações de corte, o que possibilita prever possíveis falhas, evitar retrabalhos e perdas de matéria prima. Além disso, eles auxiliam na escolha dos melhores parâmetros de corte, possibilitando ajustes para que o processo se adeque às necessidades. Desse modo, é possível aumentar as velocidades de corte, além de aumentar a vida da ferramenta.

4.4 Dificuldades do programa/tutorial

O software possui funções que necessitam de hardwares com capacidade de processamento razoavelmente boas. Devido a isto, torna-se necessário utilizar o software em máquinas que possuam as configurações mínimas exigidas, para que o desempenho do programa não seja comprometido.

Outra dificuldade se trata da grande quantidade de etapas para a realização dos processos de usinagem. O software permite que inúmeros parâmetros no processo de sejam definidos e/ou alterados. Entretanto, isto implica em uma grande quantidade de passos até a realização da operação em si. Desse modo, caso haja um erro ao fim do processo, muitas vezes é necessário investigar todos os passos para a realização dos reparos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo realizado, foi possível identificar que existe uma carência dentre os alunos da engenharia mecânica do Campus de Russas no que diz respeito ao conhecimento voltado de ferramentas computacionais de sistemas CAD/CAM, e identificou-se que tal conhecimento é necessário para a formação de bons profissionais que atuarão na área de fabricação, além de auxiliar no melhor entendimento dos conteúdos ministrados nas disciplinas, uma vez que possibilita a associação do conhecimento teórico com o prático.

Constatou-se que os maiores problemas para o aprendizado de tais ferramentas são a falta de acesso ao software, a falta de um profissional para tirar dúvidas e a falta de material para estudo, o que pode ser solucionado com o tutorial do Siemens NX, uma vez que este software é acessível aos alunos do Campus e atende boa parte das demandas apresentadas neste estudo. Porém, possui poucos materiais com conteúdo relevantes voltados para o estudo do mesmo.

Outro ponto evidenciado, é que mesmo os alunos que apontaram conhecer um pouco sobre o Siemens NX, ou não possuem conhecimento nenhum sobre as ferramentas de manufatura ou apenas básico, o que demonstra que para a disciplina PTUC é essencial que haja um material complementar para auxiliar os alunos a acompanharem a disciplina.

Quanto às medidas emergenciais de distanciamento social estabelecidas para o controle da pandemia da COVID-19, é evidente que elas agravaram problemas pré-existentes na sociedade atual. Percebe-se que a estrutura social em que se encontrava o ensino brasileiro não estava preparada para uma alteração tão brusca. Desigualdades sociais foram enfatizadas, e o nível da qualidade do ensino foi comprometido.

Entende-se que nem todos os alunos possuem acesso à uma infraestrutura adequada para acessar as aulas remotas de maneira satisfatória. Entretanto, a universidade tem mostrado disponibilidade em auxiliar aos menos favorecidos, possibilitando, por exemplo, o uso dos laboratórios individualmente.

O trabalho aqui apresentado é uma medida que possivelmente pode minimizar as dificuldades enfrentadas pelo professor nesse período. Uma vez, que o tutorial serve como um guia para que o aluno entenda o software, sem a necessidade de instruções diretas pelo professor.

Deste modo, conclui-se que o tutorial é relevante para o desenvolvimento do curso e da disciplina. E que se aplicado em conjunto com a disciplina de maneira adequada, pode levar a um maior desenvolvimento profissional do aluno, contribuindo assim significativamente para o desenvolvimento da relação de ensino-aprendizagem.

5.1 Sugestão para trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, sugere-se que o tutorial seja aplicado aos alunos da disciplina de modo a verificar as mudanças geradas por ele dentro do processo de aprendizagem. A partir da aplicação, deve-se refazer a avaliação e comparar com o estudo aqui apresentado, a fim de validá-lo. Uma consideração importante a ser feita são as opiniões dos alunos com relação ao conhecimento obtivo com a utilização de tal método.

Uma sugestão para dar continuidade ao trabalho e enriquecer a ideia seria a abordagem de outros processos de usinagem, expandindo o leque de possibilidades para a aplicação do mesmo.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, Ricardo de Moraes. Métodos computacionais em engenharia mecânica. 2008. Tese de Doutorado. FCT-UNL.
- BELHOT, Renato V. A didática no ensino de engenharia. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. 2005.
- BELHOT, Renato V. Reflexões e propostas sobre o “ensinar engenharia” para o século XXI. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.
- BERNARDES, Sérgio Rocha; DE MATIAS, TOSSI SARTORI I.; THOMÉ, G. Tecnologia CAD/CAM aplicada a prótese dentária e sobre implantes. *Jornal ILAPEO*, v. 6, n. 1, p. 8-13, 2012.
- BORCHARDT, Miriam et al. O perfil do engenheiro de produção: a visão de empresas da região metropolitana de Porto Alegre. *Production*, v. 19, n. 2, p. 230-248, 2009.
- COLENCI, Ana Teresa. O ensino de engenharia como uma atividade de serviços: a exigência de atuação em novos patamares de qualidade acadêmica. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- COSTA, E. S.; SANTOS, Denis Júnio. *Disciplina: Processo de Usinagem*. Divinópolis, MG, p. 6, 2006.
- DIB, Marciel Henrique Militão. *Fundamentos do fresamento: uma aplicação em microfresamento*. São carlos: Universidade de São Paulo, 2013.
- DINIZ, A. E. MARCONDES, F. C., COPPINI, N. L. *Tecnologia da usinagem dos materiais*. 7 ed. São Paulo: Artliber, 2009.
- DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. *Tecnologia da usinagem dos materiais*. 5.ed. São Paulo: Artliber, 2006.
- FERRARESI, D. *Usinagem dos Metais*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1970.
- FRANKENBERG, Claudio Luis Crescente. *Concepção Metodológica do Docente de Engenharia em relação ao uso de software como instrumento de Ensino-Aprendizagem*. Seminário sobre Informática no Ensino de Engenharia. 1992.

GONDIM, Sônia Maria Guedes. Perfil profissional e mercado de trabalho: relação com formação acadêmica pela perspectiva de estudantes universitários. *Estudos de Psicologia (Natal)*, v. 7, n. 2, p. 299-309, 2002.

GROOVER, M.P. e ZIMMERS Jr, E.W. *CAD/CAM: Computer Aided Design and Manufacturing*. Prentice Hall, Inc. New Jersey, 1984, 489pp.

GUERRA, João Henrique Lopes. Utilização do computador no processo de ensino-aprendizagem: uma aplicação em planejamento e controle da produção. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Kratochvil, Rafael. Fresamento de acabamento em altas velocidades de corte para eletrodos de grafita industrial.

LEITE, Adriana Cristina Souza; SILVA, Pollyana Alves Borges; VAZ, Ana Cristina Ribeiro. A importância das aulas práticas para alunos jovens e adultos: uma abordagem investigativa sobre a percepção dos alunos do PROEF II. *Ensaio pesquisa em educação em ciências (belo horizonte)*, v. 7, n. 3, p. 166-181, 2005.

LIMA, F. R. Projeto experimental: introdução a engenharia através da modelagem em ambiente CAD. *CEP*, v. 21, p. 945-970, 2000.

LYRA, Pablo Vinícius Apolinário. Desenvolvimento de uma Máquina Fresadora CNC Didática. Trabalho de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT. TG-nº. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, DF, 123p, 2010.

MACHADO, Á. R.; SILVA, M. B. *Teoria da Usinagem dos Metais*. 8ª Versão. Uberlândia, Minas Gerais: Universidade Federal de Uberlândia, 2004.

MARTINS, Roberto Antonio. Aprendizagem ativa e cooperativa: relato de uma experiência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. 1999. p. 1108-1114.

MONTEIRO, Sandrelena da Silva. INVENTAR EDUCAÇÃO ESCOLAR NO BRASIL EM TEMPOS DA COVID-19. *Revista Augustus*, v. 25, n. 51, p. 237-254, 2020.

NOSE, Michelle Mike; REBELATTO, DA do N. O perfil do engenheiro segundo as empresas. Artigo, Cobenge, 2001.

NOVAES, Fellipe Biazi De. SOUZA, Rafael Agrizzi De. *Análise Da Formação Do Cavaco No Torneamento Do Alumínio Utilizando Câmera De Alta Velocidade*. 2009. 85 f. Graduação (Momografia) – UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. Vitória, 2009.

OLIVEIRA, C. A. L. de et al. Uma metodologia de integração CAD/CAM através da aplicação de ciclos de usinagem na programação CNC. 2011.

PEREIRA, Athos G. Desenvolvimento e avaliação de um editor para programação CN em centros de usinagem. 2003. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado—Universidade Federal do Paraná—UFPR

PRAVIA, ZM Chamberlain; KRIPKA, Moacir. Proposta metodológica para o uso e desenvolvimento de ferramentas computacionais no ensino de estruturas. In: Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia—CD-ROM, Natal-RN. 1999.

PRESTES, Ethielle Bordignon; RODRIGUES, Luciana Machado. Levantamento sobre a importância de aulas práticas para o ensino superior de engenharia. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 8, n. 1, 2017.

ROMEIRO FILHO, Eduardo. A implantação de sistemas CAD e suas implicações em três casos reais. 2016.

SCHNAID, Fernando; BARBOSA, Fernando F.; TIMM, Maria I. O perfil do engenheiro ao longo da história. In: XXIX Congresso brasileiro de educação e engenharia-Cobenge. 2001.

SENHORAS, Eloi Martins. Coronavírus e Educação: Análise dos Impactos Assimétricos. Boletim de Conjuntura (BOCA), v. 2, n. 5, p. 128-136, 2020.

SILVA FILHO, Mariano Saraiva da et al. Fresamento por regiões como uma alternativa na usinagem de cavidades para moldes de injeção através de sistema CAD/CAM. 2000.

SOUZA, Adriano Fagali de. Contribuições ao fresamento de geometrias complexas aplicando a tecnologia de usinagem com altas velocidades. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SUH, Suk-Hwan et al. Theory and design of CNC systems. Springer Science & Business Media, 2008.

VALVERDE, Lorena Kikut. Análisis de resultados de la evaluación de la virtualización de cursos en la UCR ante la pandemia por COVID-19: Perspectiva estudiantil, 2020.

WERNER, Gerson. Desenvolvimento de uma fresadora CNC para a usinagem em 5 eixos. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso.

ANEXO I – FORMULÁRIO APLICADO AOS ALUNOS

Formulário para os estudantes de engenharia mecânica

Esse formulário possui como objetivo identificar o nível de acesso do alunos a materiais de estudo sobre as ferramentas de CAD/CAM.

***Obrigatório**

1. Qual o seu nível de conhecimento em relação às seguintes ferramentas: *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1- Nenhum	2 - Básico	3 - Intermediário	4 - Avançado
Solid Edge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Solid Works	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autodesk inventor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Siemens Nx	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Catia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ansys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Em qual semestre você está?

Marcar apenas uma oval.

- 2
- 4
- 6
- 8
- 10

3. Qual sua maior dificuldade na hora de aprender uma nova ferramenta? *

Marque todas que se aplicam.

- Falta de acesso ao software
 Falta de material para estudo
 Material de estudo apenas em inglês
 Falta de alguém que lhe auxilie com dúvidas

Outro: _____

4. O quanto você considera importante para a sua carreira profissional o conhecimento dessas ferramentas? *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Não é importante	<input type="radio"/>	Muito importante				

5. Você já buscou alguma fonte de informação (tutoriais/apostilas/vídeos) do software Siemens NX? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim *Pular para a pergunta 6*
 Não

Para quem respondeu sim sobre já ter buscado fontes de informação sobre o software Siemens Nx

6. Você considera que o conteúdo encontrado foi suficiente para lhe auxiliar no aprendizado da ferramenta? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

7. Qual o seu nível de conhecimento no Siemens NX nas funções listadas abaixo: *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1- Nenhum	2- Básico	3- Intermediário	4- Avançado
Modelagem de peças em geral (2D e 3D)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programação para Máquinas CNC's (Torno, Centro de Usinagem e Eletroerosão à fio, etc)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simulação de projetos em geral: Mecânicos (resistência de materiais, movimentos de articulações, motores, ergonomia,etc)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

ANEXO II – TUTORIAL NX



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS
ENGENHARIA MECÂNICA

TUTORIAL DO SOFTWARE SIEMENS NX

RUSSAS
2019

Índice de Figuras

Figura 1 - Tela inicial do Nx	8
Figura 2-Barra de ferramentas	8
Figura 3 - Navegador de peça.....	9
Figura 4 - Botão de novo arquivo.....	9
Figura 5 - Criação de um novo arquivo	10
Figura 6 - Como abrir um arquivo.....	11
Figura 7 - Como salvar um arquivo.....	12
Figura 8 - Criação de rascunho.....	13
Figura 9 - Alterar cota	14
Figura 10 - Inserir restrições.....	15
Figura 11 - Extrusão	15
Figura 12 - Novo rascunho	16
Figura 13 - Filete	17
Figura 14 - Subtrair	18
Figura 15 - Peça 01.....	18
Figura 16 - Rascunho para revolução.	19
Figura 17 - Criação de linha de centro.	19
Figura 18 - Selecionar comando de revolução.	19
Figura 19 - Especificar parâmetros.....	20
Figura 20 - Criar chanfro	21
Figura 21 - Seleção de arestas para chanfro.	21
Figura 22 – Criação de um arquivo CAM.....	22
Figura 23 - Ambiente de Usinagem.....	23
Figura 24 - Importar peça	24
Figura 25 - Especificação do ponto zero de trabalho	25
Figura 26 - Selecionando o ponto zero de trabalho	26
Figura 27 - Definição do plano de segurança	26
Figura 28 - Navegador de operação.	27
Figura 29 - Especificar a peça.	27
Figura 30 - Seleção de geometria em branco.	28

Figura 31 - Criar ferramenta.....	29
Figura 32 - Criação da ferramenta de fresa.	29
Figura 33 - Ferramenta de fresagem.....	30
Figura 34 - Criação de operação de usinagem.....	31
Figura 35 - Fresagem por cavidade.	31
Figura 36 -Aba localização.....	32
Figura 37 - Fresagem por cavidade (Desbaste)	32
Figura 38 - Selecionar áreas de recorte.	33
Figura 39 - Avanços e velocidades.....	34
Figura 40 - Gerar simulação de usinagem.	34
Figura 41 - Caminho de usinagem.....	35
Figura 42 - Verificar.	35
Figura 43 - Movimento da ferramenta de fresamento.	36
Figura 44 - Criar operação de acabamento superficial.....	36
Figura 45 - Parâmetros de corte para acabamento.....	37
Figura 46 - Definição do caminho percorrido pela ferramenta para realizar o avanço. .	37
Figura 47 - Caminho de usinagem de acabamento superficial.....	38
Figura 48 - Ambiente de usinagem.....	39
Figura 49 - Importar peça	39
Figura 50 - Botão de vista de geometria.....	40
Figura 51 - Especificação do ponto zero de trabalho	40
Figura 52 - Ponto zero de trabalho	41
Figura 53 - Comando workpiece para seleção da peça de trabalho.....	41
Figura 54 - Especificação do vazio.	42
Figura 55 - Criando limite de fixação para a peça.....	43
Figura 56 - Especificação da posição da contenção da peça.	44
Figura 57 - Posição de contenção da peça.....	44
Figura 58 - Criar geometria para torneamento.	45
Figura 59 - Especificar ponto de entrada da ferramenta.....	45
Figura 60 - Ponto de entrada.	46
Figura 61 - Especificar ponto de saída da ferramenta.	46
Figura 62 - Ponto de saída.	47
Figura 63 - Ambiente de criação de ferramenta de torno.	48
Figura 64 - Dimensões da ferramenta.....	49

Figura 65 - Dimensões do fixador da ferramenta.....	50
Figura 66 - Posicionamento da ferramenta.....	51
Figura 67 - Posicionamento da ferramenta 2.....	51
Figura 68 - Finalizar torneamento do diâmetro externo.....	52
Figura 69 - Finalizar torneamento	53
Figura 70 - Gerar simulação de torneamento.....	53

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
SISTEMAS DE CAD/CAM	7
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO AO SOFTWARE SIEMENS NX – CAD	8
1.1. Interface	8
1.2. Aba de ferramentas	8
1.3. Como criar um arquivo?	9
1.4. Como abrir um arquivo?	10
1.5. Como salvar um arquivo?	11
1.6. Rascunho	12
1.7. Como criar um rascunho?	12
1.8. Criando um retângulo	13
1.9. Alterando as dimensões do retângulo	13
1.10. Centralizando o rascunho	14
1.11. Extrusão	15
1.12. Arredondamento	16
1.13. Recortar	17
1.14. Revolução	18
1.15. Criar chanfro	20
CAPÍTULO 2 – CAM.....	22
2.1. Criando um arquivo de CAM	22
2.2. Usinagem simples de uma cavidade	23
2.2.1. Importar peça	23
2.2.2. Selecionar a referência para máquina (ponto zero e plano de referência) ... 24	
2.2.3. Criar a peça de trabalho	27
2.2.4. Criação da ferramenta de usinagem	28
2.2.5. Geração do código de usinagem	30
2.2.6. Simulação	35
2.3. Torneamento	38
2.3.1. Criar um arquivo de torneamento e importar peça	38
2.3.2. Selecionar a referência para máquina (ponto zero e plano de referência) ... 40	
2.3.3. Criar a peça de trabalho	41
2.3.4. Criação da ferramenta de usinagem	47

INTRODUÇÃO

Diante da complexidade dos processos produtivos, ocasionada pelas crescentes inovações científicas e tecnológicas, as relações entre o mercado e os profissionais também têm se transformado. Os processos se tornaram mais ágeis, de modo a facilitar a resolução de problemas. Nesse contexto, exige-se do profissional competências como flexibilidade para adaptar-se às mudanças e criatividade para inovar, principalmente dentro da engenharia.

Levando em consideração esse cenário, a academia possui o desafio de formar profissionais com uma base de conhecimentos que consiga acompanhar as constantes mudanças. O discente precisa desenvolver autonomia para conseguir aprimorar continuamente suas competências quando estiver inserido no mercado, de modo a atualizar e aplicar constantemente a sua base de conhecimentos (LIMA, 2000).

Desse modo, a introdução de sistemas de CAD/CAM dentro da sala de aula é uma alternativa para auxiliar na inovação da prática docente, enriquecendo a relação de ensino aprendizagem, de modo a proporcionar aos docentes o desenvolvimento de algumas competências exigidas pelo mercado. Essa alternativa, consegue aliar os conhecimentos teóricos e práticos com o conhecimento dos recursos tecnológicos que estão presentes dentro da indústria (ROMEIRO FILHO, 2016).

Entretanto, observou-se que os alunos possuem dificuldades quando se trata de utilizar novas ferramentas. Desta forma, para que os docentes apliquem metodologias que aliem os conhecimentos teóricos das disciplinas com os softwares, torna-se necessário dispendir um tempo maior para instruir os alunos com ferramentas básicas.

Pensando nesse problema, buscou-se encontrar uma alternativa para facilitar a aplicação de ferramentas de CAD/CAM especificamente dentro da disciplina de Processos Tradicionais de Usinagem e CNC (PTUC). Portanto, a presente pesquisa possui como objetivo de identificar primeiramente o nível de conhecimento dos alunos em relação a tais ferramentas e posteriormente realizar a criação de um arquivo tutorial com procedimentos de utilização do software Siemens Nx, para auxílio dos alunos de

engenharia mecânica, a fim de auxiliar na melhoria da relação de ensino-aprendizagem, além de estimular a criatividade e autonomia dos discentes.

SISTEMAS DE CAD/CAM

A competitividade nas indústrias, faz as com que as empresas busquem cada vez mais por recursos computacionais para a programação das máquinas de manufatura que possuem Comando Numérico Computadorizado (CNC). Tais alternativas possibilitam a redução dos períodos ociosos das máquinas, além de reduzir os custos com erros que podem ser ocasionados pela programação manual (OLIVEIRA, 2011). Para a programação das máquinas CNC's, são utilizados os softwares que são conhecidos pela sigla em inglês CAM (Computer-Aided Manufacturing ou Manufatura assistida por computador).

Um sistema CAD/CAM pode ser definido como um sistema que permite a geração de componentes gráficos interativos, integrando as funções de projeto e de manufatura dos componentes (GROOVER, 2011). Esses sistemas têm a capacidade de interpretar componentes gráficos e transformar esses dados em programas a serem interpretados pelas máquinas CNC.

Os sistemas de CAD/CAM proporcionam a análise dos tempos necessários para a realização dos processos, possibilita a escolha da melhor ferramenta, além de permitir que as operações de corte sejam otimizadas, definindo os melhores parâmetros de corte e operações (GROOVER, 2011).

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO AO SOFTWARE SIEMENS NX – CAD

1.1. Interface

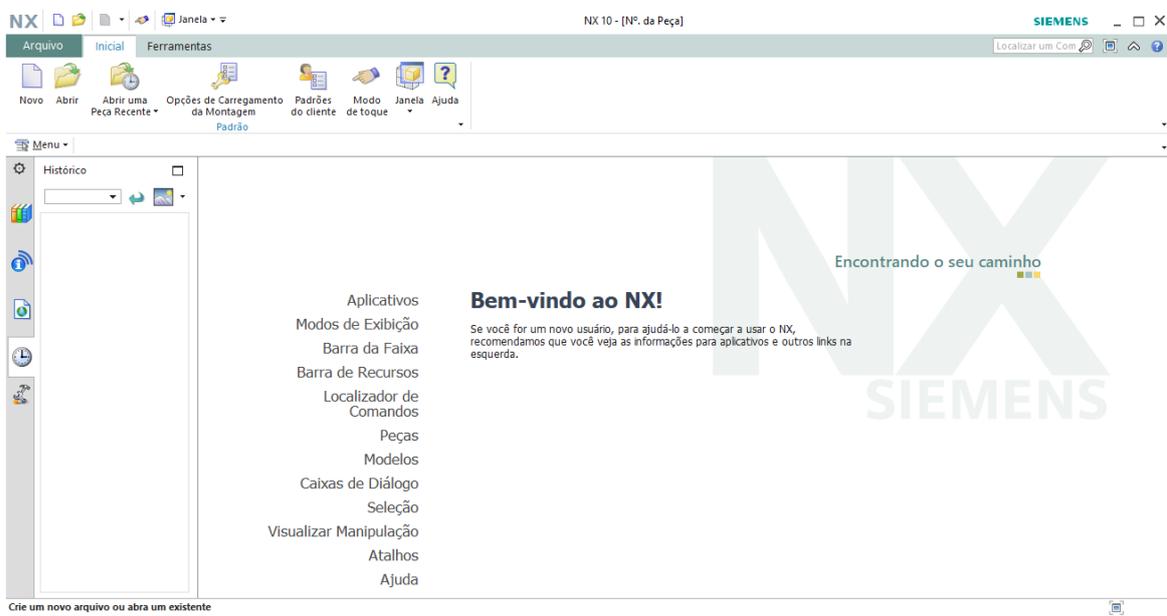


Figura 1 - Tela inicial do Nx

1.2. Aba de ferramentas

A barra de ferramentas (Figura 2) está organizada por abas, cada aba tem vários grupos de comandos. Por exemplo, a aba *Inicial* possui os seguintes grupos de comandos: rascunho direto, recursos, modelagem síncrona e superfície. Dentro de cada grupo, estão presentes os comandos referentes as funções do grupo de trabalho.



Figura 2-Barra de ferramentas

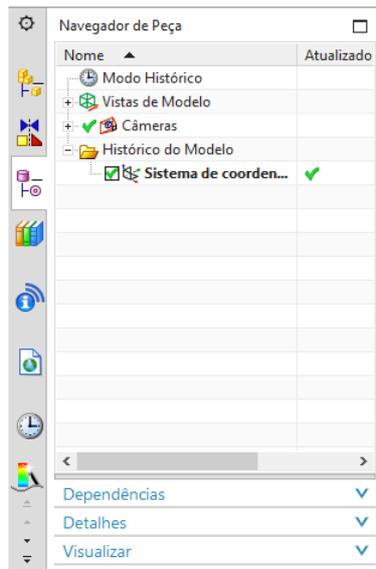


Figura 3 - Navegador de peça

1.3. Como criar um arquivo?

O Nx possibilita a criação de diversos tipos de arquivos, sendo eles arquivos de modelagem 3D, montagens de peças, desenho de chapas metálicas, design de sistemas elétricos, simulações mecânicas, entre outros.

Para a criação de um arquivo para modelamento em 3D, deve-se seguir os seguintes passos:

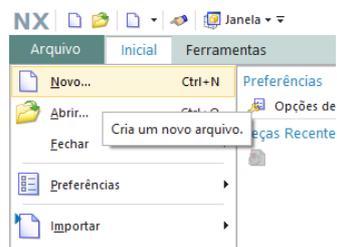


Figura 4 - Botão de novo arquivo

1° Passo: Na aba *Arquivo*, clicar em *Novo* (Ctrl + N) (Figura 4);

2° Passo: Model (Figura 5);

3º Passo: Digitar o nome do arquivo em “Nome”, por exemplo: pecal, (não deve conter acentos, nem símbolos);

4º Passo: Selecionar a pasta de destino;

5º Passo: OK.

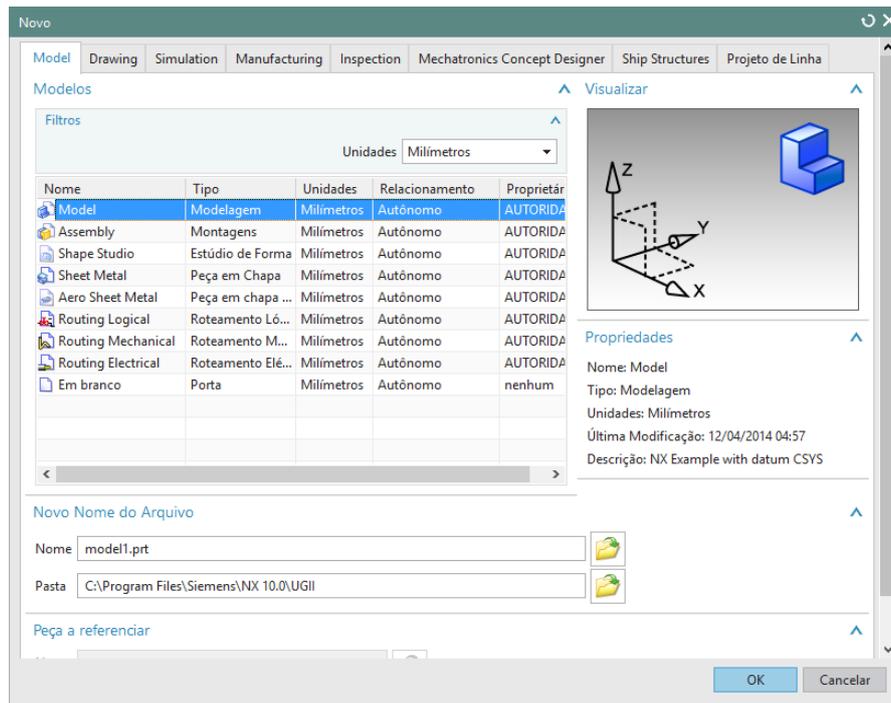


Figura 5 - Criação de um novo arquivo

1.4. Como abrir um arquivo?

1º Passo: Arquivo;

2º Passo: Abrir;

3º Passo: Procurar e clicar no arquivo desejado (Figura 6);

4º Passo: Ok.

O Nx possibilita abertura de arquivos de peças criadas em diversos outros softwares, tais como: Catia, SolidEdge, AutoCad, etc. Para isso, basta selecionar o tipo do arquivo desejado, como mostrado na imagem abaixo.

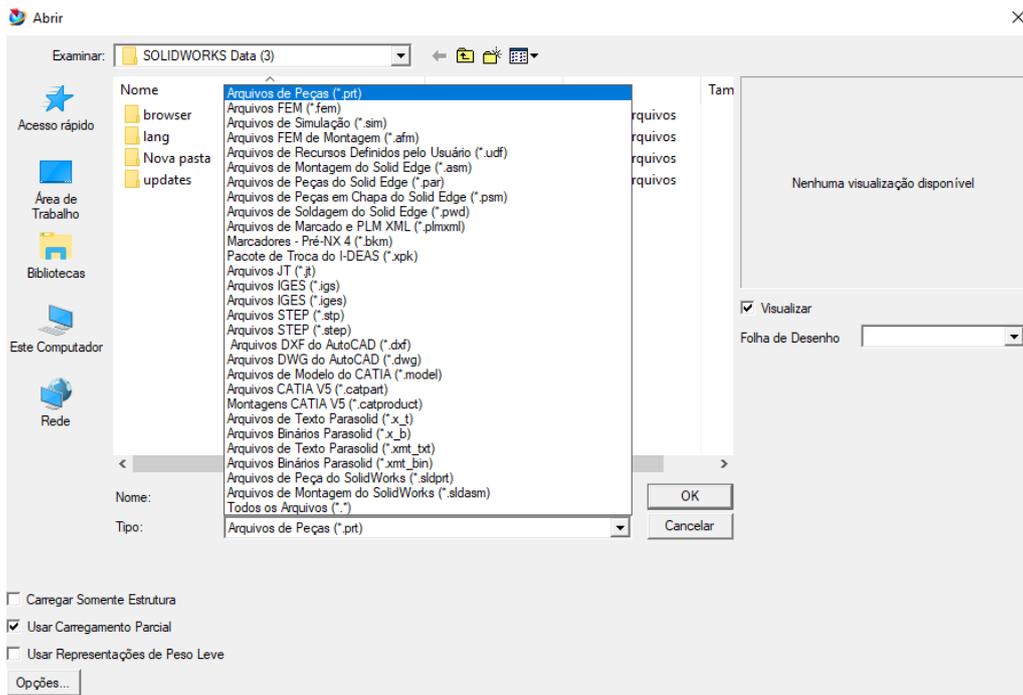


Figura 6 - Como abrir um arquivo

1.5. Como salvar um arquivo?

1° Passo: Arquivo;

2° Passo: Salvar (Figura 7);

3° Passo: “Salvar” (Ctrl+S) para salvar a peça que está sendo trabalhada, como qualquer alteração realizada na mesma / “Salvar somente peça de trabalho” para salvar somente a peça que está sendo trabalhada / “Salvar como” para salvar a peça Xcom um nome diferente / “Salvar tudo” para salvar todas as peças modificadas e todas as peças de montagens de nível superior.

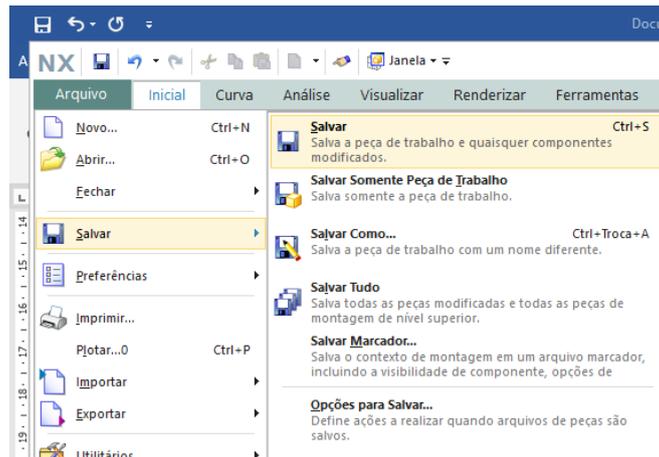


Figura 7 - Como salvar um arquivo

1.6. Rascunho

O comando rascunho  está localizado na aba *Inicial*, dentro da aba de ferramentas, no grupo de comandos *Rascunho direto* está o comando rascunho. É o comando que possibilita a utilização das ferramentas de rascunho direto, tais como: linhas, curvas, cotas, restrições, etc.

1.7. Como criar um rascunho?

1° Passo: Inicial;

2° Passo: Rascunho (Figura 8);

3° Passo: Selecionar o plano;

4° Passo: Ok.

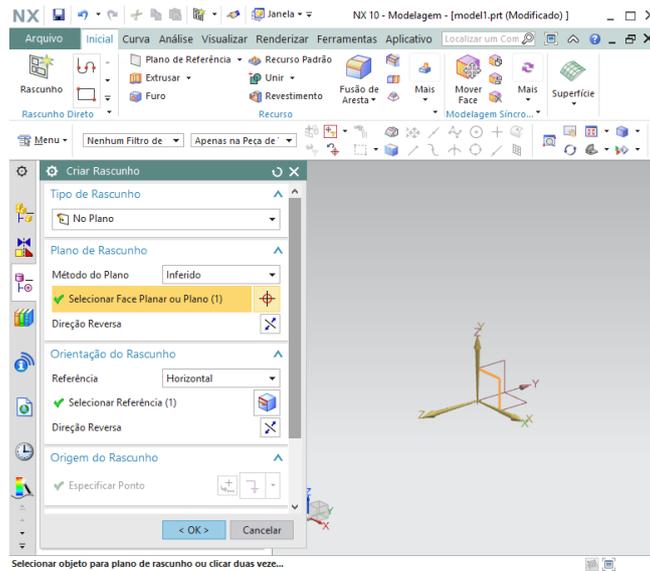


Figura 8 - Criação de rascunho

1.8. Criando um retângulo

- 1° Passo: Inicial;
- 2° Passo: Rascunho;
- 3° Passo: Selecionar o plano;
- 4° Passo: Ok;
- 5° Passo: Selecionar retângulo por dois pontos;
- 6° Passo: Selecionar o primeiro ponto;
- 7° Passo: Selecionar o segundo ponto;
- 8° Passo: Esc.

1.9. Alterando as dimensões do retângulo

- 1° Passo: Dois cliques na cota ou utilizar o comando de *dimensão rápida* na barra de ferramentas. Como mostrado na Figura 9.
- 2° Passo: Altere as dimensões para 50x40mm.

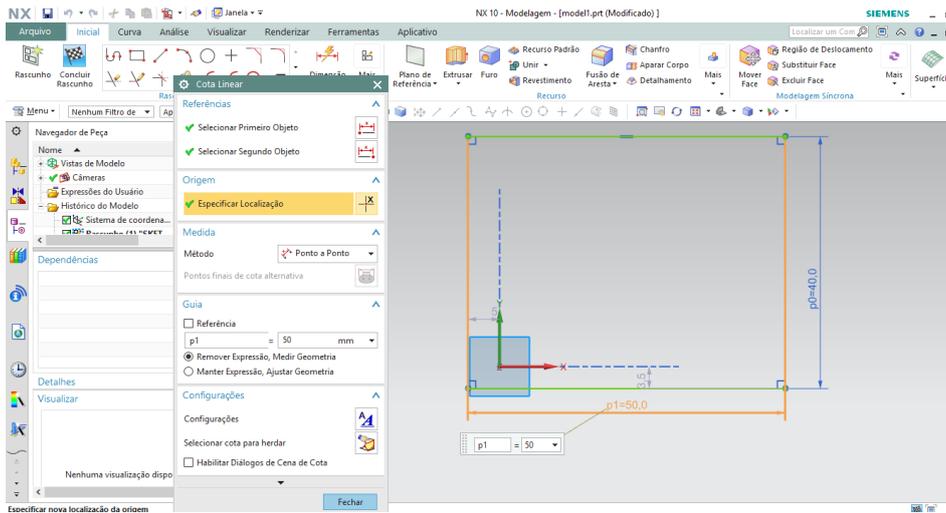


Figura 9 - Alterar cota

1.10. Centralizando o rascunho

Para centralizar o desenho deve-se inserir restrições. Para tal, deve-se clicar no botão *mais*, localizado dentro do grupo de comandos de rascunho direto, e selecionar a opção de restrição geométrica (Figura 10). Essas restrições possuem a função de especificar e manter condições para, ou entre, a geometria do rascunho.

1° Passo: Inicial;

2° Passo: Mais;

3° Passo: Restrição do ponto médio (para centralizar);

4° Passo: Selecionar o ponto médio das linhas verticais;

5° Passo: Clicar em *selecionar objeto à restringir para(0)*;

6° Passo: Selecionar o ponto de origem das coordenadas;

7° Passo: Ok;

8° Passo: Repetir o procedimento, só que dessa vez deve-se restringir o ponto médio de uma das linhas horizontais.

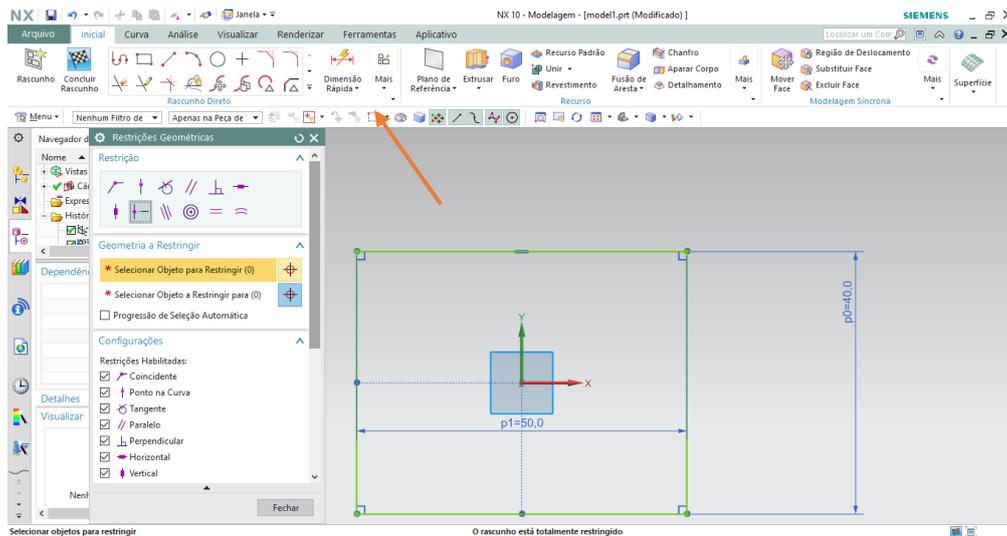


Figura 10 - Inserir restrições

1.11. Extrusão

A função “extrusar” é responsável por dar forma sólida ao componente.

1º Passo: Concluir rascunho;

2º Passo: Clicar no botão de *extrusão*;

3º Passo: Selecionar as arestas em que se deseja realizar a extrusão;

4º Passo: Definir a dimensão. Na Figura 11, foi utilizado 120mm.

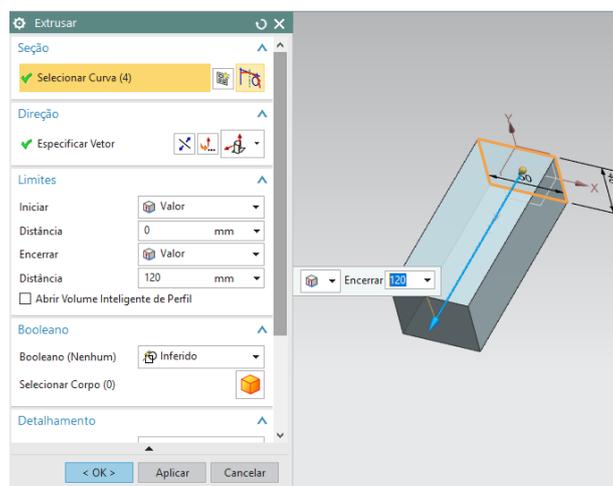


Figura 11 - Extrusão

1.12. Arredondamento

1° Passo: Inicial;

2° Passo: Rascunho;

3° Passo: Selecionar uma das maiores faces do retângulo, como na Figura 12, para que outro rascunho seja criado em cima da face da peça;

4° Passo: Desenhar um retângulo com dimensões 30x60;

5° Passo: Para arredondar os cantos do retângulo, utiliza-se o comando *filete*, dentro do grupo de comandos *rascunho direto*;

6° Passo: Para arredondar, seleciona-se as duas arestas do rascunho;

7° Passo: Seleciona-se o raio desejado (O raio de arredondamento utilizado para este exercício deve ser de 5mm);

8° Passo: Ok/enter;

9° Passo: Encerrar o rascunho.

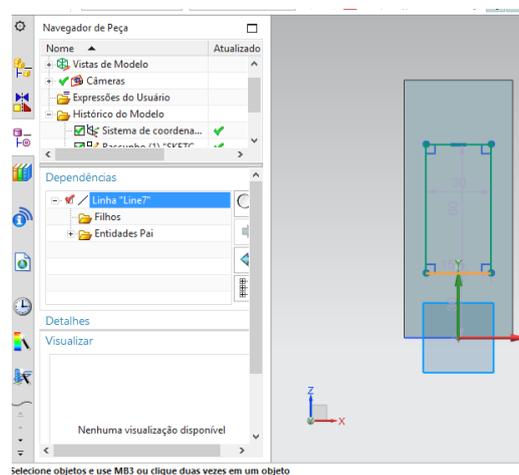


Figura 12 - Novo rascunho

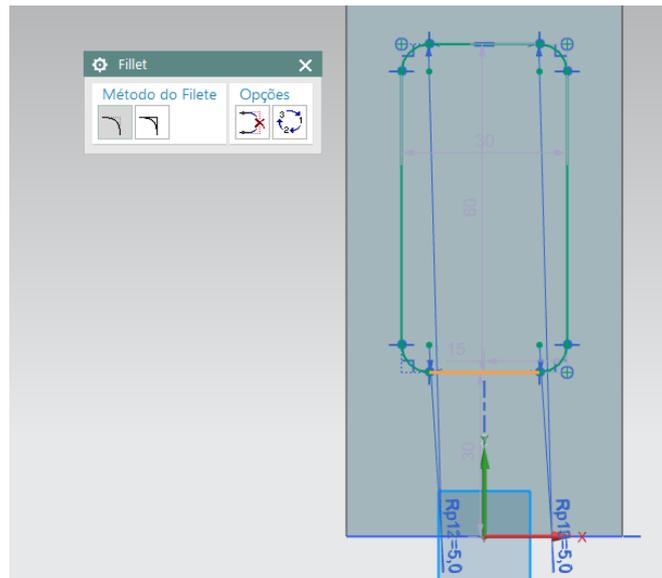


Figura 13 – Filete

1.13. Recortar

1º Passo: Comando extrusão.

2º Passo: Na janela de extrusão, deve-se alterar a função booleana para *subtrair*, desse modo, será gerada uma cavidade (Figura 14).

3º Passo: Utilize 15 mm de profundidade;

4º Passo: Ok/enter;

5º Passo: Salve o desenho.

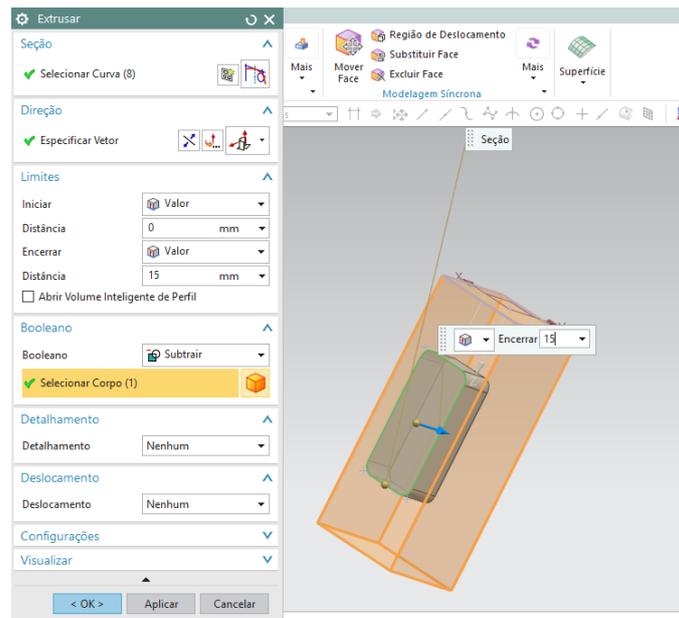


Figura 14 – Subtrair

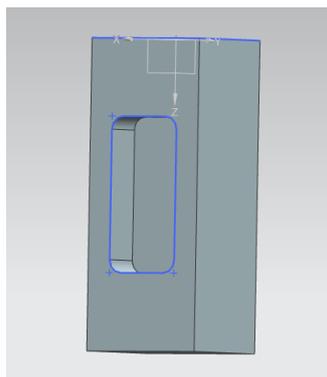


Figura 15 - Peça 01

1.14. Revolução

Passo 1: Criar nova peça.

Passo 2: Criar rascunho da metade da seção transversal da geometria circular que se deseja desenhar (Figura 16).

Passo 3: Desenhar linha de centro, que servirá como eixo central para a revolução da peça (Figura 17)

Passo 4: Após o rascunho criado, deve-se selecionar o comando de revolução (Figura 18).

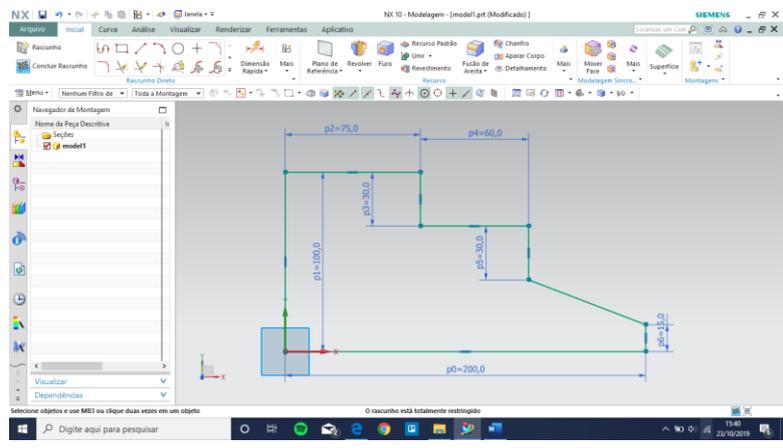


Figura 16 - Rascunho para revolução.

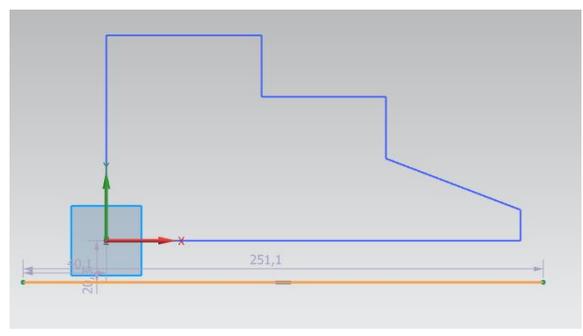


Figura 17 - Criação de linha de centro.

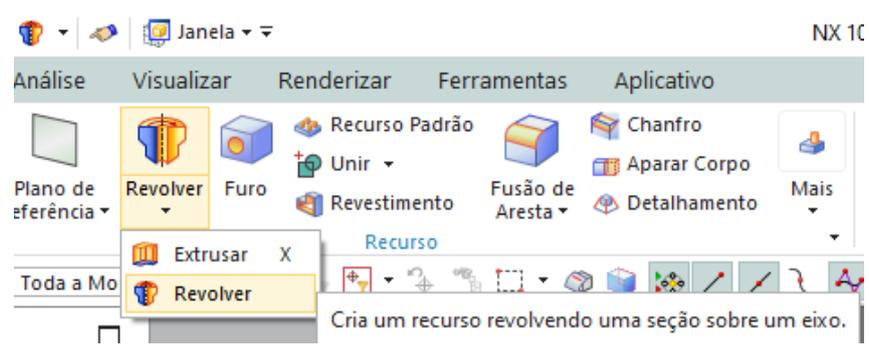


Figura 18 - Selecionar comando de revolução.

Passo 5: Em seguida, uma nova janela se abrirá (Figura 19), com espaço para especificar as curvas da geometria a ser revolucionada, o ponto central, que é dado pela linha de

centro definida no passo 3, e o vetor, que determina a direção a ser percorrida pela revolução.

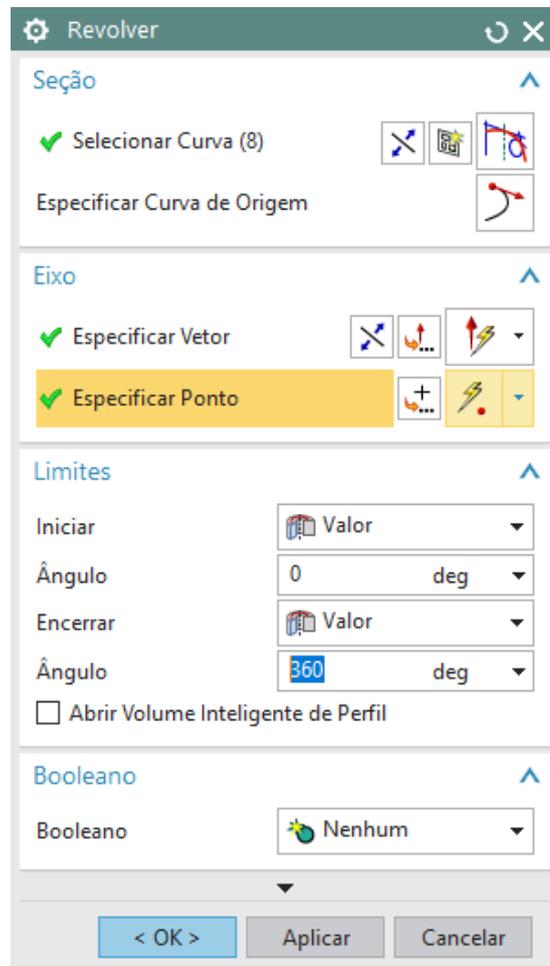


Figura 19 - Especificar parâmetros.

Passo 6: Clicar em ok.

1.15. Criar chanfro

Passo 1: Clicar no comando de criação de chanfro (Figura 20).

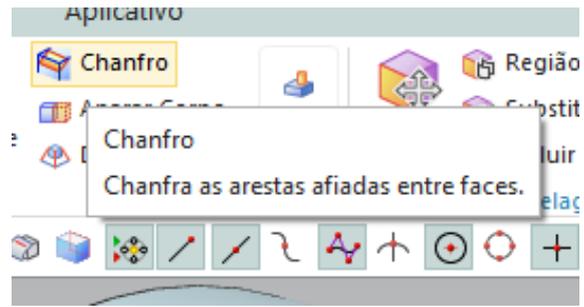


Figura 20 - Criar chanfro

Passo 2: Clicar nas arestas que pretende-se chanfrar (Figura 21)

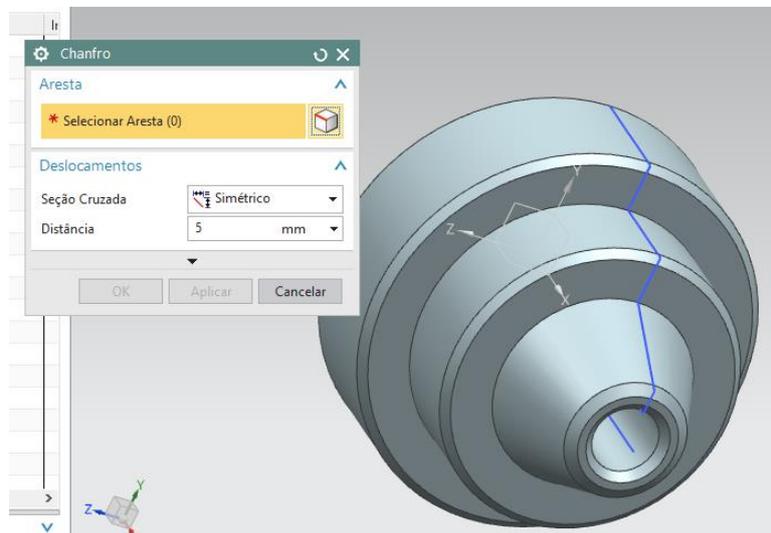


Figura 21 - Seleção de arestas para chanfro.

CAPÍTULO 2 – CAM

2.1. Criando um arquivo de CAM

1º Passo: Novo arquivo;

2º Passo: Alterar o tipo de arquivo para *Manufacturing* (Figura 22);

3º Passo: Selecionar um nome para o arquivo e a pasta de destino;

4º Passo: Ok.

Após realização dos passos anteriores uma nova janela aparecerá na tela, representada na Figura 23, é onde deve ser selecionado o tipo de usinagem que deseja ser utilizada. Por exemplo, no próximo exemplo utiliza-se a mil_contour, que diz respeito a fresa 3D.

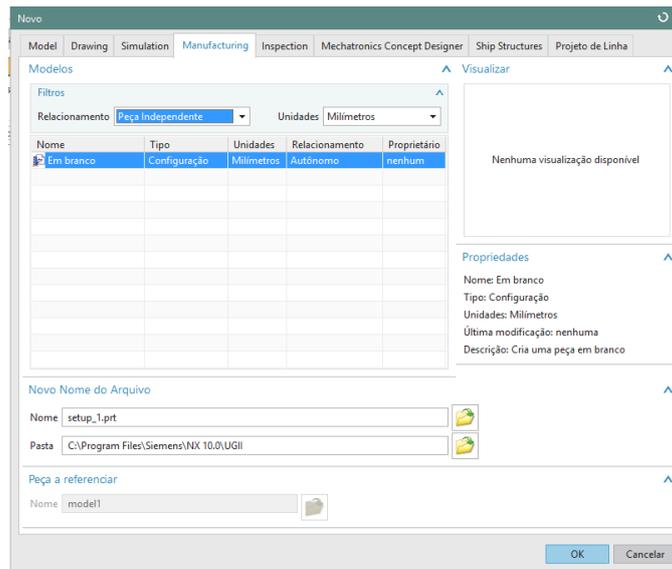


Figura 22 – Criação de um arquivo CAM

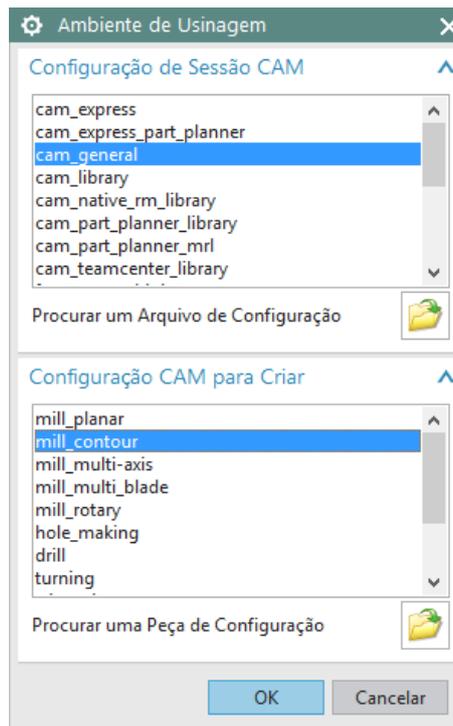


Figura 23 - Ambiente de Usinagem

2.2. Usinagem simples de uma cavidade

2.2.1. Importar peça

1º Passo: Importar peça (Figura 24);

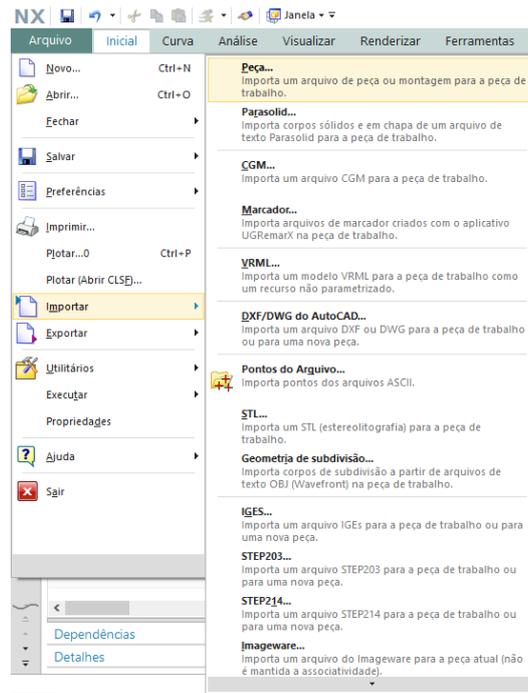


Figura 24 - Importar peça

2.2.2. Selecionar a referência para máquina (ponto zero e plano de referência)

2º Passo: Deve-se selecionar a vista de geometria (Botão acima do navegador de operação);

3º Passo: Clique duplo em MCS_MILL para especificar o ponto zero de trabalho (zero máquina);

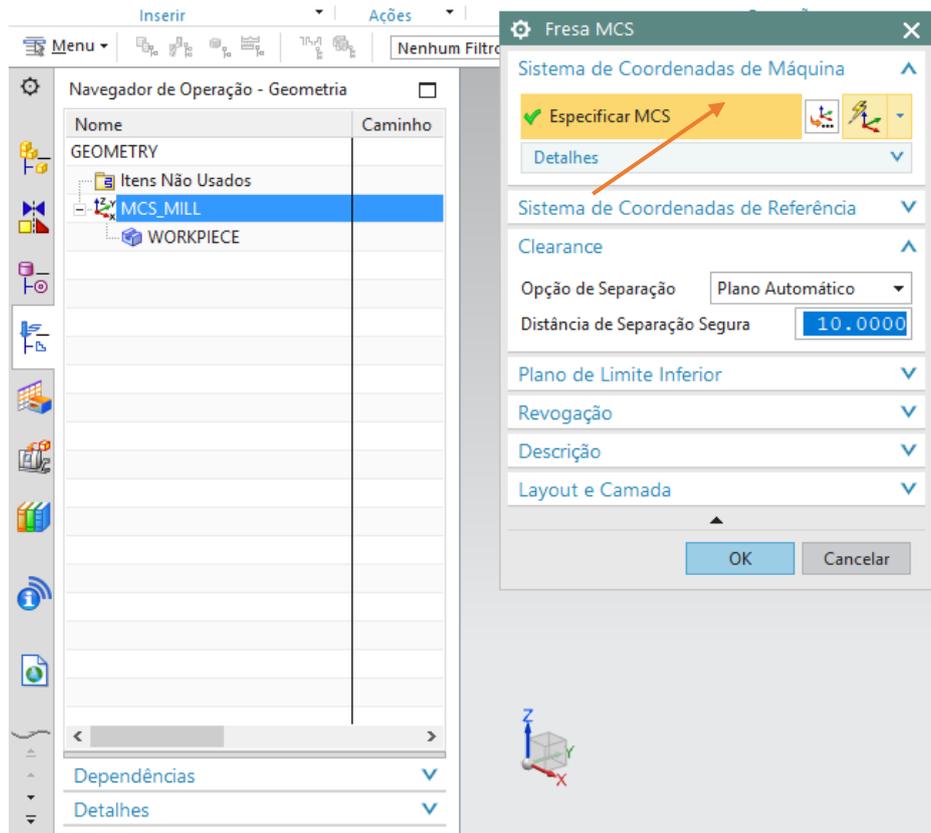


Figura 25 - Especificação do ponto zero de trabalho

4º Passo: Para a especificação do ponto zero de trabalho, deve-se clicar na caixa de diálogo CSYS, indicada por uma seta na Figura 25.

5º Passo: A escolha do ponto zero deve ser feita clicando com o botão esquerdo no ponto desejado.

Obs: Caso o sistema de coordenadas da máquina não esteja posicionado corretamente, como especificado na Figura 26, é possível reposicioná-lo, utilizando os pontos amarelos que aparecem na imagem, para rotacionar as direções das coordenadas.

6º Passo: Ok.

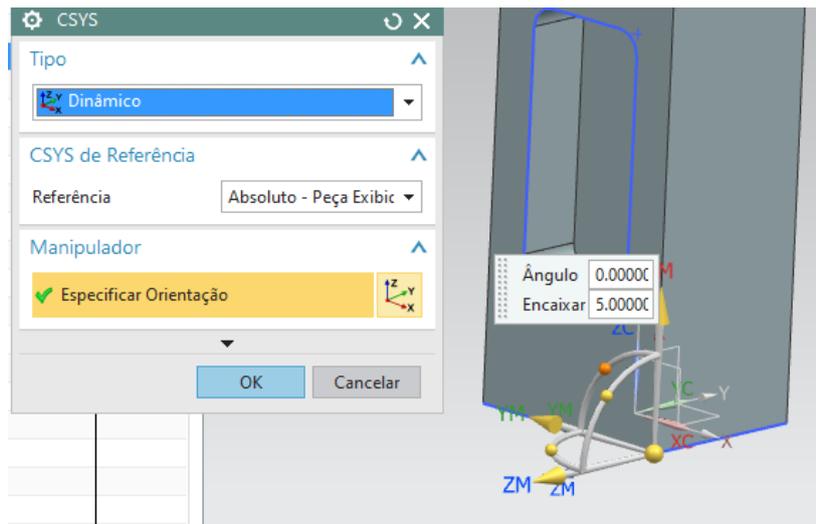


Figura 26 - Selecionando o ponto zero de trabalho

7º Passo: Definição do plano de segurança, ponto onde a ferramenta irá parar, antes de iniciar a usinagem. Para defini-lo, na aba Clearance, dentro da janela de *Fresa MSC*, deve-se selecionar “plano” dentro da *opção de separação*.

8º Passo: Selecionar especificar plano, em seguida clicar na face a ser usinada.

9º Passo: Em seguida, deve-se especificar a distância de segurança desejada. A distância escolhida na Figura 27 foi de 10 mm.

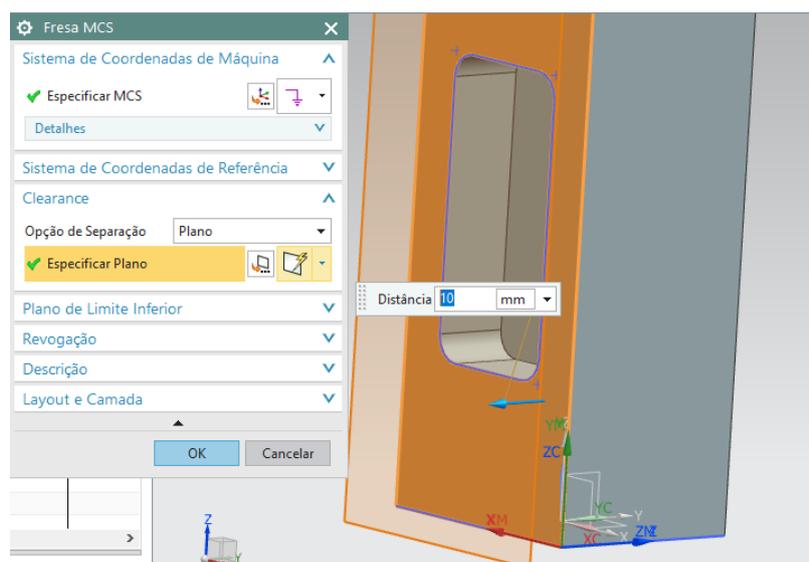


Figura 27 - Definição do plano de segurança

2.2.3. Criar a peça de trabalho.

10° Passo: Clique duplo no comando *Workpiece* no navegador de operação (Figura 28).

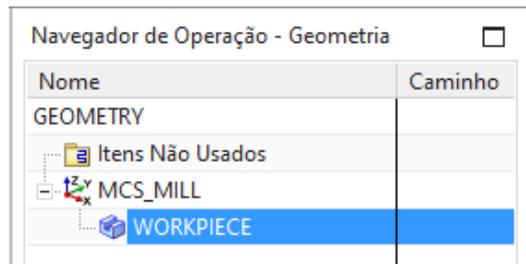


Figura 28 - Navegador de operação.

11° Passo: A janela *Peça de trabalho* (Figura 29) abrirá, dentro dela possui a opção para especificar peça, onde deve-se clicar no botão *Selecionar ou editar geometria de trabalho*. Em seguida, deve-se clicar na peça a ser usinada.

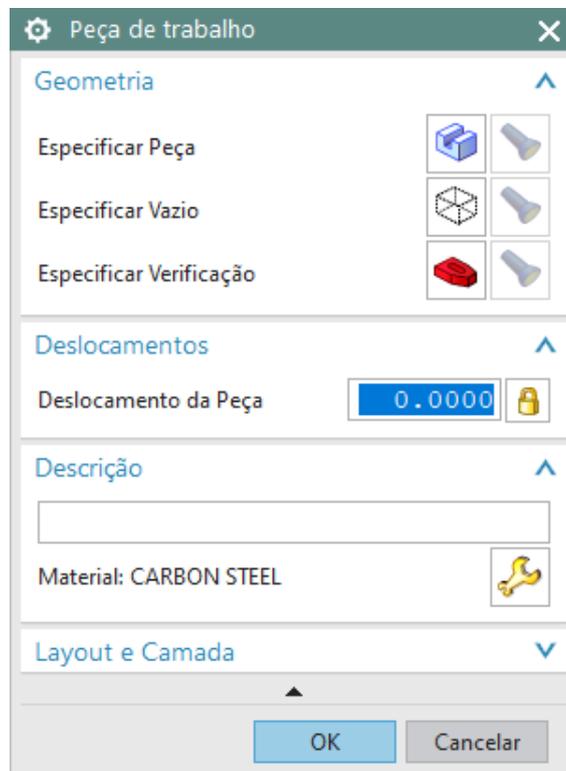


Figura 29 - Especificar a peça.

12° Passo: Em seguida deve-se especificar o vazio, que diz respeito a geometria original do material que será utilizado para realizar a usinagem. No caso do exemplo utilizado aqui, a geometria selecionada foi a de bloco delimitador, como mostrado na Figura 30, demonstrando que o material a ser usinado inicialmente tem um formato retangular.

13° Passo: Ok.

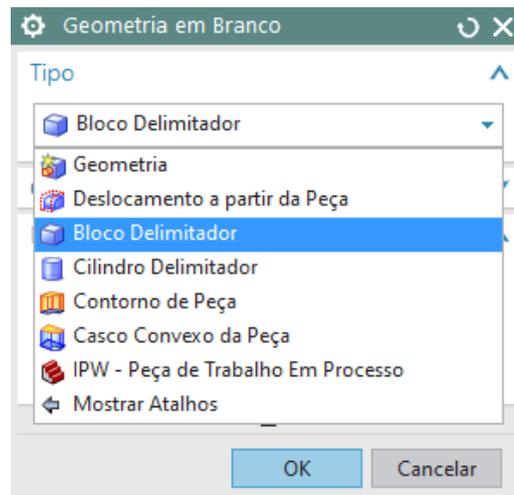


Figura 30 - Seleção de geometria em branco.

2.2.4. Criação da ferramenta de usinagem.

14° Passo: Mudar a visualização do navegador de operação, para o ambiente de *Vista de ferramenta de máquina*. Feito isso, aparecerão as ferramentas existentes.

15° Passo: Clicar no botão *Criar ferramenta* (Figura 31).

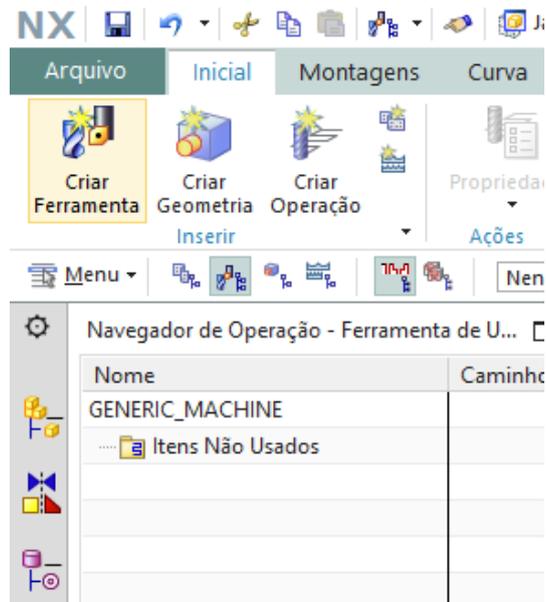


Figura 31 - Criar ferramenta.

16° Passo: Para criar a ferramenta, deve-se selecionar o tipo de usinagem que se deseja. Como demonstrado na Figura 32, no exemplo aqui exposto foi selecionado a mil_contour, que representa uma fresa de topo.

17° Passo: Ok.



Figura 32 - Criação da ferramenta de fresa.

18º Passo: Agora, deve-se determinar as dimensões da ferramenta. Para o exemplo aqui demonstrados, usou-se as dimensões apresentadas na Figura 33.

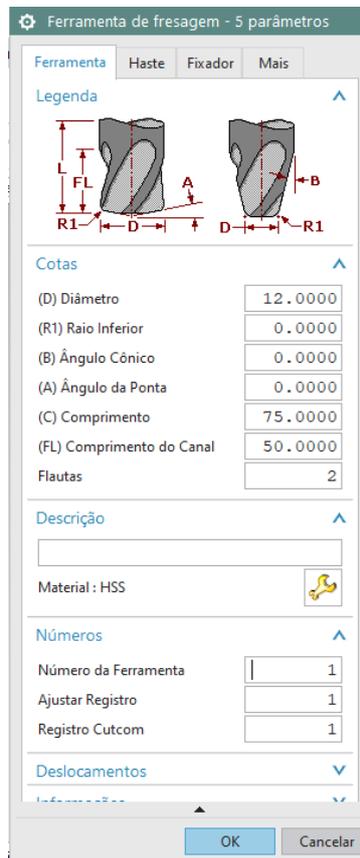


Figura 33 - Ferramenta de fresagem.

2.2.5. Geração do código de usinagem.

19º Passo: Após a definição da geometria da ferramenta, deve-se clicar no botão de criação de operação para que se inicie a operação de usinagem (Figura 34).

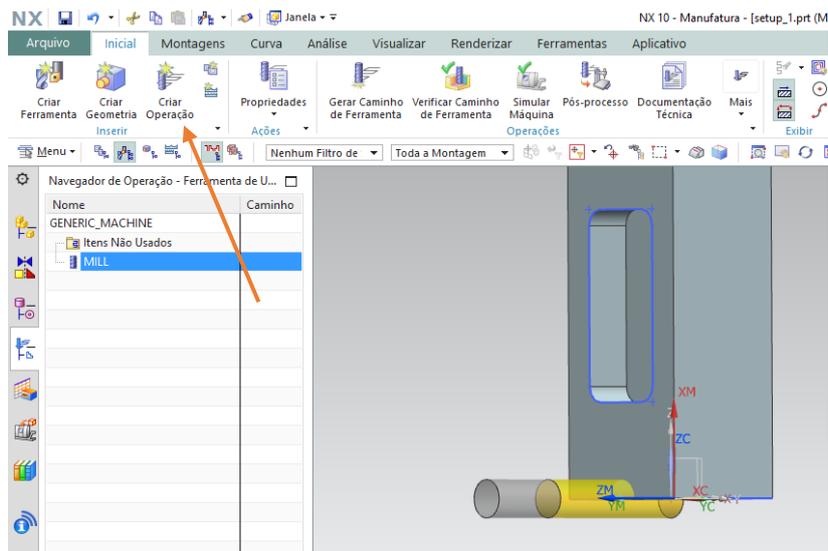


Figura 34 - Criação de operação de usinagem.

20° Passo: O tipo de operação deve ser selecionado de acordo com a maneira que o desbaste será realizado. No exemplo demonstrado, o tipo escolhido foi o de fresagem por cavidade (Figura 35).

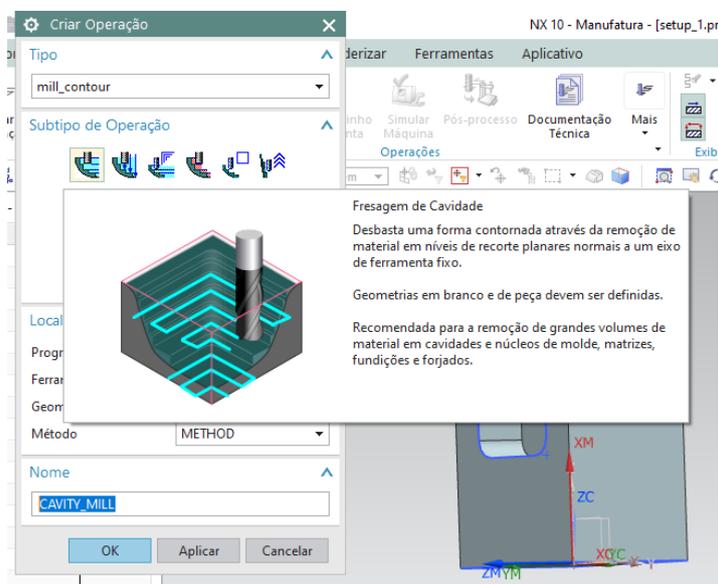


Figura 35 - Fresagem por cavidade.

21° Passo: Na aba *Localização* (Figura 36), ainda na janela de criação de operação, deve ser selecionado o programa a ser utilizado, a ferramenta que foi criada anteriormente, a

geometria a ser usinada e o método, que está relacionado ao acabamento superficial, onde há opções de desbaste, semi-acabamento e acabamento. O método selecionado é o de desbaste (Figura 37), o que irá conferir à peça uma superfície mais grosseira, entretanto, a velocidade da operação será maior.



Figura 36 -Aba localização.

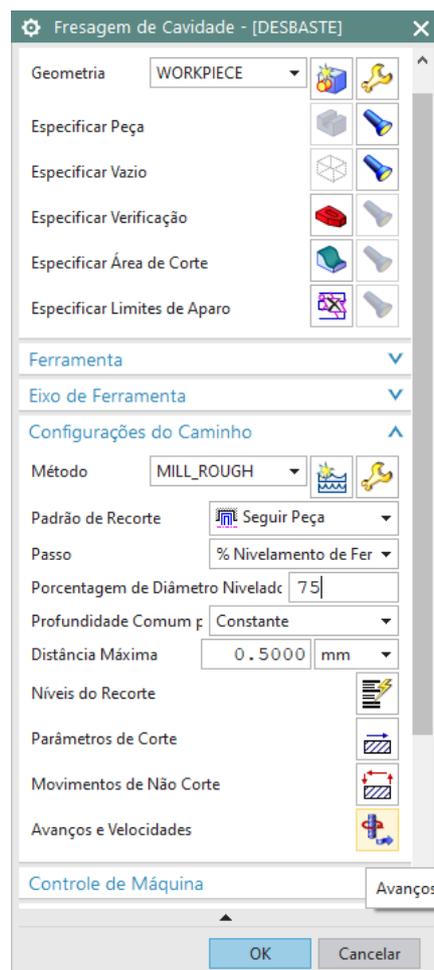


Figura 37 - Fresagem por cavidade (Desbaste)

22° Passo: Ok.

23° Passo: Na nova janela que abriu, seleciona-se a opção *Especificar área de corte*, em seguida as faces da cavidade que será desbastada devem ser selecionadas (Figura 38).

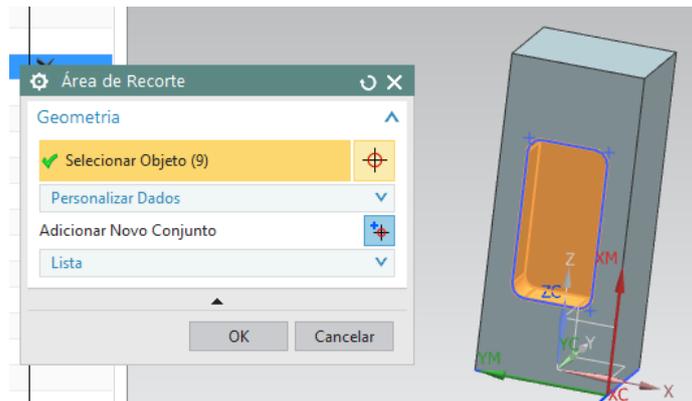


Figura 38 - Selecionar áreas de recorte.

24° Passo: Altera-se a *porcentagem de diâmetro nivelado*, que se refere ao deslocamento lateral da ferramenta, ou seja, o quanto a ferramenta dá de passo lateral para realizar a cavidade no desgaste. A *distância máxima* representa a profundidade de corte de cada passada. Para o exemplo utilizou-se 70% e 0,5 mm de distância. Os outros critérios serão tratados posteriormente, pois para operação que está sendo realizada não se torna necessário alterá-los.

25° Passo: Finalmente, deve-se selecionar os avanços e velocidades (Figura 39). A velocidade em rpm deve ser calculada em relação a velocidade de corte e o diâmetro da ferramenta. O avanço é calculado relacionando o número de dentes da ferramenta, a velocidade em rpm e o avanço por dente.

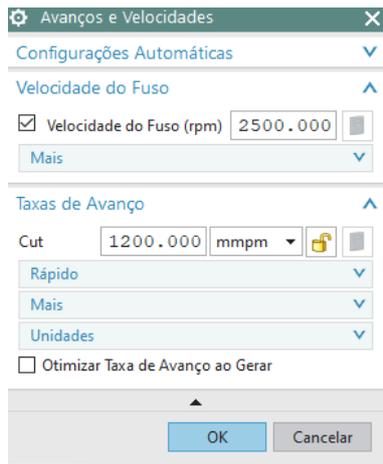


Figura 39 - Avanços e velocidades.

26° Passo: Clicar em *Gerar o caminho de usinagem* (Figura 40). Automaticamente, todos os percursos que a ferramenta fará serão exibidos, como mostrado na Figura 41. As linhas amarelas são as aproximações, as verdes são os deslocamentos laterais, as azuis são os movimentos de entrada e as vermelhas representam os movimentos rápidos.

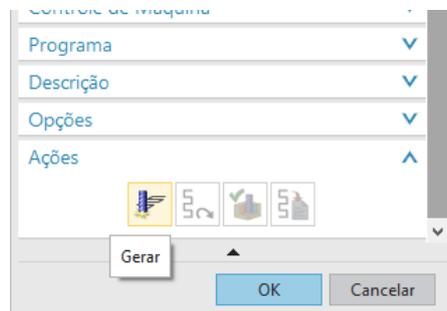


Figura 40 - Gerar simulação de usinagem.

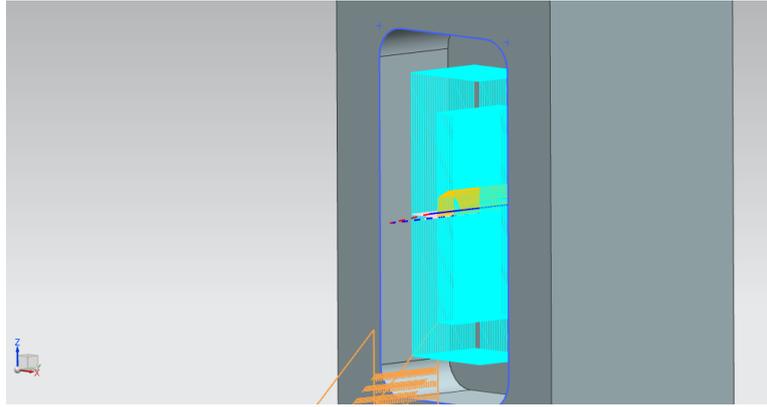


Figura 41 - Caminho de usinagem.

2.2.6. Simulação

27° Passo: Após a realização de todos os passos anteriores, está pronto o programa de desbaste. É possível verificar o funcionamento do programa através do botão *Verificar* (Figura 42).



Figura 42 - Verificar.

28° Passo: Para simular, deve-se selecionar a aba *3D dinâmico* e reduzir a velocidade de usinagem para que seja possível observar o movimento da ferramenta, demonstrado na Figura 43. É importante realizar a verificação, para saber se a usinagem está de acordo com o esperado.

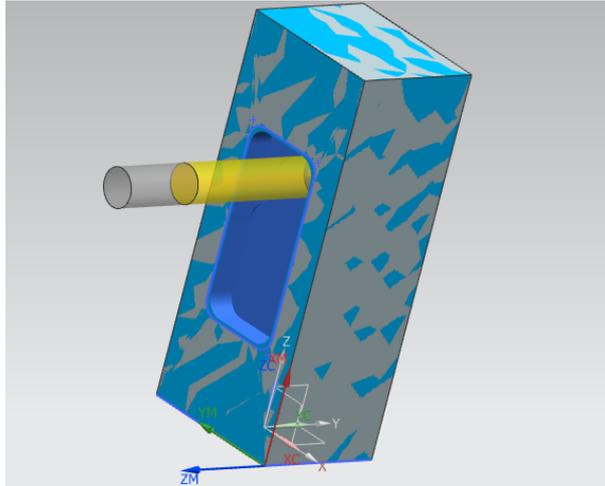


Figura 43 - Movimento da ferramenta de fresamento.

29° Passo: Finalizar. Ok. Ok.

2.2.7. Operação de acabamento

1° Passo: Selecionar o botão *Criar operação*.

2° Passo: Mantêm-se a ferramenta, e altera-se o método para *mill_finish*, que diz respeito ao melhor acabamento superficial. O subtipo de operação para o exemplo demonstrado aqui, foi o perfil nível z, mostrado na Figura 44.

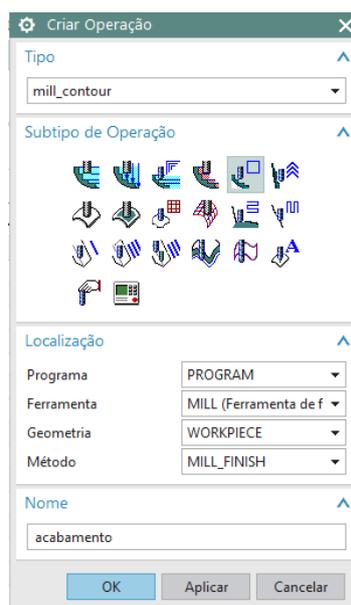


Figura 44 - Criar operação de acabamento superficial.

32° Passo: Deve-se selecionar as faces onde será realizado o acabamento, nesse caso só será realizado nas laterais. A profundidade de corte selecionada para o exemplo foi de 5 mm.

33° Passo: Clicando no botão parâmetros de corte, é possível selecionar o tipo de deslocamento, se é concordante ou discordante, para o exemplo utilizou-se a opção “subir recorte” que diz respeito ao deslocamento concordante (Figura 45).

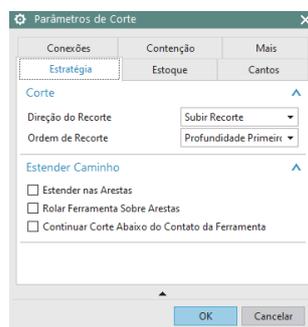


Figura 45 - Parâmetros de corte para acabamento.

34° Passo: Na aba *Conexões* (Figura 46) é onde será definido qual caminho a ferramenta percorrerá para realizar o avanço. No exemplo utilizou-se “rampa na peça”, cuja ferramenta desce fazendo uma rampa na peça com um ângulo de inclinação de 5 graus.

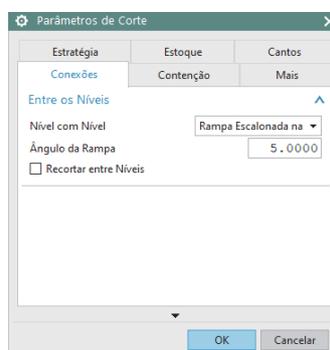


Figura 46 - Definição do caminho percorrido pela ferramenta para realizar o avanço.

35° Passo: Deve-se alterar os parâmetros de velocidade e avanço, foram utilizados nesse exemplo os mesmos parâmetros utilizados para o desbaste.

36° Passo: Após a realização de todos os passos anteriores, é só clicar para gerar o programa, depois realizar a simulação, como explicado anteriormente (Figura 47).

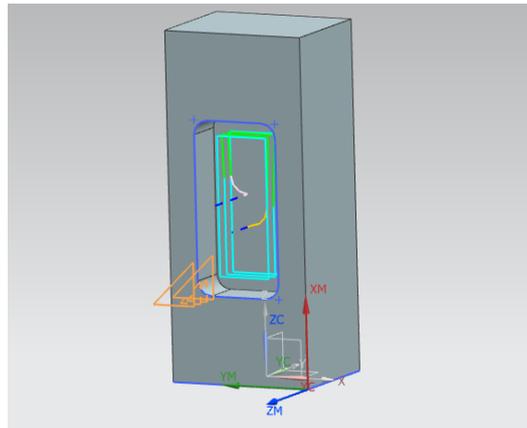


Figura 47 - Caminho de usinagem de acabamento superficial.

2.3. Torneamento

2.3.1. Criar um arquivo de torneamento e importar peça

1° Passo: Criar um arquivo de CAM, seguindo passos mostrados no tópico 2.1. Entretanto, nesse caso, a configuração de sessão CAM a ser selecionada será *lathe* (torno) e o tipo de usinagem a ser escolhida deve ser *turning*, que diz respeito ao torneamento, como mostrado na Figura 48.

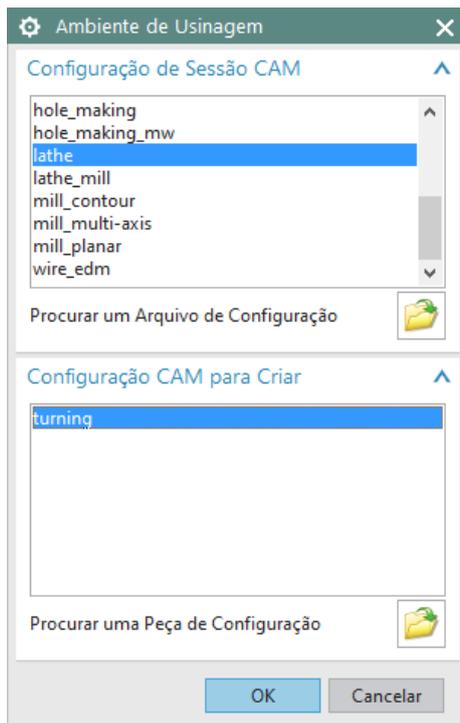


Figura 48 - Ambiente de usinagem

2º Passo: Arquivo > Importar peça (Figura 49);

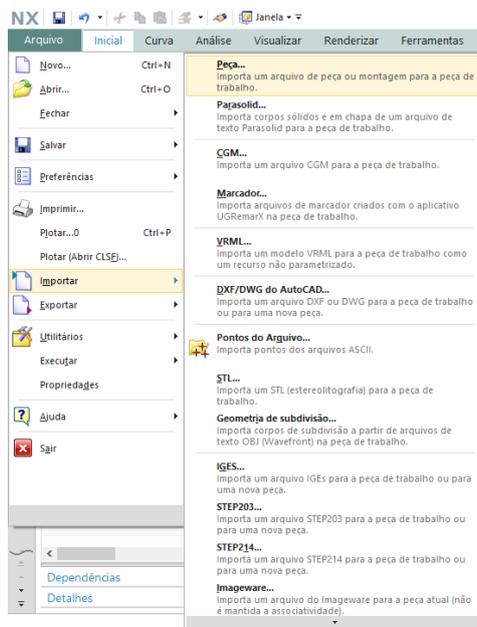


Figura 49 - Importar peça

2.3.2. Selecionar a referência para máquina (ponto zero e plano de referência)

3º Passo: Deve-se selecionar a vista de geometria (Botão acima do navegador de operação – Figura 50);

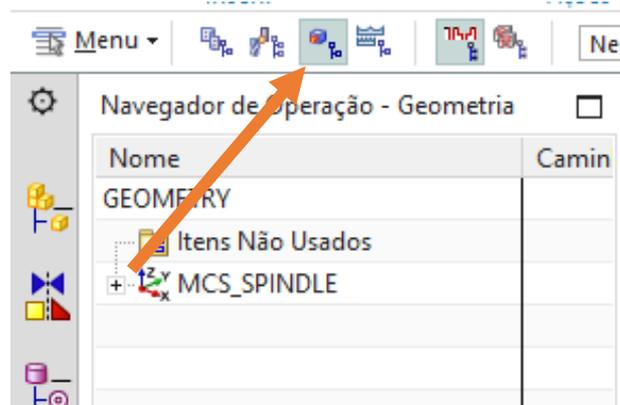


Figura 50 - Botão de vista de geometria

4º Passo: Clique duplo em MCS_SPINDLE.

5º Passo: Para a especificação do ponto zero de trabalho, deve-se clicar na caixa de diálogo CSYS, indicada por uma seta na Figura 51.

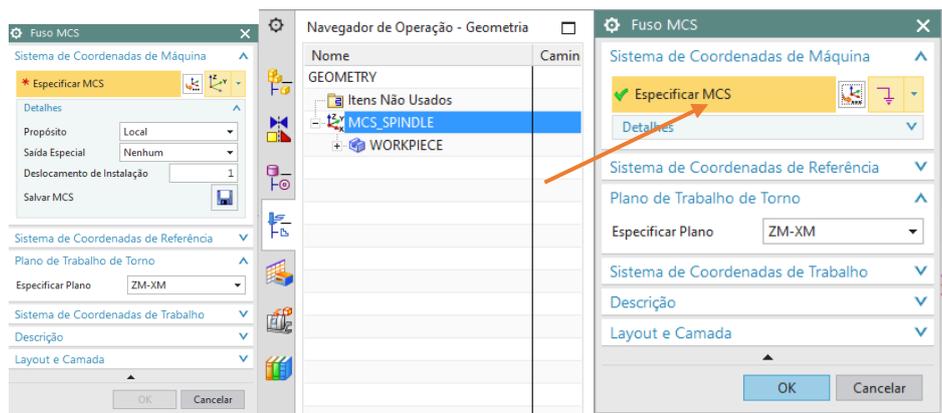


Figura 51 - Especificação do ponto zero de trabalho

6º Passo: A escolha do ponto zero deve ser feita clicando com o botão esquerdo no ponto da peça desejado. No caso do exemplo aqui demonstrado, o ponto zero deve ser colocado no centro da aresta maior. Em seguida, clicar em ok.

Obs: Caso o sistema de coordenadas da máquina não esteja posicionado corretamente, como especificado na Figura 52, é possível reposicioná-lo, utilizando os pontos amarelos que aparecem entre os eixos, para rotacionar as direções das coordenadas. Para tal, deve-se apenas selecionar o ponto e alterar o ângulo do mesmo para 90 graus. Em seguida, apertar “Enter”. Deve-se repetir o procedimento até as coordenadas apontarem para a posição desejada.

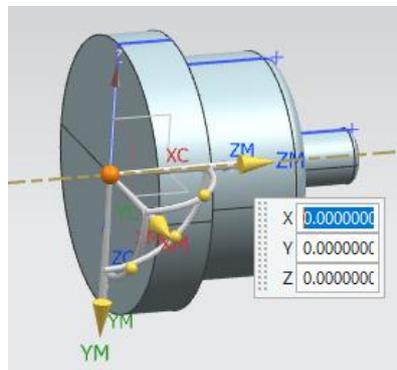


Figura 52 - Ponto zero de trabalho

2.3.3. Criar a peça de trabalho.

7º Passo: Clique duplo no comando *Workpiece* (Figura 53).

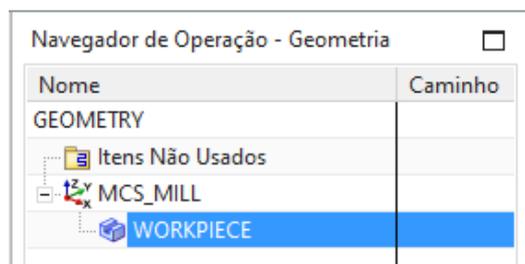


Figura 53 - Comando workpiece para seleção da peça de trabalho

8º Passo: A janela *Peça de trabalho* abrirá, dentro dela possui a opção para especificar peça, onde deve-se clicar no botão *Selecionar ou editar geometria de trabalho*. Em seguida, deve-se clicar na peça a ser usinada. Clicar em ok.

9º Passo: Em seguida, é necessário especificar o vazio, que diz respeito a geometria original do material antes da operação de usinagem. No caso do exemplo utilizado aqui, a geometria selecionada foi a de cilindro delimitador, como mostrado na Figura 54, demonstrando que o material a ser usinado tem um formato inicial de cilíndrico. Clicar em ok, depois ok novamente.

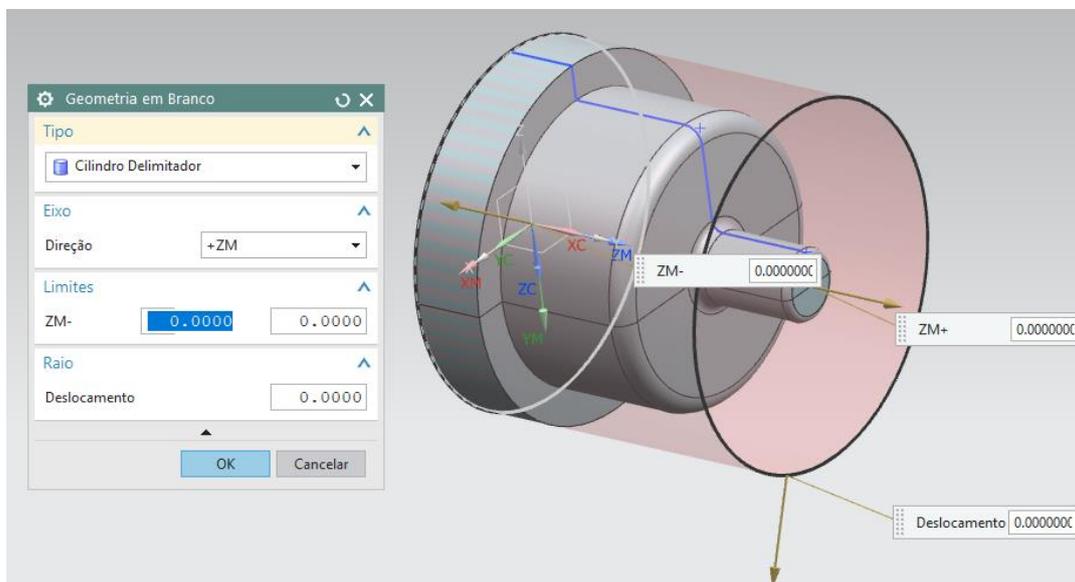


Figura 54 - Especificação do vazio.

10º Passo: Clicando no botão *Criar geometria* na barra de ferramentas, uma nova janela abrirá com opções para a criação de subtipos para as geometrias já criadas. A janela pode ser observada na Figura 55.

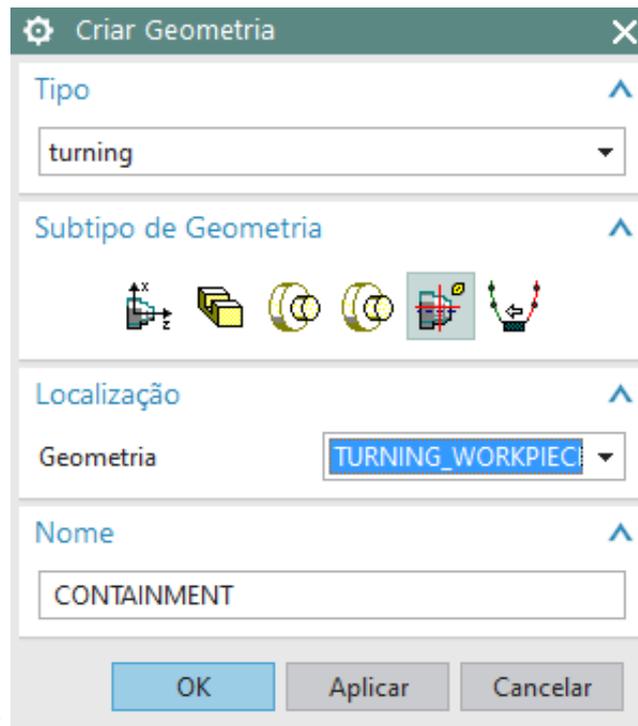


Figura 55 - Criando limite de fixação para a peça.

11° Passo: Deve-se selecionar a opção containment. Essa função irá definir os limites de fixação da peça. Na localização, selecionar o nome da geometria “TURNING_WORKPIECE”, que se refere a peça que está sendo trabalhada. Em seguida, clicar em ok.

12° Passo: Uma nova janela será aberta, onde deve-se especificar a posição da contenção/fixação da peça, mostrada na Figura 56. No exemplo aqui demonstrado, esta contenção deve ser feita axialmente, devido ao formato cilíndrico da peça. Seleciona-se uma das arestas maiores, como demonstrado na Figura 57. Em seguida, clicar em ok.

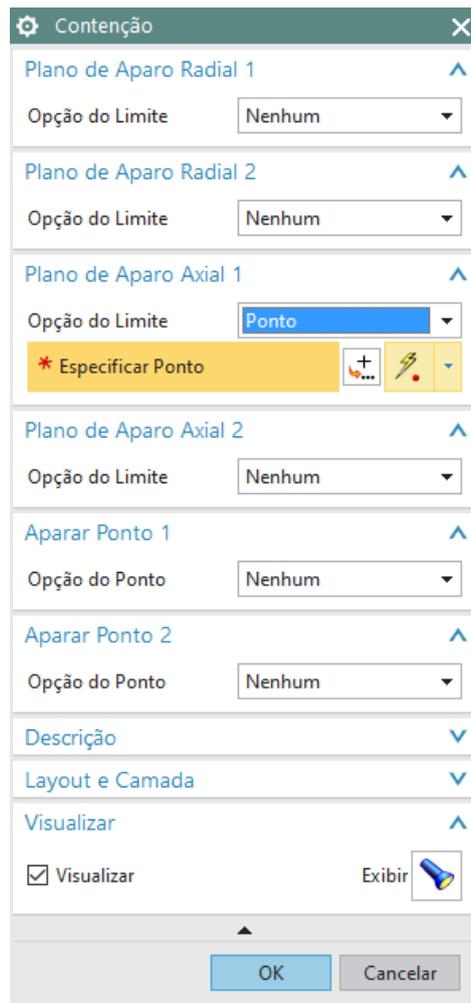


Figura 56 - Especificação da posição da contenção da peça.

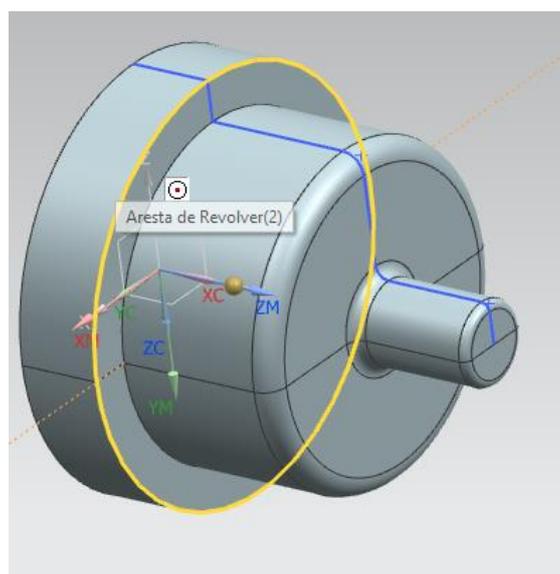


Figura 57 - Posição de contenção da peça

13º Passo: Agora deve-se selecionar os pontos de posição da ferramenta quando não está em funcionamento. Para isso, é necessário clicar novamente no botão *Criar geometria* novamente, dessa vez a opção de subtipo de ferramenta a ser selecionado é a “Avoidance”, que deve ser alocada dentro de “Containment” (Figura 58). Clicar em ok.

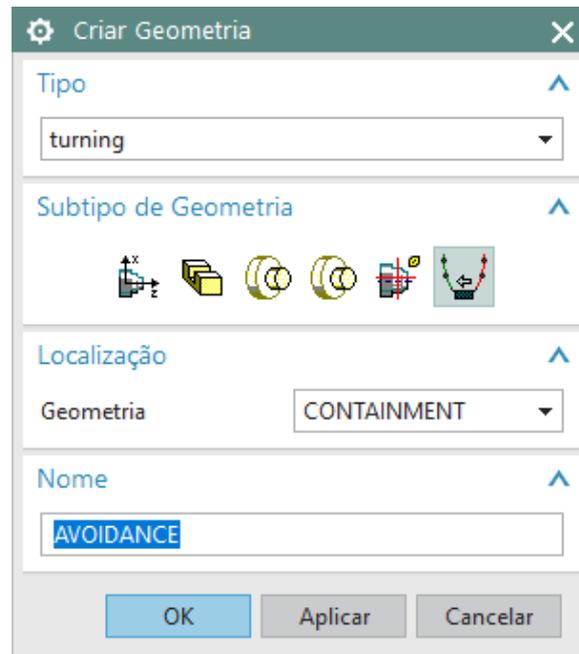


Figura 58 - Criar geometria para torneamento.

14º Passo: Uma nova janela irá abrir para selecionar a posição da ferramenta em relação à peça (Figura 59). Os pontos de entrada e saída da ferramenta devem ser especificados no mesmo ponto onde foi determinado o ponto zero da máquina. No exemplo utilizado, foi inserido um valor aleatório, relativamente próximo à peça (Figura 60).

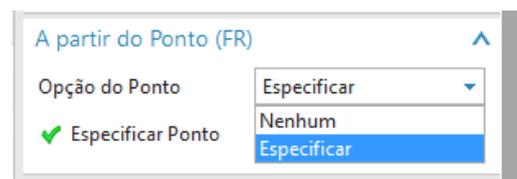


Figura 59 - Especificar ponto de entrada da ferramenta

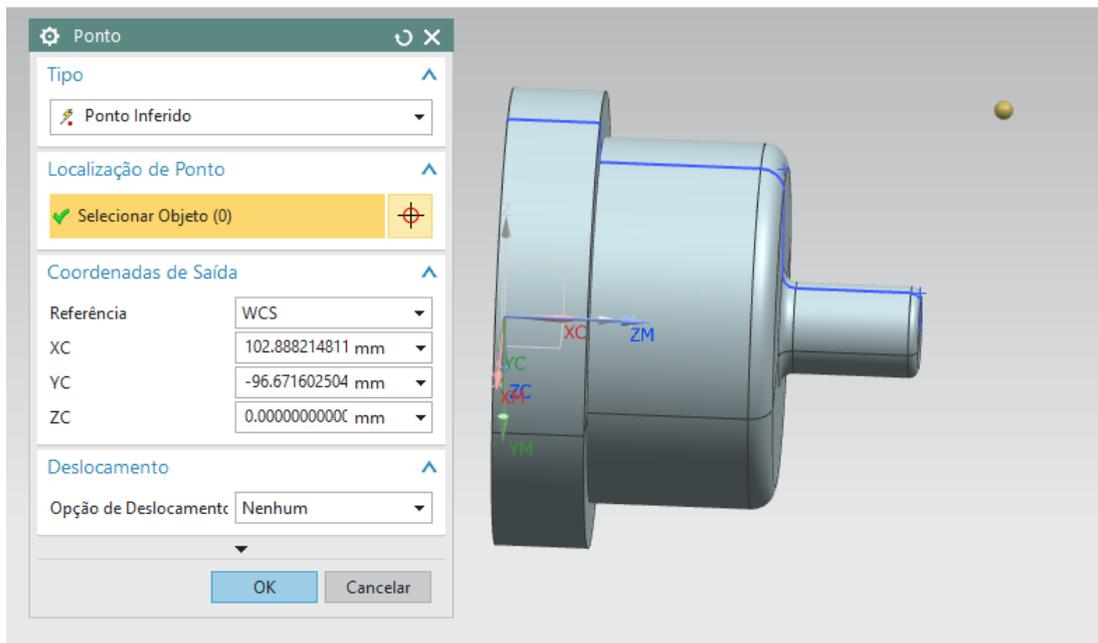


Figura 60 - Ponto de entrada.

15º Passo: Para especificar o ponto de saída da ferramenta, deve-se selecionar o tipo de movimento de saída (Figura 61). Como a peça em questão é cilíndrica, foi especificado movimento radial/axial. O ponto especificado também foi escolhido aleatoriamente, próximo ao ponto de entrada, como mostrado na Figura 62.

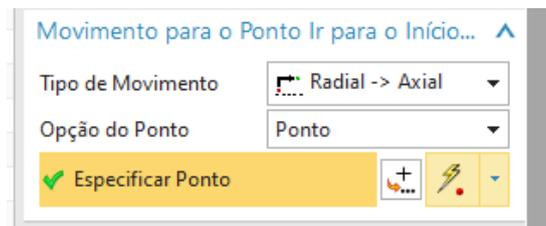


Figura 61 - Especificar ponto de saída da ferramenta.

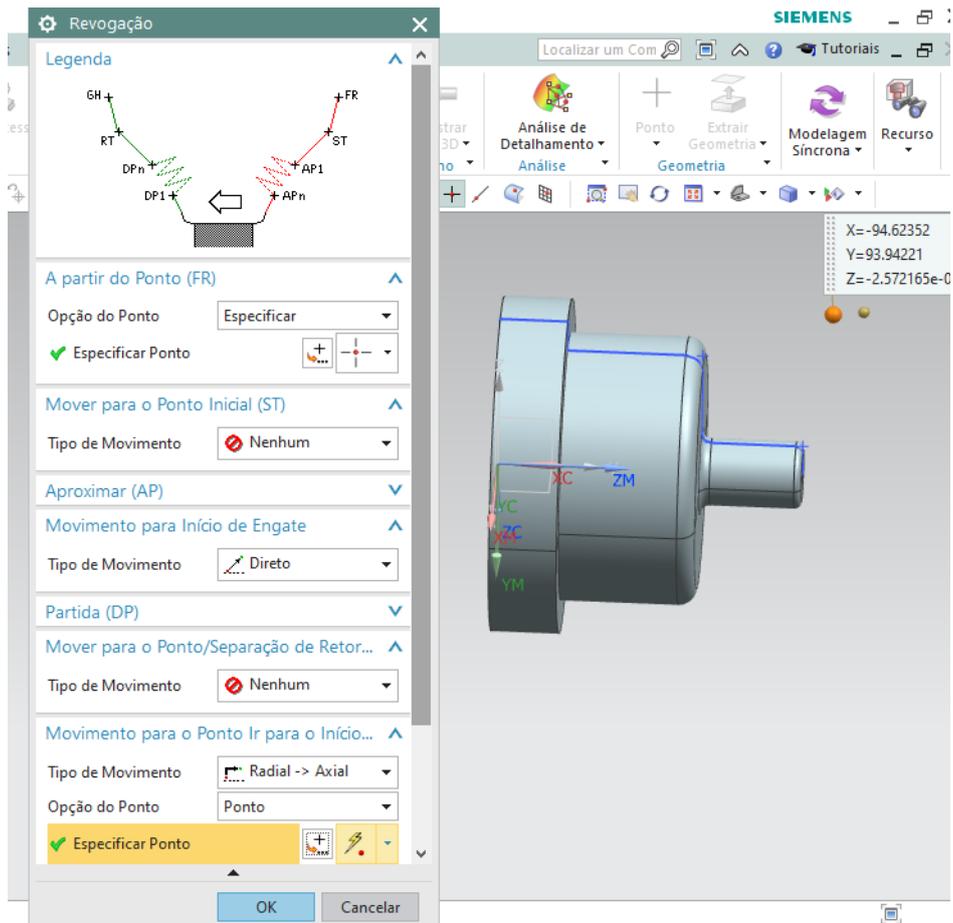


Figura 62 - Ponto de saída.

2.3.4. Criação da ferramenta de usinagem.

16° Passo: Mudar a visualização do navegador de operação, para o ambiente de *Vista de ferramenta de máquina*. Feito isto, aparecerão as ferramentas existentes.

17° Passo: Clicar no botão *Criar ferramenta*.

18° Passo: Para criar a ferramenta, deve-se selecionar o tipo de usinagem que se deseja. Como demonstrado na Figura 63, no exemplo aqui exposto foi selecionado a *turning*, que representa um torno. É preciso determinar o subtipo da ferramenta, que diz respeito a geometria de corte da ferramenta. Para este exemplo, utilizou-se o subtipo OD_55_L. Clicar em Ok.



Figura 63 - Ambiente de criação de ferramenta de torno.

19º Passo: Agora, uma nova janela é aberta, onde deve-se determinar as dimensões da ferramenta. Na aba *Ferramenta* Para o exemplo aqui demonstrado, usou-se as dimensões apresentadas na Figura 64.

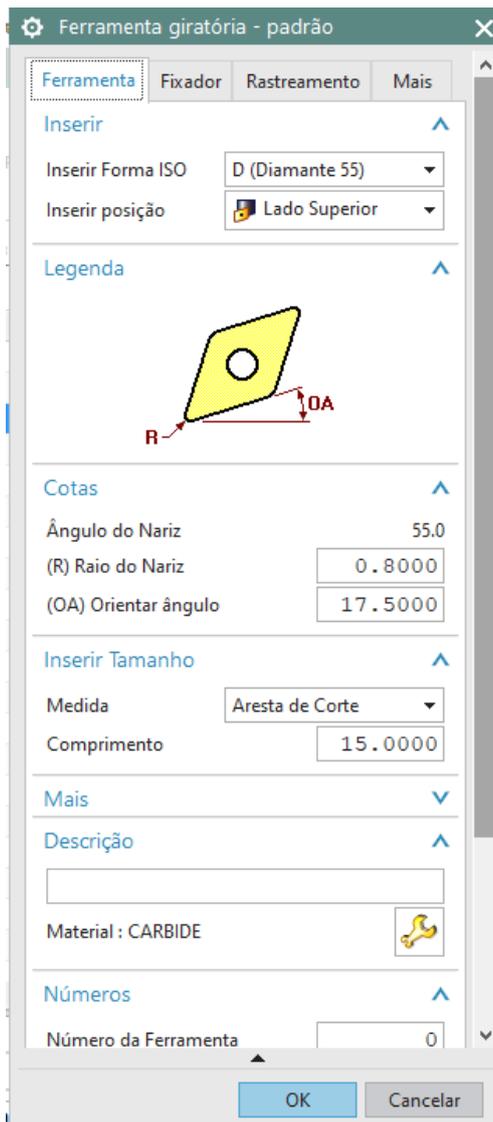


Figura 64 - Dimensões da ferramenta.

20° Passo: Para visualizar o fixador de ferramenta, seleciona-se na aba fixador a opção “usar fixador de giro”. Dessa forma, é possível alterar as suas dimensões como mostrado na Figura 65.

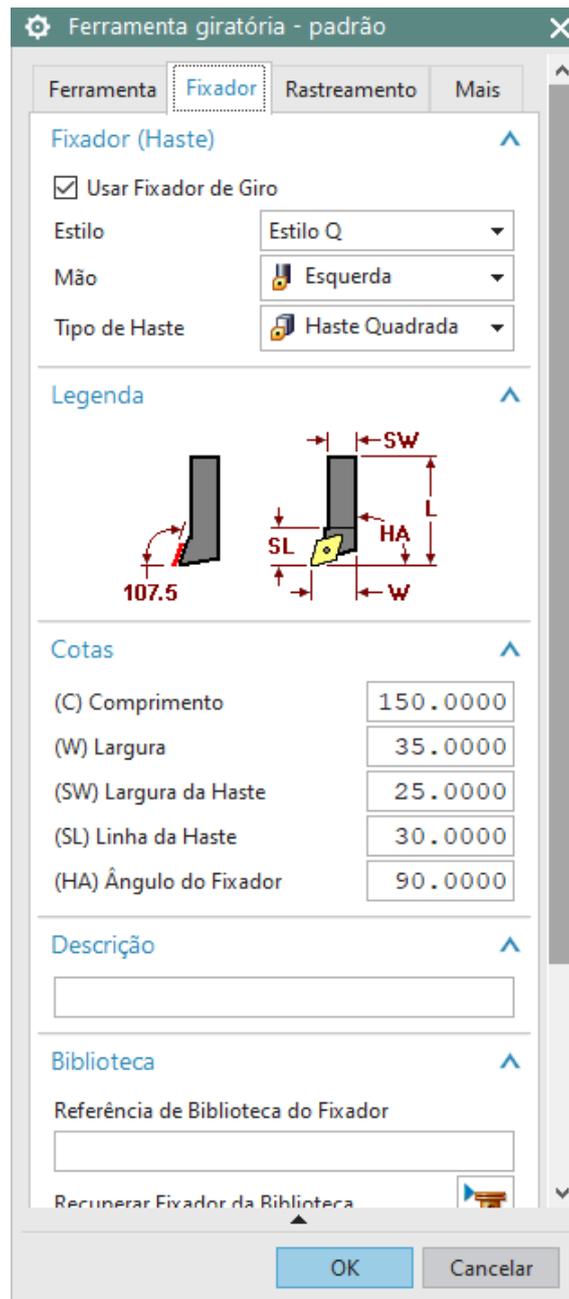


Figura 65 - Dimensões do fixador da ferramenta.

21° Passo: A ferramenta aparecerá como mostrada na Figura 66. Nesse caso, deve-se selecionar a ponta da ferramenta e arrastá-la para a ponta da peça, onde se iniciará a usinagem, de modo a melhorar a sua visualização, como demonstrado na Figura 67. Em seguida deve-se clicar em ok.

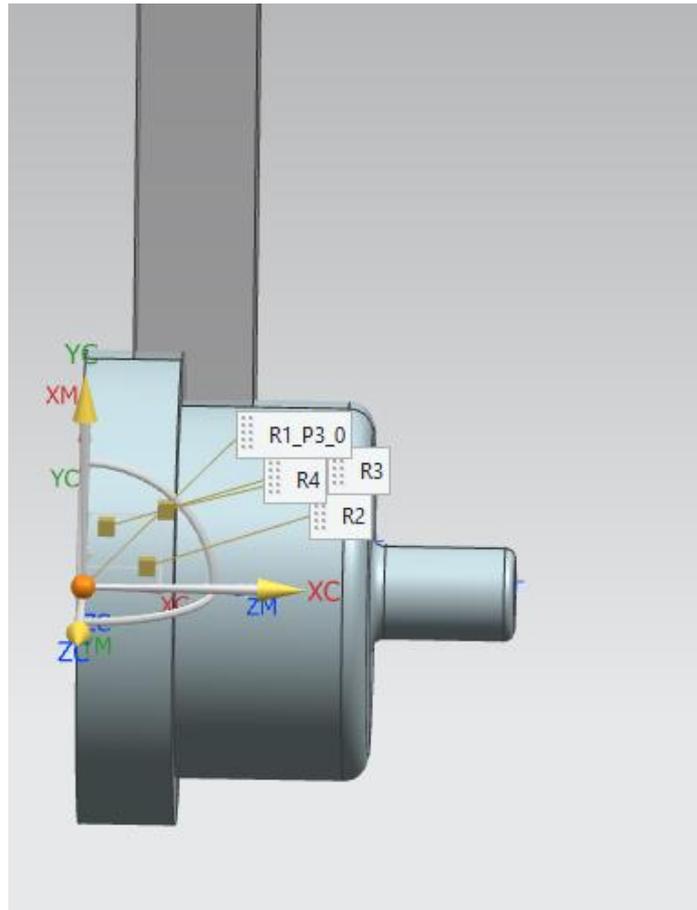


Figura 66 - Posicionamento da ferramenta.

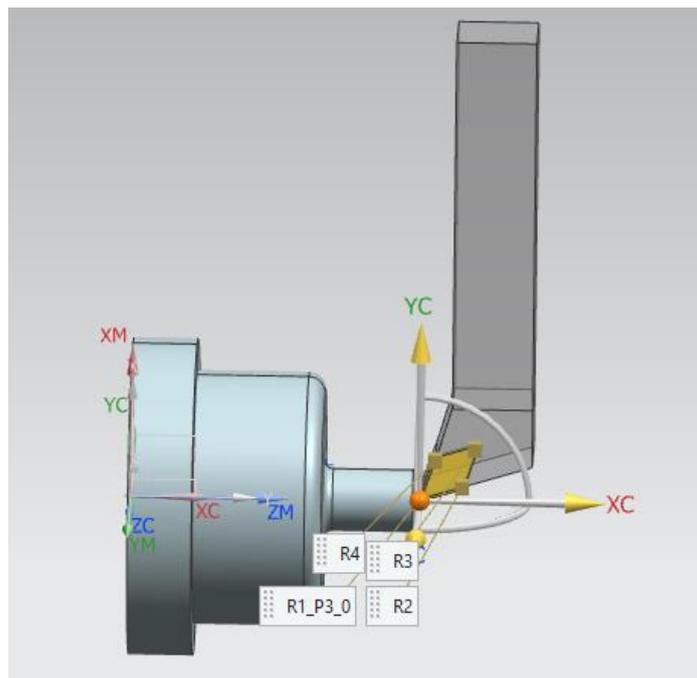


Figura 67 - Posicionamento da ferramenta 2.

22° Passo: Em seguida, deve-se criar uma operação de usinagem. É possível determinar subtipos de usinagem de acordo com o tipo de torneamento. No caso da operação que está sendo exemplificada foi utilizado o comando finalizar torneamento do diâmetro externo, como mostrado na Figura 68. Em seguida, seleciona-se ok.

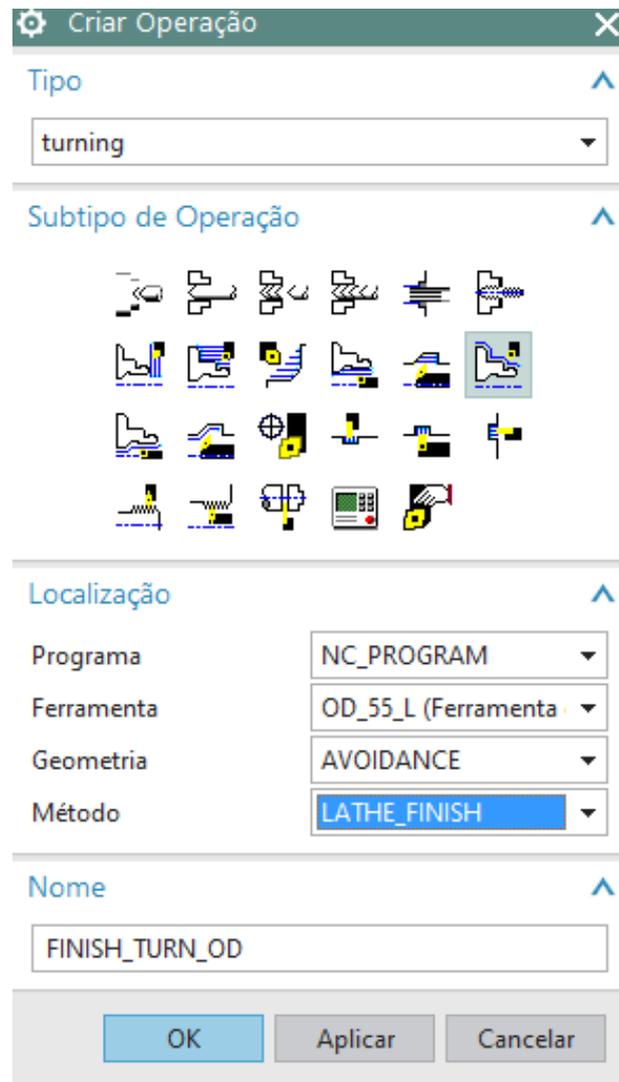


Figura 68 - Finalizar torneamento do diâmetro externo.

23° Passo: Em seguida, é exibida uma janela para finalizar o torneamento, (Figura 69), onde estão especificados todos os parâmetros de usinagem definidos até então. A partir daí é possível clicar no botão gerar, e aplicar a simulação do processo de usinagem (Figura 70).

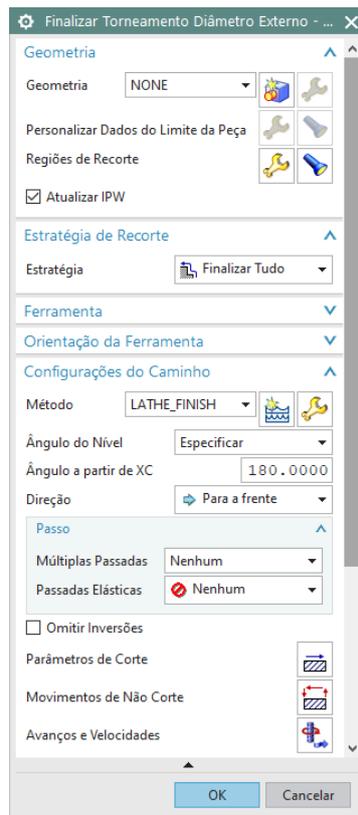


Figura 69 - Finalizar torneamento

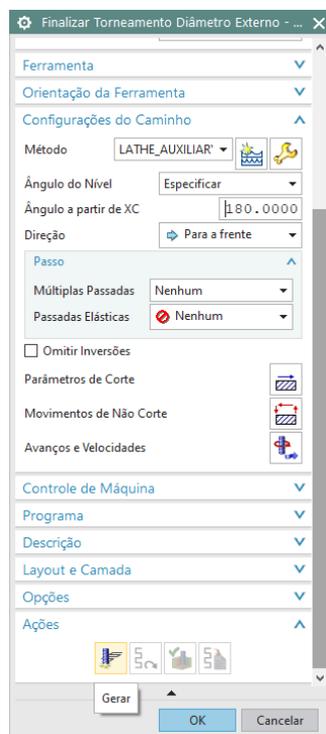


Figura 70 - Gerar simulação de torneamento.