

TMEC022 – DISCIPLINA DE USINAGEM

ROTEIRO PARA PREPARAÇÃO DA FOLHA DE PROCESSOS UTILIZANDO O SOLID EDGE®

ESPECIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS						
POSIÇÃO	PORTA-FERRAMENTA	PASTILHA	MATERIAL DA PASTILHA	K_r	G_r	r_e
1	MWLN 2020 K06	WNMG 090305	Metal duro revestido	95	80	0.8
2	MWLN R 2020 K06	WNMG 090404	Metal duro revestido	95	80	0.8

FERRAMENTA	Nº OPR.	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO	V_c (m/min)	f (mm/v)	a_p (mm) - max	s_p (mm)	t_a (min)	t_f (min)	t_c (min)
	10	1ª FIXAÇÃO - fixar por B	***	***	***	0.5	***	***	***
T1	20	Fazer C e desbastar D	125	0.25	2	***	0.03	1.5	0.8
T2	30	Acabar D	125	0.25	1	***	0.03	1.8	0.9
	40	retirar a peça	***	***	***	0.5	***	***	***
	10	2ª FIXAÇÃO - encostar em A e fixar por B	***	***	***	0.5	***	***	***
T1	20	Fazer C e desbastar D	125	0.25	2	***	0.03	1.5	0.8
T2	30	Acabar D	125	0.25	1	***	0.03	1.8	0.9
	40	retirar a peça	***	***	***	0.5	***	***	***

UFPR/DEMEC/LABUSIG – MAIO DE 2023

Apresentação

A Folha de Processo (FP) é uma documentação elaborada pela Engenharia de Processos e tem por objetivo complementar o programa CN (Comando Numérico), o qual contém apenas o código G/M para a movimentação das ferramentas, mas não é suficiente para preparar a máquina para usinagem. Além disso, a FP possibilita à Engenharia de Produção realizar auditorias durante a fabricação das peças com o intuito de comparar os tempos planejado e real, e identificar a operação gargalo (aquela que consome a maior parte do tempo de usinagem).

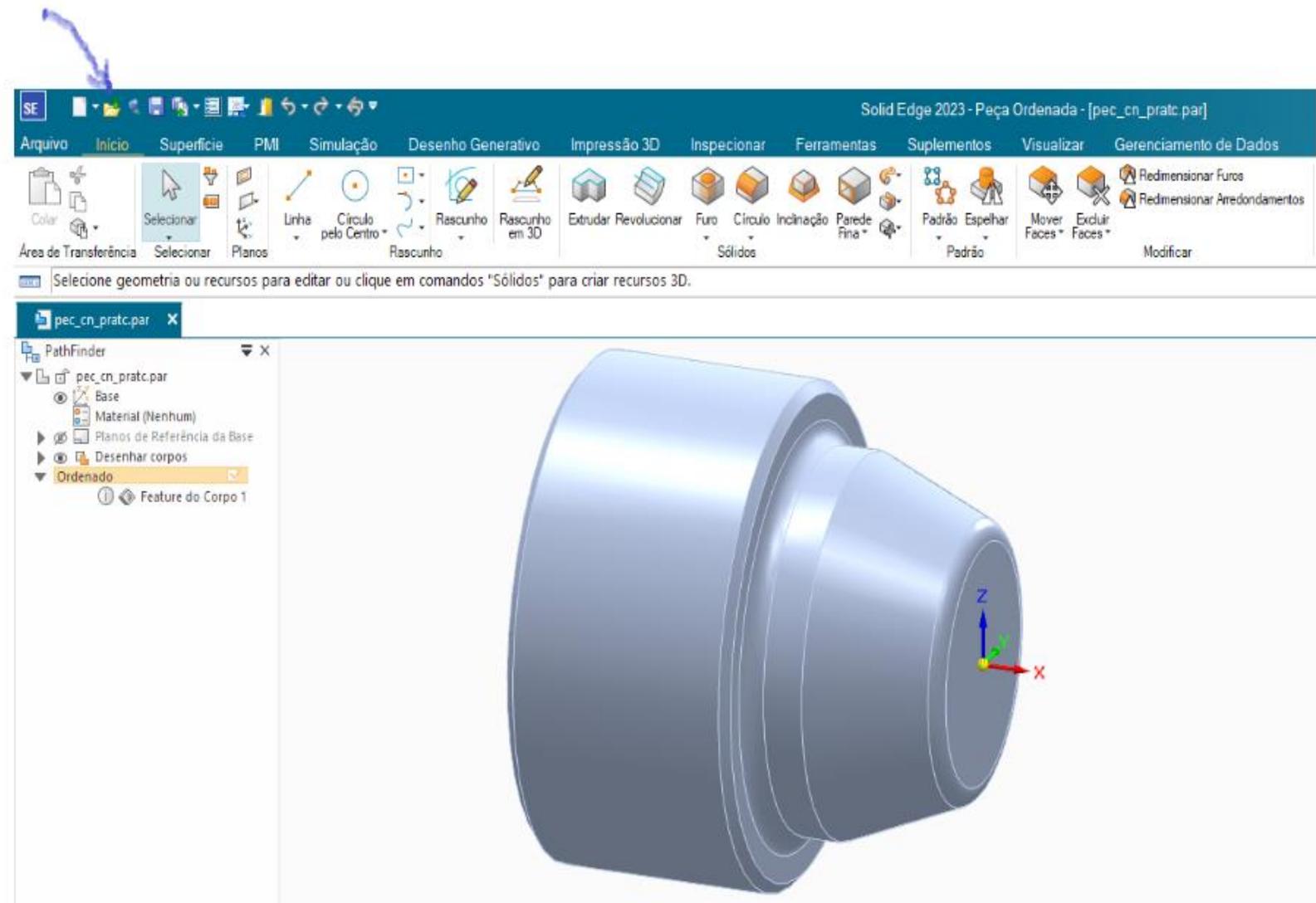
No seu surgimento, as FPs eram elaboradas manualmente e depois impressas em papel, razão do nome *folha*. A partir do desenvolvimento e disseminação dos sistemas CAD (Computer Aided Design), as FPs passaram a ser preparadas e transferidas para o chão de fábrica no formato digital. Atualmente, o formato PDF (Portable Document Format) é o mais utilizado para essa finalidade. Não obstante, o STEP-NC, tal como definido nas normas ISO-10303-AP238 e ISO-14649, apesar de ainda não estar implementado comercialmente, promete ser um substituto tanto para a programação CN baseada no código G/M quanto para a folha no formato PDF.

Este material foi preparado com o intuito de orientar a elaboração das FPs de usinagem utilizando sistemas CAD e a sua finalização em formato PDF. O software escolhido foi o Solid Edge®, devido a sua facilidade de uso para essa tarefa e sua versão *Estudante*, a qual pode ser instalada gratuitamente a partir do link: . <https://resources.sw.siemens.com/pt-BR/download-solid-edge-student-edition>

O exemplo trabalhado aqui será dirigido ao planejamento de operações de torneamento, supondo a usinagem em duas fixações. Não obstante, outros exemplos de folhas podem ser encontrados em <http://www.labusig.ufpr.br/usinagem/tm113.htm>

A peça utilizada nesta exemplificação é extremamente simples, porém espera-se que os alunos possam, futuramente, desenvolver modelos mais complexos sem necessidade de apoio dos professores. Todavia, as aulas práticas da disciplina de Usinagem estão programadas para essa que tarefa e outras similares sejam desenvolvidas no laboratório com o apoio e supervisão do professor.

[PASSO 1] Abrir
o modelo 3D da
peça



[PASSO 2] Criar desenho
2D a partir do modelo
3D aberto

Selecionar:
ARQUIVO/NOVO/DESENHO DO MODELO ATIVO

SE

Arquivo Início Superfície PMI Simulação Desenho Generativo Impressão 3D Inspeccionar Ferramentas

Novo

Editar lista...

Novo
Abre a caixa de diálogo Novo para criar um novo documento a partir de modelos padrão ou personalizados.

Montagem do Modelo Atual
Cria uma nova montagem contendo o modelo atual.

Desenho do Modelo Ativo
Cria um novo desenho com base no modelo atual.

Desenho do Modelo Ativo
Cria um novo desenho com base no modelo padrão.
Pressionar F1 para ajuda.

Peça em chapa ISO em unidades métricas
Cria um novo documento de Peça em chapa em Chapa usando o modelo padrão.

Montagem ISO em unidades métricas
Cria um novo documento de Montagem usando o modelo padrão.

Detalhamento ISO em unidades métricas
Cria um novo documento de Folha de Engenharia usando o template padrão.

MARCAR A
OPÇÃO
“Criar vistas
padrão”

Criar Desenho [X]

Modelo:

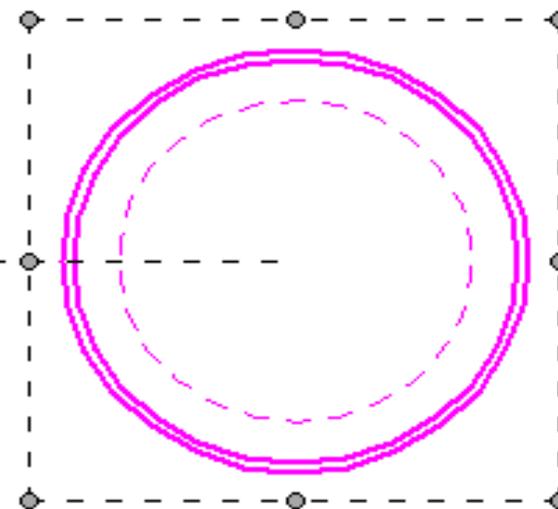
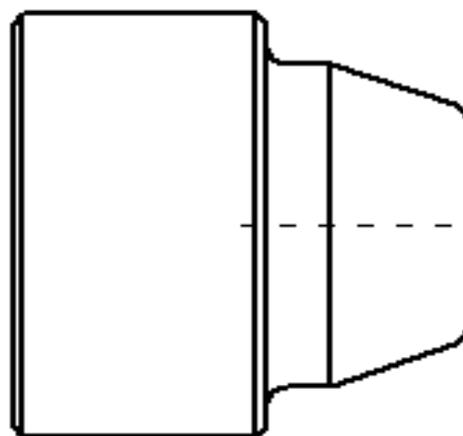
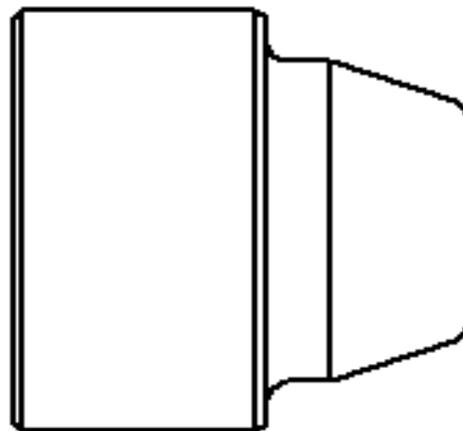
Criar vistas padrão

Executar Assistente de Criação de Vista de Desenho

Criar a partir de Vista de Modelo

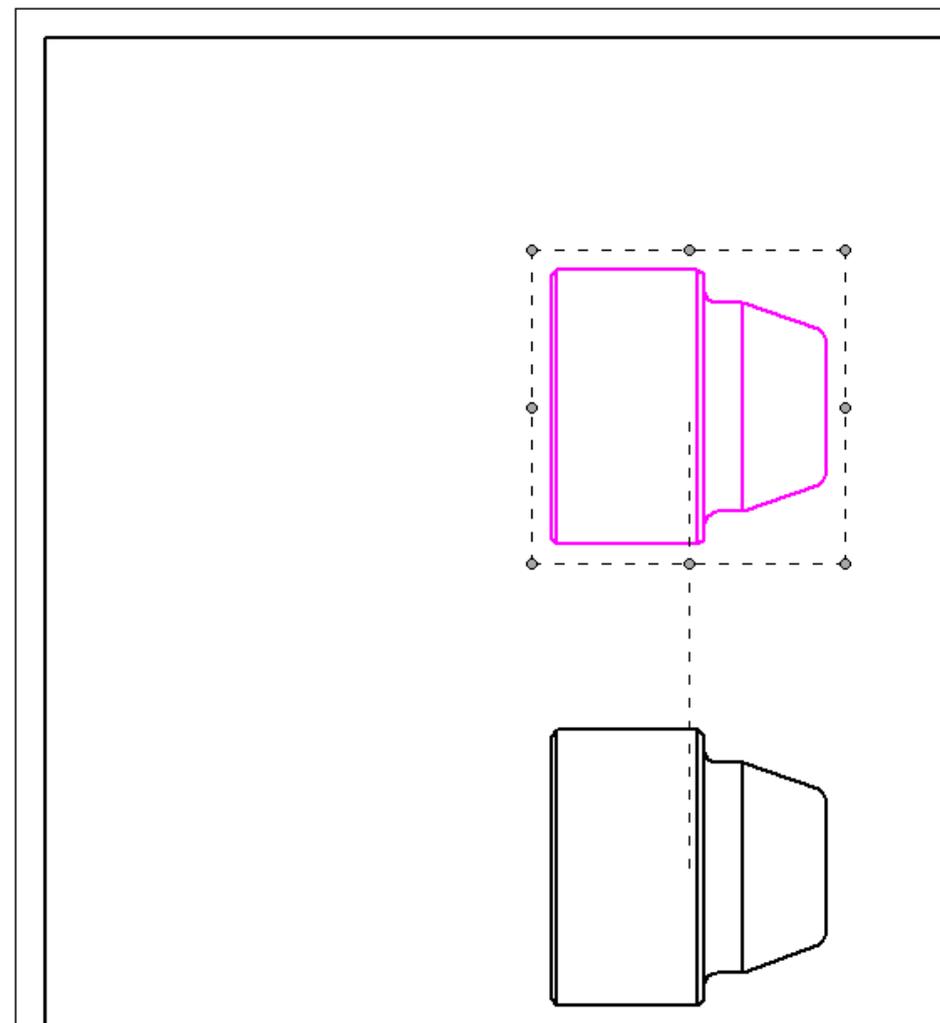
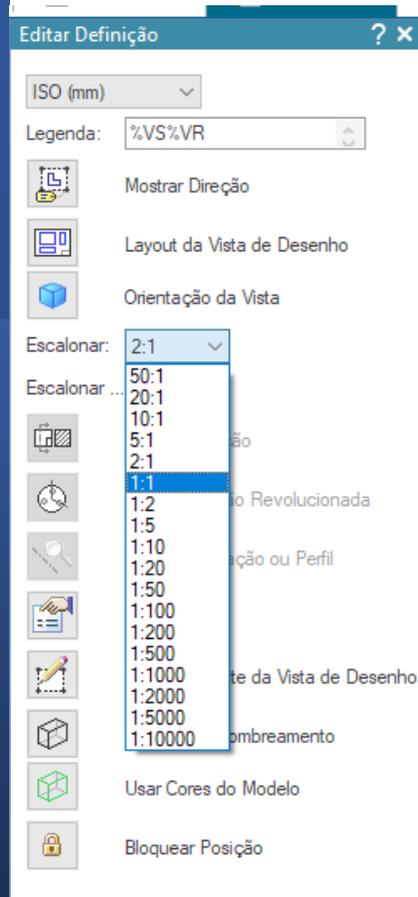
Vistas de Modelo:

DEIXAR APENAS
DUAS VISTAS NA
TELA. EXCLUA A
VISTA “LATERAL
ESQUERDA”

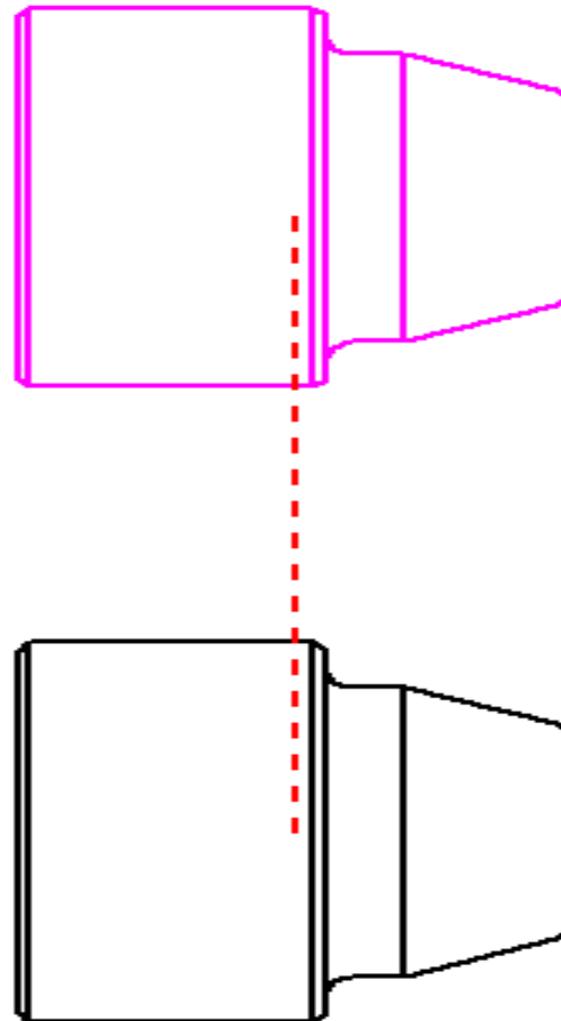


[PASSO 3] Edição das vistas e da folha

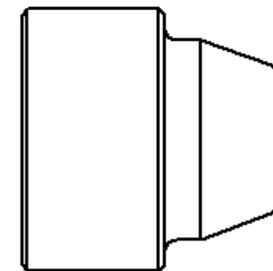
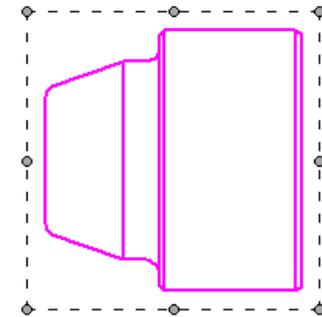
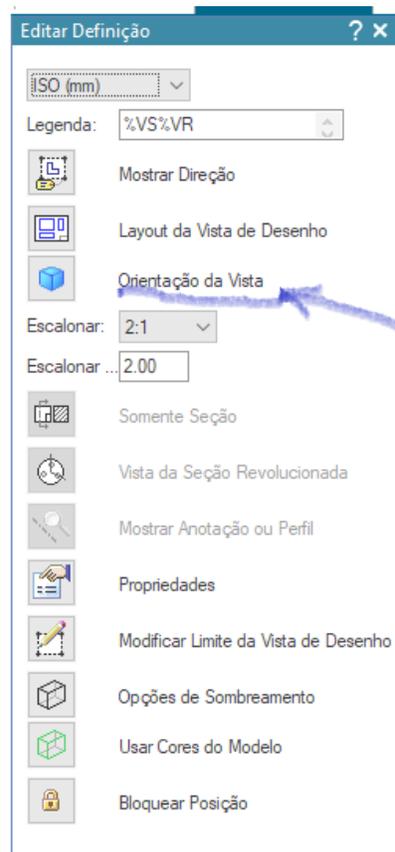
*SELECIONE UMA DAS VISTAS E MUDE A ESCALA PARA "1:1". ESSA MUDANÇA TERÁ EFEITO NAS DUAS VISTAS



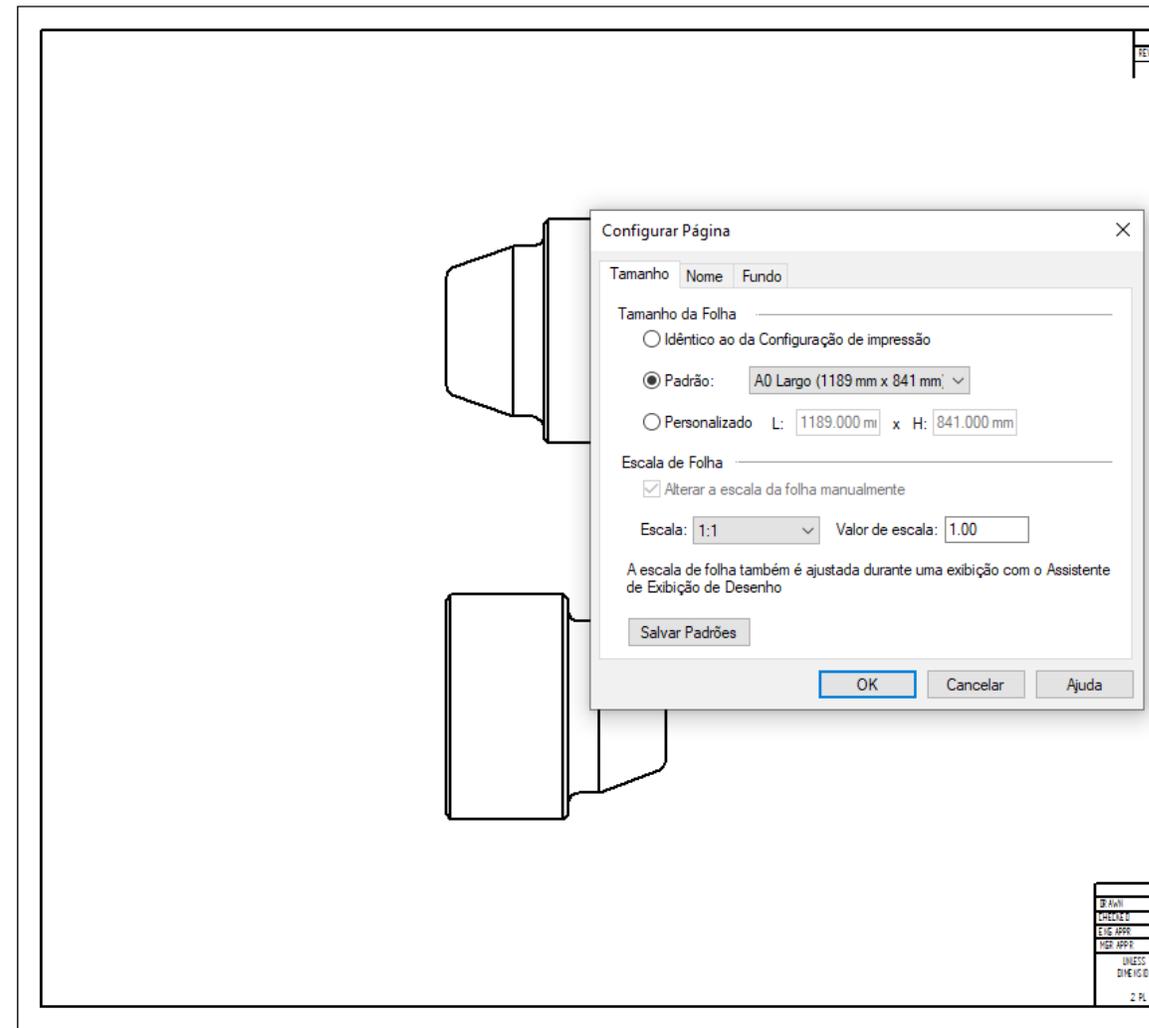
*SELECIONE UMA DAS VISTAS. CLIQUE
NO BOTÃO DIREITO DO MOUSE E
SELECIONE "EXCLUIR ALINHAMENTO".
SELECIONE O ALINHAMENTO VERTICAL
(linha tracejada) PARA EXCLUÍ-LO



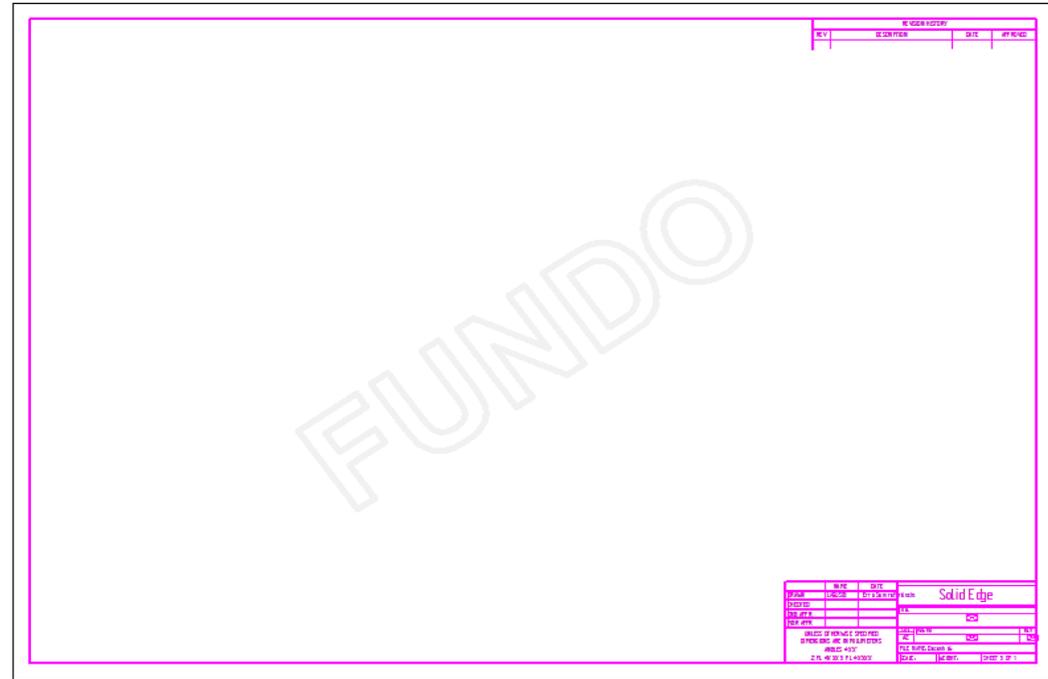
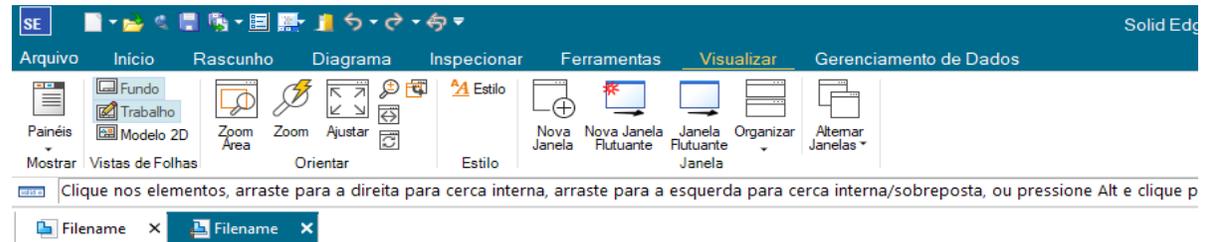
SELECIONE UMA DAS VISTAS
E MUDE A SUA
ORIENTAÇÃO. UMA DELAS
SERÁ UTILIZADA PARA A
PRIMEIRA FIXAÇÃO
(usinagem do diâmetro
maior) E A OUTRA SERÁ
UTILIZADA NA SEGUNDA
FIXAÇÃO (usinagem dos
diâmetros menores)



AGORA CLIQUE EM
“FOLHA” e
“CONFIGURAR
PÁGINA” e mude o
formato da folha
para “A0”



DEPOIS DISSO: ACESSE A ABA “VISUALIZAR” ATIVE A OPÇÃO “FUNDO” PARA MOSTRAR AS FOLHAS DE FUNDO. SELECIONE A FOLHA ORIGINAL (ANTES DO PASSO ANTERIOR) E APAGUE AS DUAS LEGENDAS (TABELAS) E BORDAS. DESATIVE A OPÇÃO “FUNDO” VOLTANDO PARA A “TRABALHO” E APENAS “FOLHA 1”



[PASSO 4] Preparação das vistas para desenhos
(alinhamento e edição)

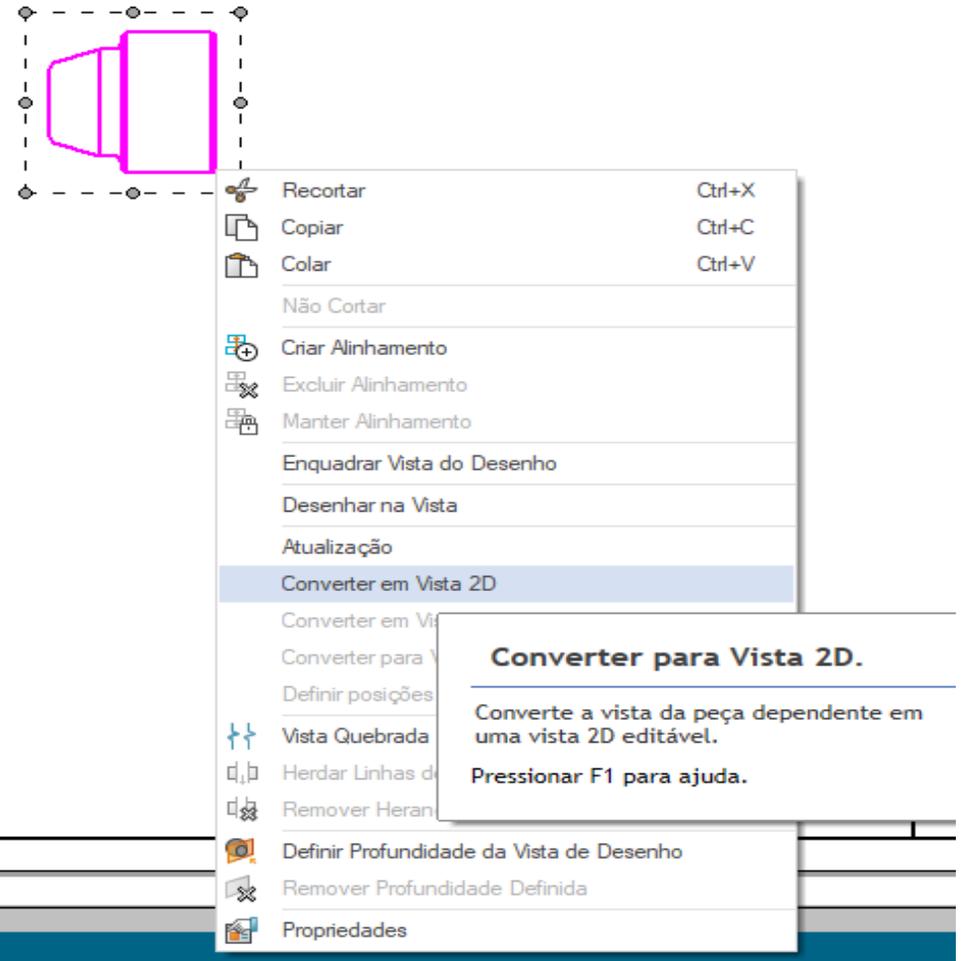
DEIXE AS VISTAS ALINHADAS HORIZONTALMENTE. FAÇA ISSO MANUALMENTE, DEIXANDO-AS NA PARTE SUPERIOR DA FOLHA. OBSERVE QUE DEVE HAVER UM ESPAÇO (para inclusão futura das ferramentas) ENTRE ELAS E ENTRE A SEGUNDA VISTA E A LATERAL DIREITA DA FOLHA.

DEPOIS DISSO: SELECIONE UMA DAS VISTAS. CLIQUE COM O BOTÃO DIREITO DO MOUSE E MARQUE A OPÇÃO "CRIAR ALINHAMENTO". MOVIMENTE O MOUSE PARA A OUTRA VISTA PARA A CRIAÇÃO DE UM ALINHAMENTO HORIZONTAL.

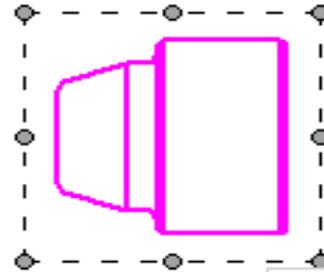


[PASSO 5] Planejando
a 1ª Fixação

SELECIONE A VISTA À
ESQUERDA, A QUAL
SERÁ UTILIZADA NA
PRIMEIRA FIXAÇÃO.
APÓS CLICAR COM O
BOTÃO DIREITO DO
MOUSE, MARQUE A
OPÇÃO “CONVERTER
EM VISTA 2D”



AINDA COM A VISTA SELECIONADA, CLIQUE NOVAMENTE COM O BOTÃO DIREITO DO MOUSE, SELECIONE A OPÇÃO “DESENHAR NA VISTA”. UMA OUTRA TELA SERÁ ABERTA PARA QUE A INCLUSÃO/MODIFICAÇÃO DE ELEMENTOS POSSA SER FEITA.



	Recortar	Ctrl+X
	Copiar	Ctrl+C
	Colar	Ctrl+V
Não Cortar		
	Criar Alinhamento	
	Excluir Alinhamento	
	Manter Alinhamento	
Enquadrar Vista do Desenho		
Desenhar na Vista		
	Vista Quebrada	
	Herdar Linhas de	
	Remover Associa	
	Propriedades	

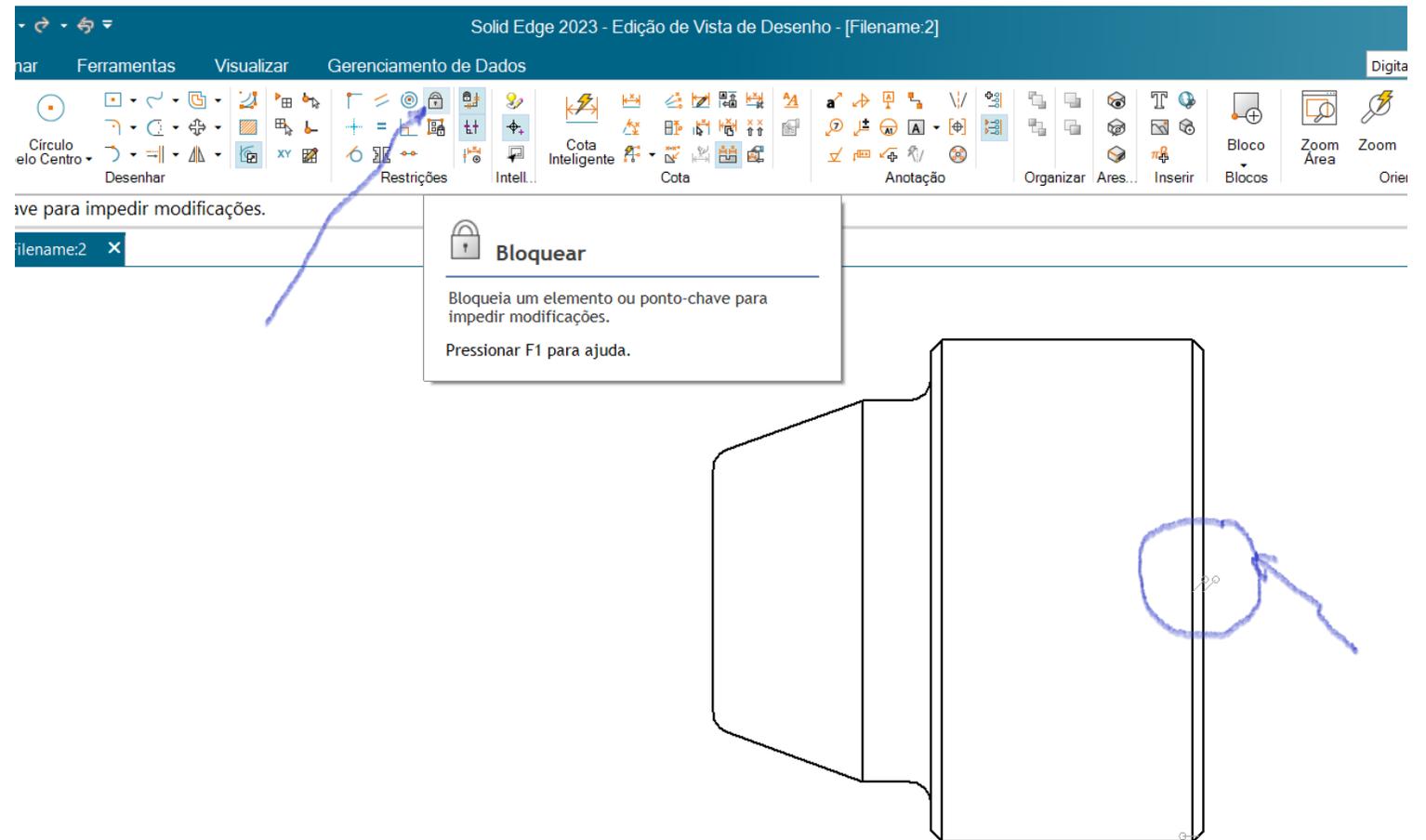
Desenho na Vista

Abre a vista selecionada para a adição de geometria.

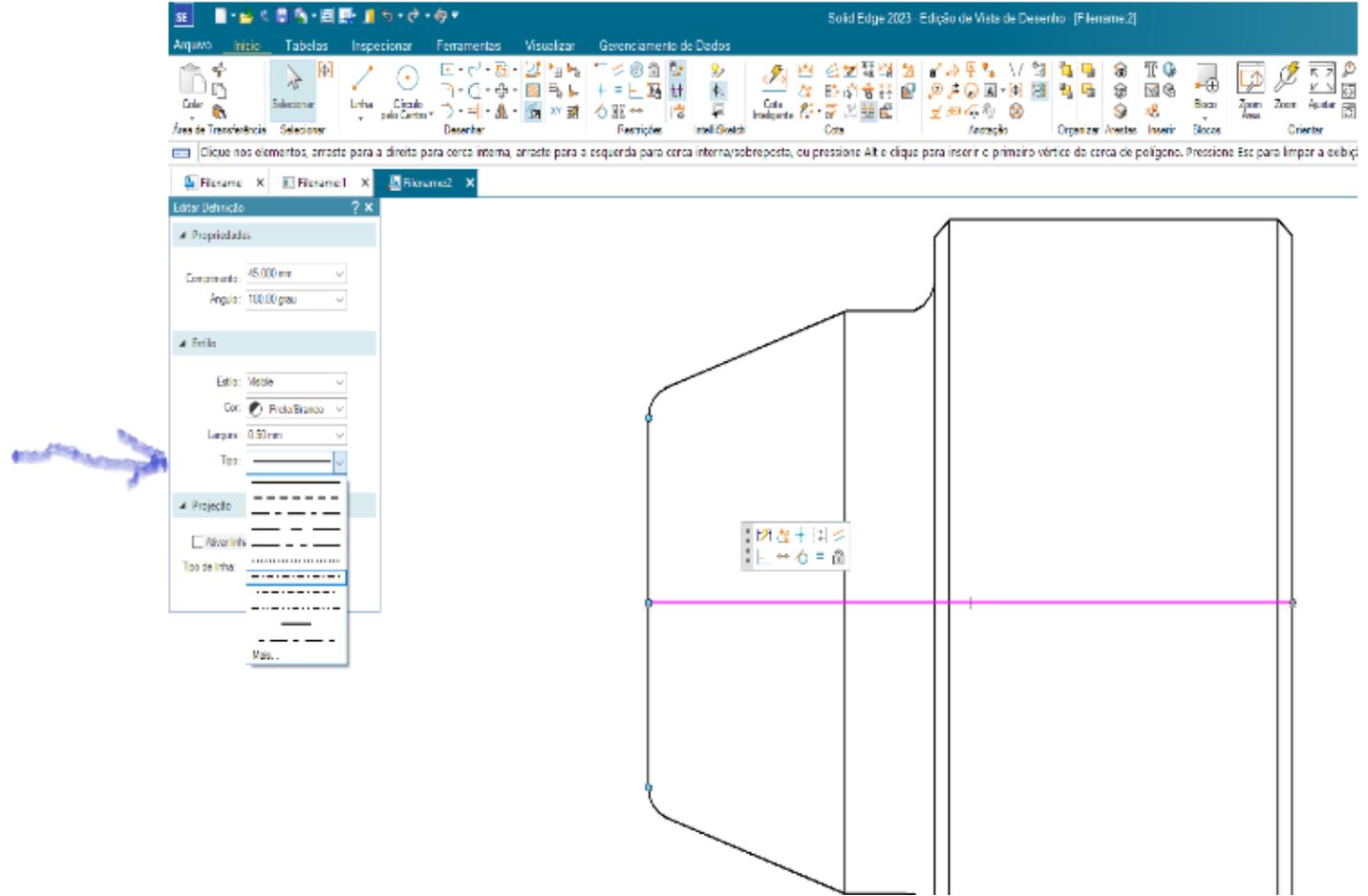
Pressionar F1 para ajuda.

[PASSO 6] adicionando os elementos necessários à primeira fixação

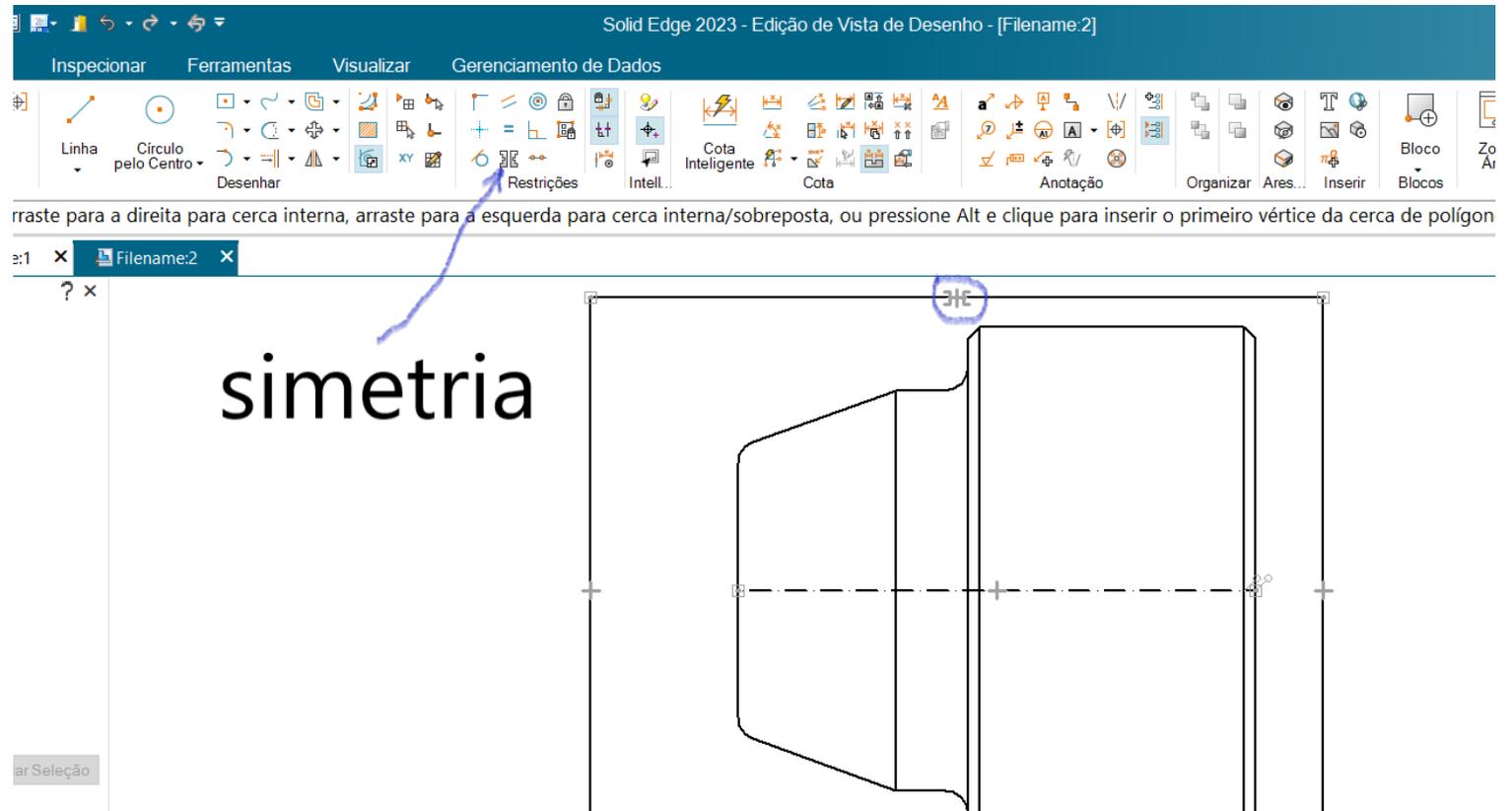
COM A ABA “INÍCIO” ATIVADA, FIXE ALGUMAS LINHAS DO DESENHO ORIGINAL PARA FACILITAR A COTAGEM. PARA ISSO UTILIZE O RECURSO DE BLOQUEIO (cadeado na barra de ferramentas). MARQUE APENAS AS LINHAS QUE SERÃO UTILIZADAS COMO REFERÊNCIAS NA COTAGEM. VIDE EXEMPLO NA FIGURA



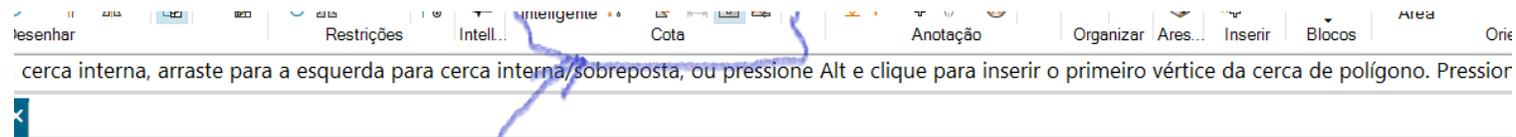
DESENHE UMA LINHA HORIZONTAL PASSANDO PELO CENTRO DA PEÇA. PARA DESENHAR ELEMENTOS GEOMÉTRICOS, BASTA SELECIONÁ-LOS NO MENU, CLICAR COM O BOTÃO ESQUERDO DO MOUSE NO PONTO INICIAL E DEPOIS NO PONTO FINAL. PARA INICIAR EM OUTRO PONTO BASTA CLICAR COM O BOTÃO DIREITO. PARA CANCELAR O ELEMENTO SELECIONADO APERTE A TECLA ESC. DEPOIS DE DESENHAR A LINHA, MUDE O SEU TIPO “TRAÇO-PONTO”. ESSA LINHA SERÁ UTILIZADA COMO “LINHA DE SIMETRIA”.



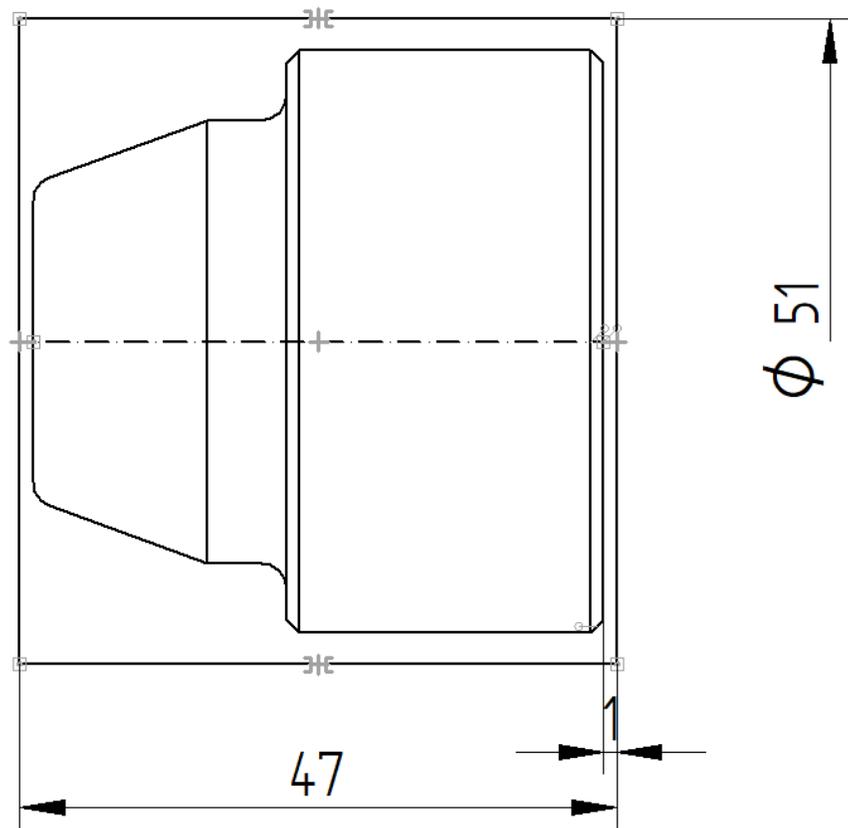
DESENHE UM RETÂNGULO
(**opção retângulo por 2 pontos**)
EM VOLTA DA PEÇA. EM SEGUIDA
ESTABELEÇA UMA RELAÇÃO DE
SIMETRIA, UTILIZANDO O
RECURSO "SIMÉTRICO", ENTRE A
LINHA DE CENTRO E AS DUAS
LINHAS HORIZONTAIS DO
RETÂNGULO DESENHADO. ESSE
RETÂNGULO SERÁ UTILIZADO
PARA REPRESENTAR O MATERIAL
BRUTO.



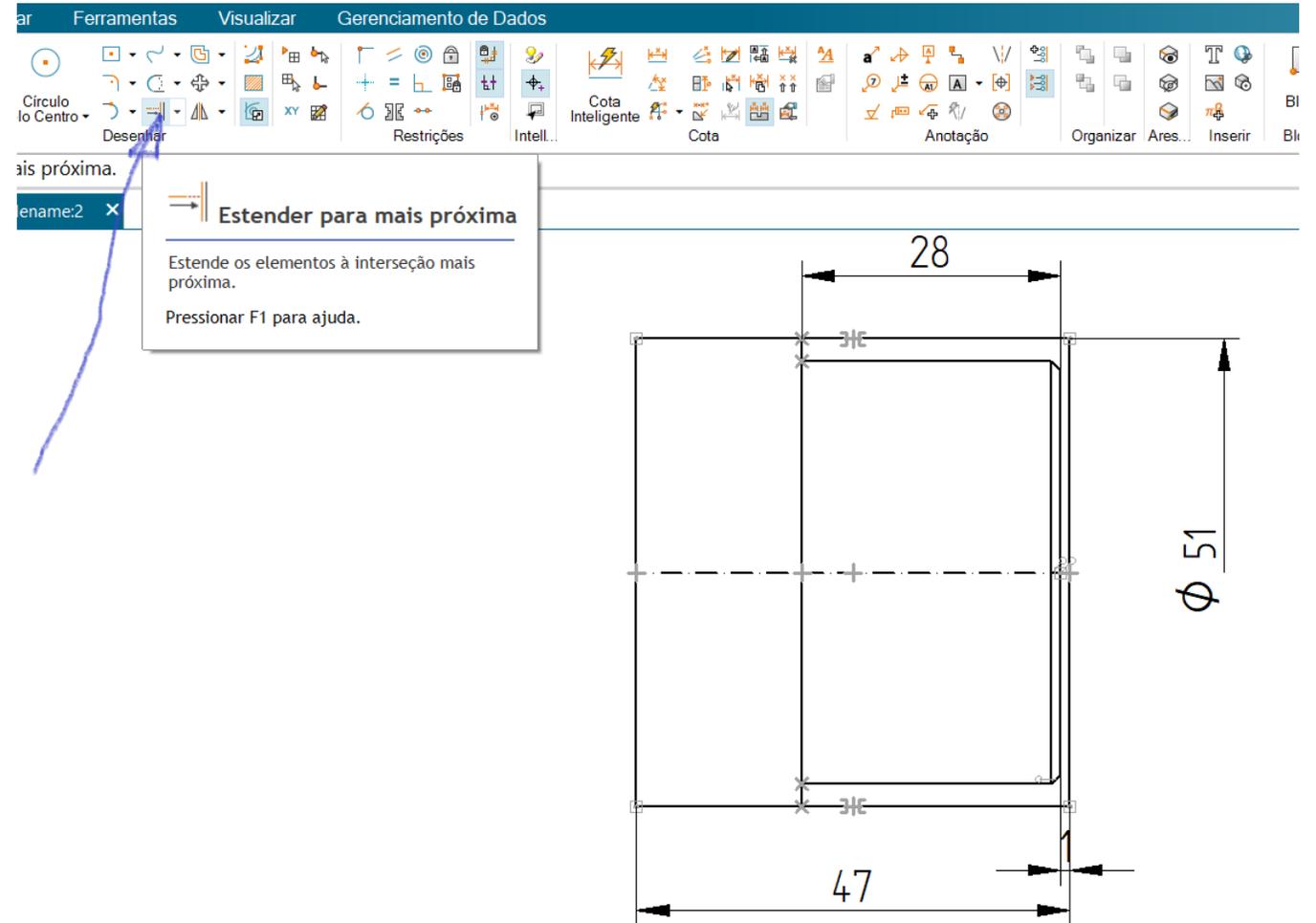
COTE E POSICIONE O RETÂNGULO EM RELAÇÃO À PEÇA PARA INDICAR OS VALORES DE SOBREMATERIAL. UTILIZE OS RECURSOS PARA COTAGEM DISPONÍVEIS CONFORME MOSTRADO NA FIGURA . O RECURSO “diâmetro simétrico” DEVE SER UTILIZADO PARA INDICAÇÃO DOS DIÂMETROS, POIS ELE INSERE AUTOMATICAMENTE O SÍMBOLO ϕ . AS COTAS DE COMPRIMENTO PODEM SER FEITAS COM O RECURSO “cota inteligente”.



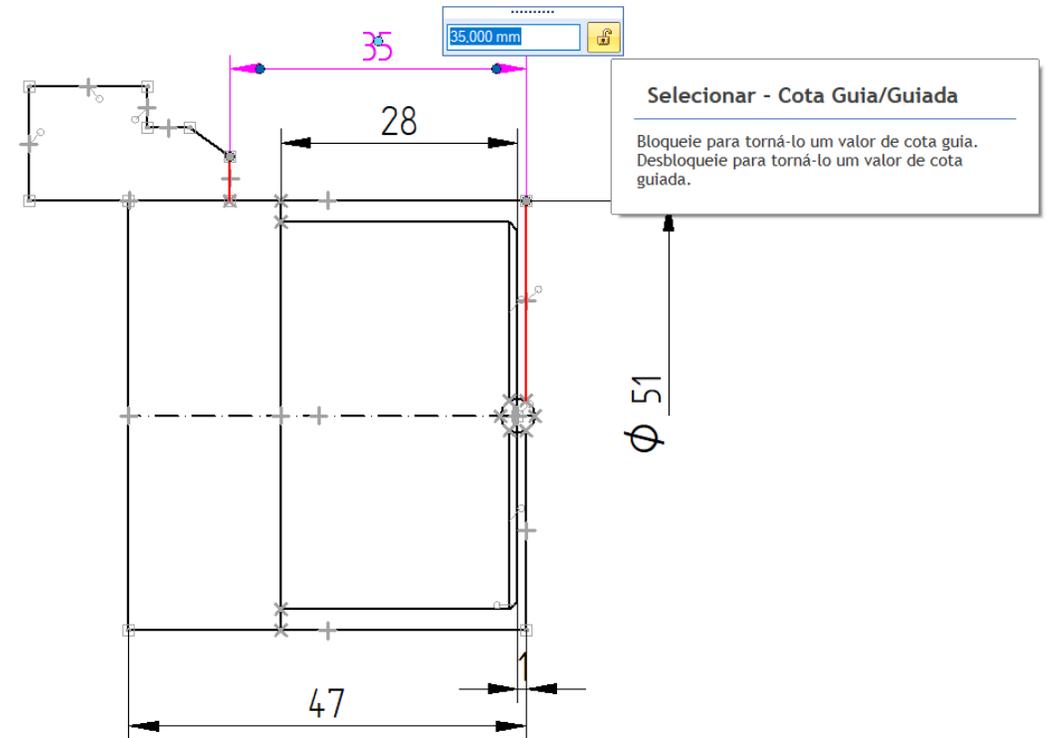
recursos
para
cotagem



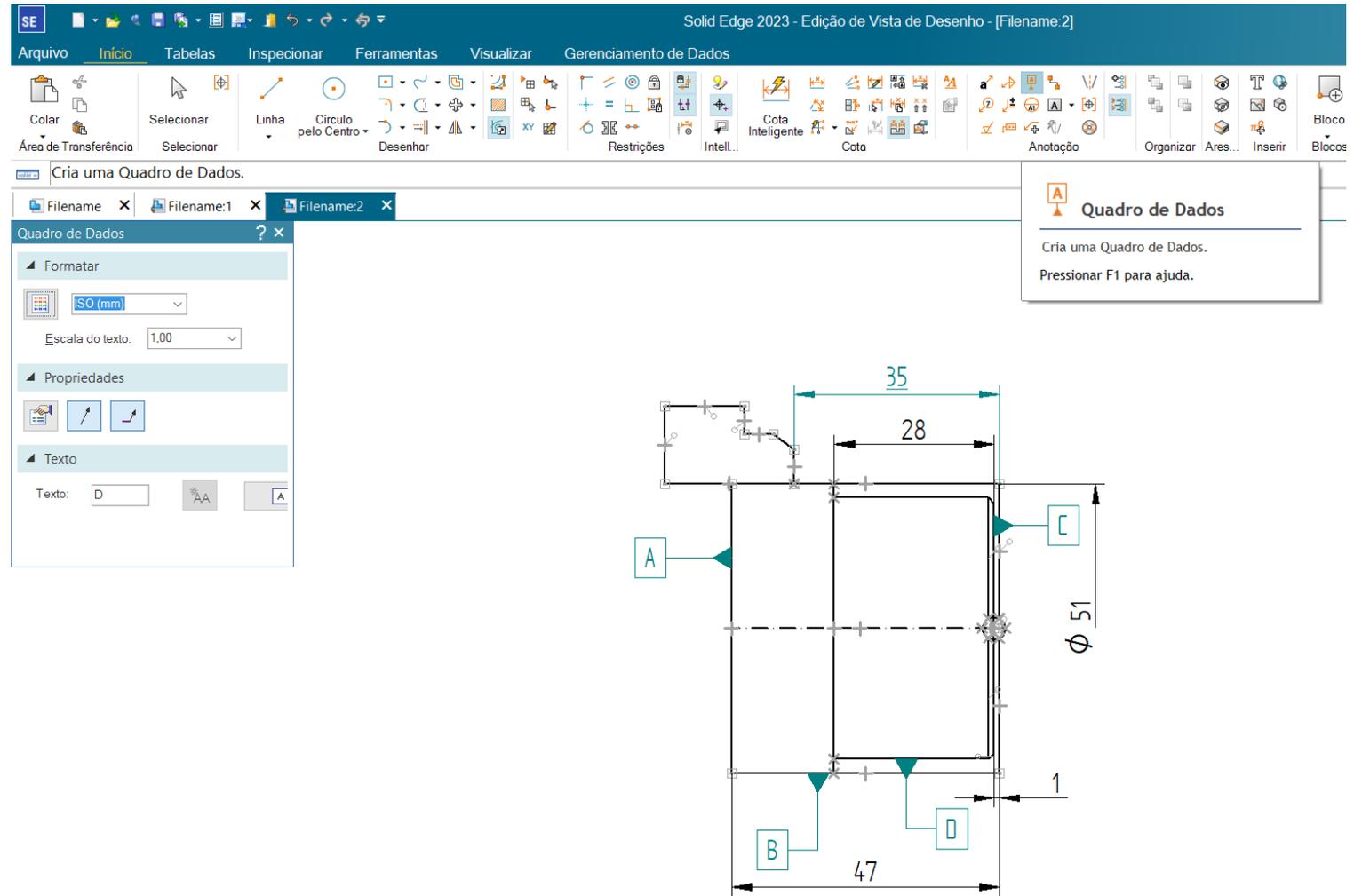
AGORA REMOVA LINHAS DA PEÇA, DEIXANDO APENAS AQUELAS QUE REPRESENTARÃO AS SUPERFÍCIES USINADAS APÓS A 1ª FIXAÇÃO. OBSERVE QUE A COTA DE 28MM FOI INSERIDA PARA DEFINIR O COMPRIMENTO DO CORPO CILÍNDRICO APÓS O TORNEAMENTO. ESSE VALOR É ARBITRÁRIO, MAS GARANTE QUE O CILINDRO FICARÁ PRONTO NESTA FIXAÇÃO. PARA UNIR AS LINHAS HORIZONTAIS À NOVA LINHA VERTICAL (cota de 28) UTILIZE O RECURSO “estender para a mais próxima”.



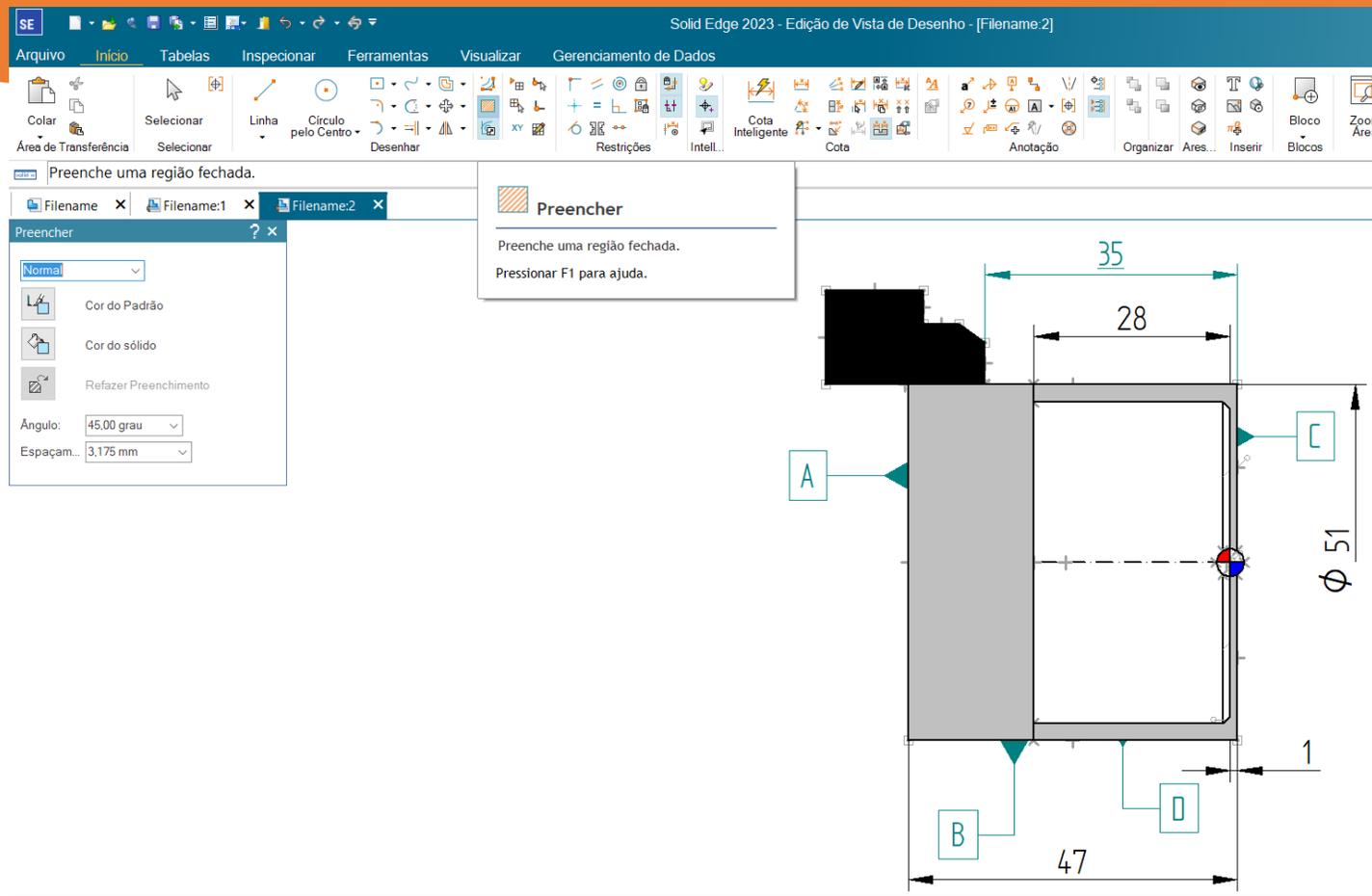
EM SEGUIDA VAMOS INCLUIR A FIXAÇÃO E O SISTEMA DE COORDENADAS. A FIXAÇÃO SERÁ REPRESENTADA ESQUEMATICAMENTE, POIS NÃO É NECESSÁRIO FAZER UM DESENHO DETALHADO DA PLACA E SUAS CASTANHAS. O SISTEMA DE COORDENADAS SERÁ INDICADO POR UM CÍRCULO TRIGONOMÉTRICO. VIDE FIGURA ABAIXO. OBSERVE QUE O CENTRO DO CÍRCULO DEVE FICAR NA **FACE ACABADA DA PEÇA** E NÃO NO BRUTO. PARA DEFINIR OS QUADRANTES, DESENHE AS LINHAS FALTANTES E O RECURSO “APARAR” PARA ELIMINAR AS LINHAS INDESEJADAS. OBSERVE TAMBÉM QUE A COTA DE 35MM QUE DETERMINA O BALANÇO DA PEÇA EM RELAÇÃO À FIXAÇÃO FOI DEFINIDA COMO “COTA GUIADA”. PARA FAZER A ALTERAÇÃO DE UMA COTA GUIA (QUE PROVOCA O DIMENSIONAMENTO DA PEÇA) EM UMA COTA GUIADA (APENAS PARA VISUALIZAÇÃO) BASTA CLICAR NO CADEADO AO LADO DA CAIXA DE EDIÇÃO DAS COTAS.



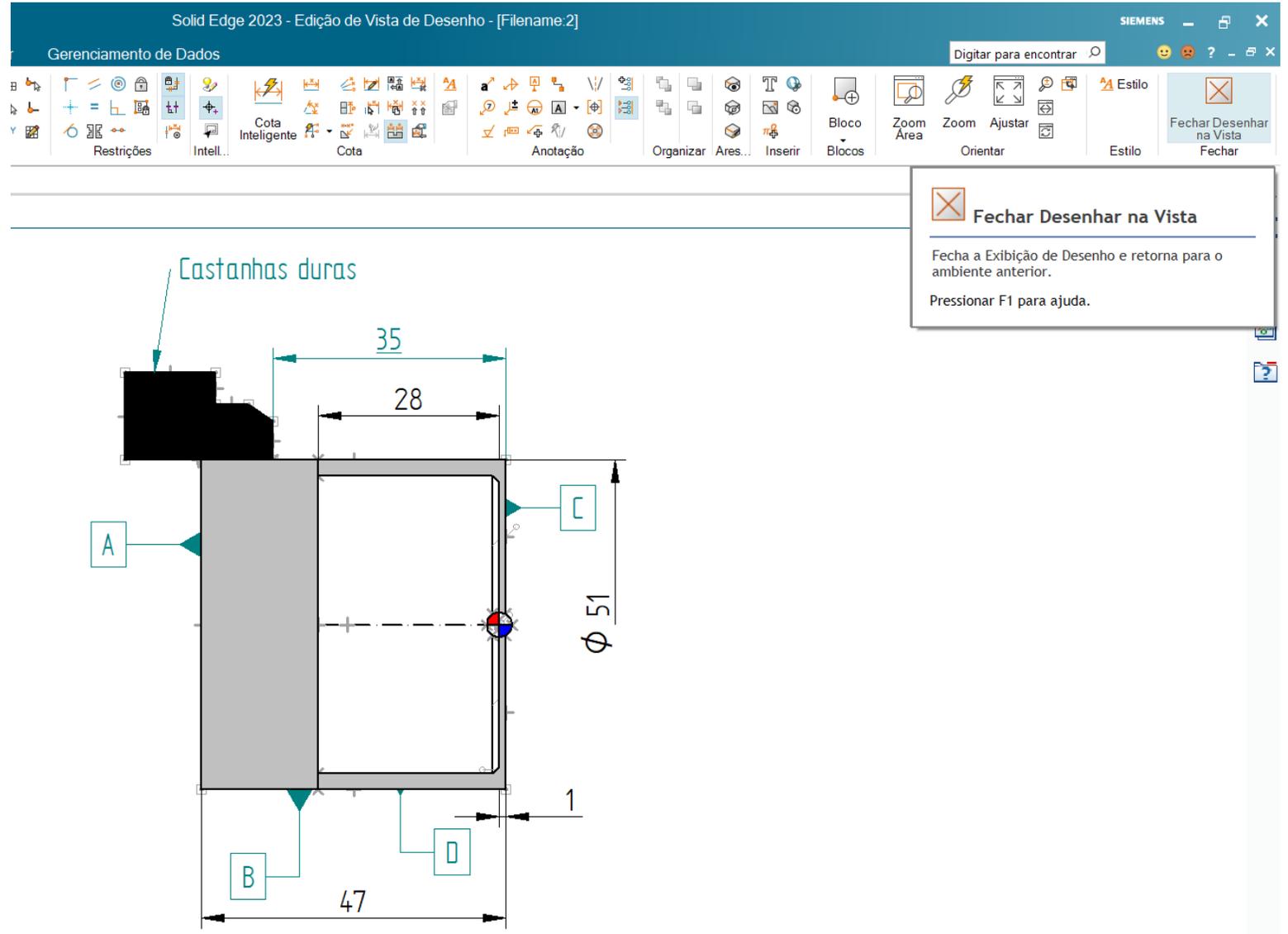
A INCLUSÃO DE REFERENCIAIS GEOMÉTRICOS DEVE SER REALIZADA PARA FACILITAR A DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES DE USINAGEM, O QUE SERÁ FEITO A POSTERIORI. PARA INCLUÍ-LOS UTILIZE O RECURSO “quadro de dados” COMO MOSTRADO NA FIGURA A SEGUIR. PARA INCLUSÃO DE NOVOS REFERENCIAIS BASTA MUDAR A LETRA E CLICAR NA ARESTA DESEJADA.



PARA FINALIZAR ESTA ETAPA (**PASSO 6**) PODEMOS COLORIR A CASTANHA, O CÍRCULO TRIGONOMÉTRICO E O SOBREMATERIAL. ISTO É OPCIONAL. FAÇA SOMENTE SE JULGAR QUE MELHORA A VISUALIZAÇÃO. AS CORES VERMELHO E AZUL FORAM ESCOLHIDAS PARA PREENCHER, RESPECTIVAMENTE, O SEGUNDO E QUARTO QUADRANTE DO CÍRCULO TRIGONOMÉTRICO, POIS SÃO AS CORES PADRÃO UTILIZADAS NOS SISTEMAS GRÁFICOS PARA INDICAÇÃO DOS EIXOS X E Z POSITIVOS. O PREENCHIMENTO DAS ÁREAS É FEITO COM O RECURSO “preencher”. ESSE RECURSO É UTILIZADO PARA CRIAÇÃO DE ÁREAS HACHURADAS. PARA CRIAR O EFEITO DE PREENCHIMENTO SELECIONE A MESMA COR TANTO PARA A “cor padrão” COMO PARA “cor do fundo”. O TÍTULO “Castanhas duras” FOI ADICIONADO UTILIZANDO O RECURSO “observação”. VIDE RESULTADO NA FIGURA ABAIXO.



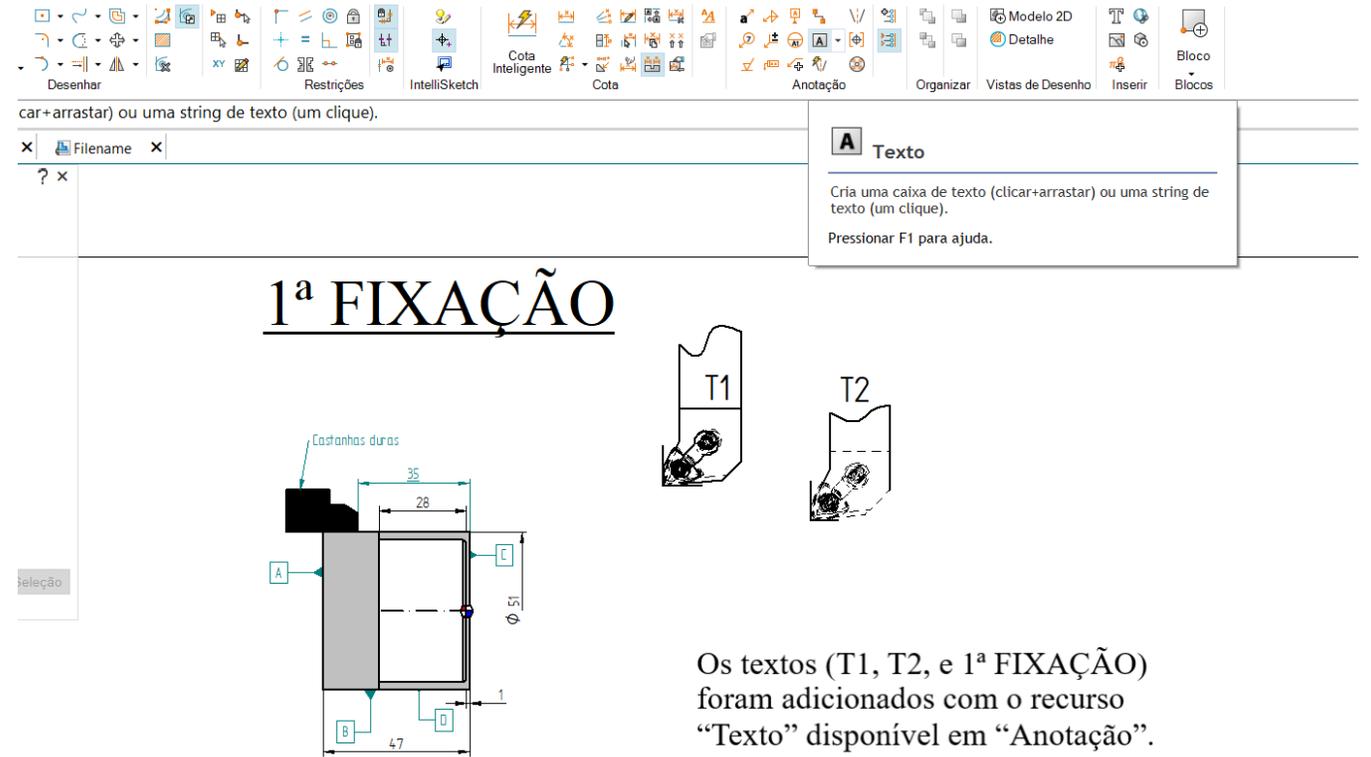
APÓS A CONCLUSÃO DO PASSO 6, CLIQUE EM “**fechar desenhar na vista**” PARA VOLTAR À FOLHA ORIGINAL.



[PASSO 7] adicionando as ferramentas de corte

OS DESENHOS (MODELOS 3D) PODEM SER ENCONTRADOS NOS WEBSITES DOS FABRICANTES DE FERRAMENTAS PARA USINAGEM. ESSES MODELOS GERALMENTE SÃO FORNECIDOS EM STEP (STandard for the Exchange of Product model data) QUE É UM FORMATO CAD ABERTO E PÚBLICO. AS INSTRUÇÕES PARA SELEÇÃO DAS FERRAMENTAS SERÃO DADAS NA AULA SOBRE ESSE ASSUNTO.

APÓS BAIXAR OS MODELOS, ABRA-OS NO SOLID EDGE E GRAVE-OS NO FORMATO “.par”. DEPOIS, SEGUINDO O PASSO 5, CONVERTA-OS NA VISTA ORTOGRÁFICA (apenas uma) APROPRIADA A ESTE TRABALHO. NÃO É NECESSÁRIO ADICIONAR COTAS ÀS FERRAMENTAS. ADICIONE APENAS A ORIGEM DO SISTEMA DE COORDENADAS (indicado por duas linhas perpendiculares tangentes ao arco de círculo da ponta da pastilha). CASO NECESSÁRIO ENCURTE O COMPRIMENTO DOS CABOS. APÓS AS MODIFICAÇÕES NECESSÁRIAS, AS VISTAS 2D PODERÃO SER COPIADAS E TRANSFERIDAS PARA A FOLHA DE PROCESSO, TAL COMO ILUSTRADO NA FIGURA.

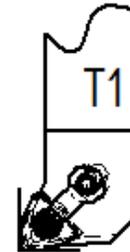
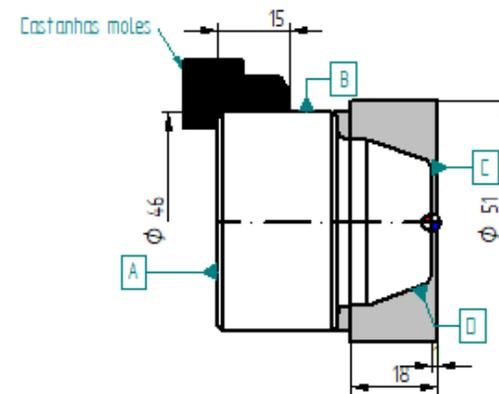


Os textos (T1, T2, e 1ª FIXAÇÃO) foram adicionados com o recurso “Texto” disponível em “Anotação”.

[PASSO 8] 2ª fixação

A SEGUNDA FIXAÇÃO DEVE SER REALIZADA SEGUINDO OS PASSOS 5 A 7. AS DIFERENÇAS OCORRERÃO NO TIPO DE CASTANHA (**agora castanhas moles com batente para encostar a peça**); NAS DIMENSÕES DO BRUTO (**atualizado após a usinagem realizada na primeira fixação**); E, CASO NECESSÁRIO, NO TIPO E QUANTIDADE DE FERRAMENTAS. A VERSÃO FINAL DA 2ª FIXAÇÃO É MOSTRADA NA FIGURA.

2ª FIXAÇÃO



[PASSO 9] Preparação e inserção das tabelas

PARA A FINALIZAÇÃO DA FOLHA DE PROCESSO, FAZ-SE NECESSÁRIA A INCLUSÃO DE TRÊS TABELAS. A PRIMEIRA CONTERÁ A DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES, DAS CONDIÇÕES DE CORTE E OS PRINCIPAIS TEMPOS POR OPERAÇÃO. A SEGUNDA SERÁ UTILIZADA PARA INFORMAR OS DADOS PARA A MONTAGEM E CADASTRO DAS FERRAMENTAS DE CORTE NO TORNO. A TERCEIRA TABELA TRARÁ INFORMAÇÕES SOBRE A MÁQUINA, PLANEJADOR, DATA, MATERIAL DA PEÇA ETC.

ESPECIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS						
POSIÇÃO	PORTA-FERRAMENTA	PASTILHA	MATERIAL DA PASTILHA	K_r	ϵ_r	r_ϵ
1	MWLNL 2020 K06	WNMG 060408	Metal duro revestido	95	80	0.8
2	MWLNR 2020 K06	WNMG 060404	Metal duro revestido	95	80	0.4

FERRAMENTA	Nº OPR.	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO	Vc(m/min)	f(mm/v)	ap(mm) - max	ts(min)	ta(min)	tft(min)	tc(min)
	10	1ª FIXAÇÃO - fixar por B	***	***	***	0.5	***	***	***
T1	20	Facear C e desbastar D	125	0.25	2	***	0.03	1.5	0.8
T2	30	Acabar D	175	0.15	1	***	0.03	1.8	0.9
	40	retirar a peça	***	***	***	0.5	***	***	***
	10	2ª FIXAÇÃO - encostar em A e fixar por B	***	***	***	0.5	***	***	***
T1	20	Facear C e desbastar D	125	0.25	2	***	0.03	1.5	0.8
T2	30	Acabar D	175	0.15	1	***	0.03	1.8	0.9
	40	retirar a peça	***	***	***	0.5	***	***	***

PLANO DE USINAGEM			
Engenheiro(a) Responsável:	XXXXYY	Nº da peça:	U FPR-001
Data:	05/05/2023	Fluido de corte:	elmução 10%
Máquina:	Torno Mazak QTN 100	Pressão de Fixação:	1.5 mPa
Material da peça:	ABNT 1045	Nº do programa CN:	LAB-001

O SOLID EDGE POSSUI RECURSOS PARA CRIAÇÃO E EDIÇÃO DE TABELAS. ENTRETANTO, OS APLICATIVOS MS-EXCEL E OPENOFFICE PODEM SER MAIS VANTAJOSOS, PRINCIPALMENTE NO CASO DA PRIMEIRA TABELA, A QUAL SERÁ UTILIZADA POSTERIORMENTE PARA O CÁLCULO DO TEMPO E DO CUSTO DA USINAGEM. DESSA FORMA, RECOMENDA-SE O USO DE UM DESSES EDITORES PARA A CRIAÇÃO DAS TABELAS. APÓS SUAS FINALIZAÇÕES, AS TABELAS SERÃO TRANSFERIDAS (COPIAR/COLAR) PARA A FOLHA DE PROCESSO, TAL COMO ILUSTRADO NA FIGURA.

The screenshot displays the Solid Edge software interface with a process sheet template. The template includes technical drawings for two operations, labeled '1ª FIXAÇÃO' and '2ª FIXAÇÃO'. Below the drawings are two tables: 'ESPECIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS' and 'FERRAMENTA Nº OPR.'. The 'FERRAMENTA Nº OPR.' table provides detailed parameters for each operation, including tool type, material, and cutting conditions.

ESPECIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS						
POSICÃO	PORTA-FERRAMENTA	PASTILHA	MATERIAL DA PASTILHA	K_r	G_r	r_e
1	MWLN1 2020 K06	WNMG 060406	Metal duro revestido	95	80	0.6
2	MWLN1R 2020 K06	WNMG 060406	Metal duro revestido	95	80	0.4

FERRAMENTA	Nº OPR.	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO	V_c (m/min)	f_r (mm/v)	a_p (mm) - max	t_s (min)	t_a (min)	t_{ff} (min)	t_c (min)
	10	1ª FIXAÇÃO - fixar por B	***	***	***	0.5	***	***	***
T1	20	Facar C e desbastar D	123	0.25	2	***	0.03	1.5	0.8
T2	30	Acabar D	175	0.15	1	***	0.03	1.8	0.9
	40	retirar a peça	***	***	***	0.5	***	***	***
	10	2ª FIXAÇÃO - encostar em A e fixar por B	***	***	***	0.5	***	***	***
T1	20	Facar C e desbastar D	123	0.25	2	***	0.03	1.5	0.8
T2	30	Acabar D	175	0.15	1	***	0.03	1.8	0.9
	40	retirar a peça	***	***	***	0.5	***	***	***

PLANO DE USINAGEM			
Engenheiro(a) Responsável:	XXXXY	Fluxo de corte:	Estimado 10%
Máquina:	Torno Manual CN 200	Procedimento de usinagem:	1.5 m/min
Material da peça:	SEMT 1045	Nº de programa CN:	LAB-001
Nº da peça:	1000001		

- SE JULGAR NECESSÁRIO, REDUZA O TAMANHO DA FOLHA. PARA ISSO, BASTA CLICAR COM O BOTÃO DIREITO DO MOUSE SOBRE “FOLHA DE PROCESSOS” E SELECIONAR “Configurar Página”. OBSERVE QUE O NOME DA FOLHA TAMBÉM PODE SER ALTERADO, UTILIZANDO A OPÇÃO “Renomear”.