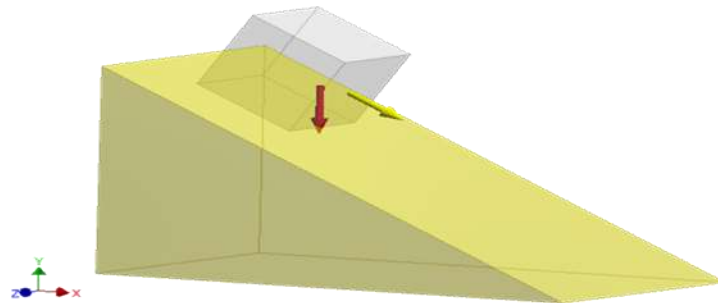


PRODUTO EDUCACIONAL



Aplicação de Ferramentas CAE/CAD e Inventor Versão Estudantil como Demonstração Didática no Ensino da Aplicação das Forças nos Planos Horizontal e Vertical para a Primeira Série do Ensino Médio

Mestranda: Heleyne Karen Lima Gil

Orientador: Dr. Igor Tavares Padilha

APRESENTAÇÃO

Este produto Educacional intitulado, “Aplicação de ferramentas CAE/CAD e INVENTOR (versão estudantil) como demonstração didática no ensino da aplicação das forças horizontal e vertical para a primeira série do Ensino Médio”, tem como objetivo demonstrar aos discentes a aplicação das forças no plano tridimensional através de ferramenta CAE/CAD, melhorando sua capacidade de compreensão sobre esta área da Dinâmica. Para tal, utiliza-se o recurso de simulação em computador para exemplos 2D e 3D.

O produto divide-se em Introdução, destacando os conceitos de vetor e Leis de Newton e fará uma apresentação da ferramenta de simulação computação Autodesk AutoCAD, Seguido dos Exercícios propostos, que demonstrarão como aplicar as ferramentas nos exemplos apresentados. Este produto educacional faz parte da dissertação do Mestrado Profissional Nacional de Ensino de Física (MPNEF), pertencente ao polo 04 -Instituto Federal do Amazonas (IFAM) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM), organizado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES), E destina-se a capacitar os professores de Ensino Médio sobre o conteúdo físico e as técnicas de ensino atuais para a aplicação em classe. Este produto educacional pode ser reproduzido livremente para fins didáticos.

Tem-se como expectativa que, após a aplicação deste Produto, o discente possa visualizar e compreender melhor a aplicação da Física, motivando-os e demonstrando sua utilidade e importância no cotidiano.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Representação de uma Grandeza escalar, a bola possui apenas representação numérica e unidade.	10
Figura 2- A Grandeza Vetorial , tem como representação uma seta, com origem (início)e extremidade(final).....	10
Figura 3- Representação vetorial de forças F_1 e F_2 , que atuam em um corpo com mesma direção e sentido, atuando em sentidos contrários e, com orientações de F_1 na direção vertical e F_2 na horizontal e sentidos diferentes (F_1 para cima e F_2 para a direita).	10
Figura 4- A força está sendo aplicada devido ao fato de empurrar ou puxar um objeto.	11
Figura 5- Dedução das Equações de Força e Peso.....	11
Figura 6- A força com que a terra atrai um corpo, é caracterizada com peso. Massa é a quantidade de matéria que um corpo possui. Fonte. http://www.geocities.ws/	12
Figura 7- A resultante será a soma, quando as forças estiverem no mesmo sentido.	12
Figura 8- A resultante será subtração, quando as forças estiverem em sentido diferentes.	12
Figura 9- Exemplos de Forças no Plano Horizontal e inclinado. Fonte. https://blog.biologiatotal.com.br	13
Figura 10 – Tela de boas-vindas do Inventor.	18
Figura 11 – Tela Inicial do ambiente Part.....	19
Figura 12 – Funcionalidades do Cube View.....	20
Figura 13 – Tela Inicial do ambiente Assembly.....	21
Figura 14 – Questão problematizadora para Plano Reto.	23
Figura 15 – Criação da pasta de projeto para Plano Reto.	25
Figura 16 – Opção para criação de uma nova pasta de projeto.....	25
Figura 17 – Opção Single User e Avance.	26
Figura 18 – Nomeie o Projeto, escolha o local de salvamento e finalize.....	26
Figura 19 – Projeto criado, clique em Done. Verifique a criação do arquivo na pasta.	27
Figura 20 – Abra o projeto e selecione a opção New.....	27
Figura 21 – Amplie os templates, selecione Metric, confira o projeto e dê duplo clique em Standard (mm).....	28
Figura 22 – Selecione Application Options.....	28
Figura 23 – Aba Color, Presentation e 1 Color. Aba Display, Reverse Direction e Zoom to Cursor.....	29
Figura 24 – Selecione 2D Sketch.....	30
Figura 25 – Selecione o Plano XY de trabalho.....	30
Figura 26 – Demonstração do ambiente de desenho.....	31
Figura 27 – Opção Rectangle, Two Point Center.....	31
Figura 28 – Magnetismo para coordenada 0,0.....	32
Figura 29 – Retângulo sendo criado.	32
Figura 30 – Retângulo criado com dimensões quaisquer.	33
Figura 31 – Opção Dimensions.....	33
Figura 32 – Criando Dimension.....	34

Figura 33 – Determinando a cota para altura do bloco.	34
Figura 34 – Dimensão da altura criada.	35
Figura 35 – Ambas as dimensões criadas.	35
Figura 36 – Finalizando o desenho.	36
Figura 37 – Retorno à tela principal do ambiente Part com o desenho criado.	36
Figura 38 – Selecione a opção Extrude.	37
Figura 39 – Executando o Extrude.	37
Figura 40 – Selecionando uma nova cor.	38
Figura 41 – Salvando o Bloco base do Plano Reto.	38
Figura 42 – Para atribuir a massa, selecione iProperties.	39
Figura 43 – Atribuição da Massa ao bloco.	40
Figura 44 – Navegação dos arquivos já criados.	40
Figura 45 – Clique no botão New.	41
Figura 46 – Selecionando a opção Assembly.	41
Figura 47 – Opção Place.	42
Figura 48 – Selecionando Bloco de Base.	42
Figura 49 – Inserindo a primeira peça na montagem.	43
Figura 50 – Bloco de base na posição de projeção ortogonal.	43
Figura 51 – Selecionando o Bloco Deslizante.	44
Figura 52 – Inserção do Bloco Deslizante.	44
Figura 53 – Comando Constrain.	45
Figura 54 – Selecione a face superior do bloco de base.	45
Figura 55 – Selecione uma das faces do bloco deslizante.	46
Figura 56 – A peça irá automaticamente. Clique em OK.	46
Figura 57 – Planos Médios.	47
Figura 58 – Selecione o Plano médio de um dos componentes.	47
Figura 59 – Selecione o outro Plano médio. Note que o plano já selecionado fica ativo	48
Figura 60 – O componente será atraído para a restrição de liberdade. Clique em OK.	48
Figura 61 – Movimentação do bloco deslizante em um único plano de liberdade.	49
Figura 62 – Comando Joint.	49
Figura 63 – Clique no ponto central da aresta inferior do bloco deslizante, verificando o plano correto.	50
Figura 64 – Clique no ponto central da aresta superior do bloco de base, verificando o plano correto.	50
Figura 65 – O bloco poderá estar incorreto. Basta mudar o alinhamento nas opções Connect e Align.	51
Figura 66 – Modifique o Tipo de Rigid para Slider. Será visualizada uma animação com o movimento correto.	51
Figura 67 – Ajustando os limites da ferramenta Joint e aperte OK.	52
Figura 68 – Caso apareça uma mensagem de erro ignore, clicando “Accept the Relationship”.	52

Figura 69 – Salve o arquivo, sugerimos o nome “MONTAGEM PLANO RETO”.....	53
Figura 70 – Dynamic Simulations.....	53
Figura 71 – Habilitando o vetor gravidade.....	54
Figura 72 – Configurando o vetor gravidade.	54
Figura 73 – Ferramenta Force.....	55
Figura 74 – Selecione o vértice inferior do bloco inferior.....	55
Figura 75 – Selecione a aresta inferior do bloco inferior.	56
Figura 76 – Caso o vetor esteja invertido, utilize a opção flip.....	56
Figura 77 – Atribua a força e clique em OK.	57
Figura 78 – Rodando a simulação.....	57
Figura 79 – Simulação do movimento após 1 s.....	58
Figura 80 – Selecione a aresta do bloco deslizante.	58
Figura 81 – Selecione a aresta do bloco de base.	59
Figura 82 – A distância aparecerá em tela.....	59
Figura 83 – Finalizando a simulação.....	60
Figura 84 – Questão problematizadora para Plano Inclinado.....	61
Figura 85 – Criação da pasta de projeto para Plano Inclinado.....	62
Figura 86 – Opção para criação de uma nova pasta de projeto.....	63
Figura 87 – Opção Single User e Avance.	63
Figura 88 – Nomeie o Projeto, escolha o local de salvamento e finalize.....	64
Figura 89 – Projeto criado, clique em Done. Verifique a criação do arquivo na pasta.	64
Figura 90 – Abra o projeto e selecione a opção New.....	65
Figura 91 – Amplie os templates, selecione Metric, confira o projeto e dê duplo clique em Standard (mm).....	66
Figura 92 – Selecione Application Options.....	66
Figura 93 – Aba Color, Presentation e 1 Color. Aba Display, Reverse Direction e Zoom to Cursor.....	67
Figura 94 – Selecione 2D Sketch.	68
Figura 95 – Selecione o Plano XY de trabalho.....	68
Figura 96 – Demonstração do ambiente de desenho.....	69
Figura 97 – Opção Line.....	69
Figura 98 – Magnetismo para coordenada 0,0.....	70
Figura 99 – Linha sendo criada.....	70
Figura 100 – Magnetismo no eixo.	71
Figura 101 – Base criada, magnetismo do eixo vertical.	71
Figura 102 – Fechamento do triângulo retângulo aproveitando o magnetismo da coordenada 0,0.	72
Figura 103 – Opção Dimensions.....	72
Figura 104 – Criando Dimension.....	73
Figura 105 – Determinando a cota para base do bloco.....	73
Figura 106 – Dimensão da base criada.....	74
Figura 107 –Dimensão do ângulo sendo criada, insira o valor de 30 graus.....	74

Figura 108 – Triângulo criado.....	74
Figura 109 – Finalizando o desenho.	75
Figura 110 – Retorno à tela principal do ambiente Part com o desenho criado.	75
Figura 111 – Selecione a opção Extrude.	76
Figura 112 – Executando o Extrude.	76
Figura 113 – Selecionando uma nova cor.	77
Figura 114 – Salvando o Bloco base do Plano Inclinado Reto.....	77
Figura 115 – Opção Rectangle, Two Point Center.	78
Figura 116 – Magnetismo para coordenada 0,0.....	78
Figura 117 – Retângulo sendo criado.	79
Figura 118 – Retângulo criado com dimensões quaisquer.	79
Figura 119 – Opção Dimensions.	80
Figura 120 – Criando Dimension.....	80
Figura 121 – Determinando a cota para altura do bloco.	81
Figura 122 – Dimensão da altura criada.	81
Figura 123 – Ambas as dimensões criadas.	82
Figura 124 – Finalizando o desenho.	82
Figura 125 – Retorno à tela principal do ambiente Part com o desenho criado.	83
Figura 126 – Selecione a opção Extrude.	83
Figura 127 – Executando o Extrude.	84
Figura 128 – Selecionando uma nova cor.	84
Figura 129 – Para atribuir a massa, selecione iProperties.	85
Figura 130 – Atribuição da Massa ao bloco.	85
Figura 131 – Salvando o Bloco deslizante do Plano Inclinado.....	86
Figura 132 – Navegação dos arquivos já criados.....	86
Figura 133 – Clique no botão New.	87
Figura 134 – Selecionando a opção Assembly.	87
Figura 135 – Opção Place.....	88
Figura 136 – Selecionando Bloco de Base.	88
Figura 137 – Inserindo a primeira peça na montagem.	89
Figura 138 – Bloco de base na posição de projeção ortogonal.....	89
Figura 139 – Selecionando o Bloco Deslizante.	90
Figura 140 – Inserção do Bloco Deslizante.....	90
Figura 141 – Comando Constrain.	91
Figura 142 – Selecione a face superior do bloco de base.....	91
Figura 143 – Selecione uma das faces do bloco deslizante.....	92
Figura 144 – A peça irá automaticamente. Clique em OK.	92
Figura 145 – Planos Médios.....	93
Figura 146 – Selecione o Plano médio de um dos componentes.	93
Figura 147 – Selecione o outro Plano médio. Note que o plano já selecionado fica ativo	94

Figura 148 – O componente será atraído para a restrição de liberdade. Clique em OK.	94
Figura 149 – Movimentação do bloco deslizando em um único plano de liberdade.....	94
Figura 150 – Comando Joint.	95
Figura 151 – Clique no ponto central da aresta inferior do bloco deslizando, verificando o plano correto.	95
Figura 152 – Clique no ponto central da aresta superior do bloco de base, verificando o plano correto.	96
Figura 153 – O bloco poderá estar incorreto. Basta mudar o alinhamento nas opções Connect e Align.	96
Figura 154 – Modifique o Tipo de Rigid para Slider. Será visualizada uma animação com o movimento correto.	97
Figura 155 – Ajustando os limites da ferramenta Joint e aperte OK.	97
Figura 156 – Caso apareça uma mensagem de erro ignore, clicando “Accept the Relationship”.	98
Figura 157 – Salve o arquivo, sugerimos o nome “MONTAGEM PLANO INCLINADO”.	98
Figura 158 – Dynamic Simulations.	99
Figura 159 – Habilitando o vetor gravidade.....	99
Figura 160 – Configurando o vetor gravidade.	100
Figura 161 – Ferramenta Force.....	100
Figura 162 – Selecione o vértice inferior do bloco inferior.....	101
Figura 163 – Selecione a aresta inferior do bloco inferior.	101
Figura 164 – Caso o vetor esteja invertido, utilize a opção flip.....	102
Figura 165 – Atribua a força e clique em OK.....	102
Figura 166 – Rodando a simulação.....	103
Figura 167 – Simulação do movimento após 1 s, bloco parado, exercício comprovado.	103
Figura 168 – Retornando ao ambiente de edição da simulação.	104
Figura 169 – Dê um duplo clique com o botão esquerdo na Força criada para poder editar.	104
Figura 170 – Atribua o valor de 3N para a força.....	105
Figura 171 – Simulação do movimento após 1 s, bloco movimentou-se no sentido da força, exercício comprovado.....	105
Figura 172 – Retornando ao ambiente de edição da simulação.	106
Figura 173 – Dê um duplo clique com o botão esquerdo na Força criada para poder editar.	106
Figura 174 – Atribua o valor de 2N para a força.....	107
Figura 175 – Simulação do movimento após 1 s, bloco movimentou-se no sentido oposto à força, exercício comprovado.	107
Figura 176 – Finalizando a simulação.....	108

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. ATIVIDADE PROPOSTA.....	14
1.2. QUESTÃO PROBLEMATIZADORA PARA PLANO RETO (SIMULAÇÃO).....	16
1.3. QUESTÃO PROBLEMATIZADORA PARA PLANO INCLINADO(SIMULAÇÃO).	16
2. CONHECENDO O SOFTWARE AUTODESK INVENTOR 3D.....	18
2.1. PASTA DE PROJETO	18
2.2. AMBIENTES DE TRABALHO	18
2.3. FERRAMENTAS DE TRABALHO PARA OS AMBIENTES PART E ASSEMBLY	21
3. QUESTÃO PROBLEMATIZADORA PARA PLANO RETO.....	23
3.1. VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS VIA INVENTOR.....	23
3.1.1. CONSTRUINDO O MODELO NO INVENTOR.....	25
3.1.2. MONTANDO O MODELO NO INVENTOR.....	41
3.1.3. SIMULANDO O MODELO NO INVENTOR	53
4. QUESTÃO PROBLEMATIZADORA PARA PLANO INCLINADO	61
4.1. VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS VIA INVENTOR.....	62
4.1.1. CONSTRUINDO O MODELO NO INVENTOR.....	62
4.1.2. MONTANDO O MODELO NO INVENTOR.....	87
4.1.3. SIMULANDO O MODELO NO INVENTOR	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

1. INTRODUÇÃO

Sabemos que algumas grandezas físicas são corretamente definidas apenas por número e unidade, sem necessidade de qualquer outra orientação, sendo denominadas **Escalares**. Como exemplo, quando expressamos que a massa de um corpo é 5 kg, compreende-se o significado sem nada mais acrescentar. Já as grandezas que precisam de orientações como direção e sentido, além das numéricas são denominadas **Vetoriais**.



Figura 1- Representação de uma Grandeza escalar, a bola possui apenas representação numérica e unidade.

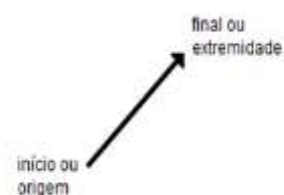


Figura 2- A **Grandeza Vetorial**, tem como representação uma seta, com origem (início) e extremidade (final).

Entendemos a definição de Vetor como segmento de reta orientado, caracterizado pelos elementos **módulo, direção e sentido**. Vetores representam grandezas como :força, velocidade, quantidade de movimento etc.

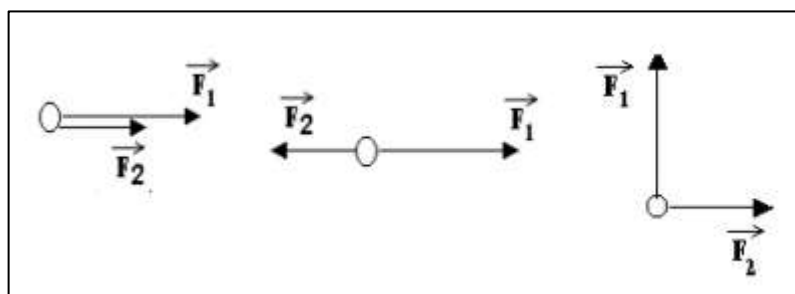


Figura 3- Representação vetorial de forças F_1 e F_2 , que atuam em um corpo com mesma direção e sentido, atuando em sentidos contrários e, com orientações de F_1 na direção vertical e F_2 na horizontal e sentidos diferentes (F_1 para cima e F_2 para a direita).

Em operações vetoriais, adição e subtração são as mais importantes, sendo feitas através de operações geométricas e mais comuns no dia a dia.

A representação vetorial da soma, inicia-se na origem do primeiro vetor e termina na extremidade do último.

Quando um objeto se move, interage com outros objetos, o que se demonstra por meio de forças. Nesse contexto, não falaremos sobre movimento, apenas abordaremos, de forma resumida o conceito de Força.

O conceito dinâmico de Força é definido como o agente que provoca mudanças no estado de movimento e repouso do corpo, a unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades (SI) é Newton (N), em Homenagem ao Cientista Inglês Isaac Newton (1643- 1727).

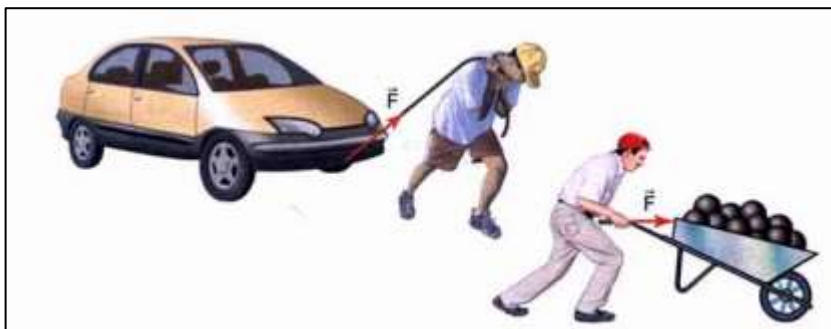


Figura 4- A força está sendo aplicada devido ao fato de empurrar ou puxar um objeto.

Para que o efeito de uma força seja definido, é necessário identificar seu módulo, direção e sentido. A força é uma grandeza vetorial, logo, sua representação é um vetor.

Temos como exemplo de força, a atração da terra sobre os corpos que ficam localizados próximos a superfície, força essa, denominada de peso do corpo, uma grandeza vetorial, onde sua intensidade é medida em Newton (N), sendo expressa:

$$\vec{F}_R = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} = m\vec{g}$$

Figura 5- Dedução das Equações de Força e Peso.

Um corpo adquire aceleração quando está em movimento sob ação de seu peso. Essa aceleração é denominada aceleração gravitacional.

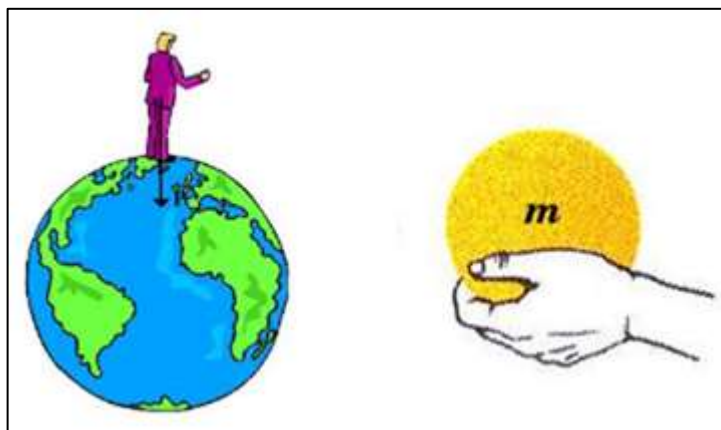


Figura 6- A força com que a terra atrai um corpo, é caracterizada com peso. Massa é a quantidade de matéria que um corpo possui. Fonte. <http://www.geocities.ws/>.

Uma Equação vetorial pode ser caracterizada através de cada situação apresentada como mostradas nas figuras abaixo, onde o módulo será representado por F_R , determinando o resultado pelo comprimento do vetor resultante. Neste trabalho abordaremos apenas as propriedades de soma e subtração de forças que agem sobre um corpo e a soma correspondente.

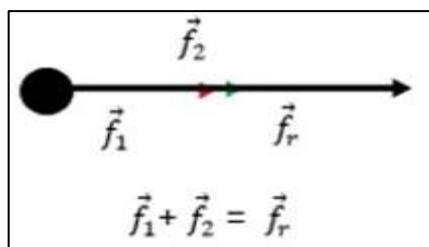


Figura 7- A resultante será a soma, quando as forças estiverem no mesmo sentido.

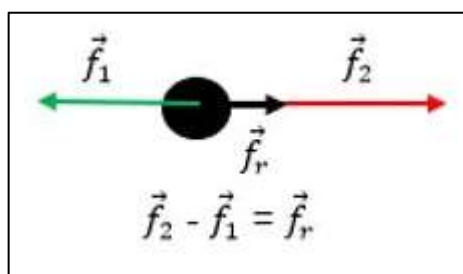


Figura 8- A resultante será subtração, quando as forças estiverem em sentido diferentes.

Corpos podem estar sujeitos a forças que atuam em diferentes direções e sentidos. Para compreender o efeito de um grupo de forças agindo sobre o corpo, é mais fácil pensar em todas as forças como uma única força e será resultado da soma de todos os envolvidos. Esta única força é chamada de "força resultante". Por se tratar de um vetor, devemos sempre observar seu módulo, direção e sentido. Neste produto será apresentado exemplos de Forças no Plano Horizontal e inclinado, sem atrito.

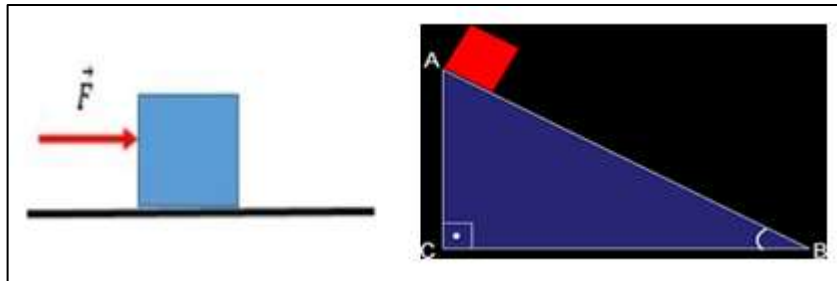


Figura 9- Exemplos de Forças no Plano Horizontal e inclinado. Fonte. <https://blog.biologiatotal.com.br>.

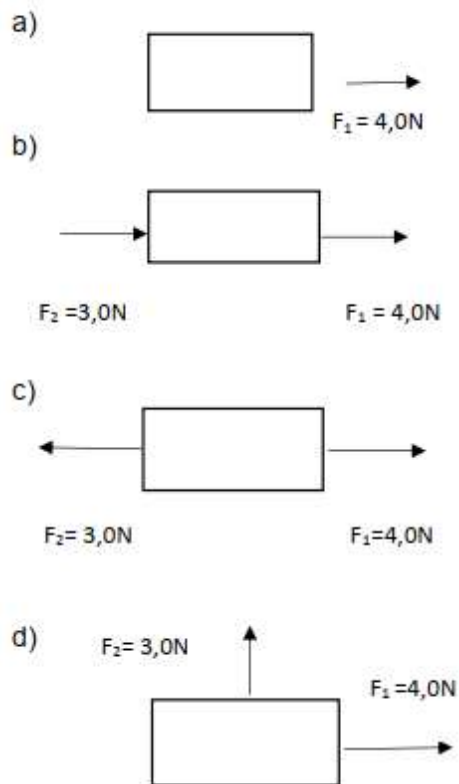
Reforçamos que o Conceito de força é bem mais amplo. Deste modo, a demonstração será feita através de dois exemplos, um no Plano horizontal e outro no Plano inclinando, e a atuação de forças em 2D através das Ferramentas Autodesk AutoCad e a simulação em 3D no Autodesk Inventor, conhecendo as ferramentas utilizadas e seus respectivos comandos. Na temática seguinte será abordado os exemplos e ao final o aluno deverá comparar os resultados obtidos ao método teórico convencional.

Como abordagem inicial o professor utilizará uma atividade para verificar o nível de conhecimento do aluno na parte vetorial e Leis de Newton. A atividade ficará a critério do professor, e aqui utilizaremos a atividade efetivada na escola onde houve a aplicação do produto.

1.1. ATIVIDADE PROPOSTA

ESCOLA:

1. Nas figuras abaixo, representam-se as forças que agem nos blocos (considere todos com massa 2,0kg). Determine em cada caso, o módulo da aceleração que esses blocos adquirem.



2. Um ponto material está em repouso em relação a um referencial inercial. É necessário a aplicação de uma força para tirá-lo do estado de repouso?

Respostas:



Nesse caso, a Força $\vec{F}_1$ é a força resultante $\vec{F}_R$ que produz a aceleração $\vec{a}$. Logo, pela segunda Lei de Newton temos:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F}_1 = m \cdot \vec{a} \Rightarrow 4,0 = 2,0 \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = 2,0 \text{ m/s}^2.$$

b)

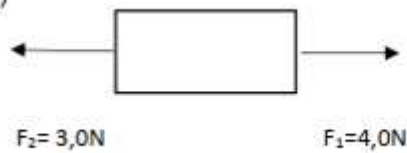


Utilizando a segunda lei de Newton:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

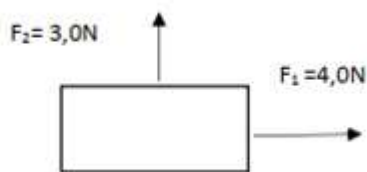
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = m \cdot \vec{a} \Rightarrow 4,0 + 3,0 = 2,0 \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = 3,5 \text{ m/s}^2.$$

c)



$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{F}_1 - \vec{F}_2 = m \cdot \vec{a} \Rightarrow 4,0 - 3,0 = 2,0 \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = 0,50 \text{ m/s}^2$$

d)



Nesse caso, como $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ têm direções diferentes, a força resultante $\vec{F}_R$ é obtida com a regra do paralelogramo.

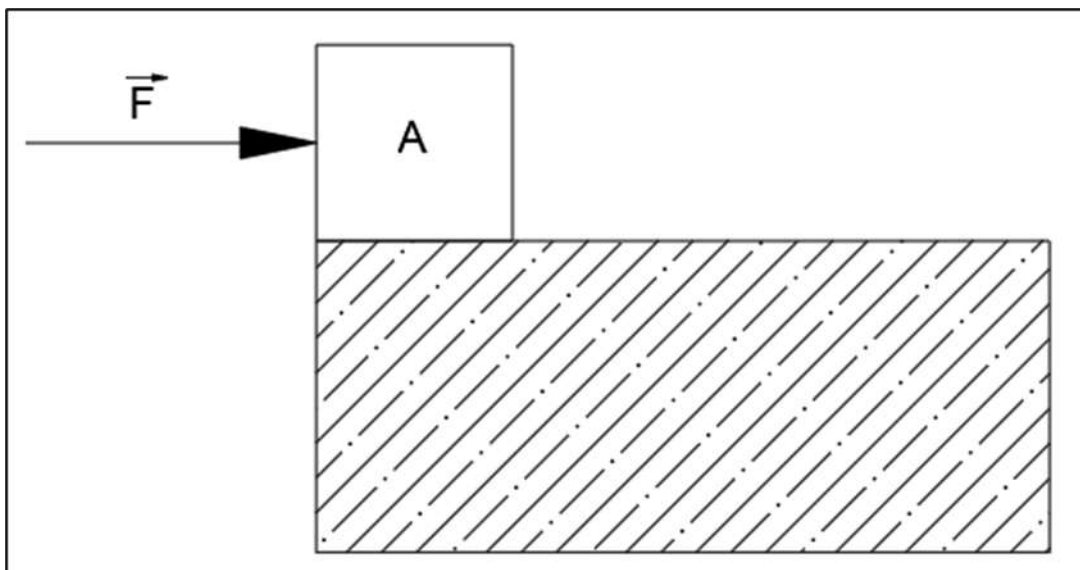
$$\vec{F}_R^2 = \vec{F}_1^2 + \vec{F}_2^2 \Rightarrow \vec{F}_R^2 = (4,0)^2 + (3,0)^2 \Rightarrow \vec{F}_R^2 = 25 \Rightarrow F_R = 5,0 \text{ N}$$

Logo, pela segunda lei de Newton temos:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a} \Rightarrow 5,0 = 2,0 \cdot a \Rightarrow a = 2,5 \text{ m/s}^2.$$

1.2. QUESTÃO PROBLEMATIZADORA PARA PLANO RETO (SIMULAÇÃO).

Analizando a figura abaixo, qual o módulo da Força resultante F que compete ao corpo A, de massa 5 Kg, se este estiver sujeito a uma aceleração de $2,0 \text{ m/s}^2$? Considere atrito desprezível.

**RESOLUÇÃO:**

Aplicando a 2ª Lei de Newton, podemos obter a seguinte resposta:

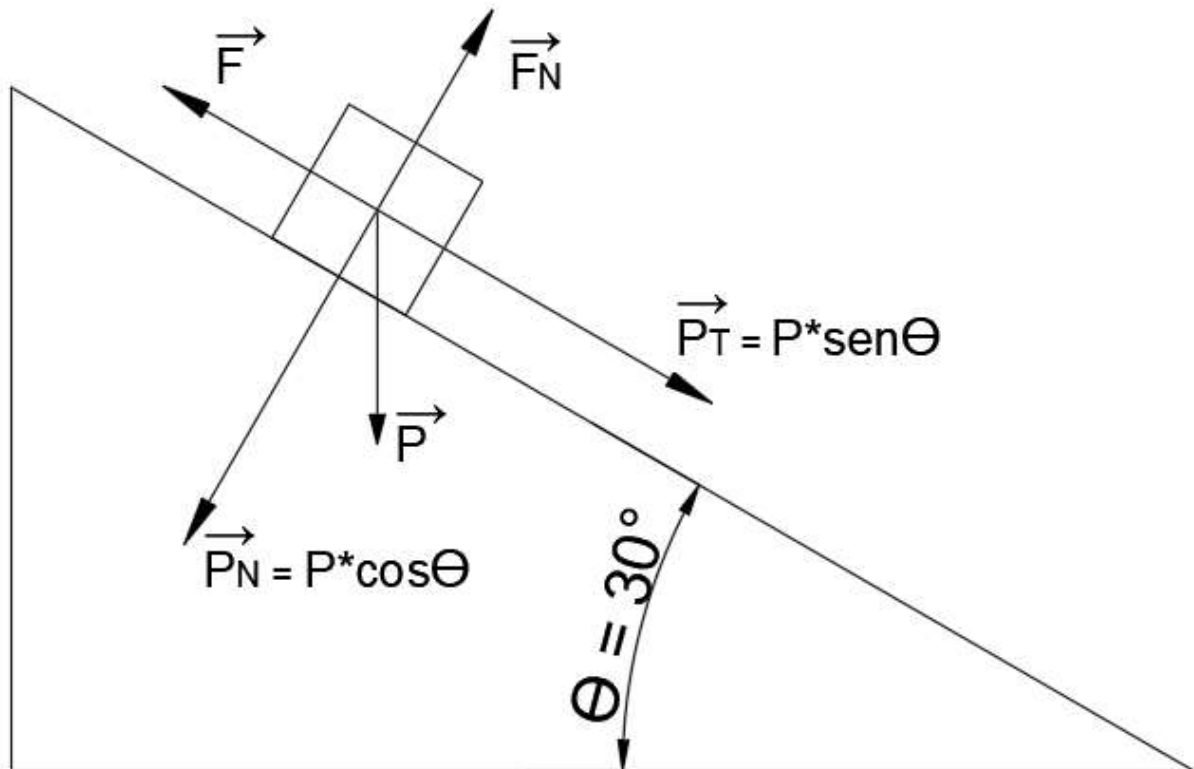
$$m = 5 \text{ kg}$$

$$a = 2,0 \text{ m/s}^2$$

$$F_R = m \cdot a \rightarrow F_R = 5 \cdot 2 = 10 \text{ N}$$

1.3. QUESTÃO PROBLEMATIZADORA PARA PLANO INCLINADO(SIMULAÇÃO).

Na figura abaixo, o bloco A de massa 500 g está em repouso. Considerando atrito desprezível, qual deverá ser a intensidade da Força F aplicada à sua base, para que esta afirmação seja verdadeira?



RESOLUÇÃO

Para que o Bloco A esteja em repouso, deverá ser aplicada uma força F em sentido oposto e de intensidade idêntica à força P_T . Se a força for maior, o bloco será puxado, se for menor, ele irá descer pelo plano inclinado

Aplicando a 2ª Lei de Newton, podemos obter a seguinte resposta:

$$m = 0,5 \text{ kg}$$

$$g = 10,0 \text{ m/s}^2$$

$$\theta: 30^\circ$$

$$P = m \cdot g \rightarrow P = 0,5 \cdot 10 = 5N$$

$$F = P \cdot \sin \theta \rightarrow F = 5 \cdot 0,5 = 2,5 N$$

2. CONHECENDO O SOFTWARE AUTODESK INVENTOR 3D

O Autodesk Inventor 3D, é um software 3D CAD/CAE/CAM focado em engenharia e projetos de produtos. É desenvolvido pela empresa Autodesk (a desenvolvedora do famoso AutoCAD) e possui licença estudantil, mediante comprovação de vínculo como estudante ou professor em alguma instituição de ensino, como todos os atributos do software profissional.

Podemos efetuar o download do software no site oficial:

<<https://www.autodesk.com.br/education/edu-software/overview>>

Há formas de traduzir o software para o português. Porém há maior disponibilidade de material de estudo em inglês (linguagem nativa da Autodesk), logo optamos por utilizar o programa neste idioma.

Ao iniciar o software, abrimos uma tela de boas-vindas, com os 4 ambientes de trabalho e algumas funcionalidades:

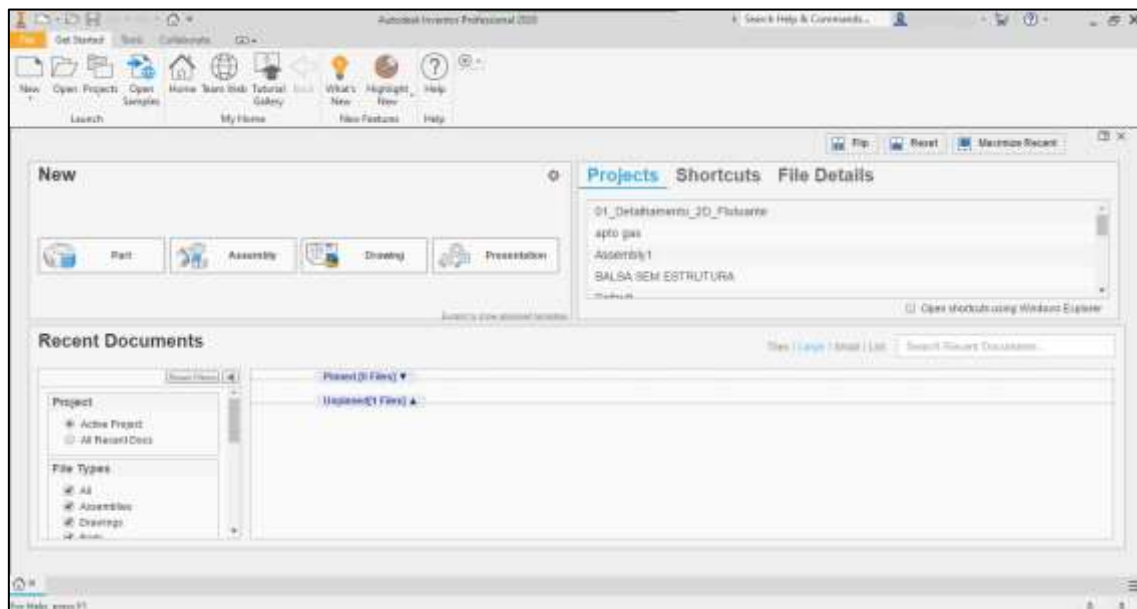


Figura 10 – Tela de boas-vindas do Inventor.

2.1. PASTA DE PROJETO

A pasta de projeto é um recurso que o Inventor utiliza para organizar os arquivos titulares e de backup. Um arquivo de extensão .ipj é criado nessa pasta assim que for definida como pasta de projeto

2.2. AMBIENTES DE TRABALHO

Para realizar simulações e projetos de engenharia, o software conta com 4 ambientes de trabalho específicos: Part, Assembly, Drawing e Presentation.

O ambiente Part é onde fazemos a modelagem dos componentes de nosso projeto. No ambiente Assembly, unimos os componentes e explicamos qual a interação entre eles, descrevendo como o modelo funcionará para podermos realizar simulações físicas de movimento. Os ambientes Drawing e Presentation não serão explorados neste trabalho, por só terem implicação prática em projetos de engenharia, mas são responsáveis por gerar os desenhos de fabricação e vistas explodidas, respectivamente.

AMBIENTE PART

O primeiro ambiente de trabalho que iremos explorar, trata-se do ambiente Part. Neles executamos as peças individuais que serão trabalhadas posteriormente. Após “fabricarmos” as peças no programa, podemos executar vários serviços, como análise estrutural, renderização, impressão 3D, preparação para usinagem etc.

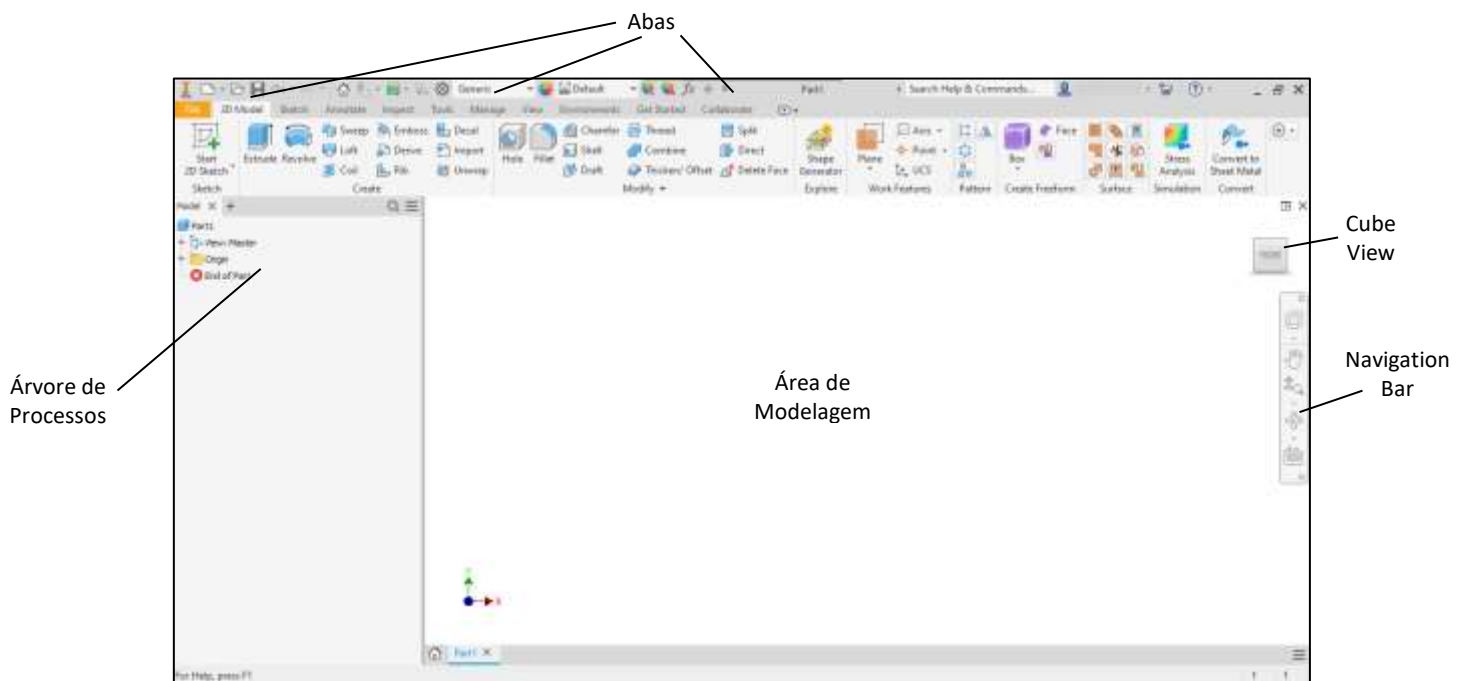


Figura 11 – Tela Inicial do ambiente Part.

O ambiente Part possui abas específicas ao seu uso. A mais utilizada é a aba 3D Model que cuida da modelagem e refino da peça em edição. A Aba Environments, é responsável pela aplicação de análises estruturais, renderização, impressão 3D etc.

A Árvore de processos, é o campo que reúne todos os itens de modelagem da peça, ou seja, cada ferramenta que se usa na edição do modelo fica listado e disponível para visualização ou alteração. O primeiro conteúdo da árvore é a pasta Origin, que abriga no seu interior as entidades geométricas básicas como Axis(eixos),

Planes (planos) e Center Point. Essas entidades são as primeiras referências de apoio da modelagem.

A Área de Modelagem é o espaço de modelagem e visualização da peça a ser editada. O Cube View é o recurso que se usa para manipular os pontos de vistas. Pode variar entre vistas ortográficas e perspectivas.

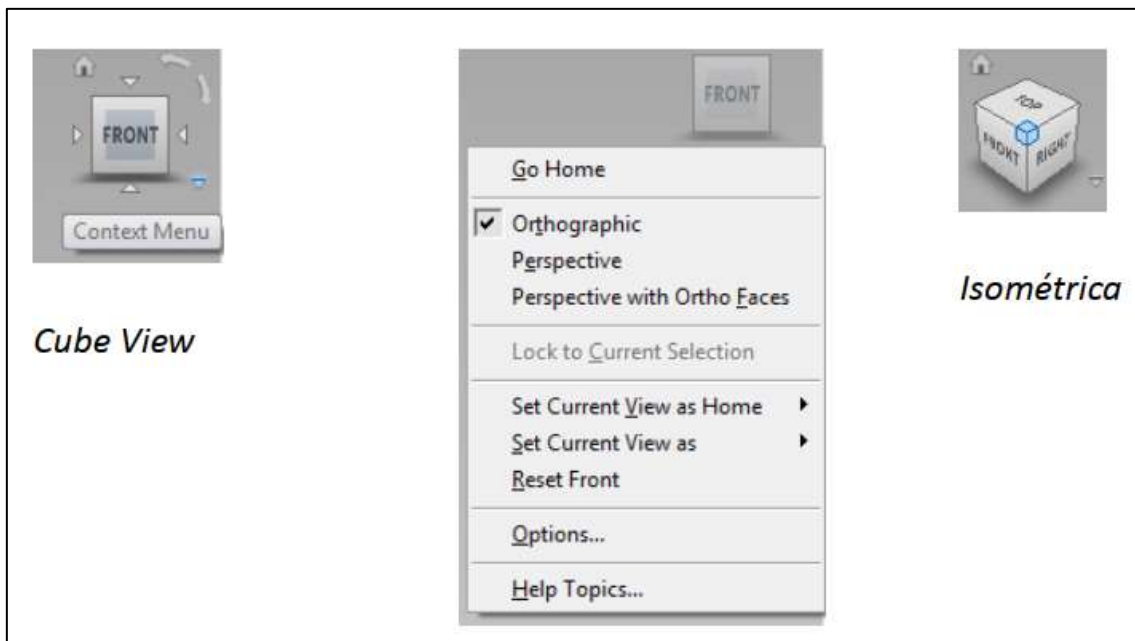


Figura 12 – Funcionalidades do Cube View.

A Navigation Bar reúne os comandos manipulação da vista e de sua representação, como pontos de vista, modos de perspectivas, controles de iluminação e sombras.

O mouse é um elemento muito importante em todos os ambientes de trabalho do Inventor. Com o botão esquerdo, faremos atividades comuns de seleção com um clique normal e/ou dois cliques rápidos. Já o botão direito é responsável por oferecer menus de contexto, ou opções prosseguimento em alguns comandos.

Por fim, o Scroll (“rodinha” do mouse) possui finalidade de manipular a vista do ambiente 3D, com várias interações e possibilidades: Ao clicar e segurá-lo, executará o comando PAN, que trata-se de movimentar a peça pelo plano na área de modelagem; Ao girá-lo, executará o comando ZOOM dentro do plano de modelagem; Ao clicar segurando-o junto com a tecla Shift, ele executa o comando ORBIT, que faz uma rotação 3D da peça; e clicando duas vezes ligeiramente, executará o comando ZOOM ALL, que apresenta um zoom de tudo que estiver no modelo, dentro do plano de visualização da área de modelagem.

AMBIENTE ASSEMBLY

Trata-se do ambiente de montagem do software, onde reuniremos as peças modeladas no ambiente Part, produziremos as interações entre os componentes e “explicaremos” ao software como a física funciona, para gerar simulações físicas ou de movimento.

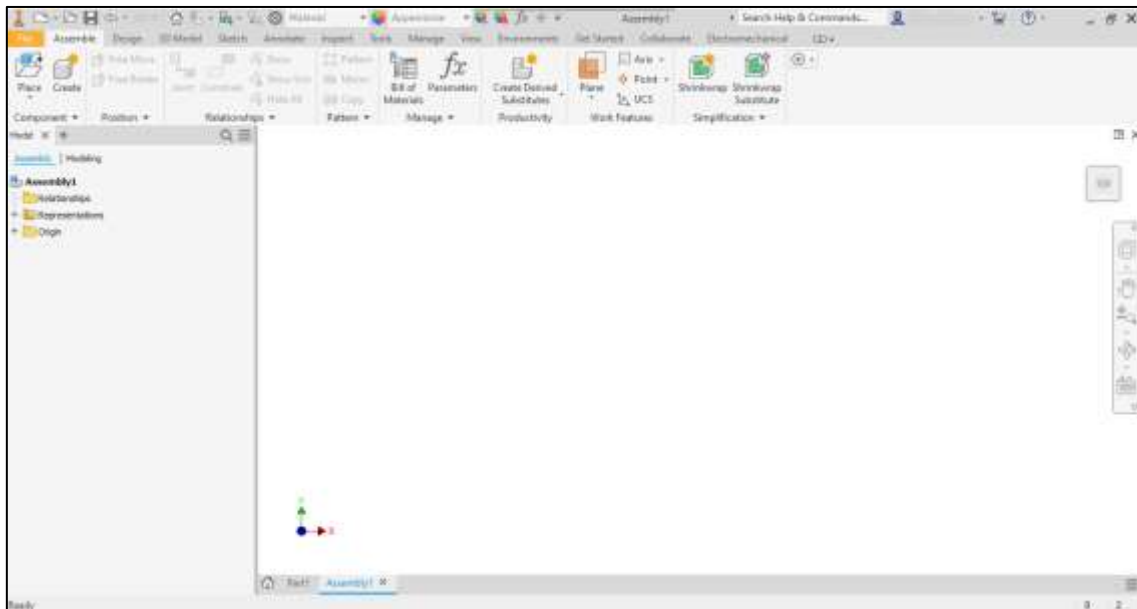


Figura 13 – Tela Inicial do ambiente Assembly.

A interface do ambiente Assembly também possui os recursos do ambiente Part, como as Abas de Ferramentas, a Árvore de Processos, o Cube View, A Navigation Bar e a Área de Modelagem.

A Árvore de Processos do ambiente Assembly funciona um pouco diferente da árvore do ambiente Part, já que a prioridade é exibir os componentes reunidos e suas relações de montagem, enquanto no Part se exibe as ferramentas de construção dos componentes.

2.3. FERRAMENTAS DE TRABALHO PARA OS AMBIENTES PART E ASSEMBLY

Por tratar-se de um software voltado à aplicação da física para engenharia, há vários conceitos de engenharia inerentes à utilização do software. As ferramentas de trabalho são polivalentes e cabe ao usuário selecionar a melhor metodologia para executar cada componente ou montagem. Assim, o mesmo projeto pode ser executado de maneiras diferentes por diferentes pessoas e as ferramentas de trabalho possuem diferentes formas de interação entre si.

Este trabalho tem intuito de estudo da física e, portanto, não faz sentido ser um minicurso de aplicação das ferramentas do software. Optamos por apresentar as ferramentas a serem utilizadas durante o desenvolvimento dos exercícios. A ideia de utilização do software é provar os resultados obtidos via cálculo, simulando seu movimento.

3. QUESTÃO PROBLEMATIZADORA PARA PLANO RETO

Analizando a figura abaixo, qual o módulo da Força resultante F que compete ao corpo A, de massa 5 Kg, se este estiver sujeito a uma aceleração de $2,0 \text{ m/s}^2$? Considere atrito desprezível.

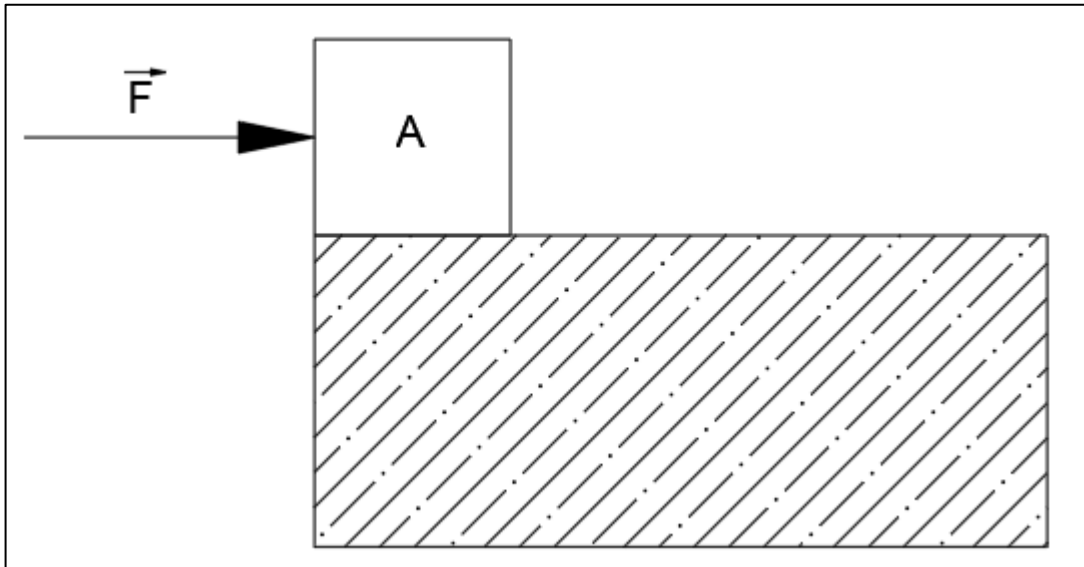


Figura 14 – Questão problematizadora para Plano Reto.

RESOLUÇÃO

Aplicando a 2ª Lei de Newton, podemos obter a seguinte resposta:

$$m = 5 \text{ kg}$$

$$a = 2,0 \text{ m/s}^2$$

$$Fr = m * a \rightarrow Fr = 5 * 2 = 10 \text{ N}$$

3.1. VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS VIA INVENTOR

Considerando o intuito do software Inventor, voltado à aplicação da física na engenharia, precisamos imaginar qual(is) as consequências que seriam facilmente observáveis em modelo físico, que possam comprovar os resultados obtidos na resolução.

Logo, devemos propor aos alunos, um raciocínio de contraprova, como por exemplo: “Se um bloco deixado em um plano reto, possuir uma massa de 5 kg, e for submetido à uma aceleração de 2 m/s^2 , como eu poderia provar que isto é equivalente a dizer que há uma força aplicada de 10N?”

A forma sugerida de fazê-lo é construir um modelo com um bloco de peso 5 kg e medir qual a distância que o bloco irá percorrer em um determinado tempo, se aplicada uma força de 10N em sua face.

Perceba que isto gera uma segunda questão problematizadora e amplia o desenvolvimento da questão, possibilitando trabalhar mais conteúdo do que o proposto inicialmente, o que é excelente para o aprendizado dos discentes. Isto decorre, da aplicação prática da física, caso em que os alunos que trabalharão em área de exatas se confortarão em sua vida profissional.

Após deixarmos os alunos pensarem um pouco, considerando que o movimento possui aceleração (logo portanto movimento uniformemente variado - MUV), podemos sugerir a utilização da equação de Toricelli, propondo um determinado tempo de observação para cálculo da velocidade (utilizaremos 1 segundo para facilitar o projeto). Assim, aplicando as fórmulas, temos:

$$a = 2,0 \text{ m/s}^2;$$

$$\Delta t = 1 \text{ s};$$

$$V = 2 \text{ m/s}$$

$$V^2 = V_0^2 + 2 * a * \Delta S \rightarrow 2^2 = 0^2 + 2 * 2 * \Delta S \rightarrow \Delta S = 1 \text{ m}$$

Logo, se construirmos um modelo no Inventor, de um bloco em plano reto, com massa de 5 kg e força aplicada de 10N, ao observamos pelo período de 1 segundo ele deverá percorrer a distância de 1 m e isto comprovará que a aceleração aplicada foi de 2 m/s².

3.1.1. CONSTRUINDO O MODELO NO INVENTOR

CRIANDO A PASTA DE PROJETO

a) Na página inicial, após abrir o software, escolha a opção Projects

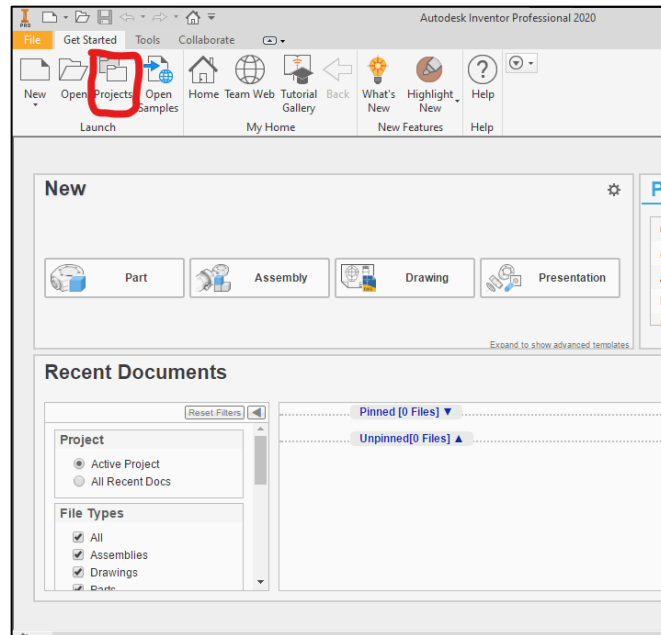


Figura 15 – Criação da pasta de projeto para Plano Reto.

b) No menu que será aberto, escolha a opção New

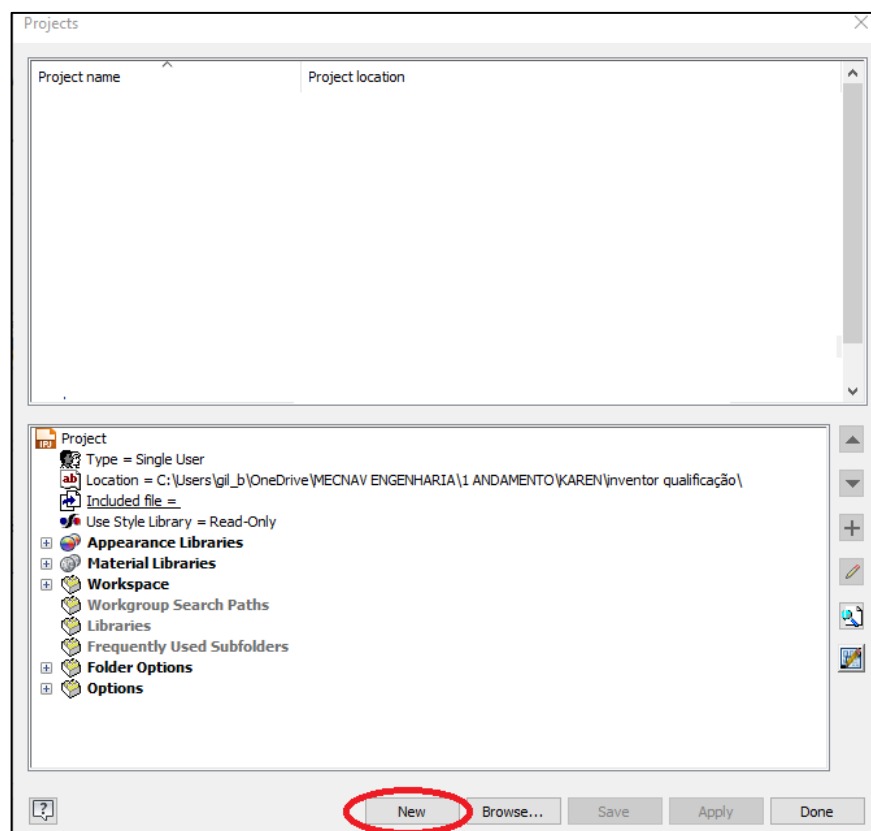


Figura 16 – Opção para criação de uma nova pasta de projeto.

c) Marque a opção New Single User Project, e clique em Next

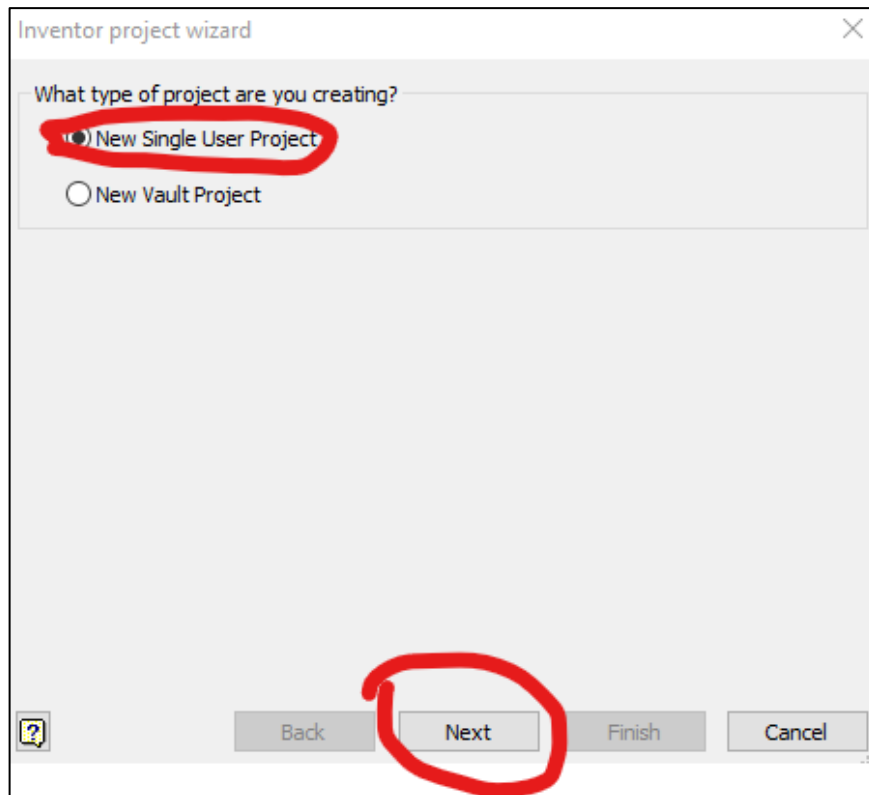


Figura 17 – Opção Single User e Avance.

d) Dê um nome para o projeto e clique na opção reticências. Será aberta uma pop up para seleção da pasta em que o projeto será salvo e clique em OK (recomenda-se criar a pasta anteriormente no Windows). A pop up será fechada e será observado o caminho selecionado (protegemos a informação por motivos de confidencialidade). Então clique em Finish.

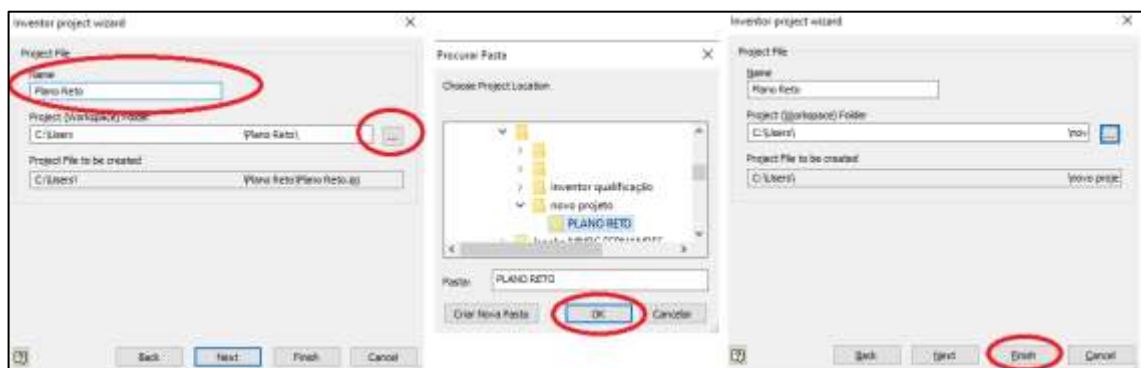


Figura 18 – Nomeie o Projeto, escolha o local de salvamento e finalize.

e) Será observado que o projeto foi criado no menu Projects. O projeto ficará com uma marcação em frente ao seu nome, comprovando que é o projeto em utilização, então clique em Done. Na pasta do projeto, será criado o arquivo com o nome escolhido e a extensão ipj, além da pasta de backup (OldVersions). A partir de agora para abrir o projeto, basta dar um duplo clique no arquivo ipj.

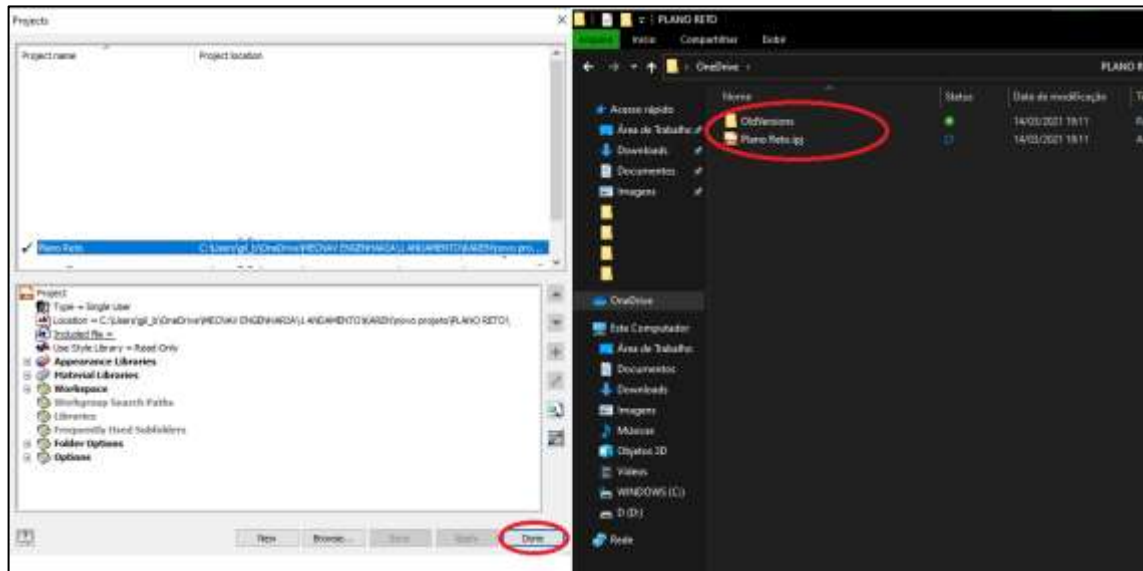


Figura 19 – Projeto criado, clique em Done. Verifique a criação do arquivo na pasta.

CONFIGURAÇÕES INICIAIS

a) Abra o projeto, com um duplo clique no arquivo **ipj**. Na tela do software, selecione a opção New.

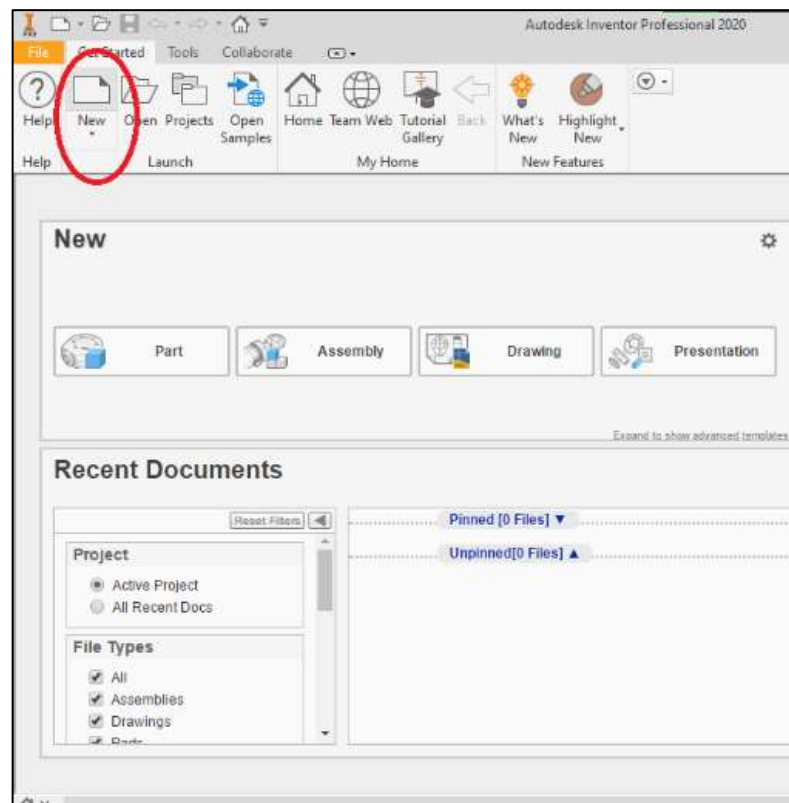


Figura 20 – Abra o projeto e selecione a opção New.

b) Na Pop Up que será aberta, amplie as opções de template (em-US) e selecione a opção Metric. Abaixo, confirme se o arquivo de projeto está correto. Acima, no menu de contexto Part, escolha (com um duplo clique) a opção Standard em mm

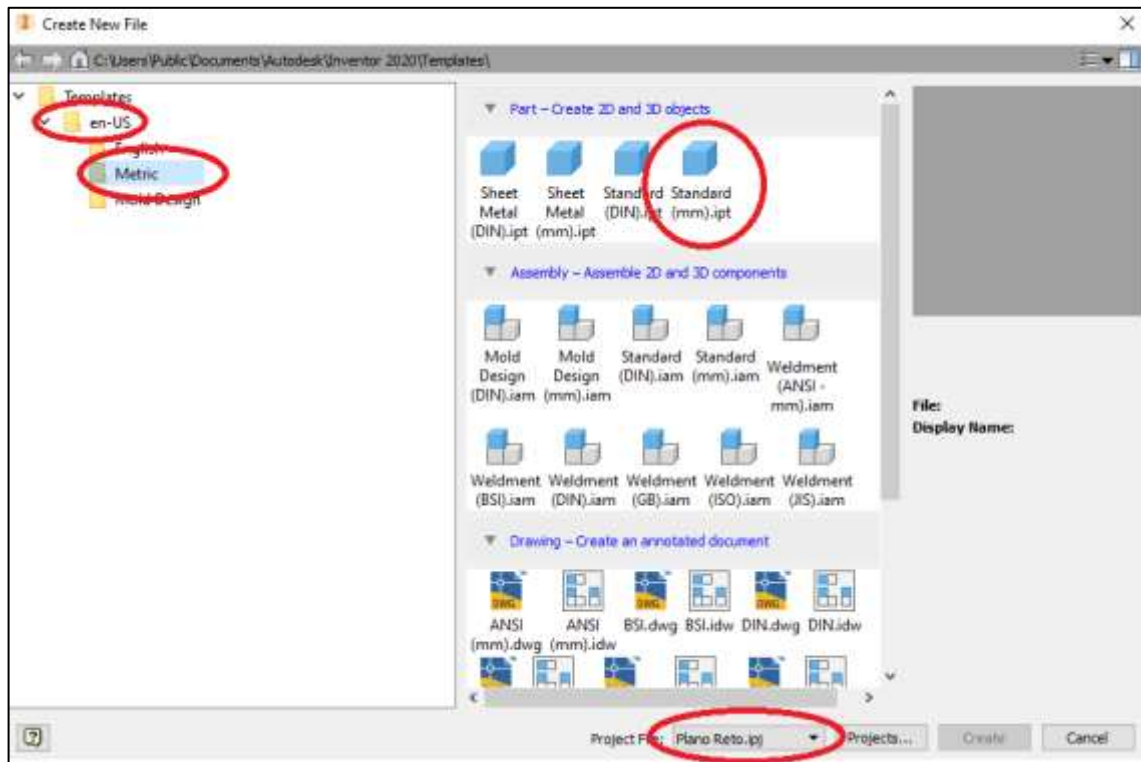


Figura 21 – Amplie os templates, selecione Metric, confira o projeto e dê duplo clique em Standard (mm).

c) Na tela inicial, navegue até a aba Tools, e clique em application Options

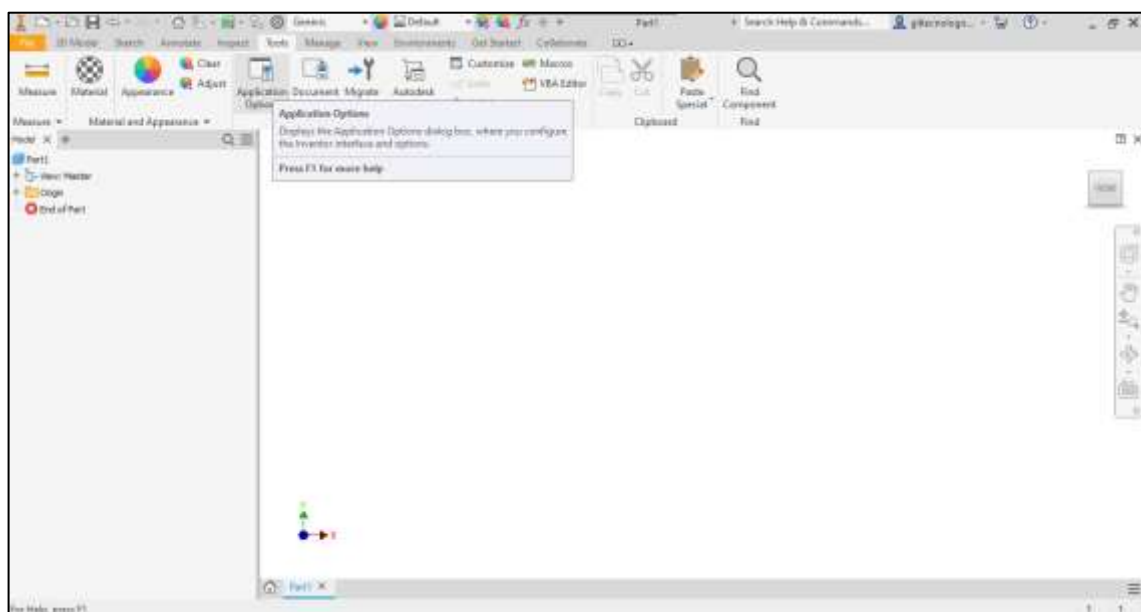


Figura 22 – Selecione Application Options.

d) No menu que será aberto, faremos alterações em duas abas: Colors e Display. Na primeira, selecione a opção Presentation e 1 Color (isto deixará o plano de fundo idêntico ao nosso trabalho. Na segunda, marque as opções Reverse Direction e Zoom to Cursor. Então, clique em OK.

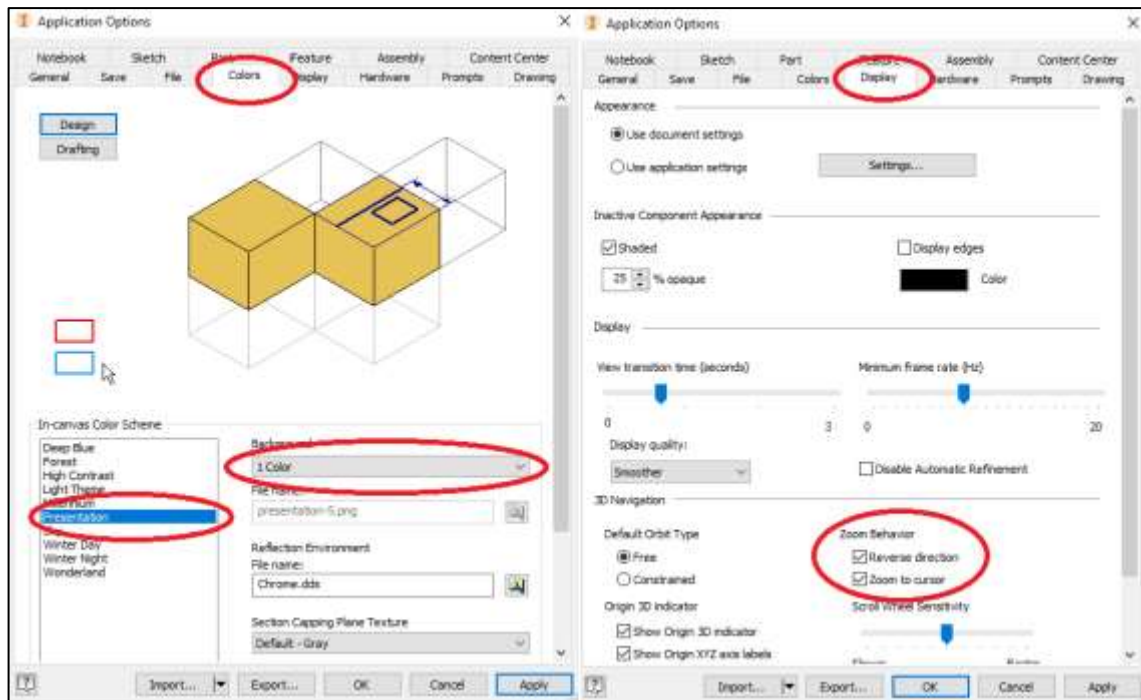


Figura 23 – Aba Color, Presentation e 1 Color. Aba Display, Reverse Direction e Zoom to Cursor.

CRIANDO OS COMPONENTES DO PLANO RETO

Inicialmente precisaremos criar os 2 componentes, plano reto e bloco de 5 kg. Como queremos verificar uma distância percorrida de 2m (2.000 mm na unidade do software), optamos por fazer o plano reto como um bloco com dimensões de 6.000 x 1.500 x 1.500 mm. Para melhor visualizar o bloco, o faremos com dimensões 500 x 500 x 500 mm. Aqui temos mais uma oportunidade de aprendizagem com os alunos, perguntando qual seria a densidade do material de um bloco com as dimensões 500 x 500 x 500 mm, para que o peso seja 5 kg.

Procedimentos Bloco do Plano Reto:

a) Após abrir o projeto e escolher a opção Part (ver configurações iniciais), selecione a opção 2D Sketch. Aparecerão os planos básicos da modelagem, e a visualização mudará para projeção ortogonal.

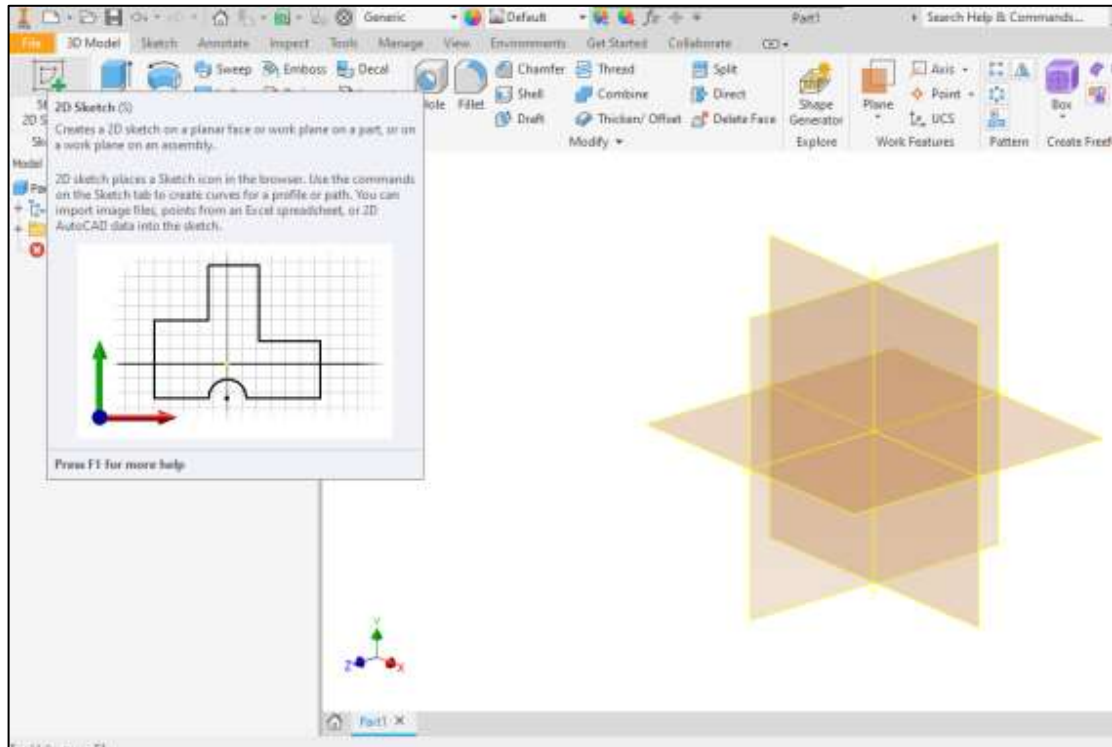


Figura 24 – Seleção 2D Sketch.

b) Selecione o Plano XY de trabalho.

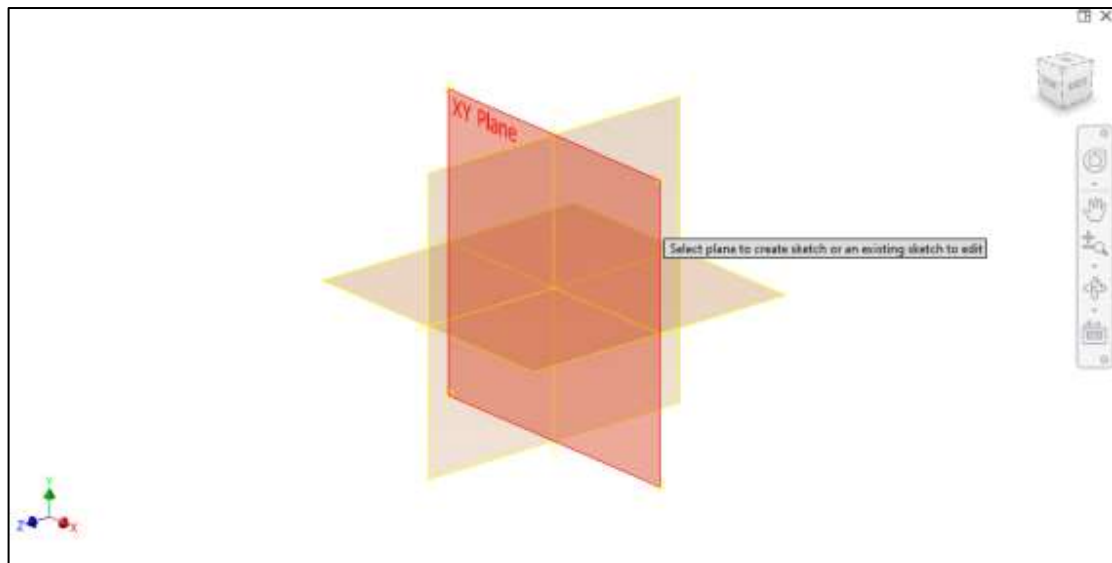


Figura 25 – Seleção o Plano XY de trabalho.

c) Será observado que o projeto mudará para a Aba Sketch. Na árvore de processos, ficará habilitado somente a opção do Sketch1 (que está em desenvolvimento) e os demais ficarão congelados (em cor cinza). Somente após selecionar Finish Sketch, retornaremos à Página Inicial (não faça isto agora!).

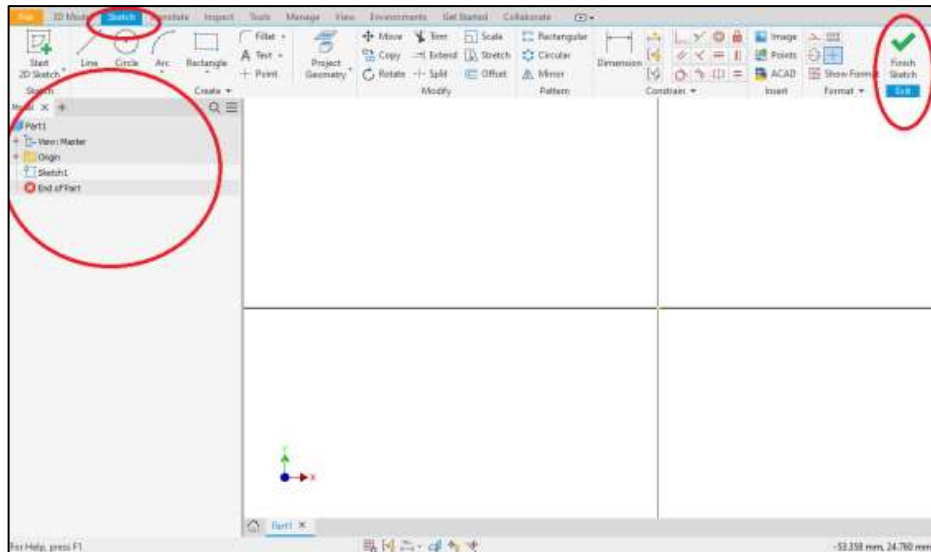


Figura 26 – Demonstração do ambiente de desenho.

d) Agora faremos a seção do componente a ser criado. Para isto, selecione a opção rectangle, clicando na seta de contexto e na 3ª opção (Two Point Center). Esta opção irá criar um retângulo selecionando seu centro e desenvolvendo suas dimensões de aresta.

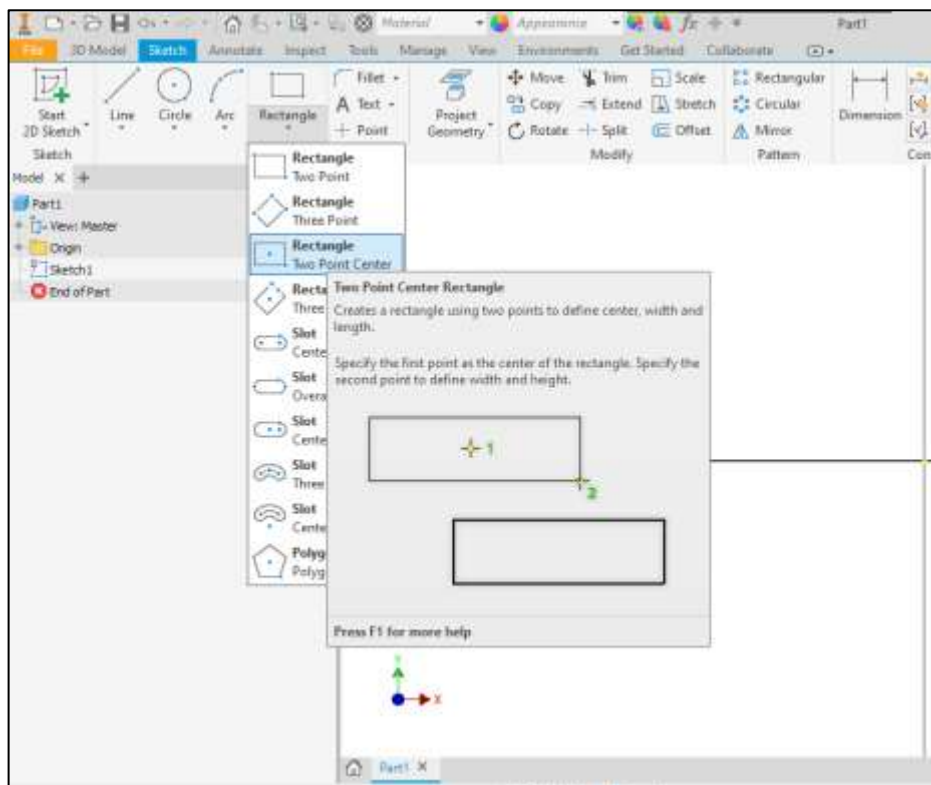


Figura 27 – Opção Rectangle, Two Point Center.

e) Ao aproximar-se da coordenada 0,0, devido a um recurso nativo do software chamada “magnetismo”, o cursor mudará de cor e será atraído para o ponto existente. Clique com o botão esquerdo, solte e movimente o mouse. Será observado a criação de um retângulo com dimensões quaisquer.

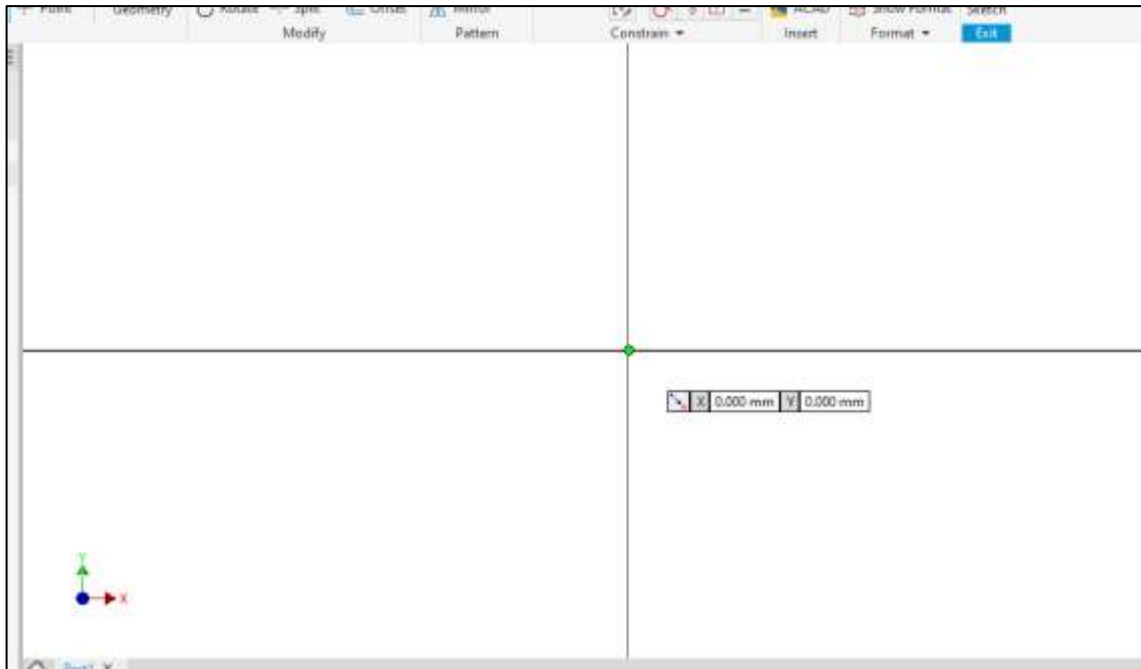


Figura 28 – Magnetismo para coordenada 0,0.

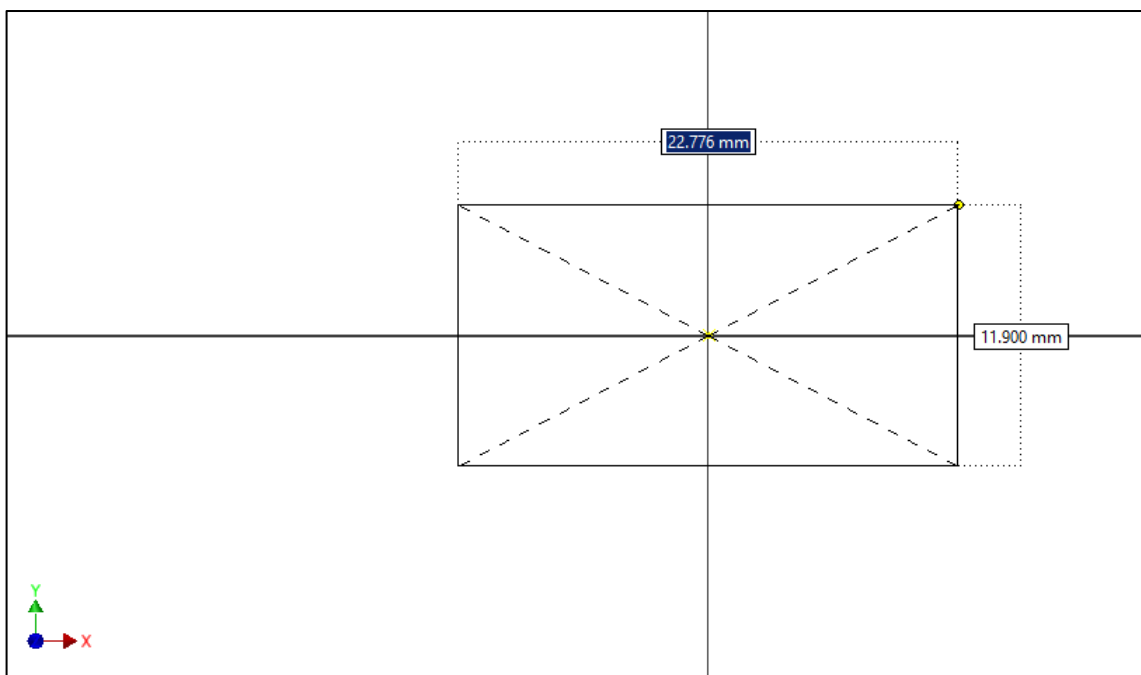


Figura 29 – Retângulo sendo criado.

f) O inventor possui modo de desenho livre. Isto quer dizer que ao desenhar o objeto, não é necessário fazê-lo com precisão de dimensões. Podemos fazer um retângulo de dimensões quaisquer e após isto, definir quais serão suas medidas. Clique em qualquer ponto da tela, apenas para criar o retângulo.

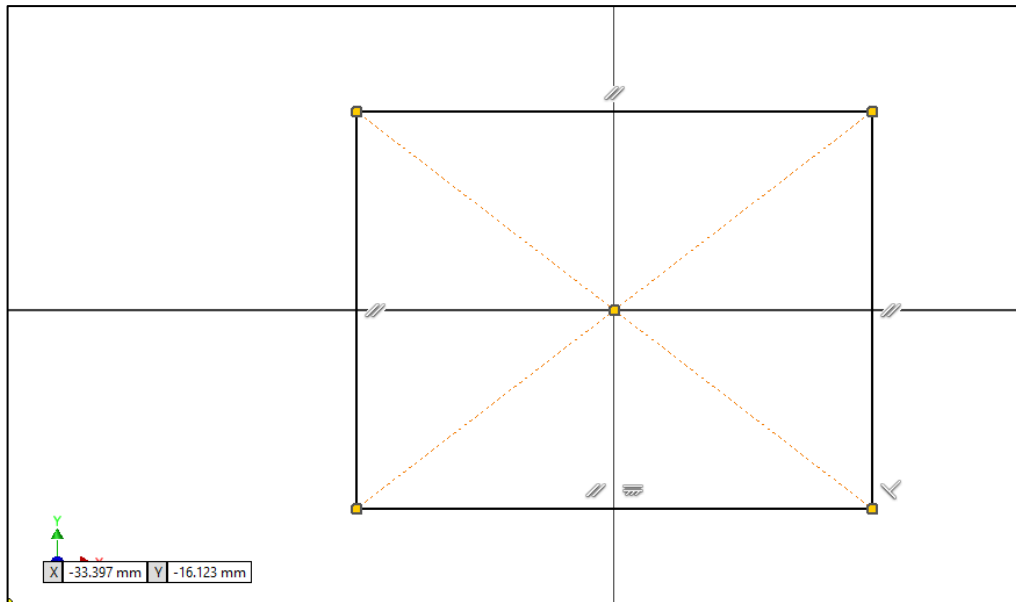


Figura 30 – Retângulo criado com dimensões quaisquer.

g) Para atribuir as dimensões, selecionamos a opção dimensions.

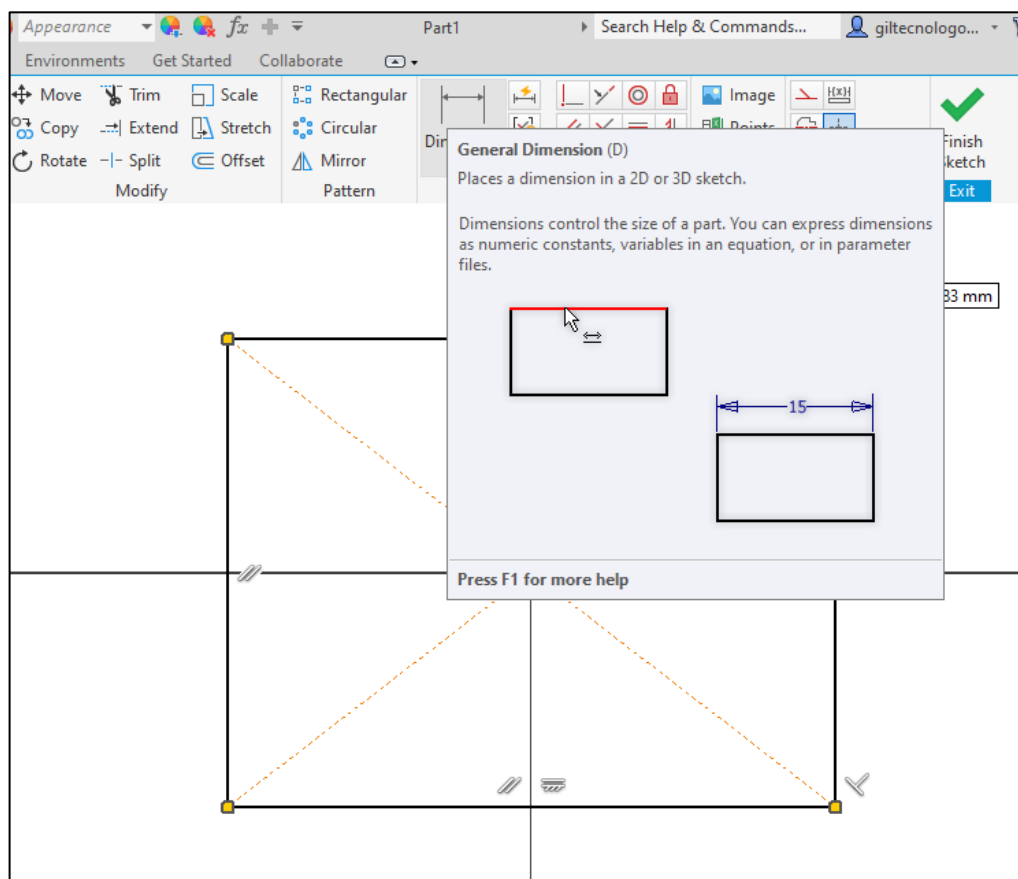


Figura 31 – Opção Dimensions.

h) Com a opção dimensions habilitada, ao levar o mouse próximo à aresta, notaremos que ela mudará para vermelho. Então clique com o botão esquerdo e solte, movendo o mouse para o lado, você verá surgir uma cota com a dimensão atribuída aleatoriamente no item f).

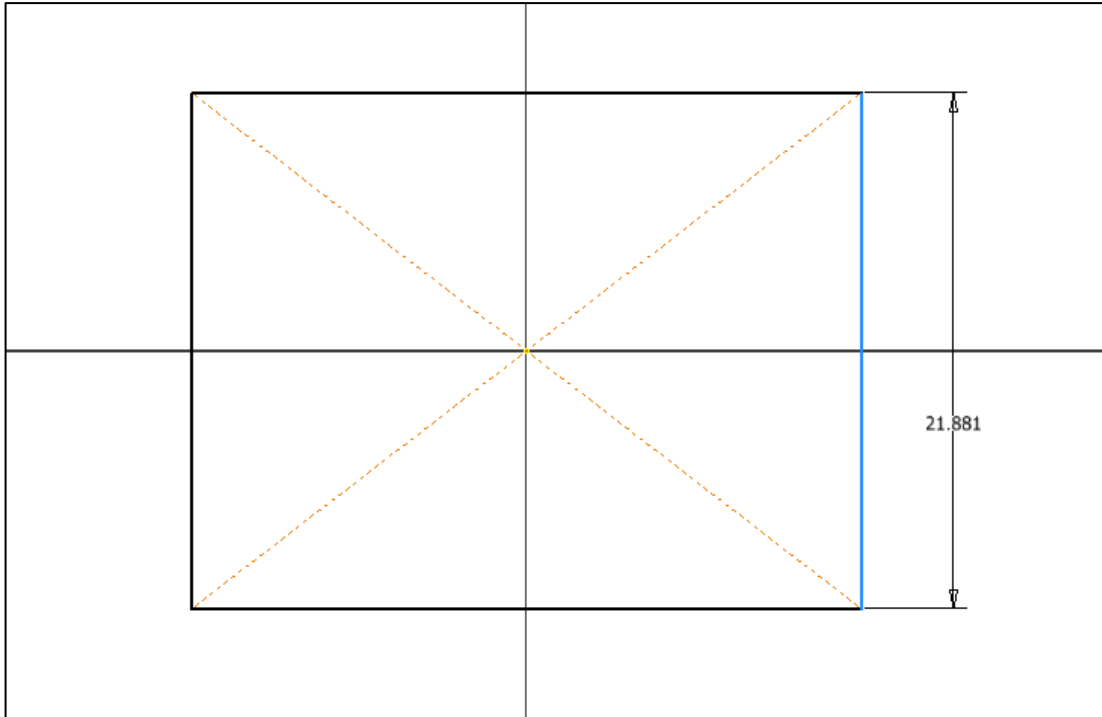


Figura 32 – Criando Dimension.

i) Clique e solte com o botão esquerdo. Aparecerá o valor da cota para edição. Digite a dimensão da altura do bloco de base para o plano reto (1500 mm) e aperte Enter. Não se assuste, o zoom irá alterar... basta rotacionar o scrool do mouse para uma ampliação melhor do componente.

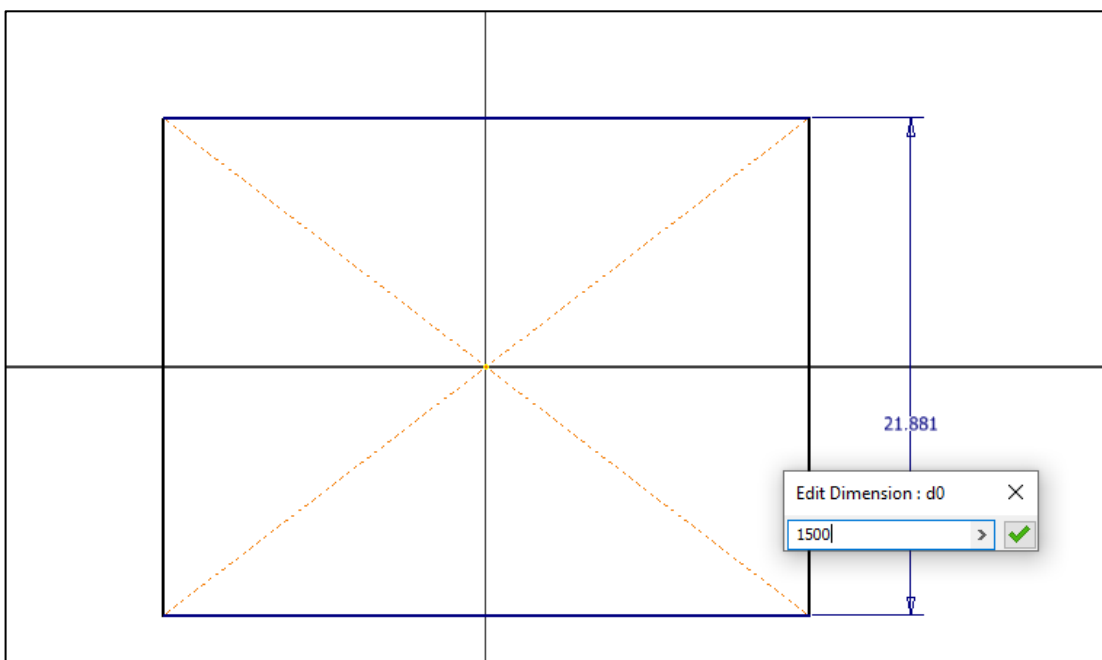


Figura 33 – Determinando a cota para altura do bloco.

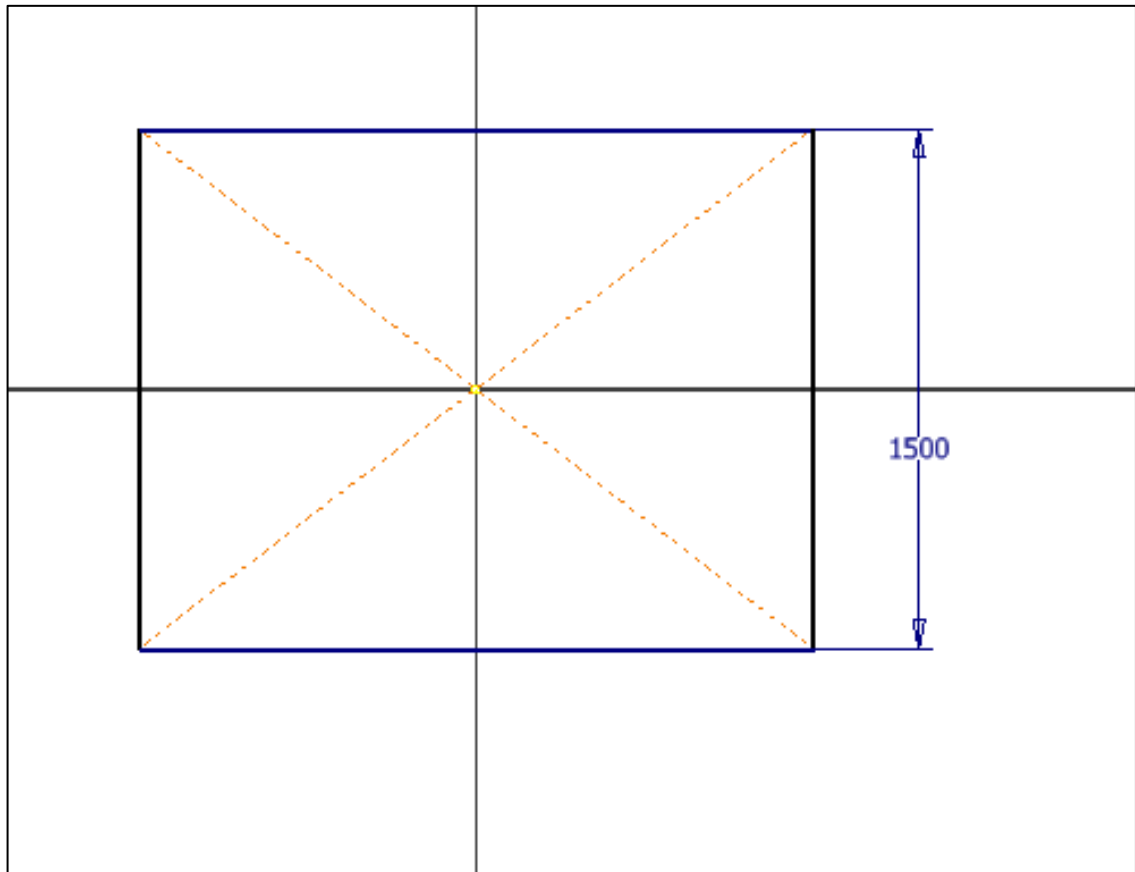


Figura 34 – Dimensão da altura criada.

j) Repita os procedimentos de g) até i) para definição da largura, 1500 mm. Você notará que as arestas ficarão em cor azul.

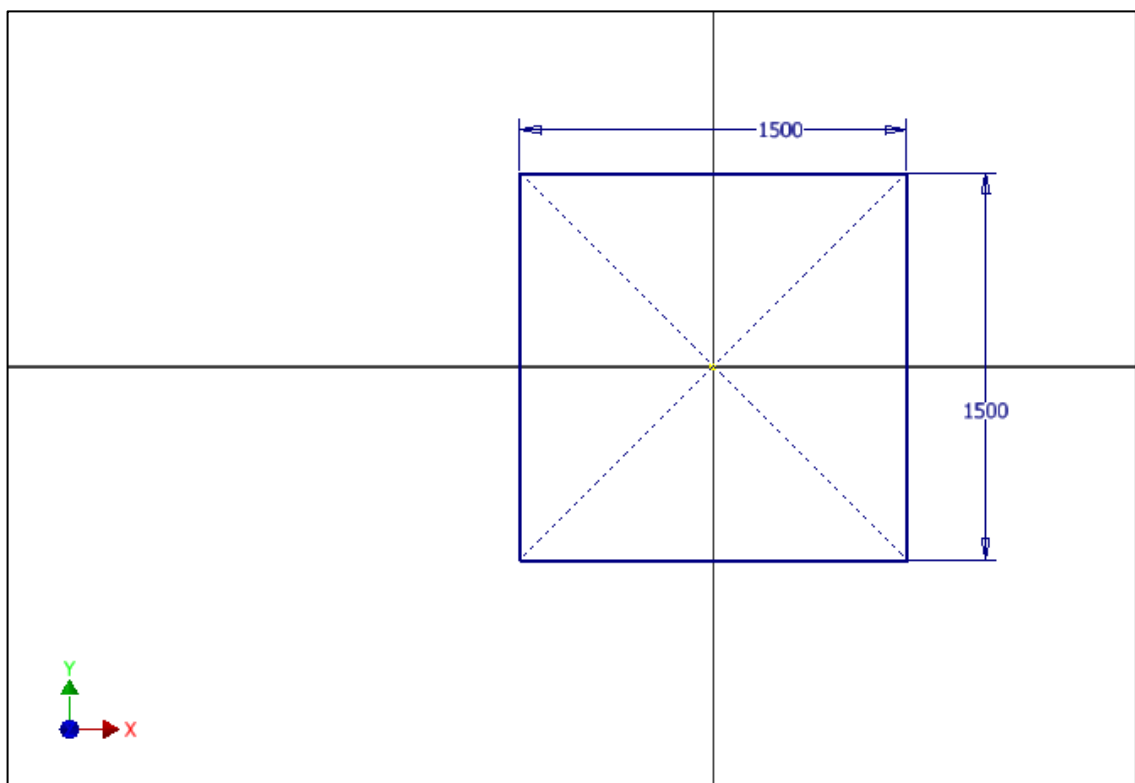


Figura 35 – Ambas as dimensões criadas.

k) Para sair do comando Dimensions, aperte a tecla Esc do teclado. Então Finalize o Sketch. Não se assuste, possivelmente o zoom ficará fora de padrão, basta utilizar o scrool do mouse.

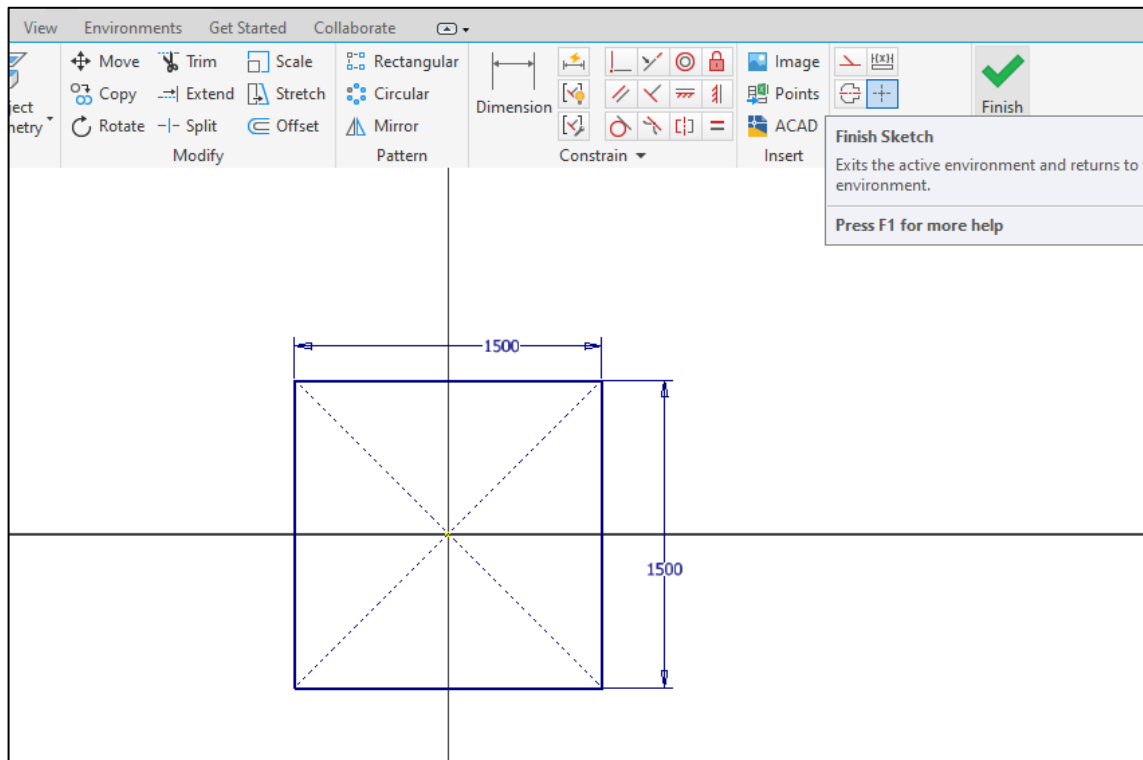


Figura 36 – Finalizando o desenho.

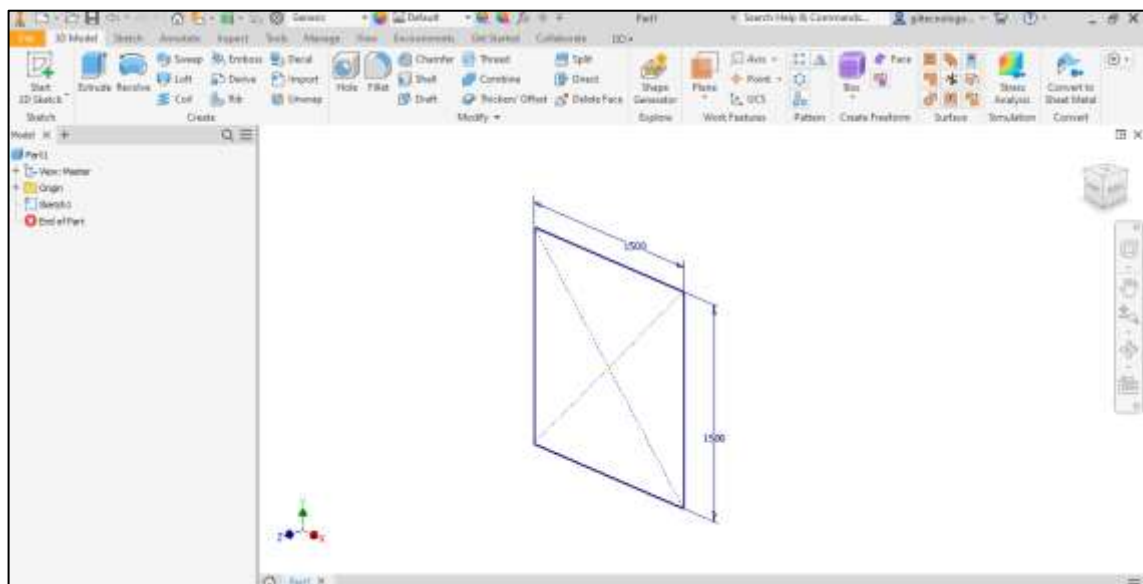


Figura 37 – Retorno à tela principal do ambiente Part com o desenho criado.

l) Agora, iremos transformar a figura plana em um sólido geométrico. Para isto, utilizaremos a opção Extrude, na aba 3D Model.

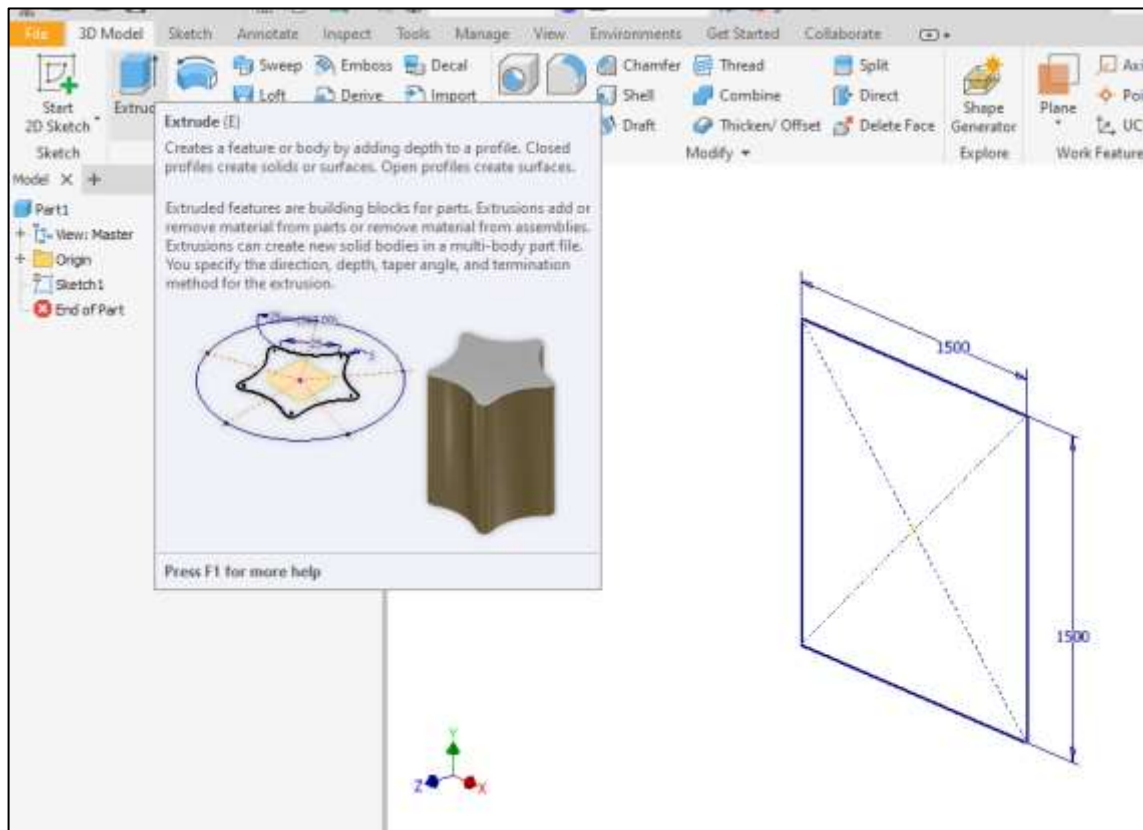


Figura 38 – Selecione a opção Extrude.

m) Haverá uma Pop Up referente ao Extrude. Marque a opção para extrudar pelo plano de centro e insira a dimensão do comprimento do bloco, 6000 mm e dê OK. Para poder observar o bloco, ajuste o zoom com o Scroll.

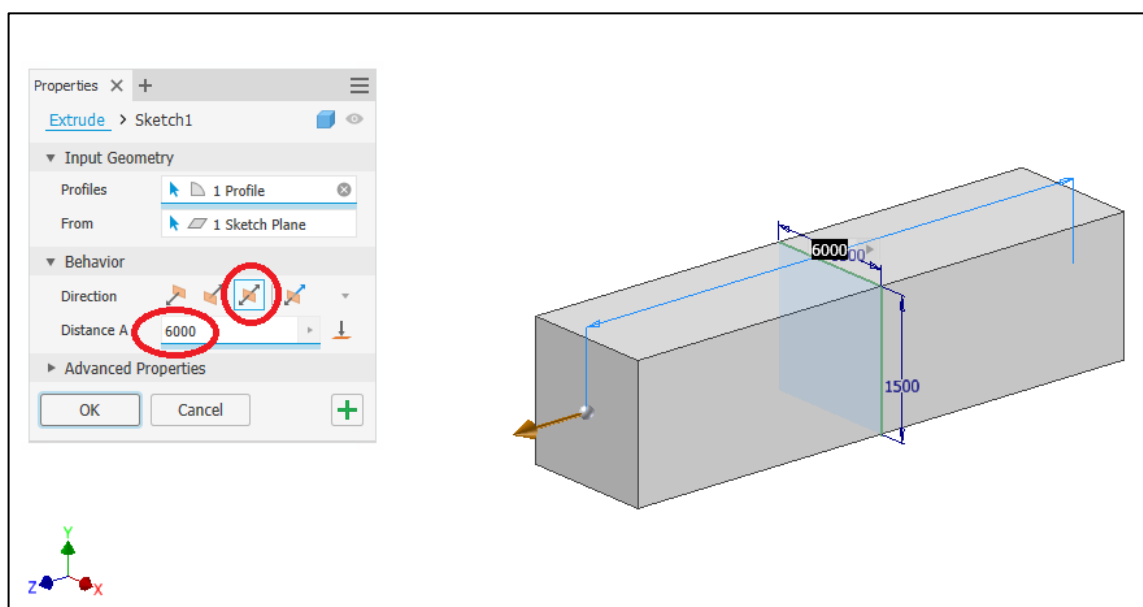


Figura 39 – Executando o Extrude.

n) Você pode modificar a cor de seu componente. Para isto, basta clicar na paleta de cores e selecionar. Utilizaremos a cor “Smooth – Black”, mas sugerimos apenas que sejam escolhidas cores contrastantes.

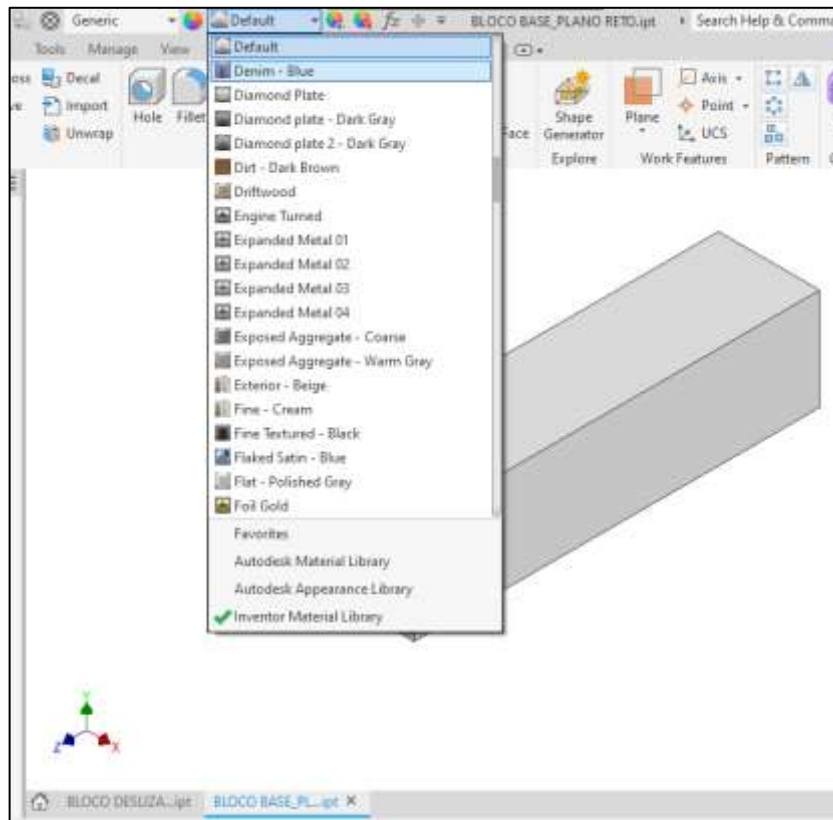


Figura 40 – Selecionando uma nova cor.

o) Para finalizar, salve o componente clicando no disquete da barra superior. Será aberta uma Pop Up que já estará na pasta onde o arquivo do projeto estiver salvo. Dê um nome para o arquivo, sugerimos “BLOCO BASE_PLANO RETO”.

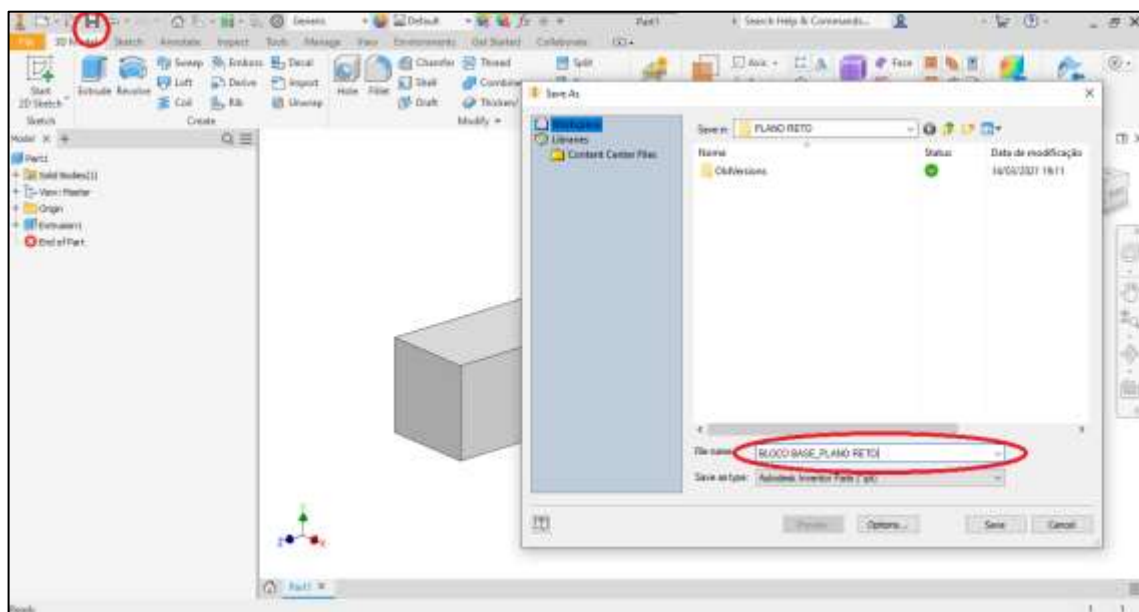


Figura 41 – Salvando o Bloco base do Plano Reto.

Para criação do bloco que irá movimentar-se (dimensões 500 x 500 x 500 mm), repita todos os procedimentos para criação do bloco base, alterando apenas as dimensões nos itens i), j) e m). Antes de salvar o arquivo, iremos apenas atribuir a massa ao bloco, que será relevante para a simulação.

Para atribuir a massa, na Árvore de Processos, clique com o botão direito sobre o nome do arquivo Part (provavelmente Part2). No menu de contexto que irá se abrir, selecione a opção iProperties.

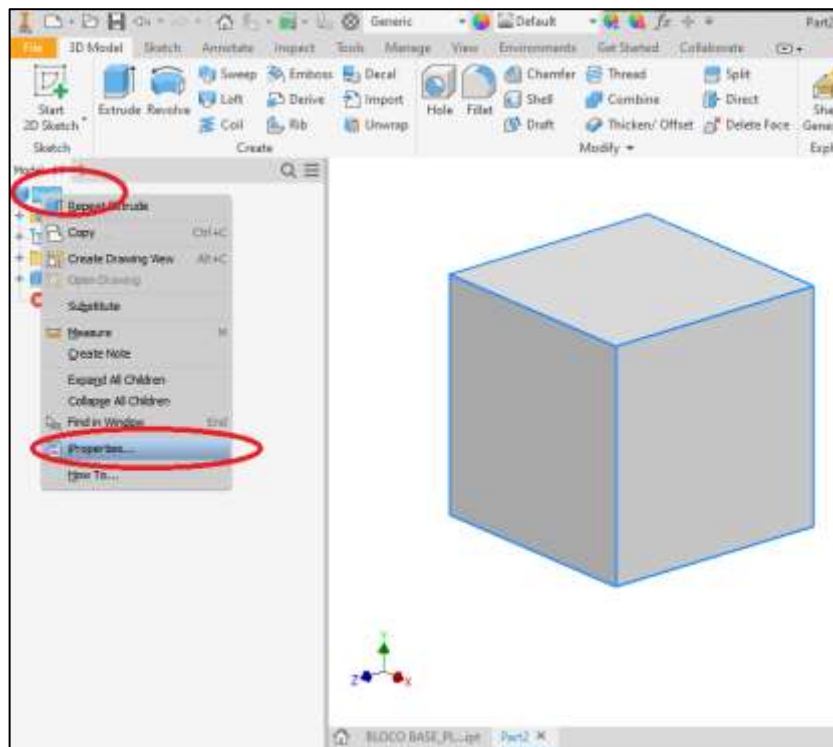


Figura 42 – Para atribuir a massa, selecione iProperties.

Na Pop Up que irá se abrir, selecione a aba Physical e clique em Mass. Digite o valor 5 (5 kg) e dê Enter. As características do componente irão se alterar. Note que a densidade também será calculada automaticamente. Após isto, a Pop Up poderá ser fechada.

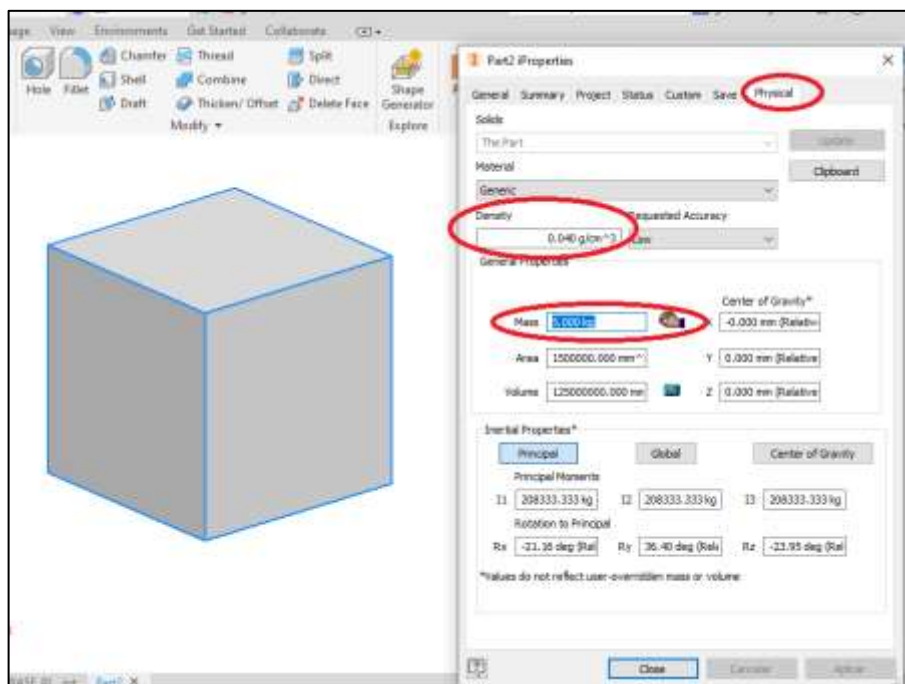


Figura 43 – Atribuição da Massa ao bloco.

Agora salve o arquivo, de maneira análoga ao procedimento o) da criação do bloco base, sugerimos “BLOCO DESLIZANTE_PLANO RETO”. Note que parte inferior do software aparecem os componentes que foram criados. Você pode navegar pelos arquivos abertos (semelhante às planilhas do Microsoft Excel).

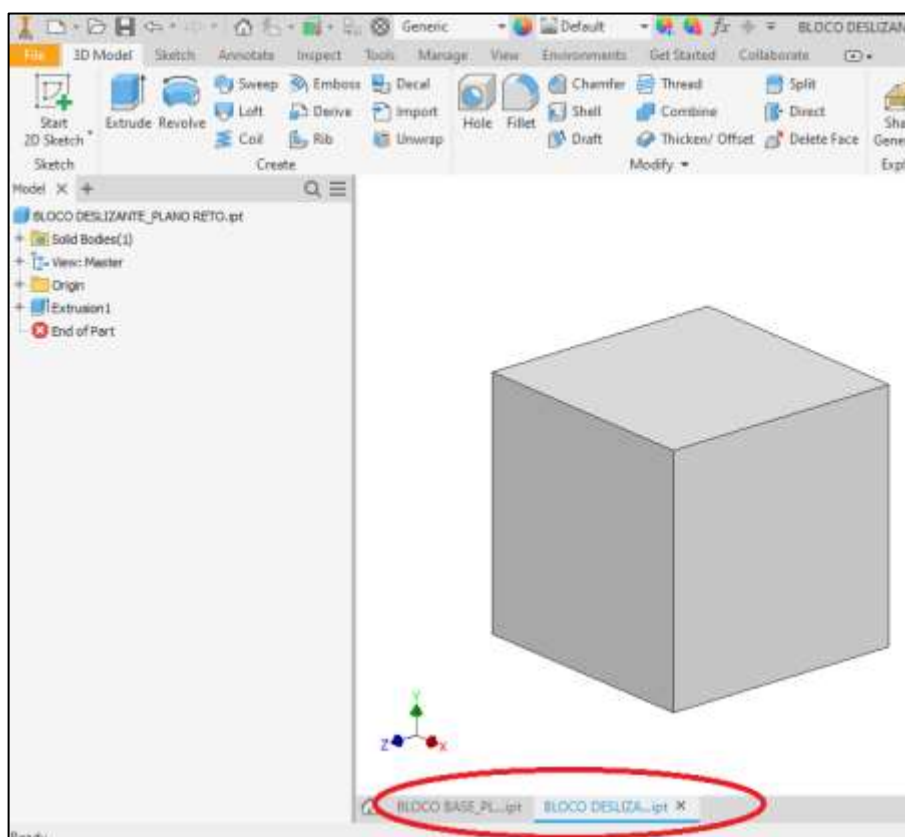


Figura 44 – Navegação dos arquivos já criados.

3.1.2. MONTANDO O MODELO NO INVENTOR

a) Clique no botão New na barra superior do software (caso o projeto não esteja aberto, abra com um duplo clique no arquivo ipj).

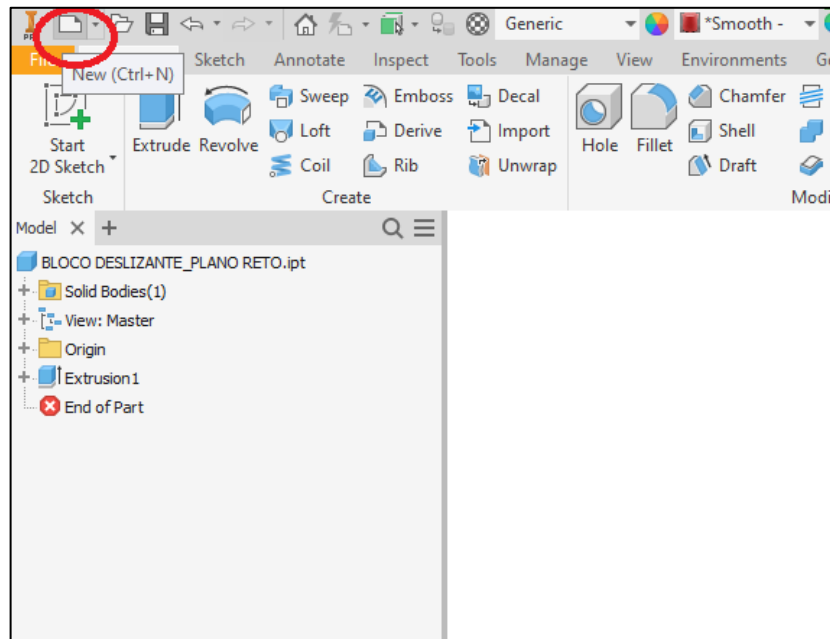


Figura 45 – Clique no botão New.

b) Na Pop Up que irá se abrir, verifique se você está no template metric e no arquivo de projeto correto. Dê um duplo clique em “Standard (mm)”, dentro da guia Assembly.

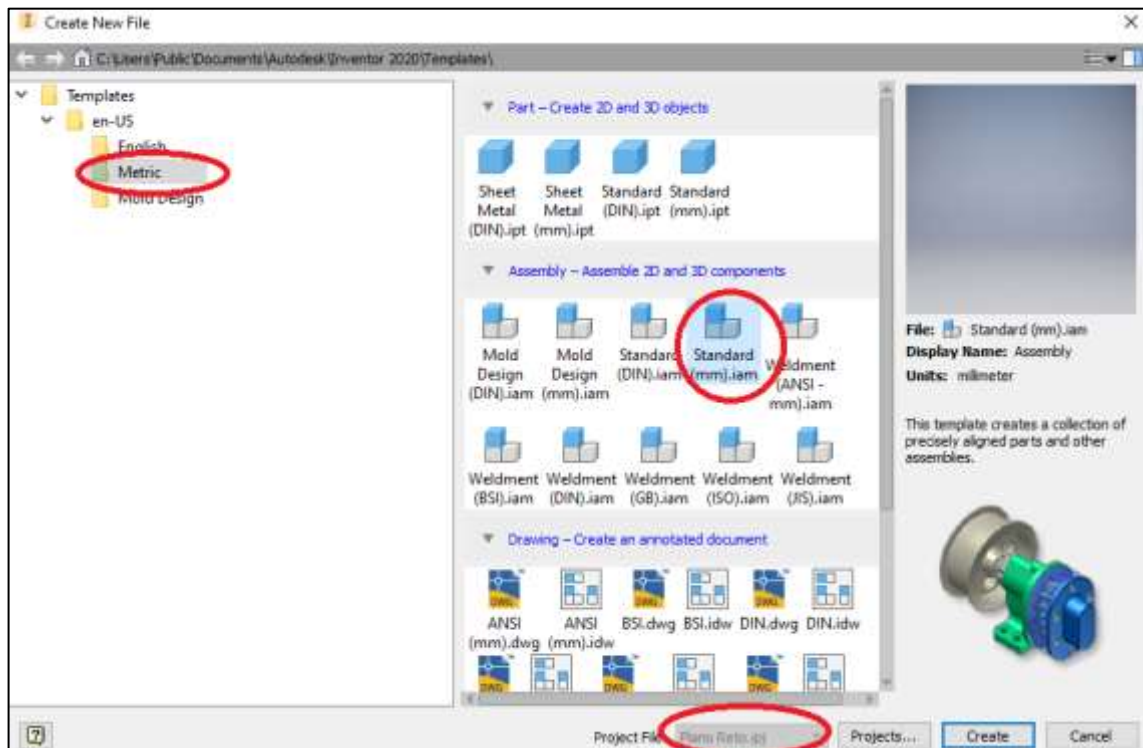


Figura 46 – Selecionando a opção Assembly.

c) Na tela inicial do ambiente Assembly, aba assemble, clique na seta de seleção e escolha a opção Place.

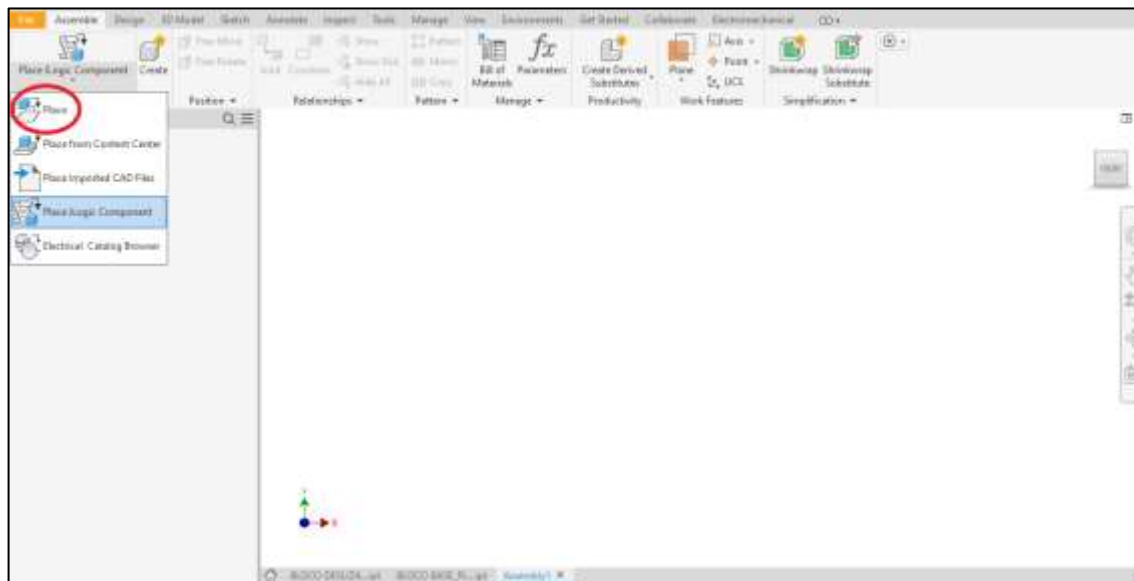


Figura 47 – Opção Place.

d) Quando selecionar Place, abrirá uma Pop Up e será possível visualizar os componentes modelados. Iniciaremos com o Bloco de Base.

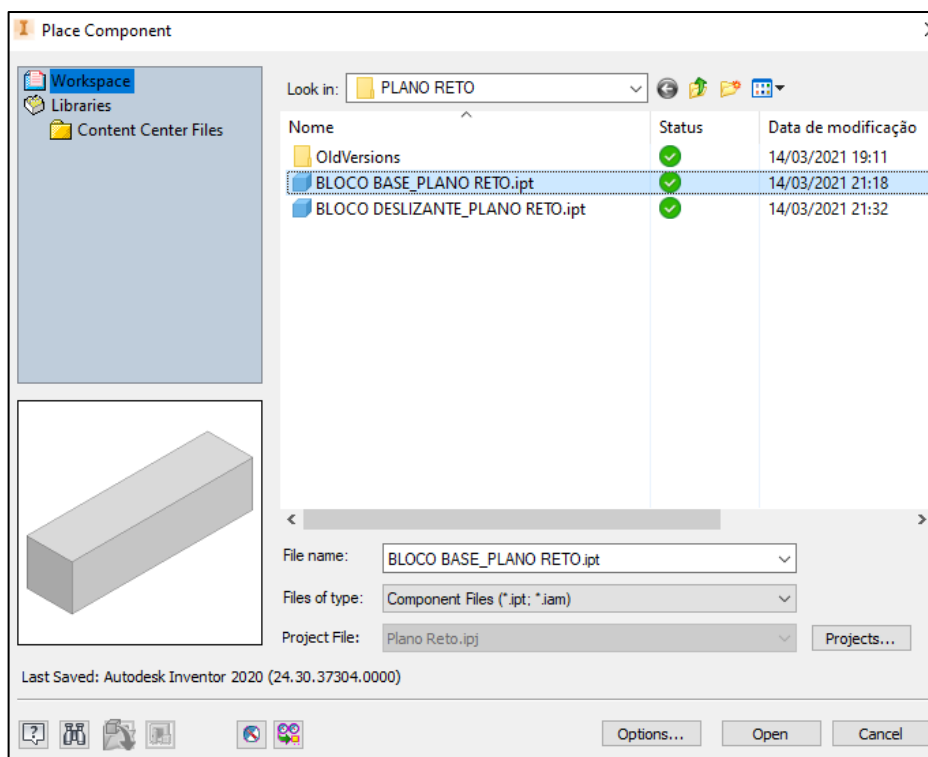


Figura 48 – Selecionando Bloco de Base.

e) O zoom mudará, basta ajustá-lo como scroll do mouse. Clique com o botão direito e selecione a opção “Place Grounded at Origin”. Isto fará com que o eixo 0,0,0 do componente fique na mesma posição do eixo 0,0,0 do ambiente de montagem e será importante para a simulação.

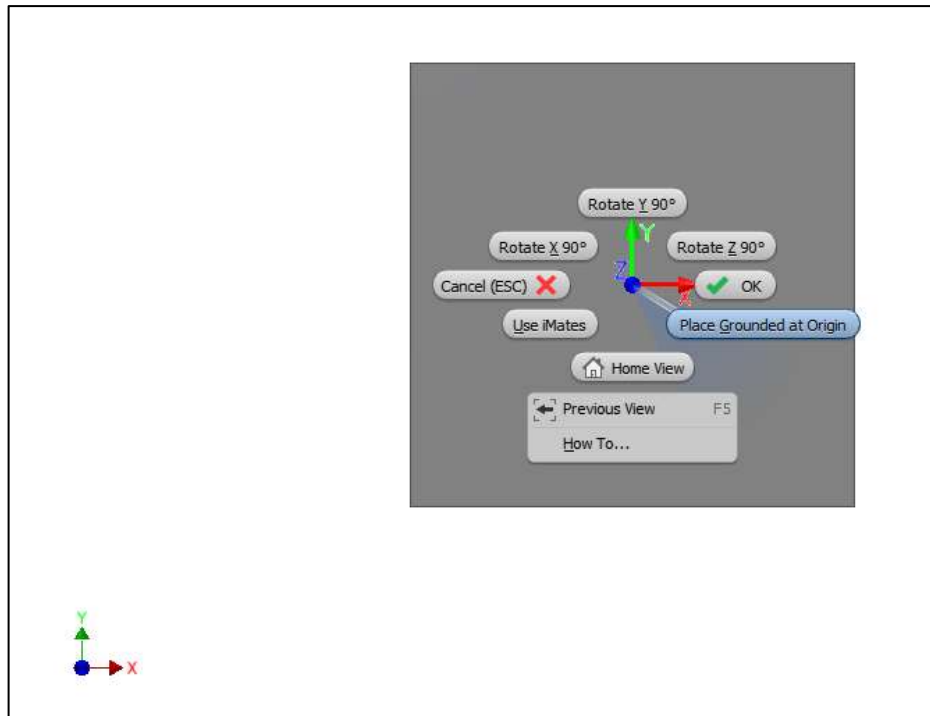


Figura 49 – Inserindo a primeira peça na montagem.

f) Possivelmente o componente estará fora de posição. Para ajustar, selecione as arestas do Cube View até ficar na perspectiva ortogonal. Também poderá ser utilizada a ferramenta ORBIT para fazer rotação 3D (relembrando, para utilizá-lo, segure a tecla Shift do Teclado e clique e segure o scroll do mouse).

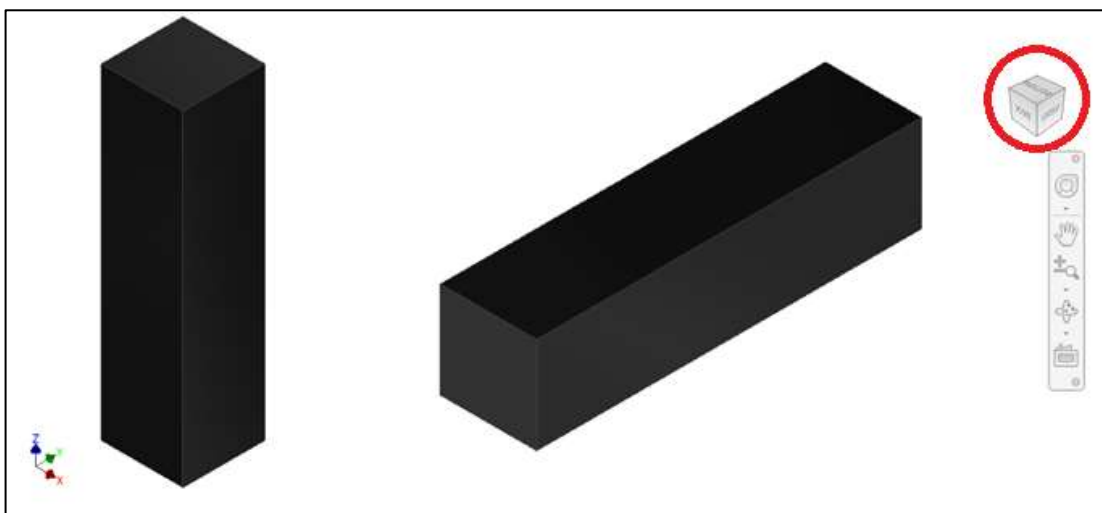


Figura 50 – Bloco de base na posição de projeção ortogonal.

g) Para inserir o segundo componente, repita os procedimentos de a) à d). O procedimento e) não será repetido, pois teremos apenas um componente na origem. Agora basta dar um duplo clique no arquivo.

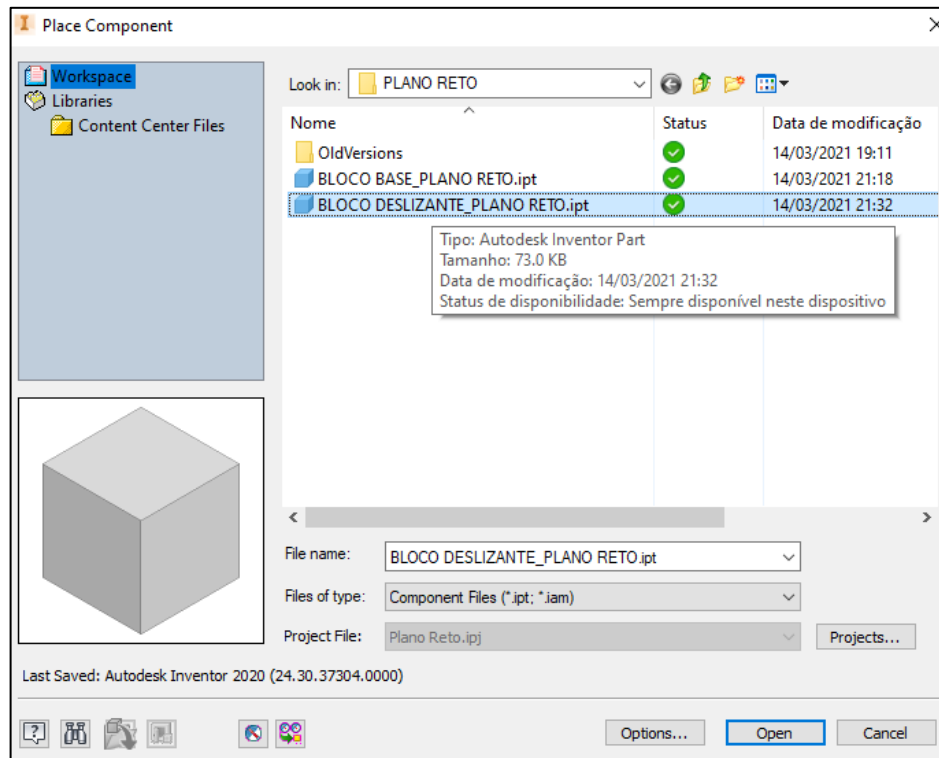


Figura 51 – Selecionando o Bloco Deslizante.

h) O componente aparecerá na tela. Basta dar um clique simples com o botão esquerdo do mouse. Após clicar, o componente ficará como um “fantasma”. Se houver mais cliques, o software irá inserir mais cópias do componente. Aperte o botão Esc para sair do comando.

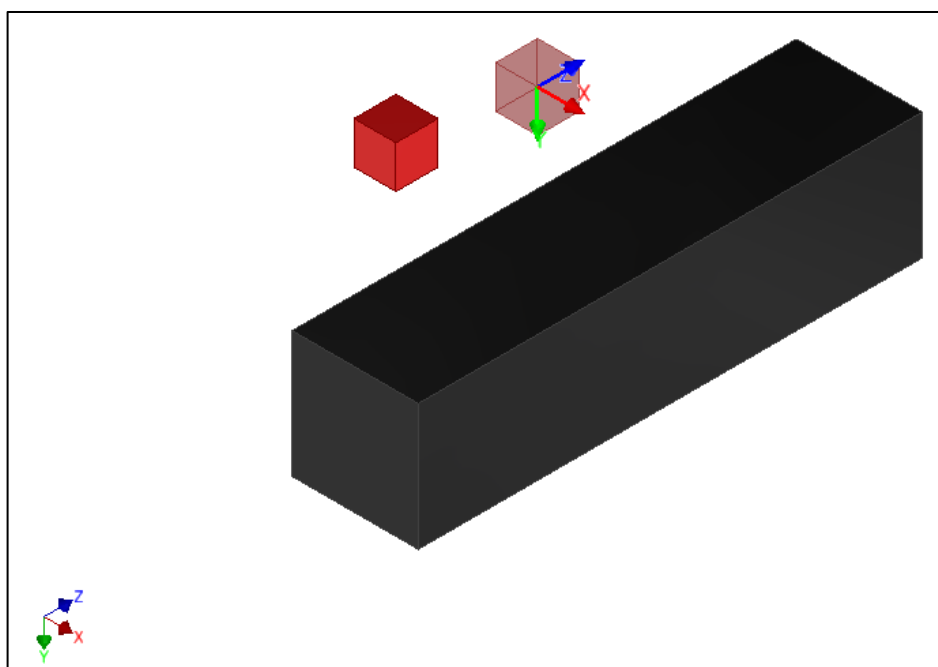


Figura 52 – Inserção do Bloco Deslizante.

i) O próximo passo, é explicar as relações e graus de liberdade do bloco deslizando com o bloco de base para o software. Toda peça possui 3 graus de liberdade e logo precisamos “travar” os movimentos. Iniciaremos com a ferramenta Constrain.

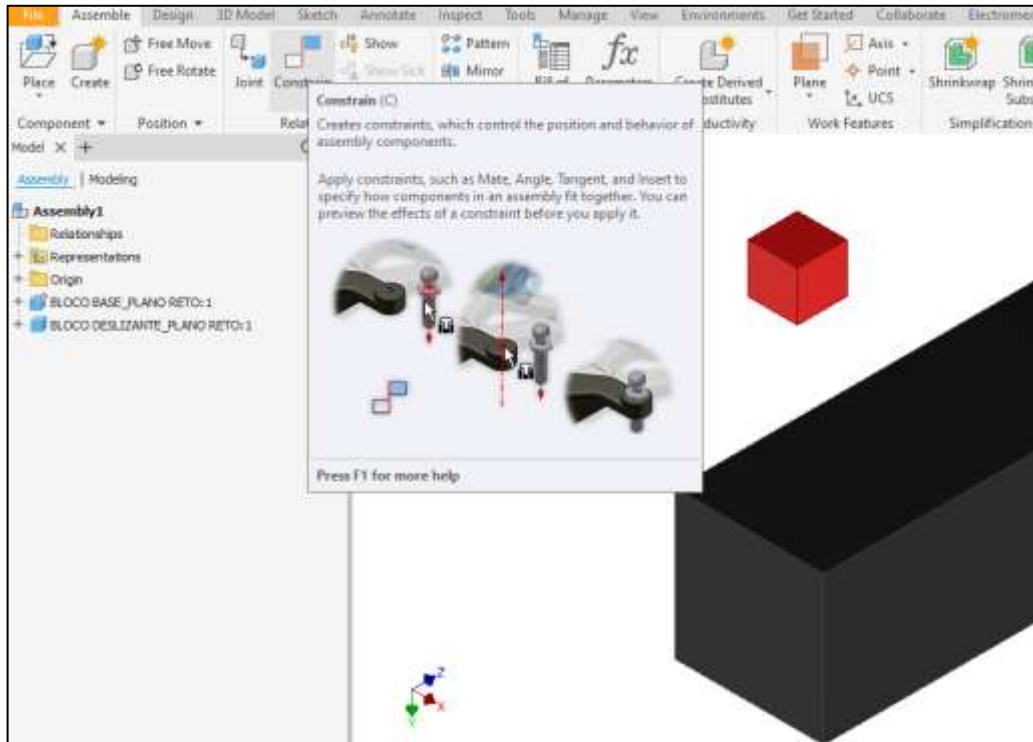


Figura 53 – Comando Constrain.

j) Selecione uma face do bloco de base e após isto selecione uma face do bloco deslizando. Após isto, clique em OK.

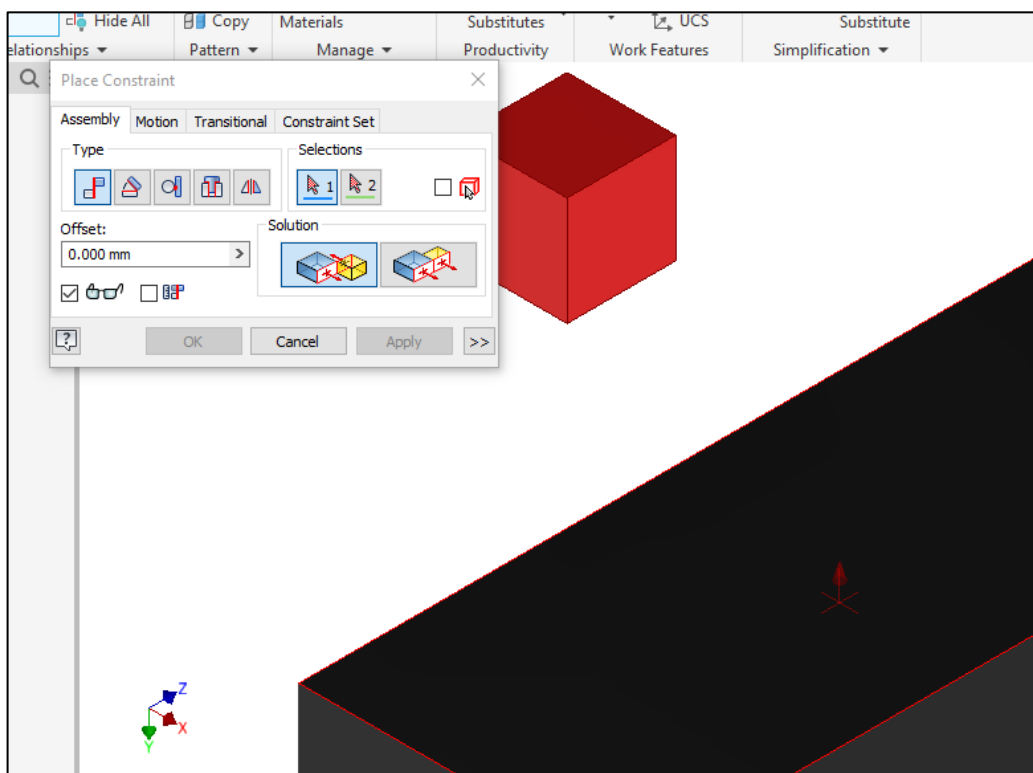


Figura 54 – Selecione a face superior do bloco de base.

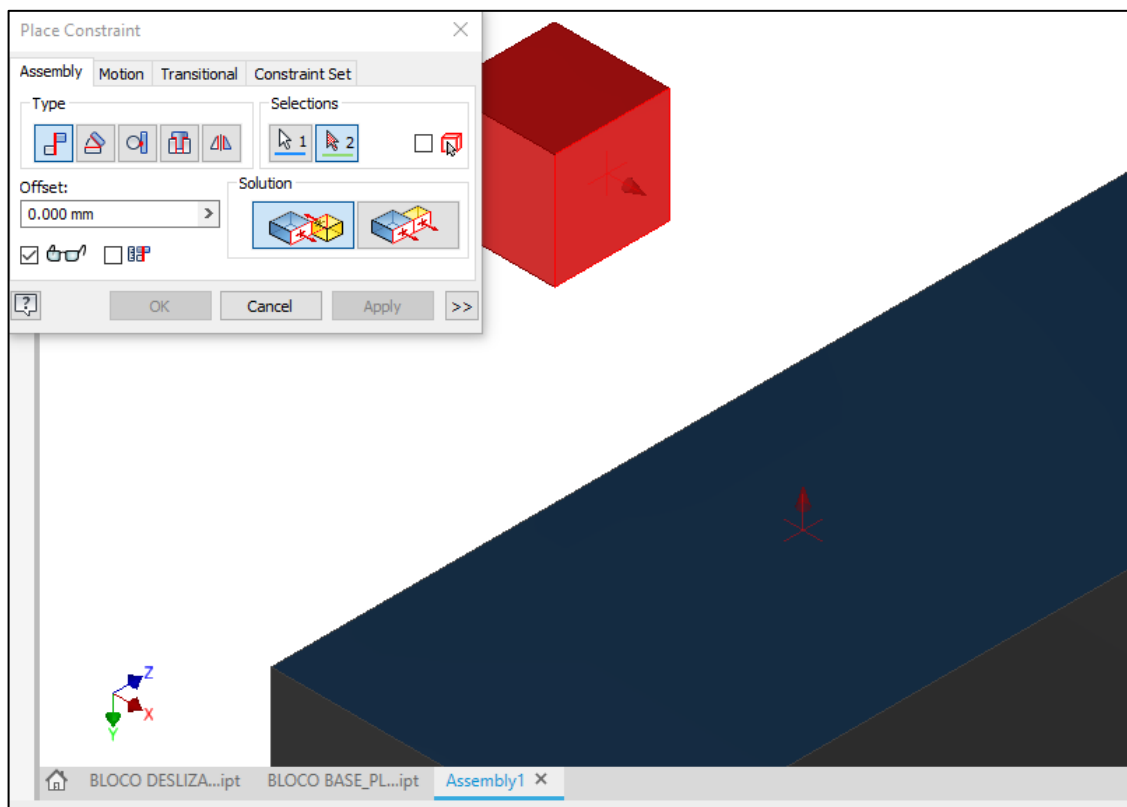


Figura 55 – Selecione uma das faces do bloco deslizante.

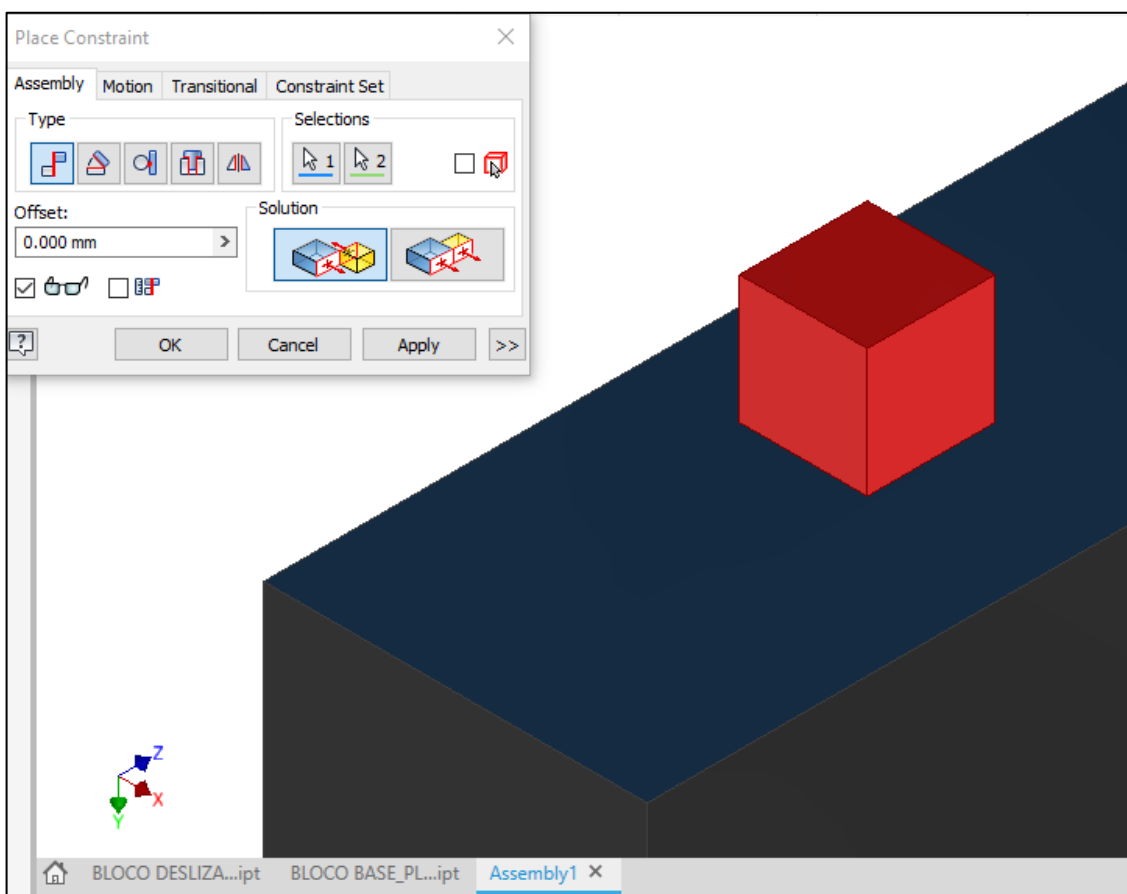


Figura 56 – A peça irá automaticamente. Clique em OK.

k) Para ajustar o próximo grau de liberdade, precisamos que os planos médios das peças fiquem visíveis. Para isto, abra a origem na Árvore de Processos e procure os planos médios (eles serão exibidos quando selecionados).

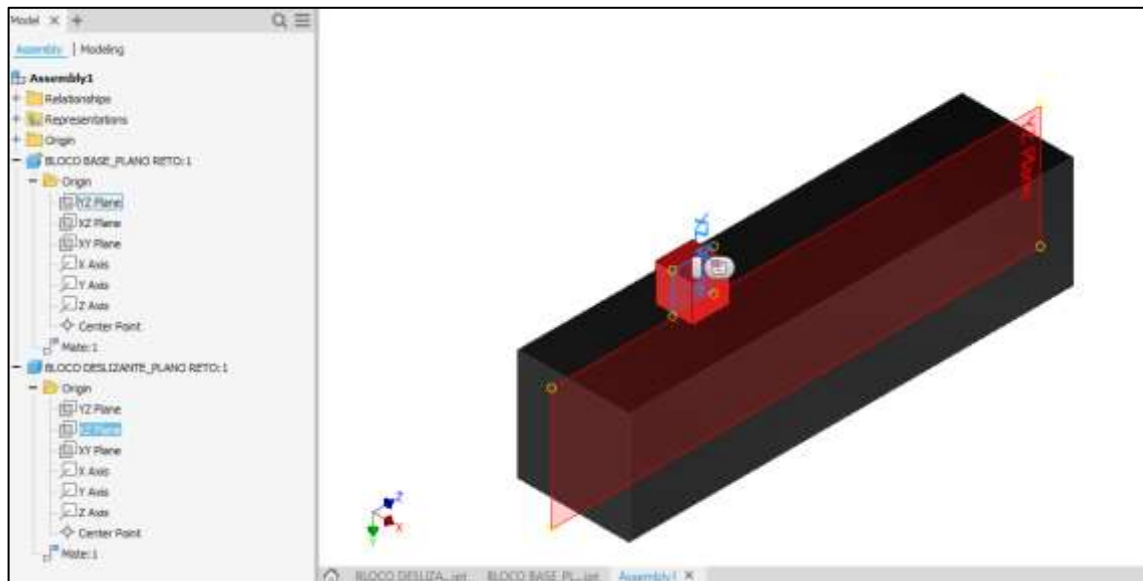


Figura 57 – Planos Médios.

l) Agora iremos aplicar a ferramenta Constrain nos planos médios. Diferentemente dos itens i) e j), o faremos pela árvore de processos. Basta selecionar a ferramenta, clicar em um dos planos médios e no outro.

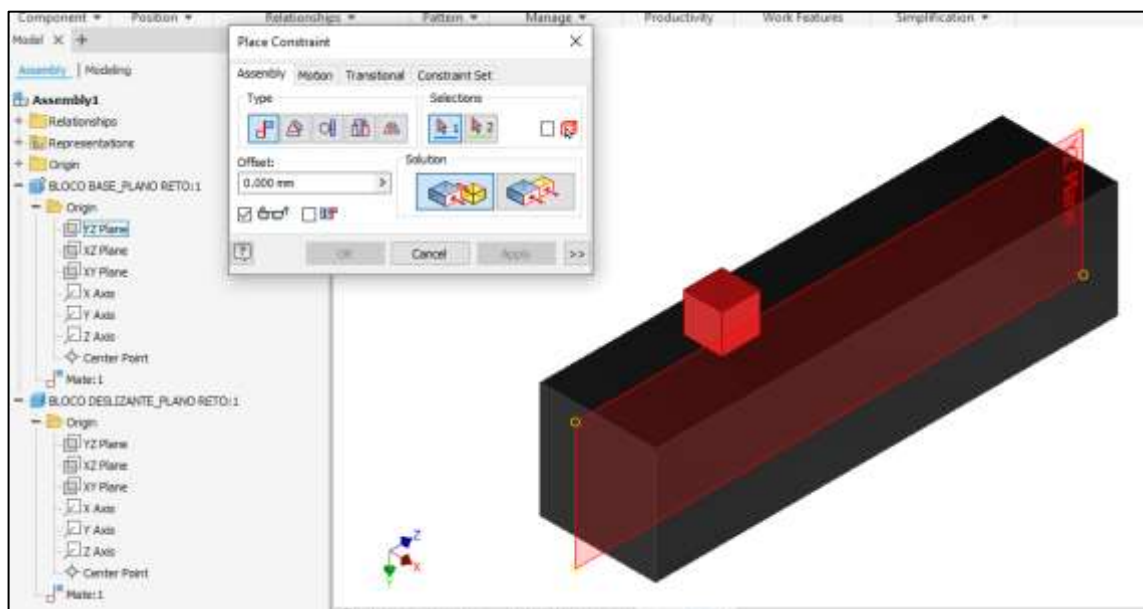


Figura 58 – Selecione o Plano médio de um dos componentes.

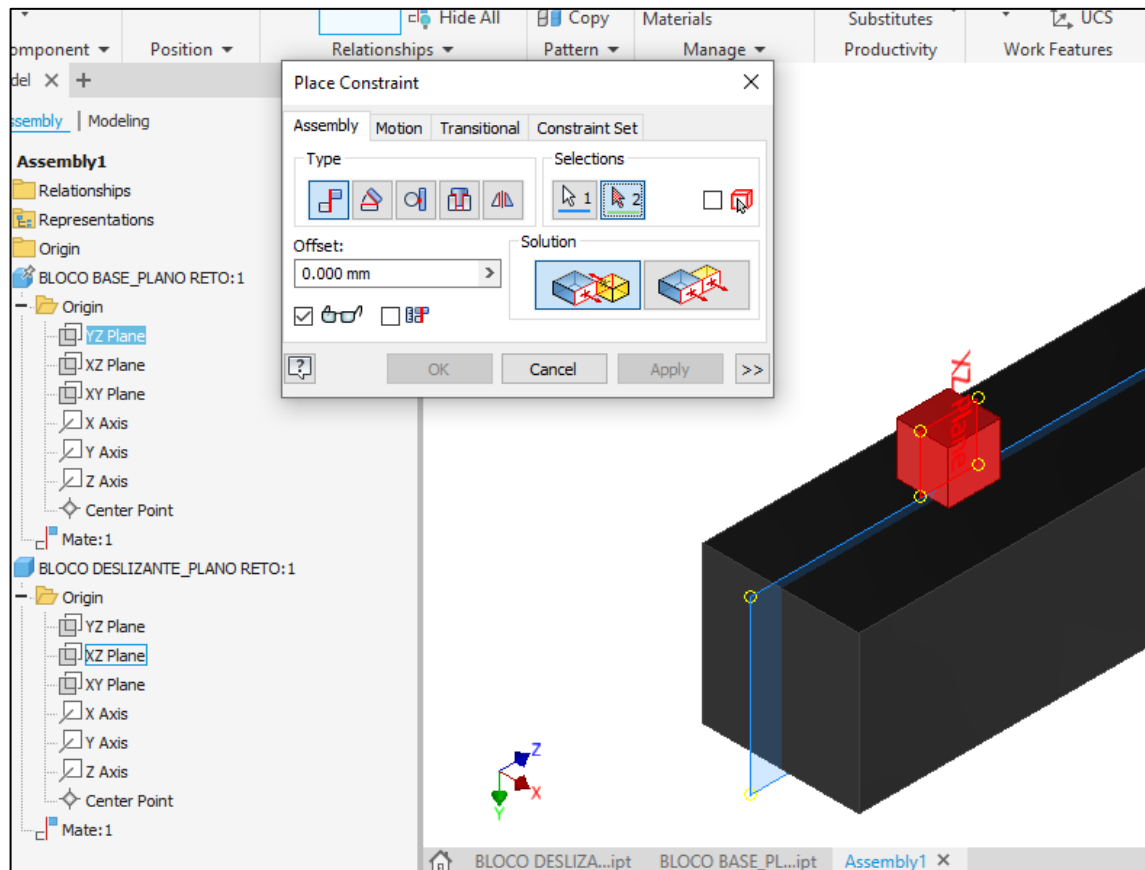


Figura 59 – Selecione o outro Plano médio. Note que o plano já selecionado fica ativo

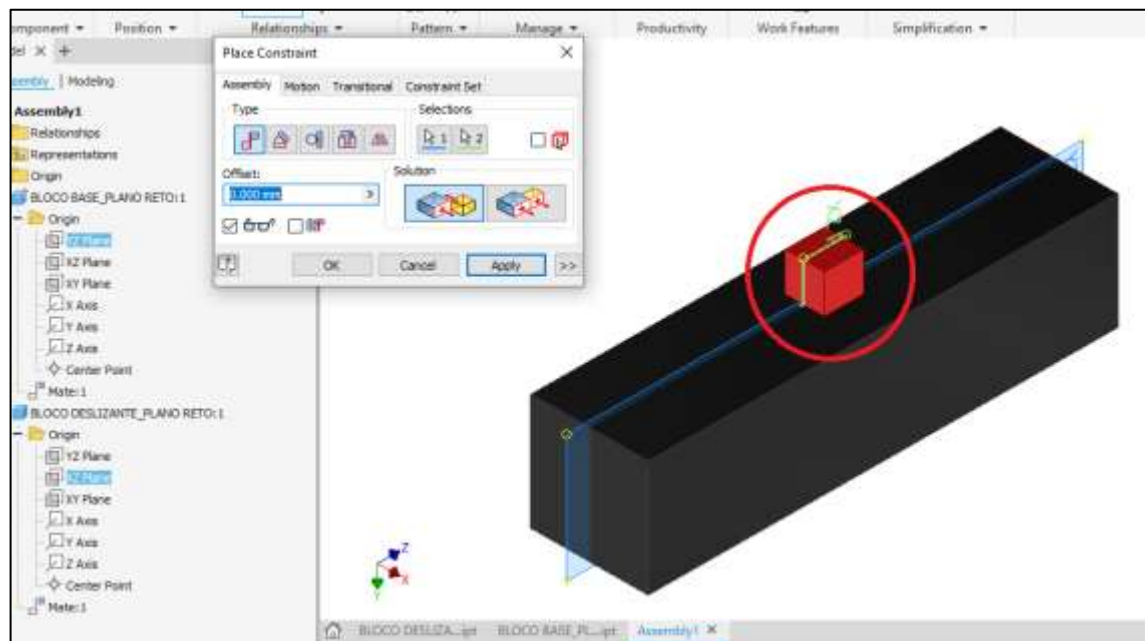


Figura 60 – O componente será atraído para a restrição de liberdade. Clique em OK.

m) Após esta etapa clique e segure no bloco deslizante, movendo o mouse. Você perceberá que só haverá movimento em um único sentido.

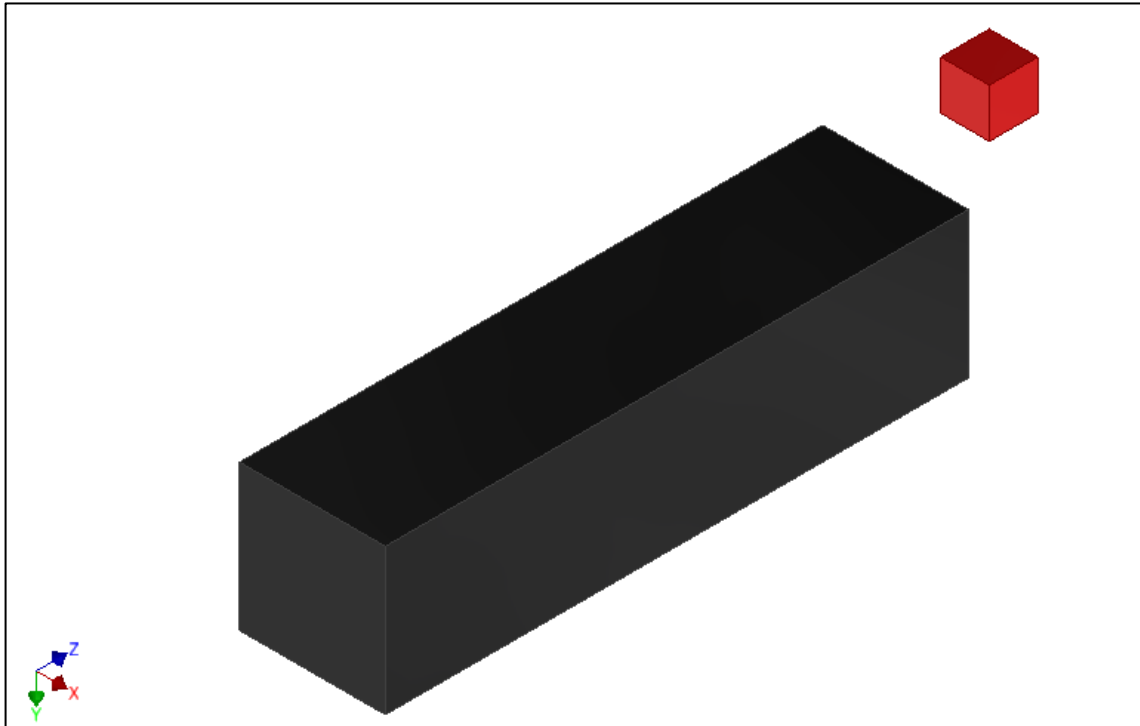


Figura 61 – Movimentação do bloco deslizante em um único plano de liberdade.

n) O último grau de liberdade não poderá ser restrito, pois a simulação precisará do movimento neste plano. Para isto, utilizaremos a restrição do tipo Joint

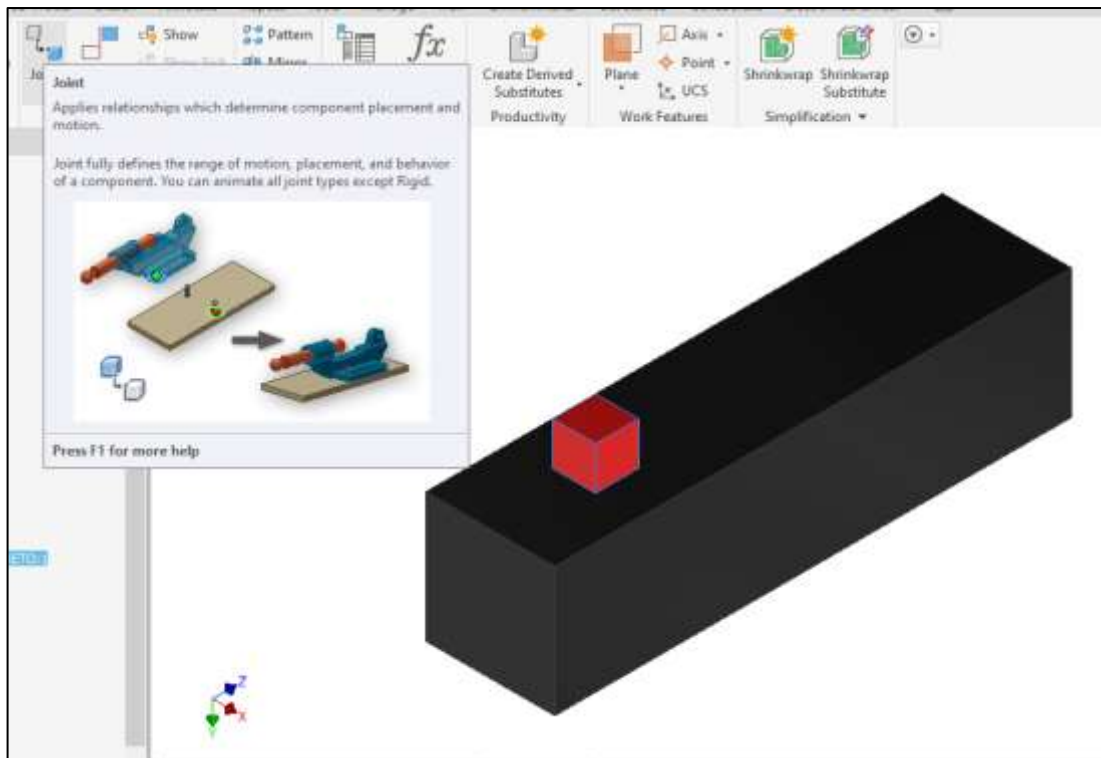


Figura 62 – Comando Joint.

o) Após selecionar a ferramenta, ao aproximar o mouse, apareceram pontos centrais nas arestas, selecione o inferior central, tomando cuidado para que se mantenha paralelo ao plano.

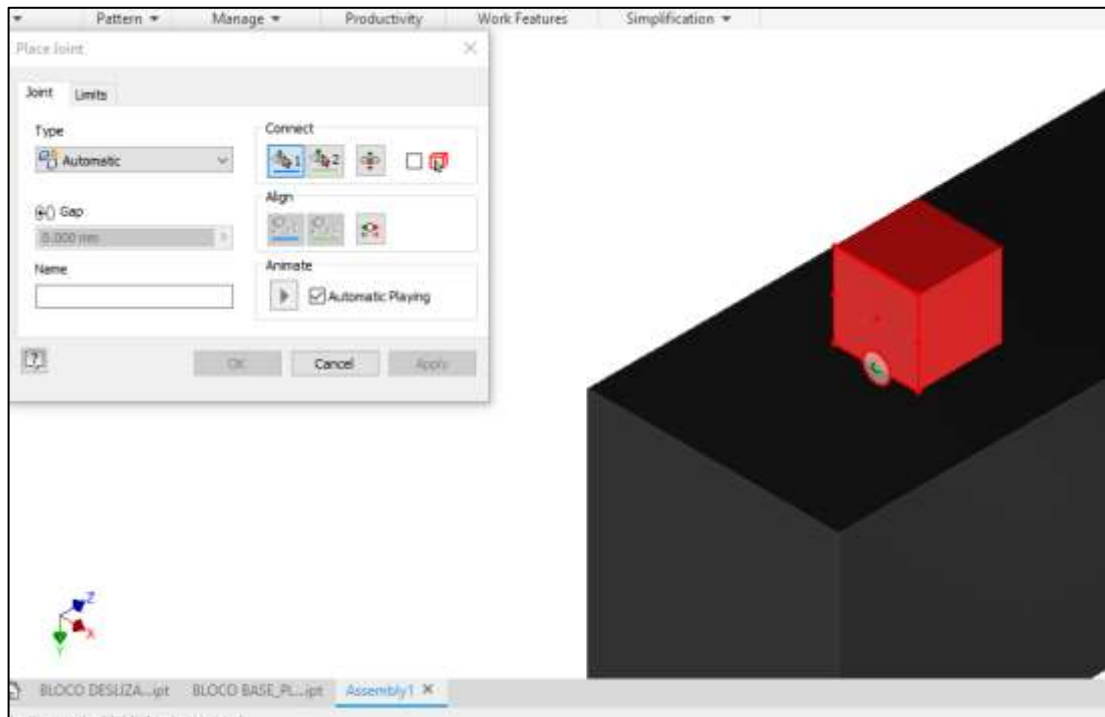


Figura 63 – Clique no ponto central da aresta inferior do bloco deslizando, verificando o plano correto.

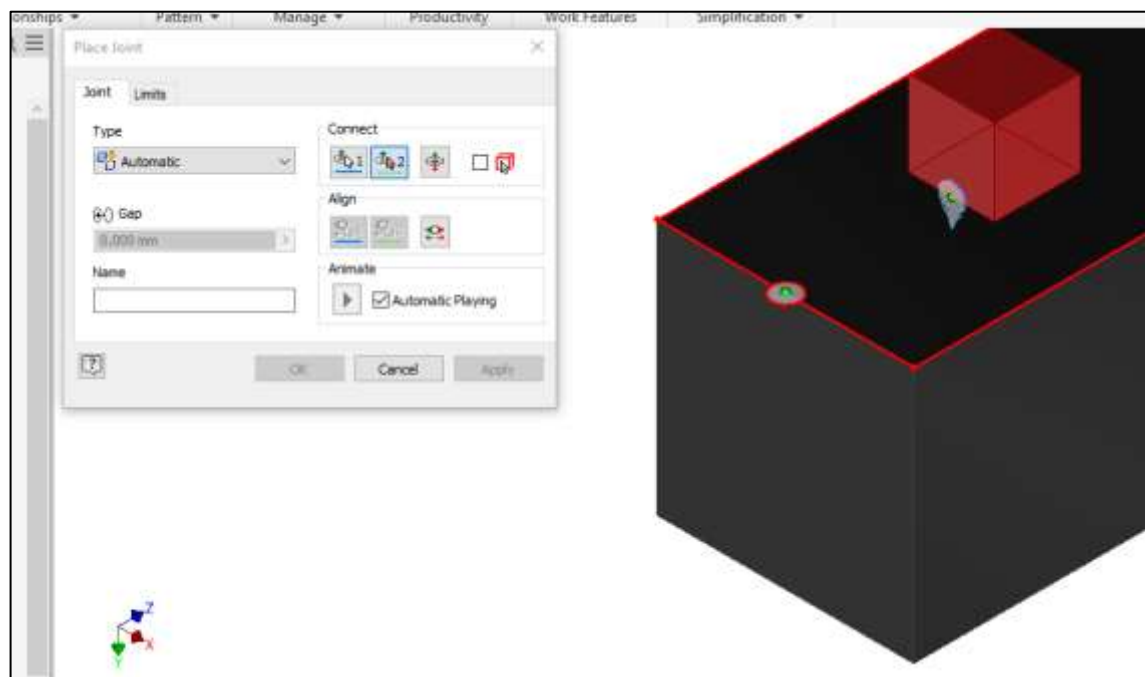


Figura 64 – Clique no ponto central da aresta superior do bloco de base, verificando o plano correto.

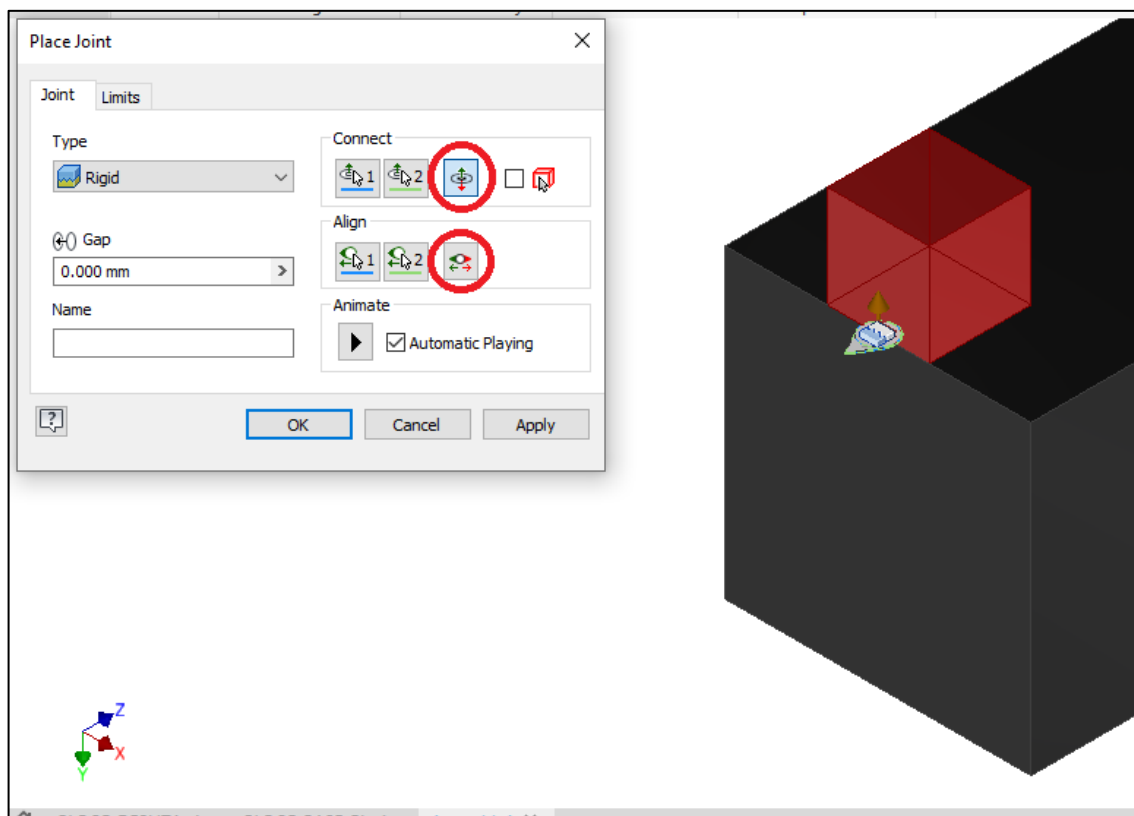


Figura 65 – O bloco poderá estar incorreto. Basta mudar o alinhamento nas opções Connect e Align.

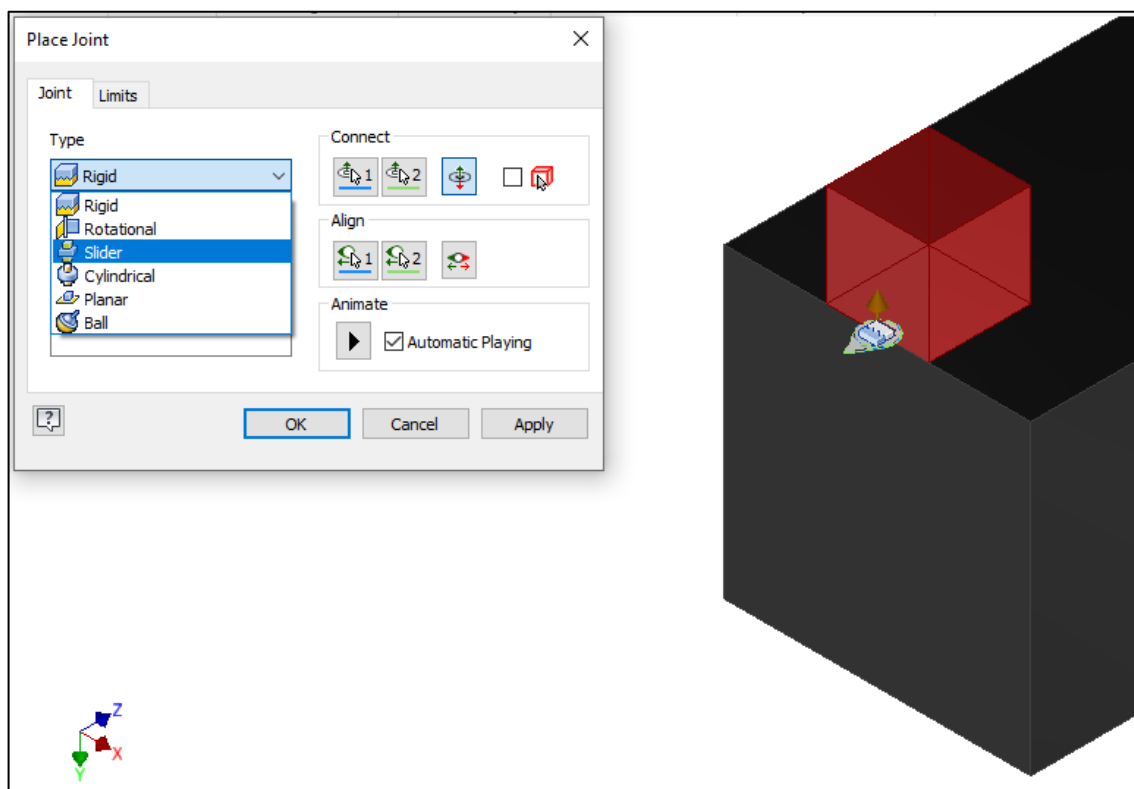


Figura 66 – Modifique o Tipo de Rigid para Slider. Será visualizada uma animação com o movimento correto.

p) Na aba Limits, mantenha start e current com zero milímetros. No end, coloque uma dimensão de 5.000 mm e verifique o sentido. Caso o movimento esteja na direção oposta, utilize o vetor negativo.

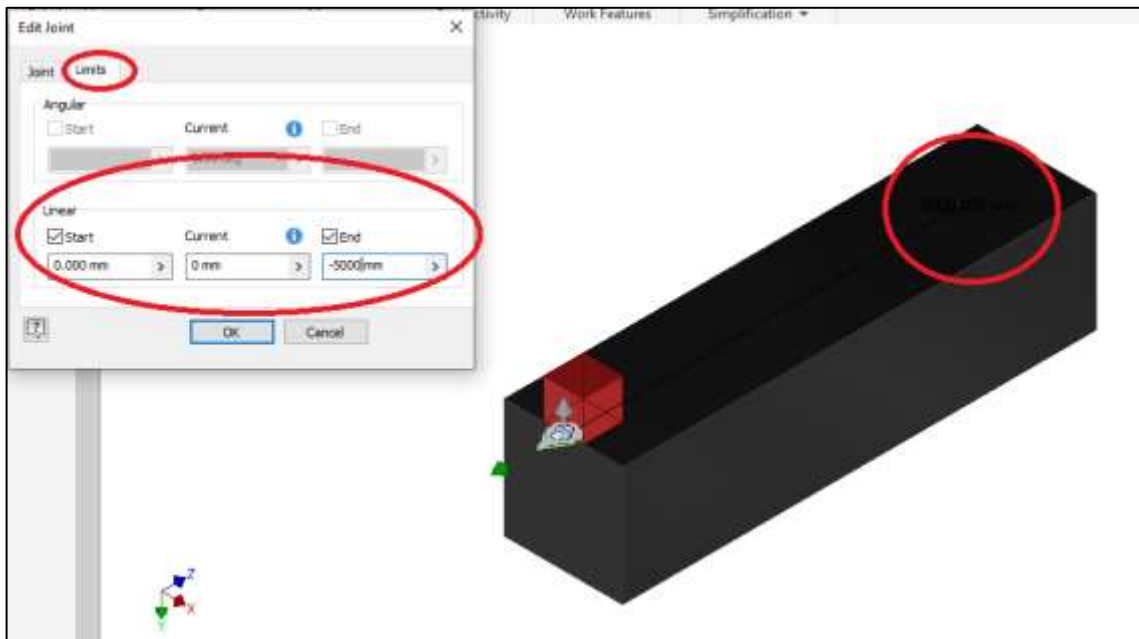


Figura 67 – Ajustando os limites da ferramenta Joint e aperte OK.

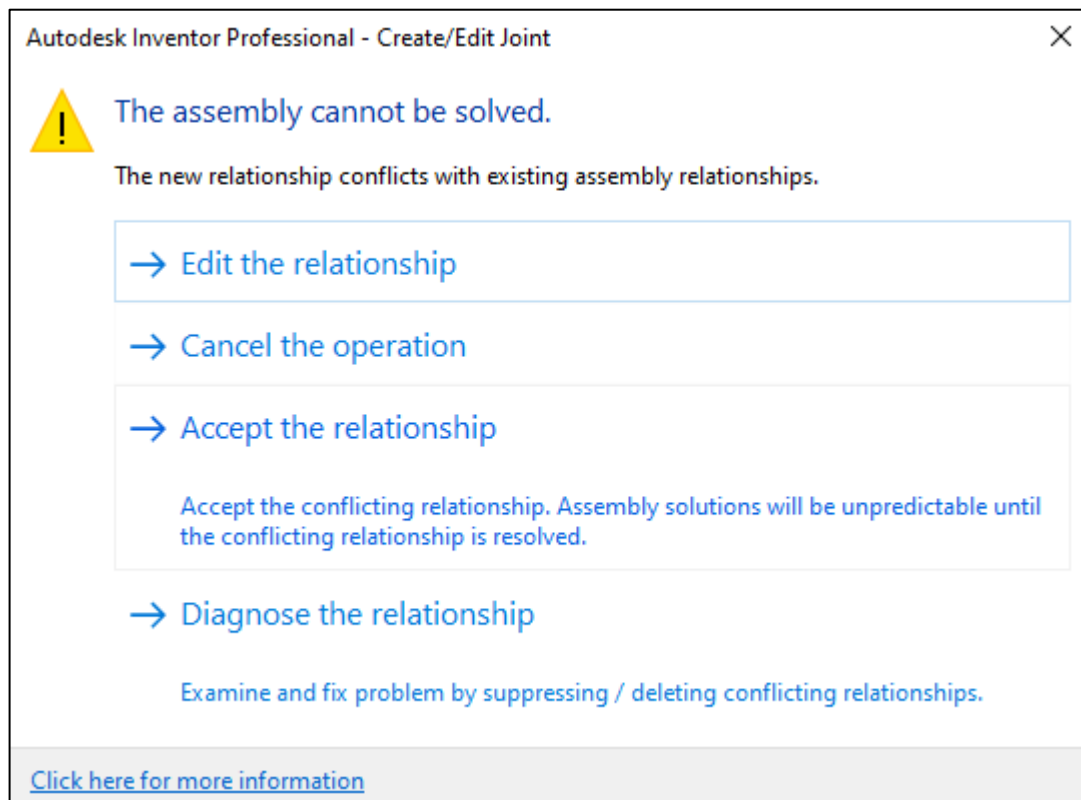


Figura 68 – Caso apareça uma mensagem de erro ignore, clicando “Accept the Relationship”.

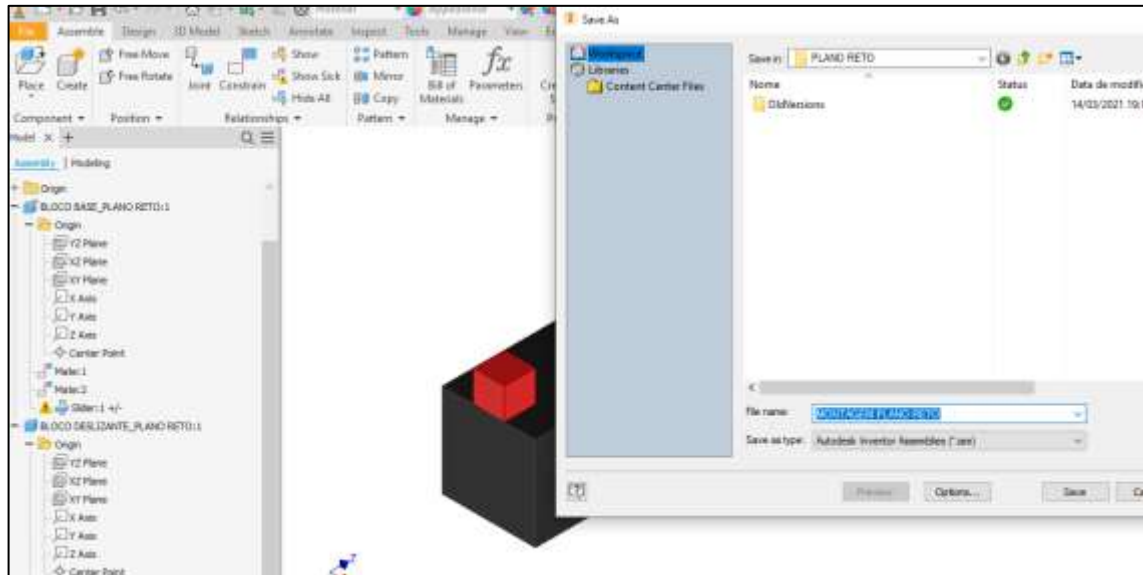


Figura 69 – Salve o arquivo, sugerimos o nome “MONTAGEM PLANO RETO”.

3.1.3. SIMULANDO O MODELO NO INVENTOR

- a) Com o modelo de montagem aberto, na aba Environments, execute a ferramenta Dynamic Simulation.

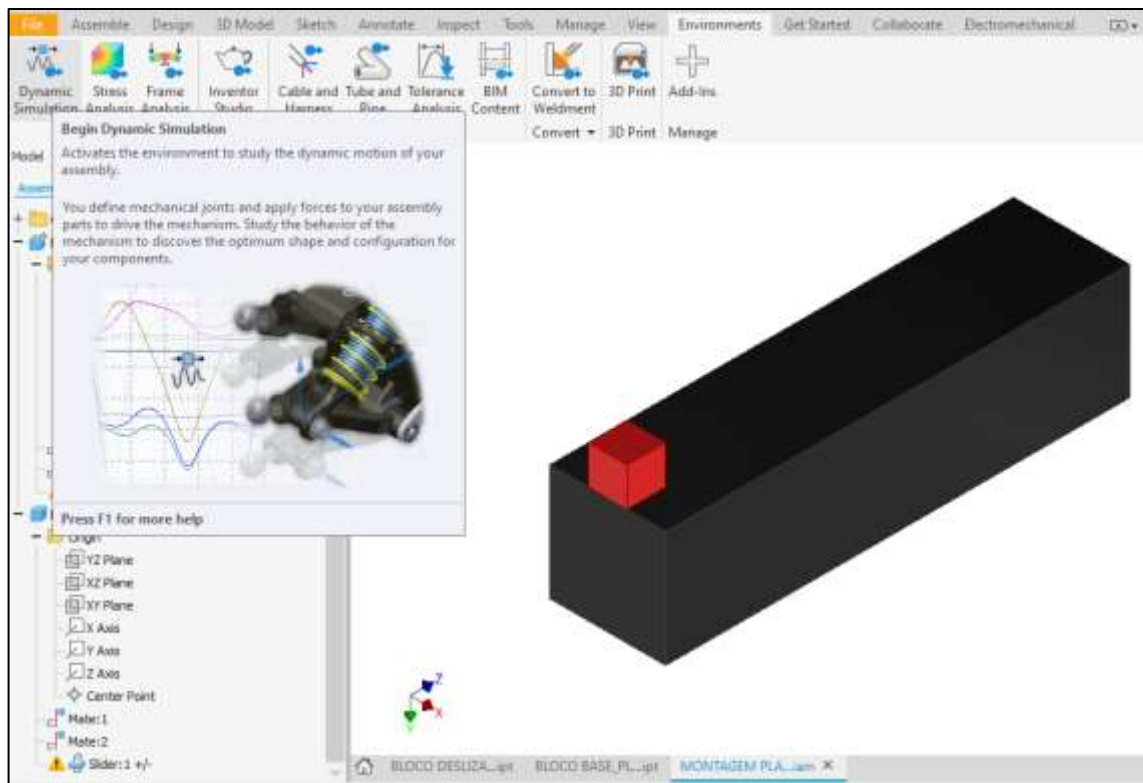


Figura 70 – Dynamic Simulations.

b) Para iniciar, vamos habilitar o vetor gravidade, com um duplo clique.

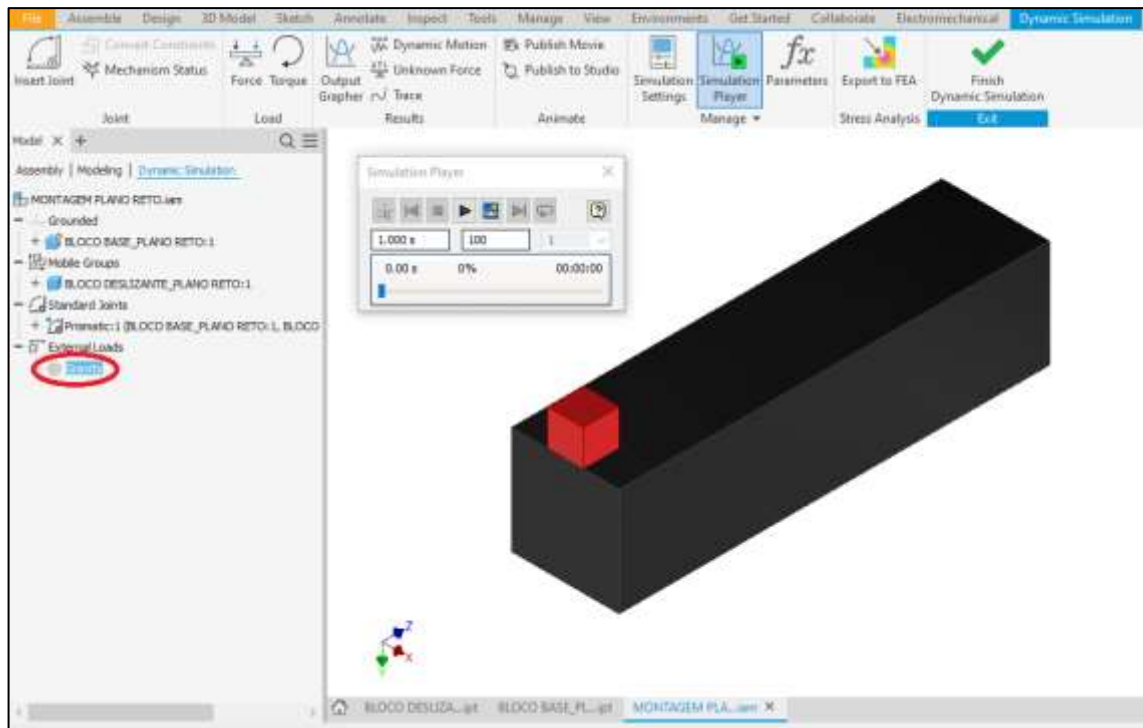


Figura 71 – Habilitando o vetor gravidade.

c) Desmarque a opção Supress, marque a opção de Vetor e Configure a gravidade no eixo correspondente ao modelo. Adotamos 9810 mm/s^2 e em nosso caso o eixo correto é +Y.

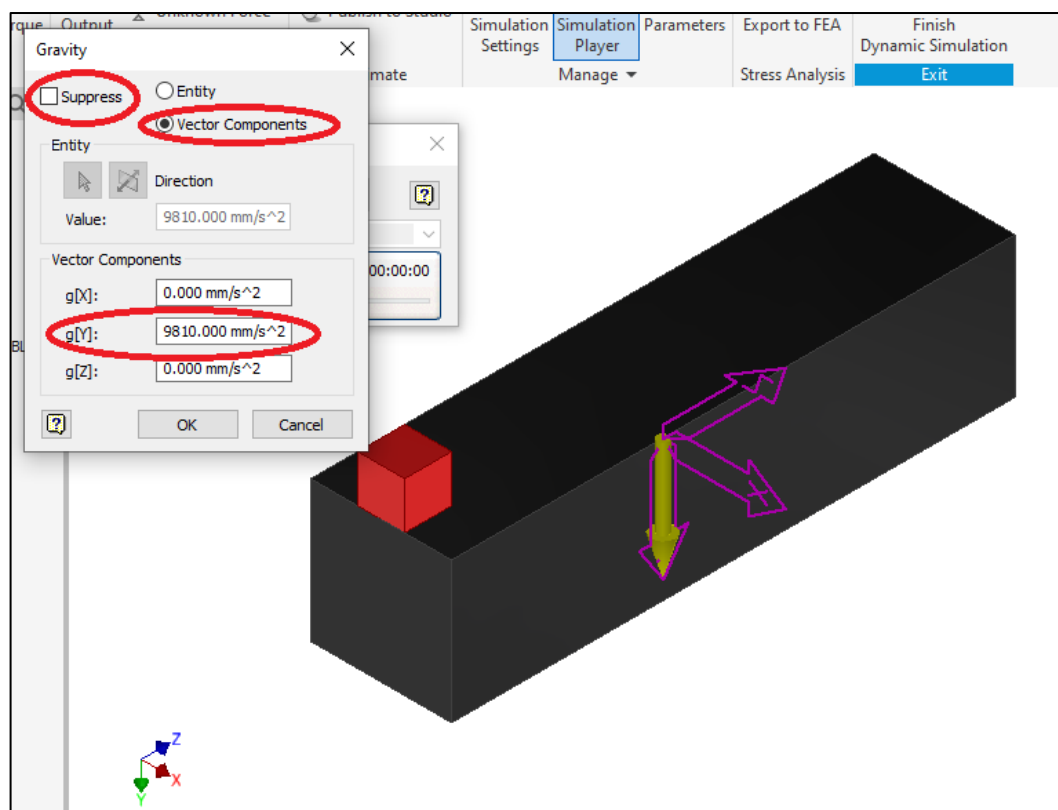


Figura 72 – Configurando o vetor gravidade.

d) O próximo passo é aplicar a força que moverá o bloco deslizando, com a ferramenta Force.

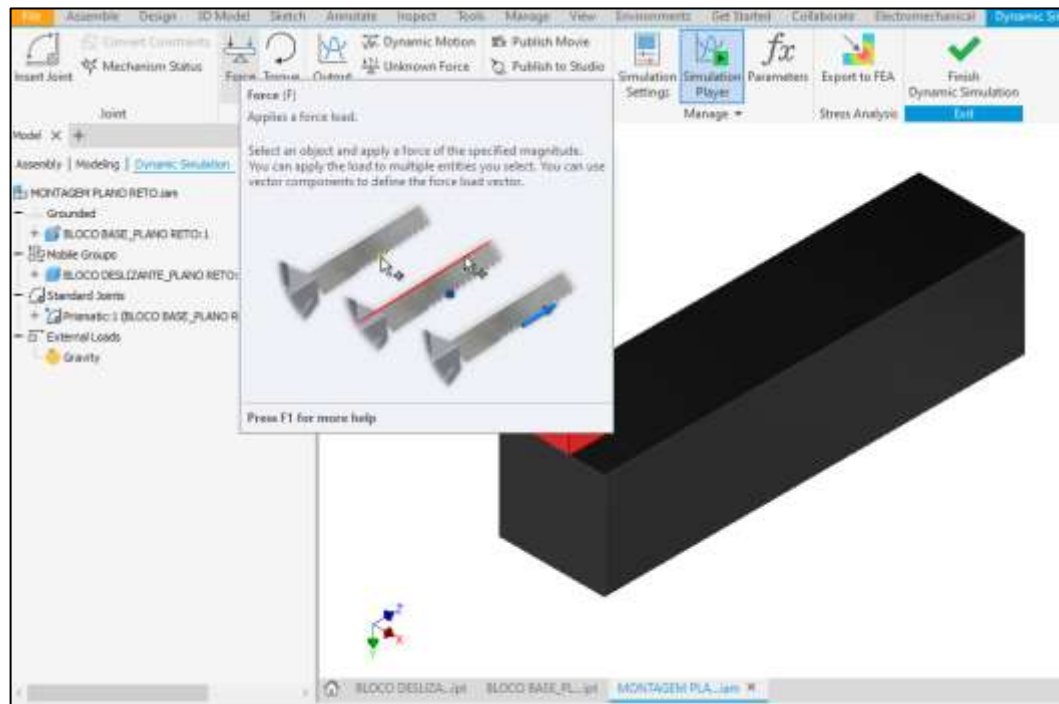


Figura 73 – Ferramenta Force.

e) Dentro da ferramenta, selecione o vértice inferior do bloco deslizando.

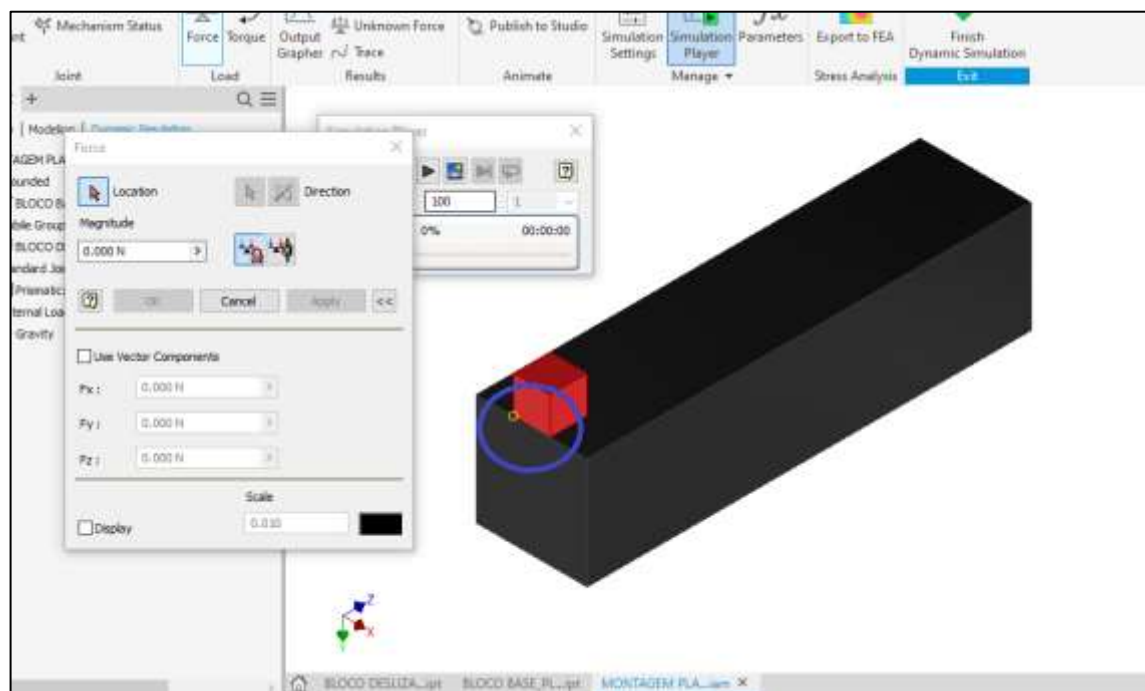


Figura 74 – Seleção o vértice inferior do bloco inferior.

f) Agora, selecione a aresta inferior do bloco deslizando.

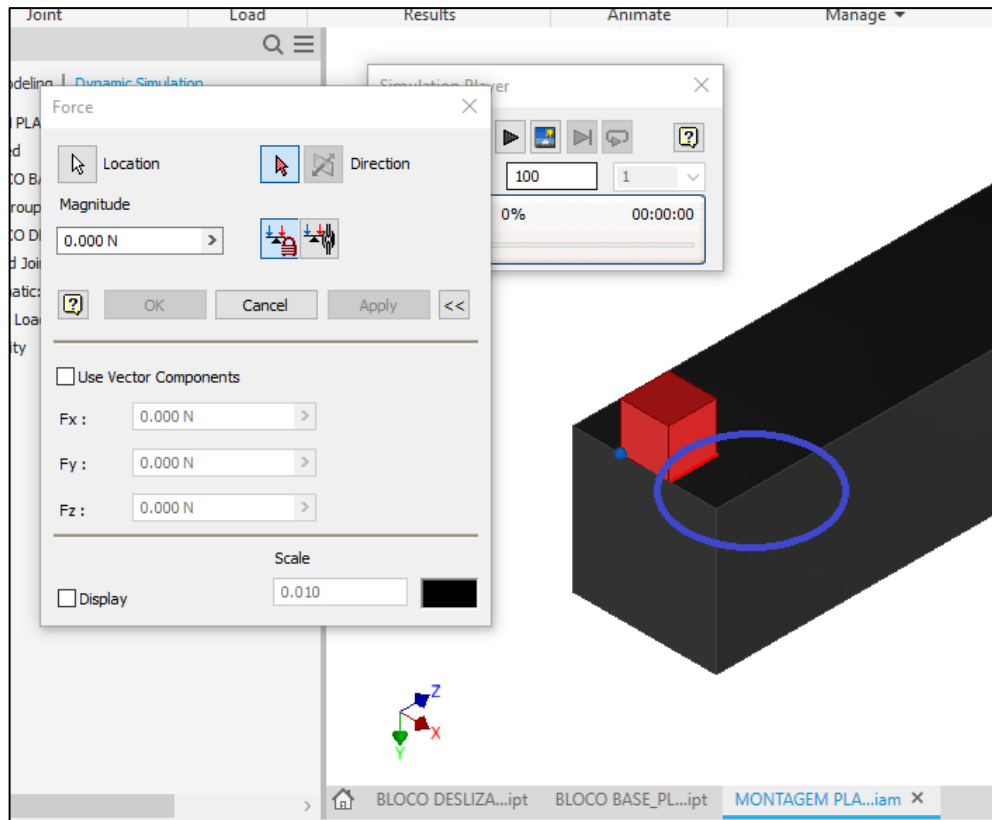


Figura 75 – Selecione a aresta inferior do bloco inferior.

g) Caso o vetor da Força esteja invertido, basta inverter a direção, clicando no “flip” da opção Direction.

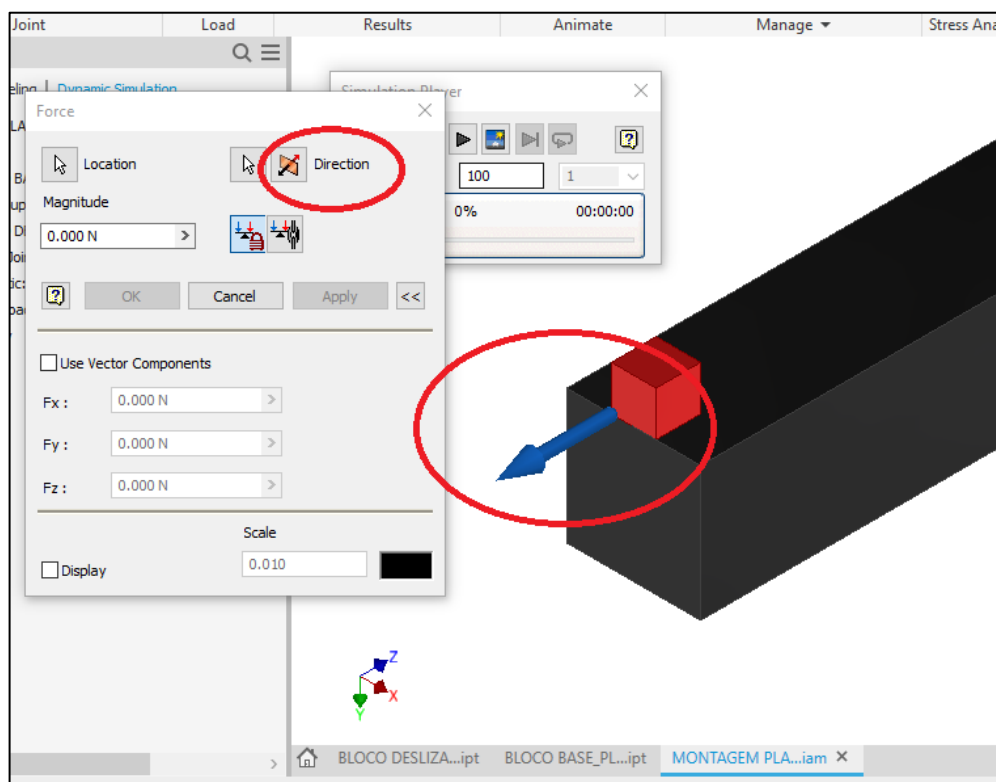


Figura 76 – Caso o vetor esteja invertido, utilize a opção flip.

h) Atribua o valor da força de 10N e clique em OK.

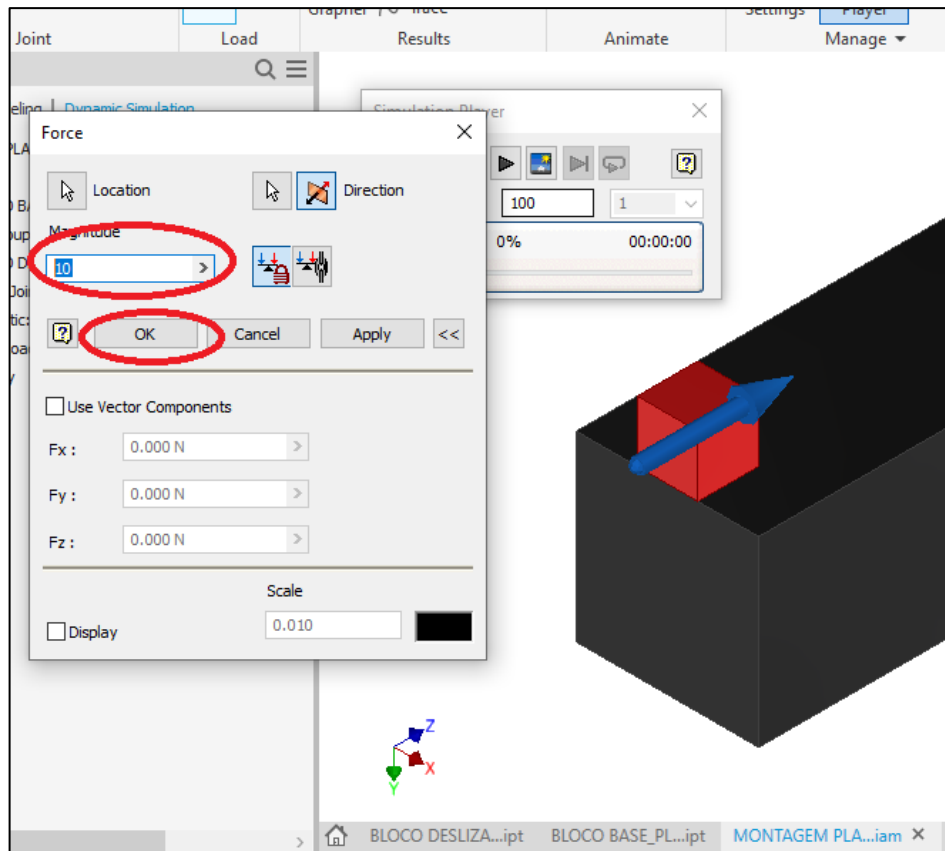


Figura 77 – Atribua a força e clique em OK.

i) Para simulação, verifique se o Simulation Player está habilitado. Atribua o tempo de 1s e 100 frames. Após isto dê o play na simulação.

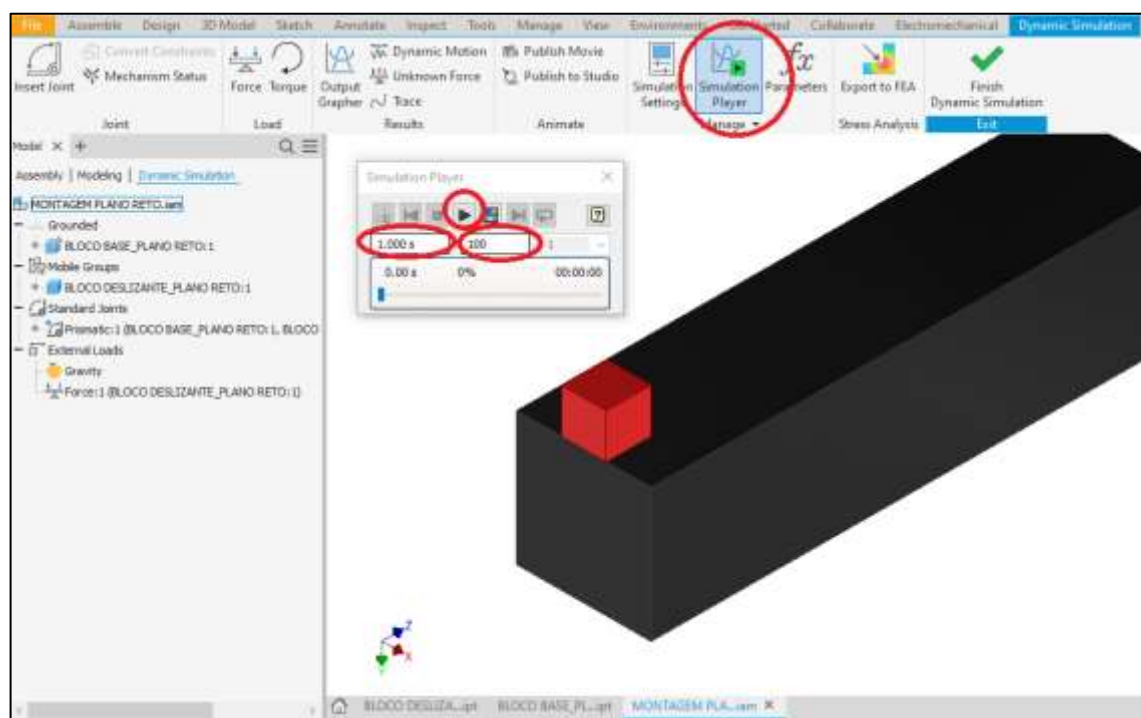


Figura 78 – Rodando a simulação.

j) Durante a simulação, as ferramentas ficarão desabilitadas. Ao final, o bloco se moverá à distância máxima que poderá chegar em 1s, aplicando a força de 10N. Lembre-se que para provar nosso exercício, esta distância precisa ser de 1.000 mm.

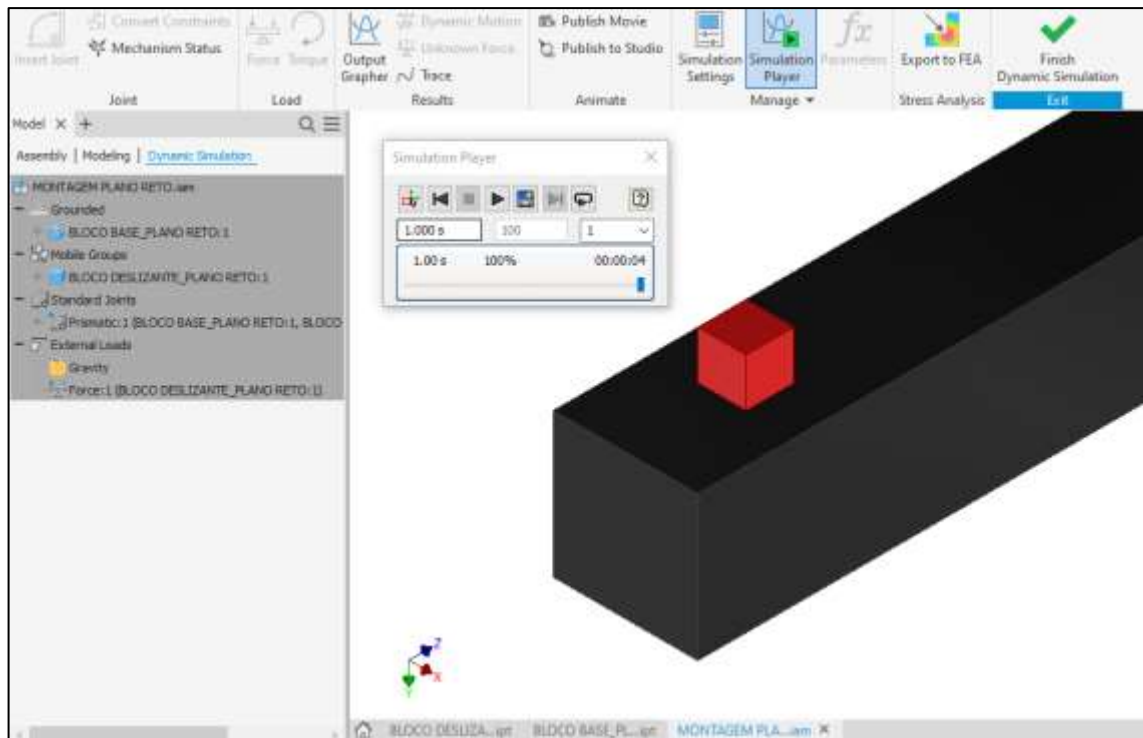


Figura 79 – Simulação do movimento após 1 s.

k) Para medir a distância percorrida, utilize a ferramenta “Measure”, ativada através da digitação da letra “M” do teclado. Então dê um clique na aresta inferior do bloco deslizando e outro na aresta do bloco de base.

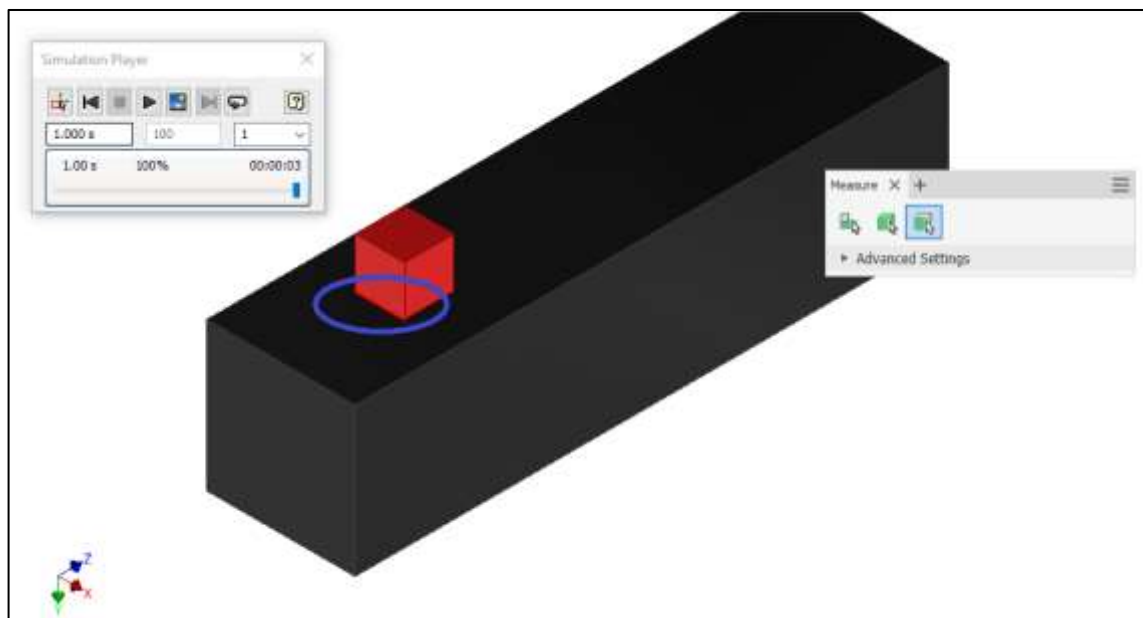


Figura 80 – Selecione a aresta do bloco deslizando.

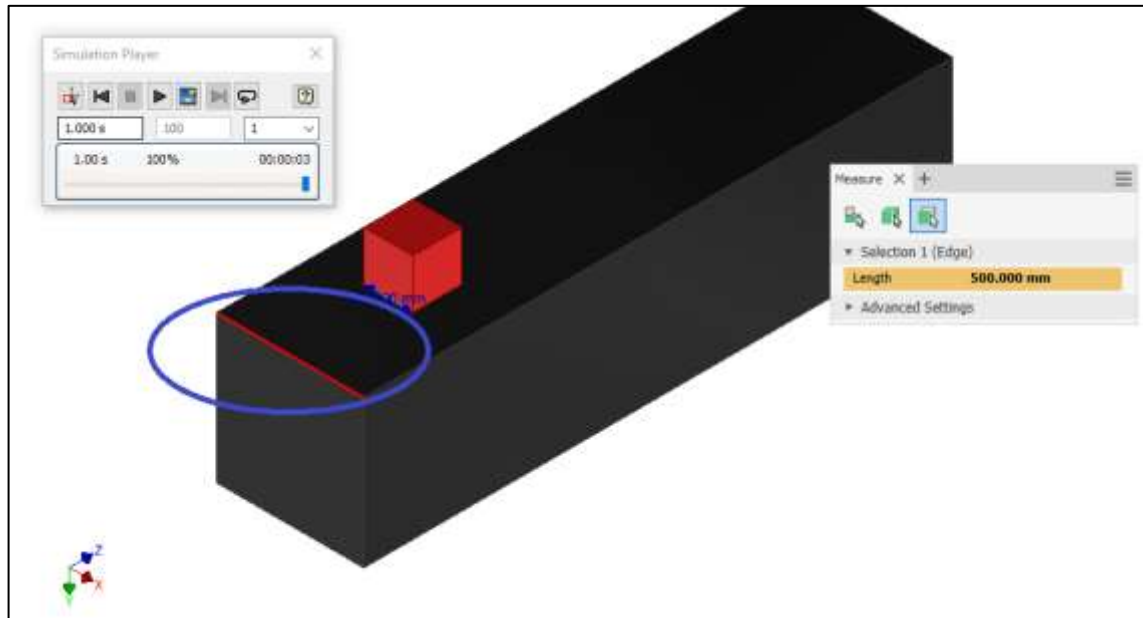


Figura 81 – Seleção da aresta do bloco de base.

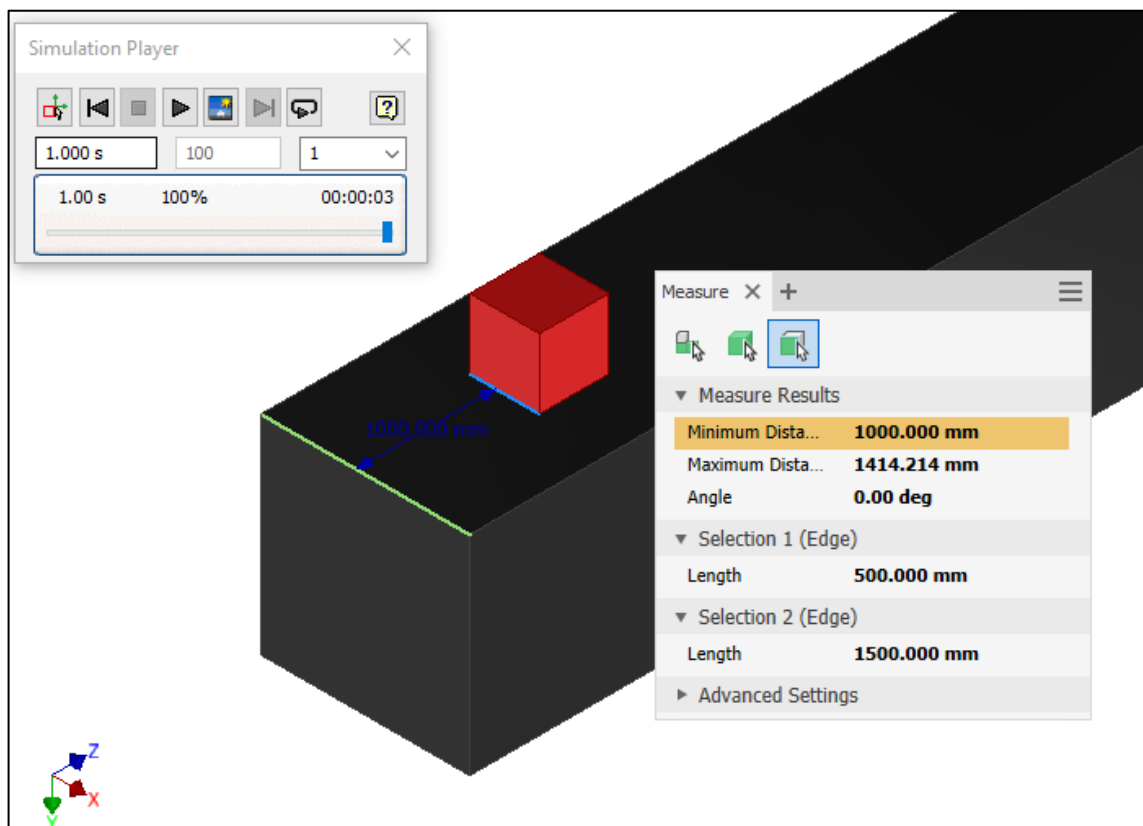


Figura 82 – A distância aparecerá em tela.

l) Para sair da simulação, feche a ferramenta measure, clique para retornar ao modo de edição e finalize a simulação. Salve o modelo antes de fechar o Inventor.

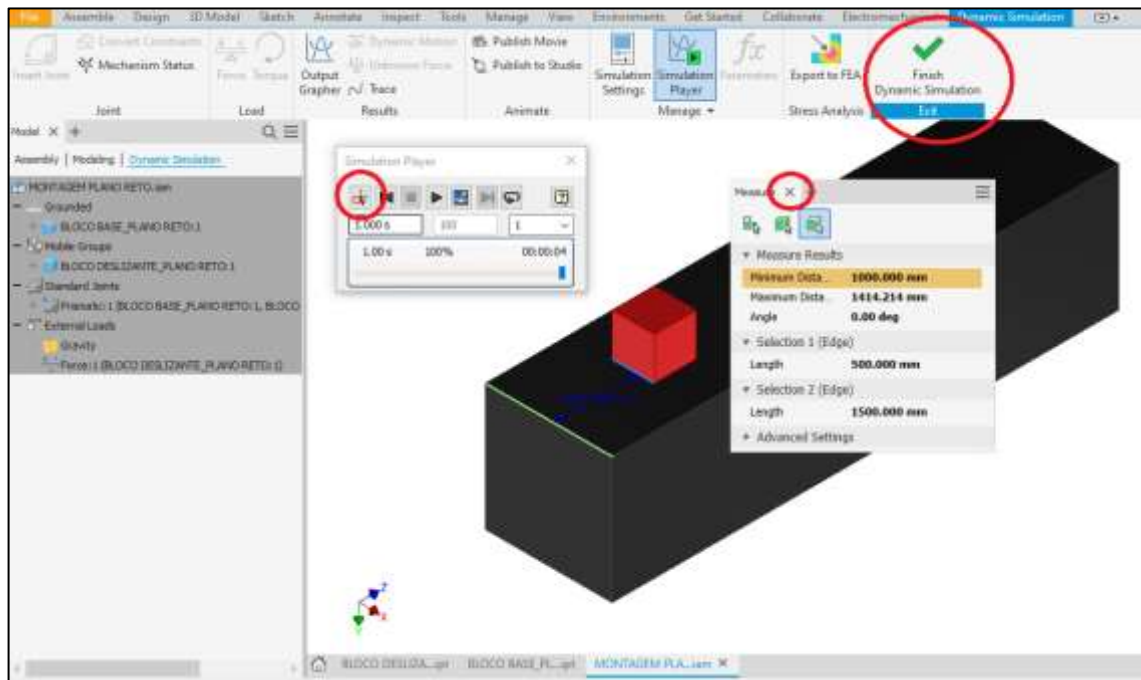


Figura 83 – Finalizando a simulação.

4. QUESTÃO PROBLEMATIZADORA PARA PLANO INCLINADO

Na figura abaixo, o bloco A de massa 500 g está em repouso. Considerando atrito desprezível, qual deverá ser a intensidade da Força F aplicada à sua base, para que esta afirmação seja verdadeira?

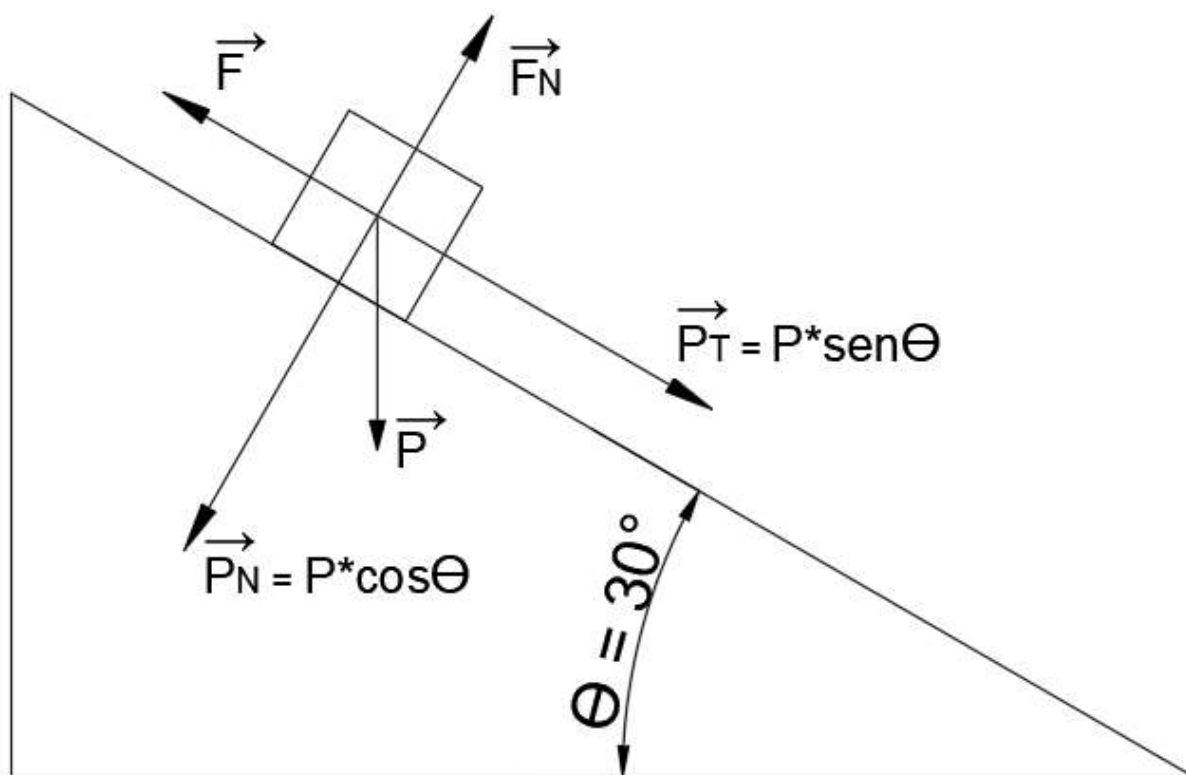


Figura 84 – Questão problematizadora para Plano Inclinado.

RESOLUÇÃO

Para que o Bloco A esteja em repouso, deverá ser aplicada uma força F em sentido oposto e de intensidade idêntica à força P_T . Se a força for maior, o bloco será puxado, se for menor, ele irá descer pelo plano inclinado

Aplicando a 2ª Lei de Newton, podemos obter a seguinte resposta:

$$m = 0,5 \text{ kg}$$

$$g = 10,0 \text{ m/s}^2$$

$$\theta: 30^\circ$$

$$P = m * g \rightarrow P = 0,5 * 10 = 5N$$

$$F = P * \text{sen}\theta \rightarrow F = 5 * 0,5 = 2,5 N$$

4.1. VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS VIA INVENTOR

Considerando o intuito do software Inventor, voltado à aplicação da física na engenharia, precisamos imaginar qual(is) as consequências que seriam facilmente observáveis em modelo físico, que possam comprovar os resultados obtidos na resolução.

Logo, devemos propor aos alunos, um raciocínio de contraprova, como por exemplo: “Se eu aplicar uma força de 2,5N naquele ponto do bloco A, o que eu observaria no modelo? E se eu aumentasse a força para 3N? E se eu reduzisse para 2N, o que aconteceria?”

Assim, vamos construir o modelo no Inventor, testar as 3 hipóteses e observar o que ocorrerá.

4.1.1. CONSTRUINDO O MODELO NO INVENTOR

CRIANDO A PASTA DE PROJETO

a) Na página inicial, após abrir o software, escolha a opção Projects

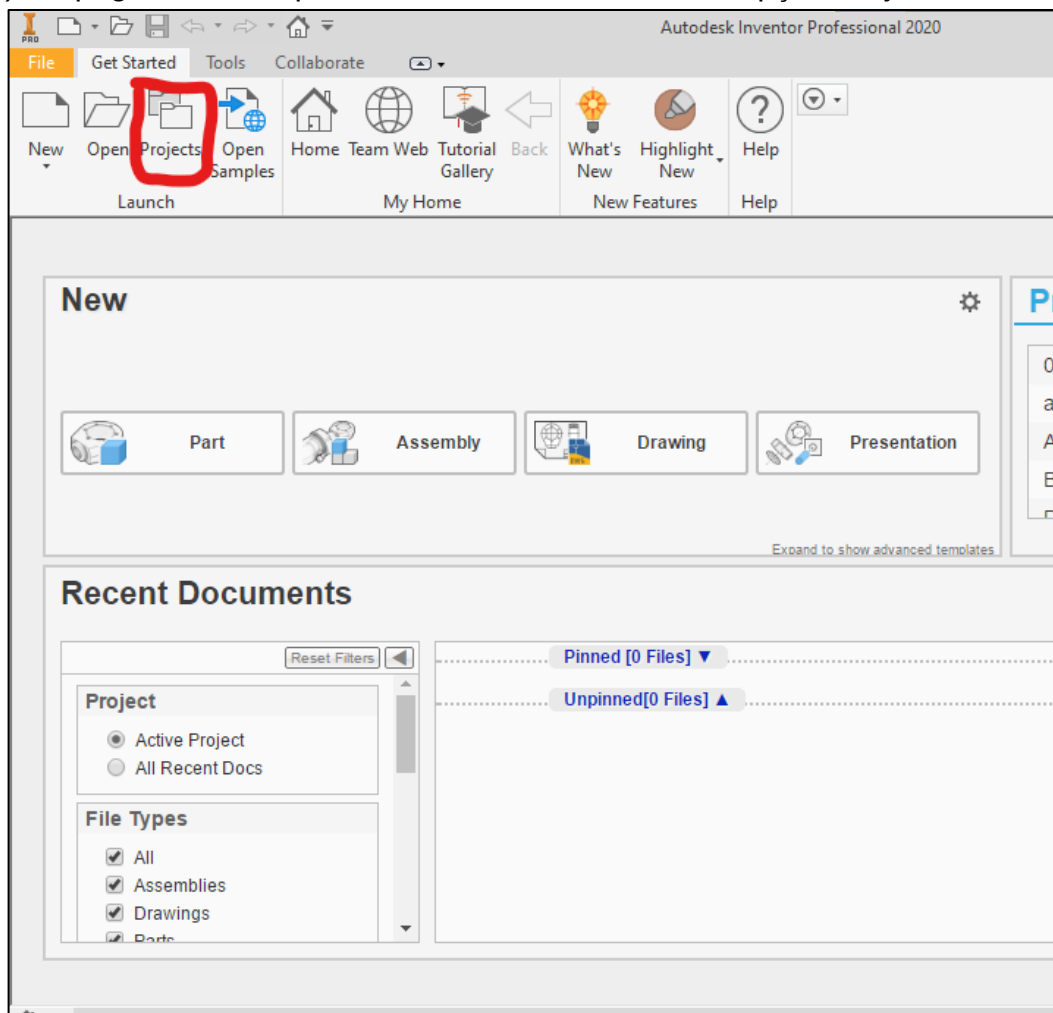


Figura 85 – Criação da pasta de projeto para Plano Inclinado.

b) No menu que será aberto, escolha a opção New

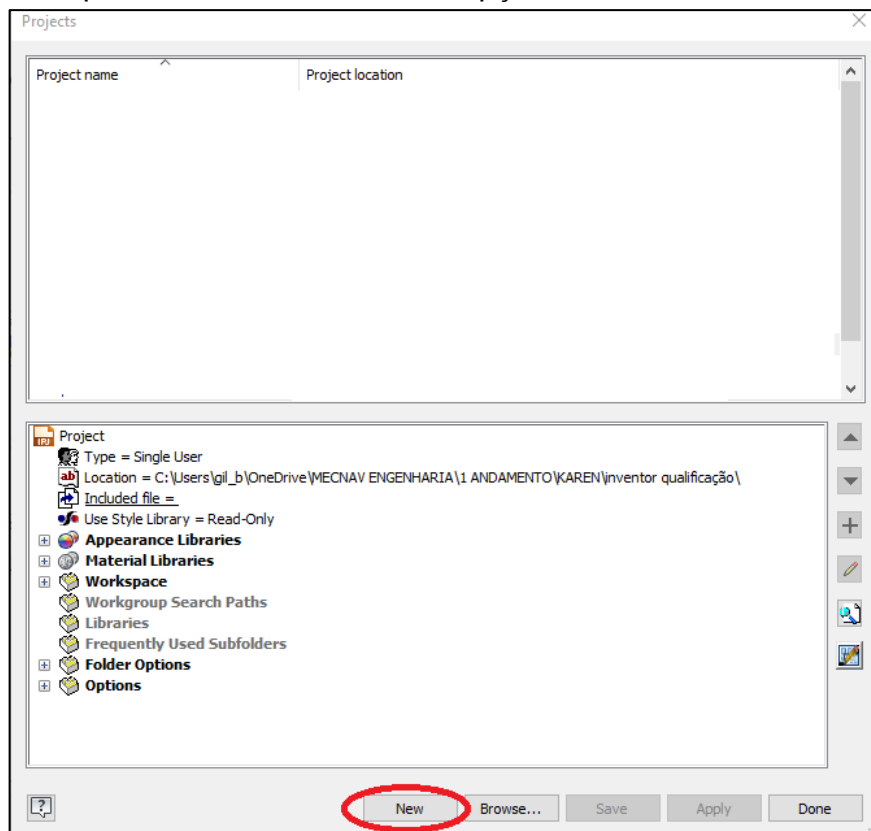


Figura 86 – Opção para criação de uma nova pasta de projeto.

c) Marque a opção New Single User Project, e clique em Next

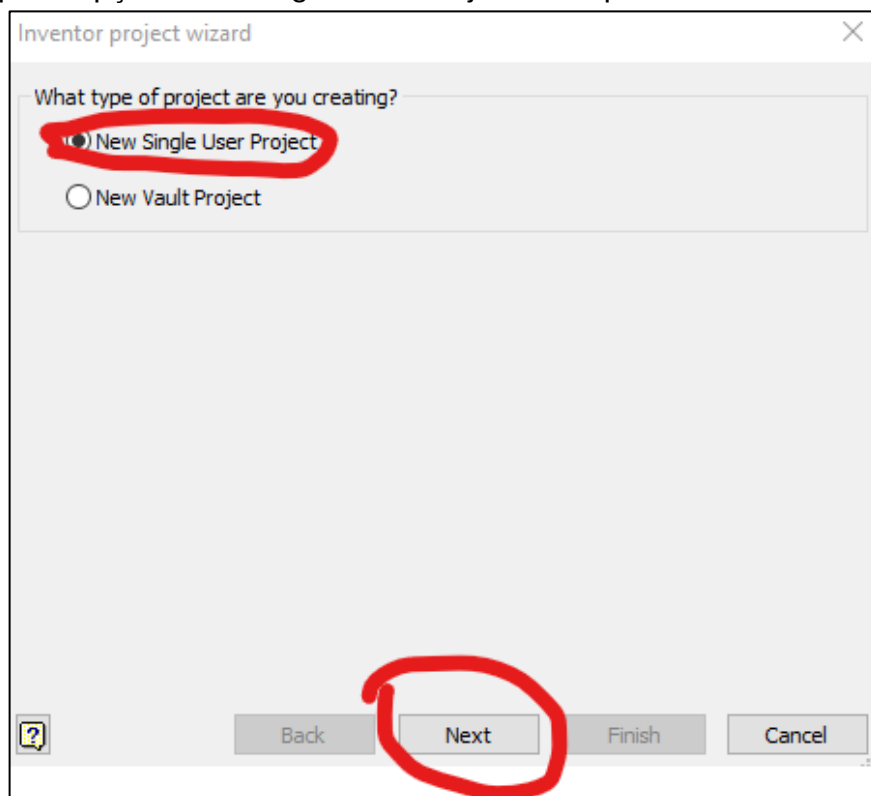


Figura 87 – Opção Single User e Avance.

d) Dê um nome para o projeto e clique na opção reticências. Será aberta uma pop up para seleção da pasta em que o projeto será salvo e clique em OK (recomenda-se criar a pasta anteriormente no Windows). A pop up será fechada e será observado o caminho selecionado (protegemos a informação por motivos de confidencialidade). Então clique em Finish.

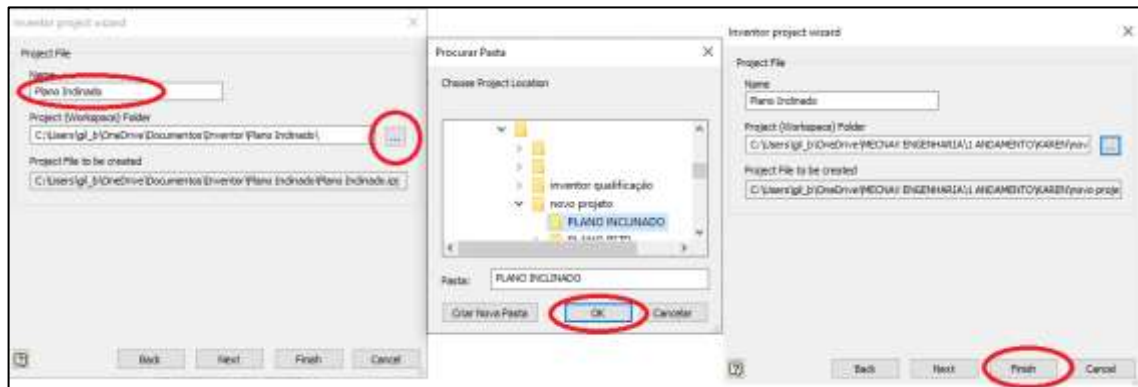


Figura 88 – Nomeie o Projeto, escolha o local de salvamento e finalize.

e) Será observado que o projeto foi criado no menu Projects. O projeto ficará com uma marcação em frente ao seu nome, comprovando que é o projeto em utilização, então clique em Done. Na pasta do projeto, será criado o arquivo com o nome escolhido e a extensão ipj, além da pasta de backup (OldVersions). A partir de agora para abrir o projeto, basta dar um duplo clique no arquivo ipj.

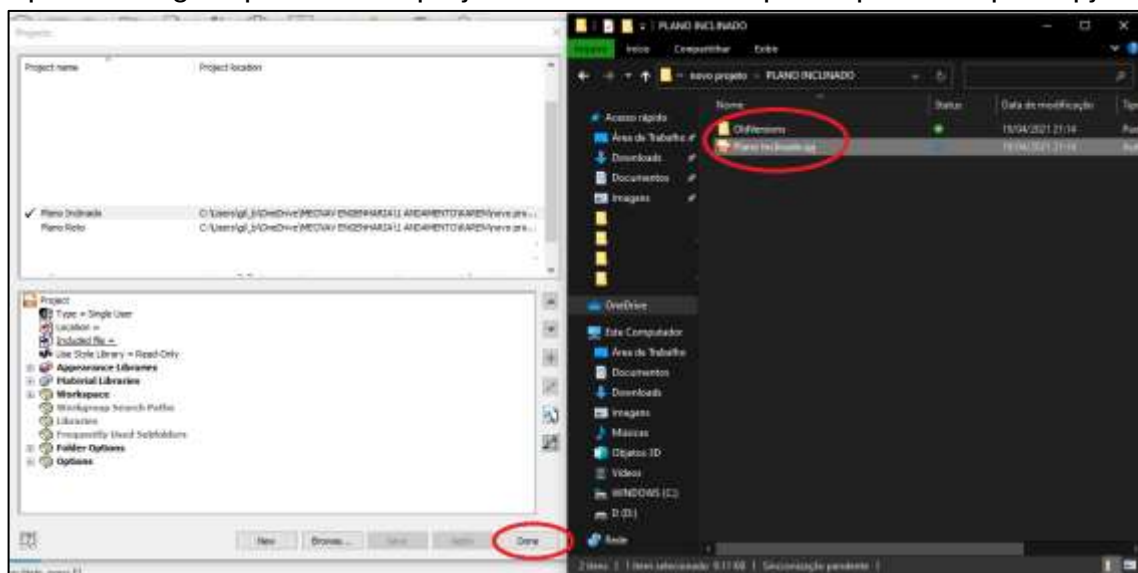


Figura 89 – Projeto criado, clique em Done. Verifique a criação do arquivo na pasta.

CONFIGURAÇÕES INICIAIS

a) Abra o projeto, com um duplo clique no arquivo ipj. Na tela do software, selecione a opção New.

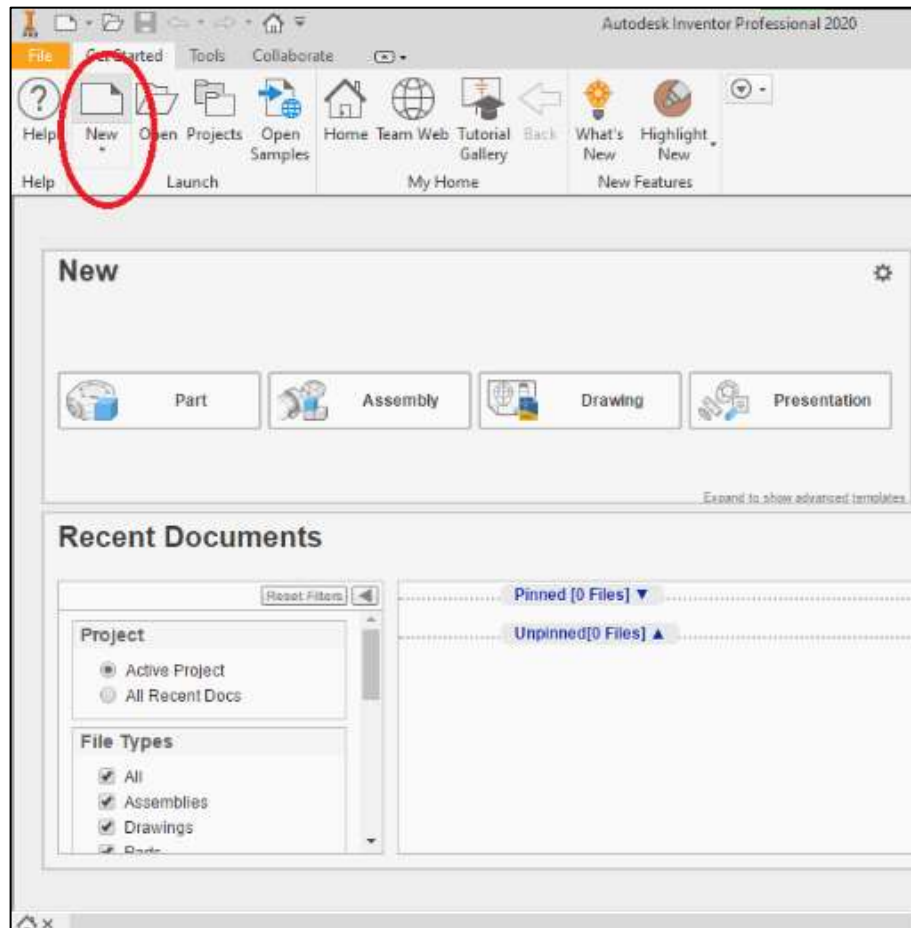


Figura 90 – Abra o projeto e selecione a opção New.

b) Na Pop Up que será aberta, amplie as opções de template (em-US) e selecione a opção Metric. Abaixo, confirme se o arquivo de projeto está correto. Acima, no menu de contexto Part, escolha (com um duplo clique) a opção Standard em mm

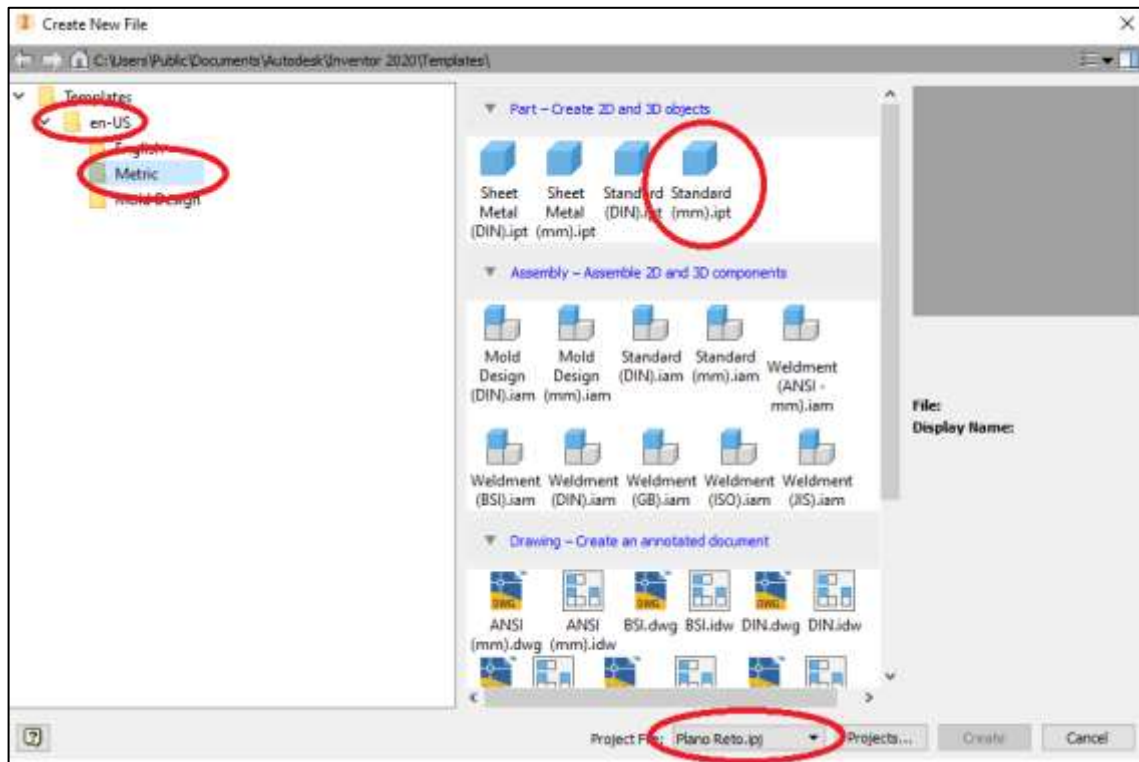


Figura 91 – Amplie os templates, selecione Metric, confira o projeto e dê duplo clique em Standard (mm).

c) Na tela inicial, navegue até a aba Tools, e clique em application Options

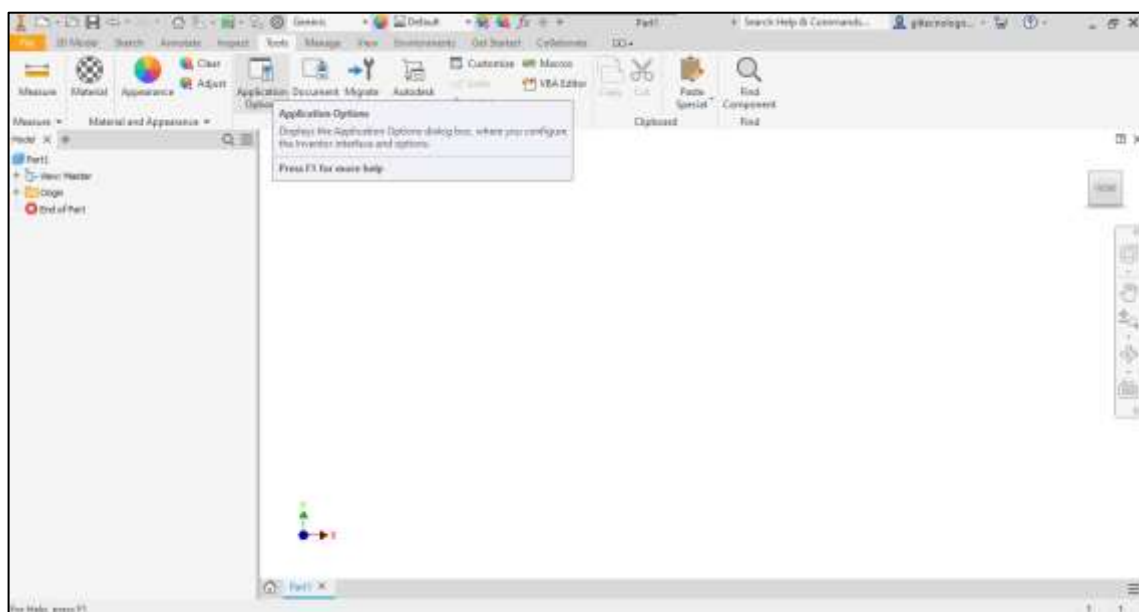


Figura 92 – Selecione Application Options.

d) No menu que será aberto, faremos alterações em duas abas: Colors e Display. Na primeira, selecione a opção Presentation e 1 Color (isto deixará o plano de fundo idêntico ao nosso trabalho. Na segunda, marque as opções Reverse Direction e Zoom to Cursor. Então, clique em OK.

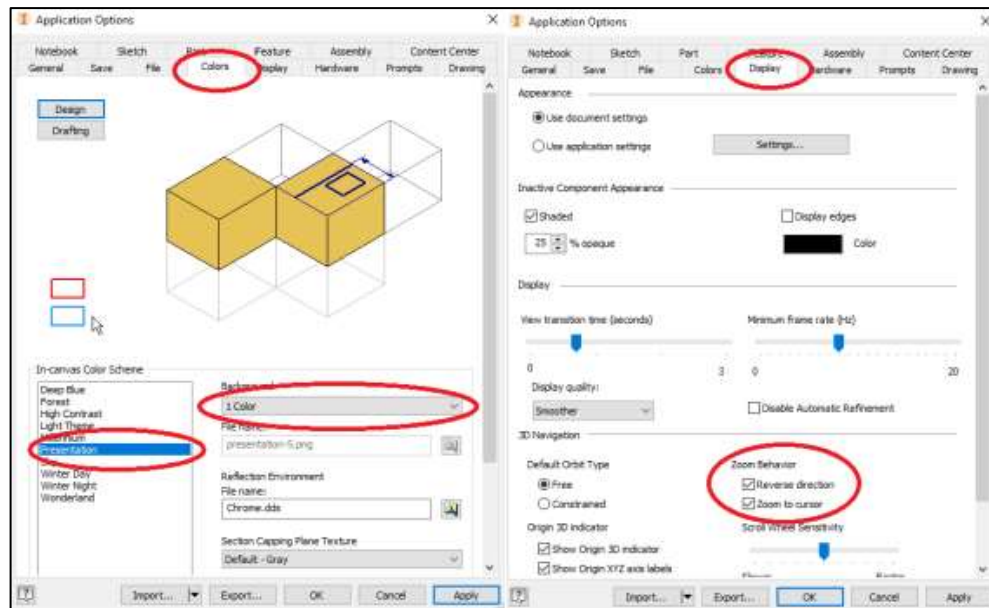


Figura 93 – Aba Color, Presentation e 1 Color. Aba Display, Reverse Direction e Zoom to Cursor.

CRIANDO OS COMPONENTES DO PLANO RETO

Inicialmente precisaremos criar os 2 componentes, plano inclinado e bloco de 0,5 kg. Optamos por fazer o plano inclinado como um bloco triangular com dimensões de 6.000 mm de base x 1.500 de largura e altura suficiente para o ângulo de 30°. Para melhor visualizar o bloco, o faremos com dimensões 500 x 500 x 500 mm. Aqui temos mais uma oportunidade de aprendizagem com os alunos, perguntando qual seria a densidade do material de um bloco com as dimensões 500 x 500 x 500 mm, para que o peso seja 0,5 kg.

Procedimentos Bloco do Plano Inclinado:

a) Após abrir o projeto e escolher a opção Part (ver configurações iniciais), selecione a opção 2D Sketch. Aparecerão os planos básicos da modelagem, e a visualização mudará para projeção ortogonal.

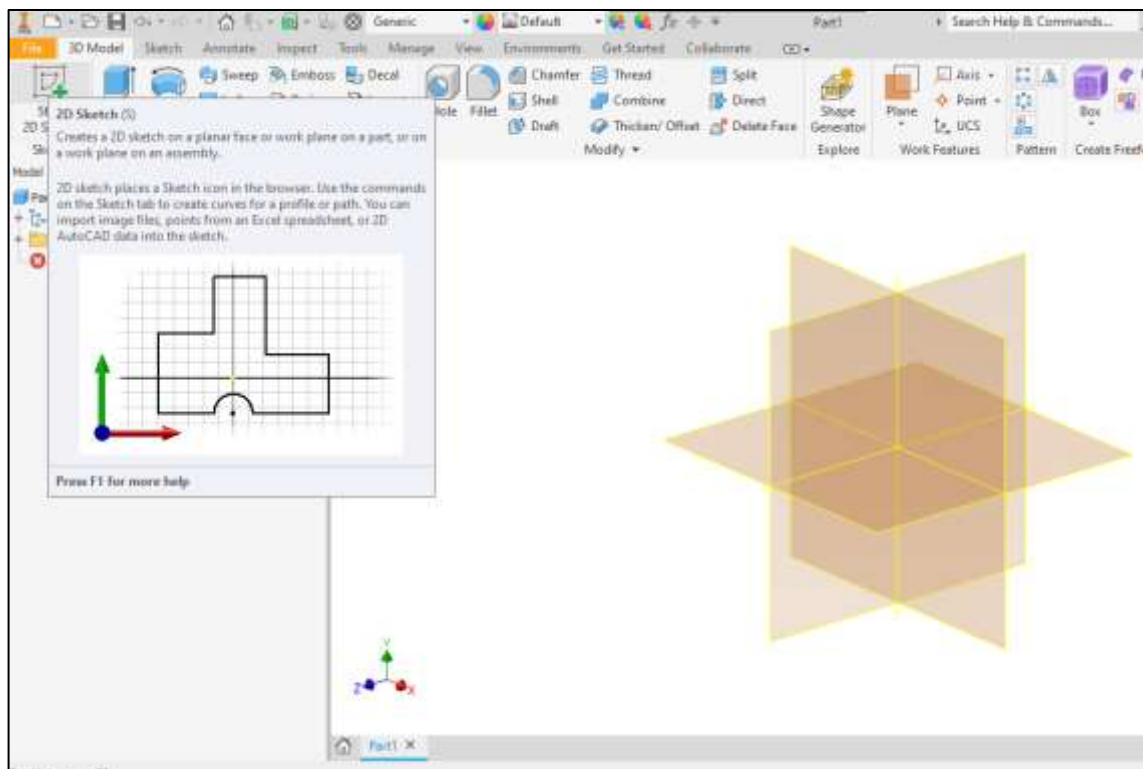


Figura 94 – Selecione 2D Sketch.

b) Selecione o Plano XY de trabalho.

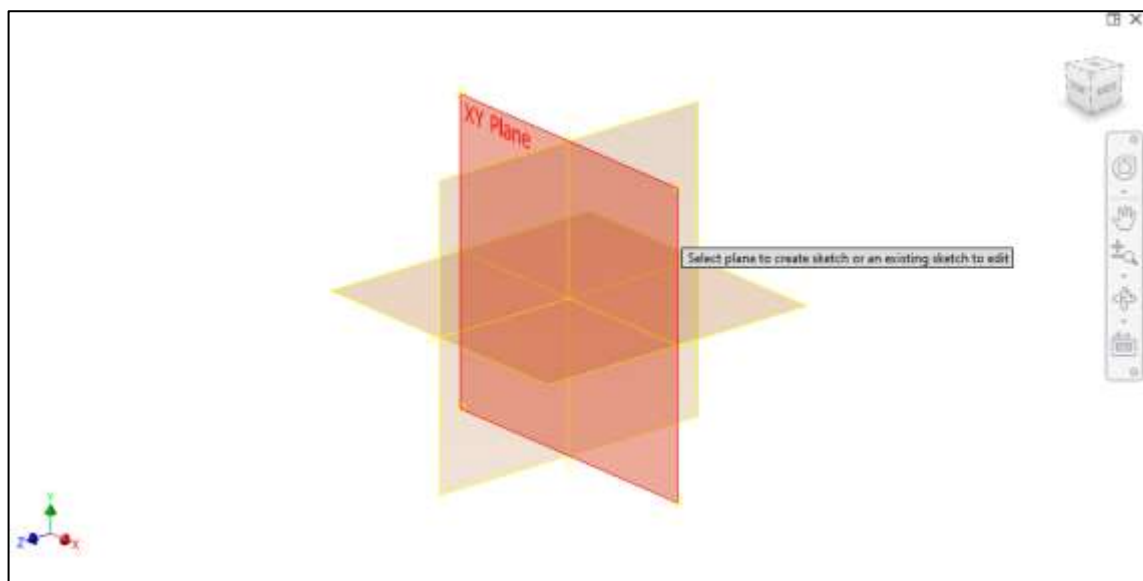


Figura 95 – Selecione o Plano XY de trabalho.

c) Será observado que o projeto mudará para a Aba Sketch. Na árvore de processos, ficará habilitado somente a opção do Sketch1 (que está em desenvolvimento) e os demais ficarão congelados (em cor cinza). Somente após selecionar Finish Sketch, retornaremos à Página Inicial (não faça isto agora!).

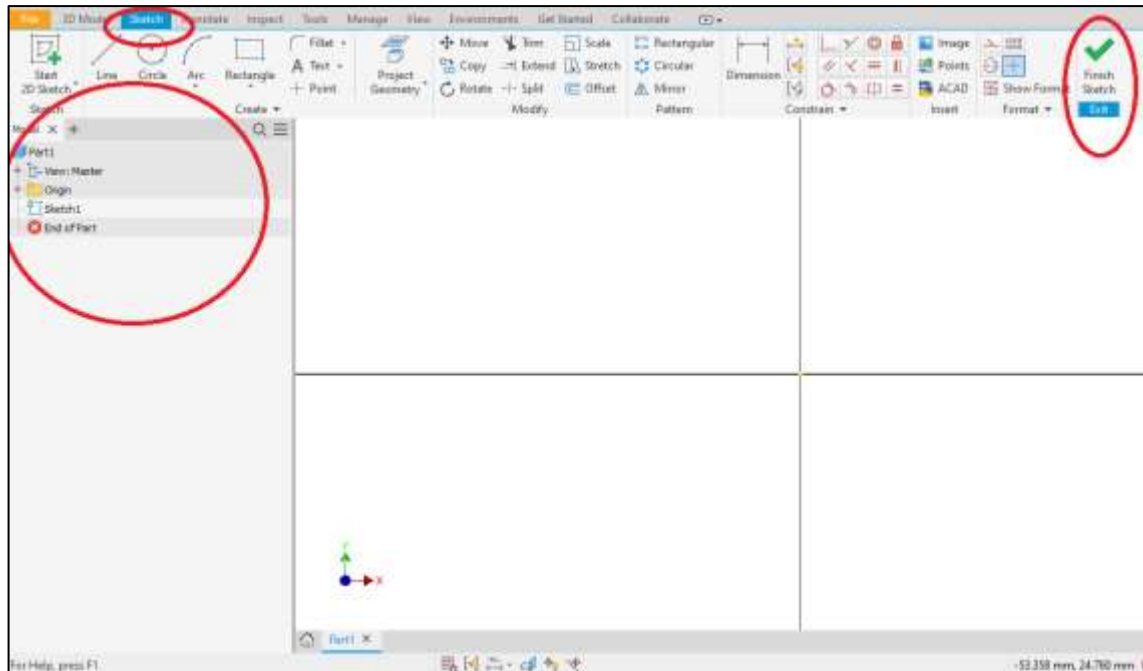


Figura 96 – Demonstração do ambiente de desenho.

d) Agora faremos a seção do componente a ser criado. Para isto, selecione a opção line.

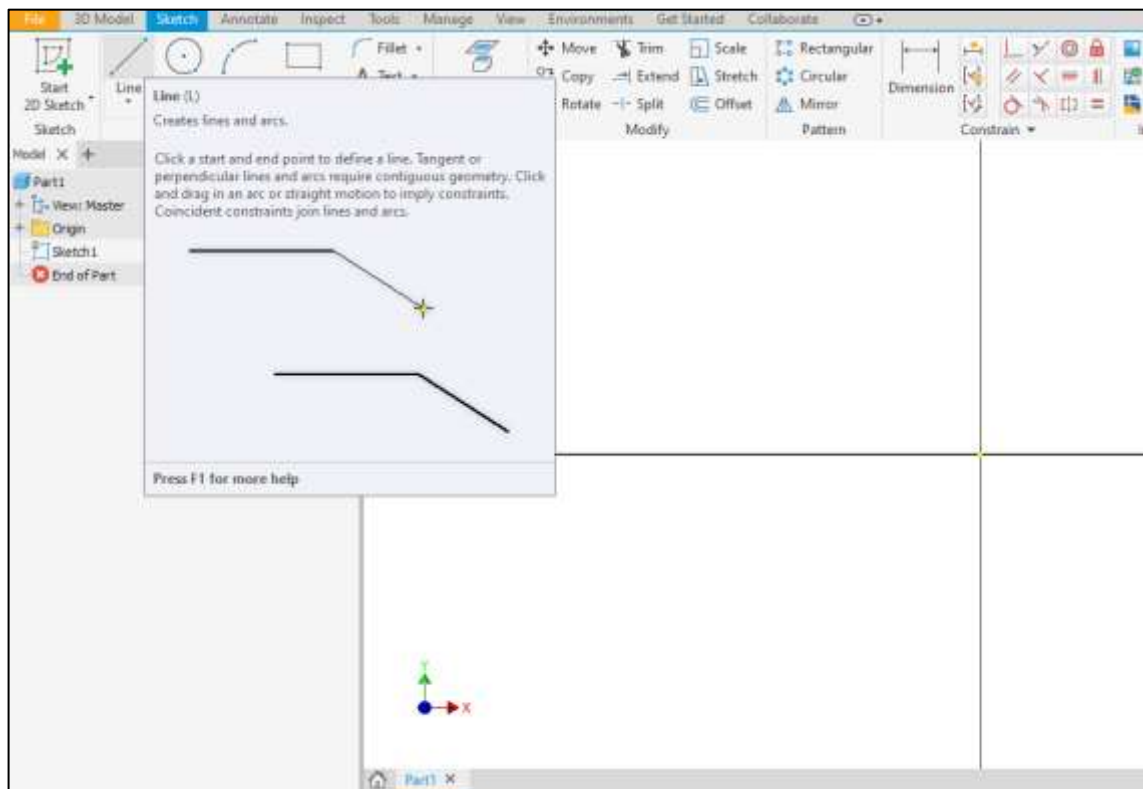


Figura 97 – Opção Line.

e) Ao aproximar-se da coordenada 0,0, devido a um recurso nativo do software chamada “magnetismo”, o cursor mudará de cor e será atraído para o ponto existente. Clique com o botão esquerdo, solte e movimente o mouse. Será observada a criação de uma linha com dimensões quaisquer.

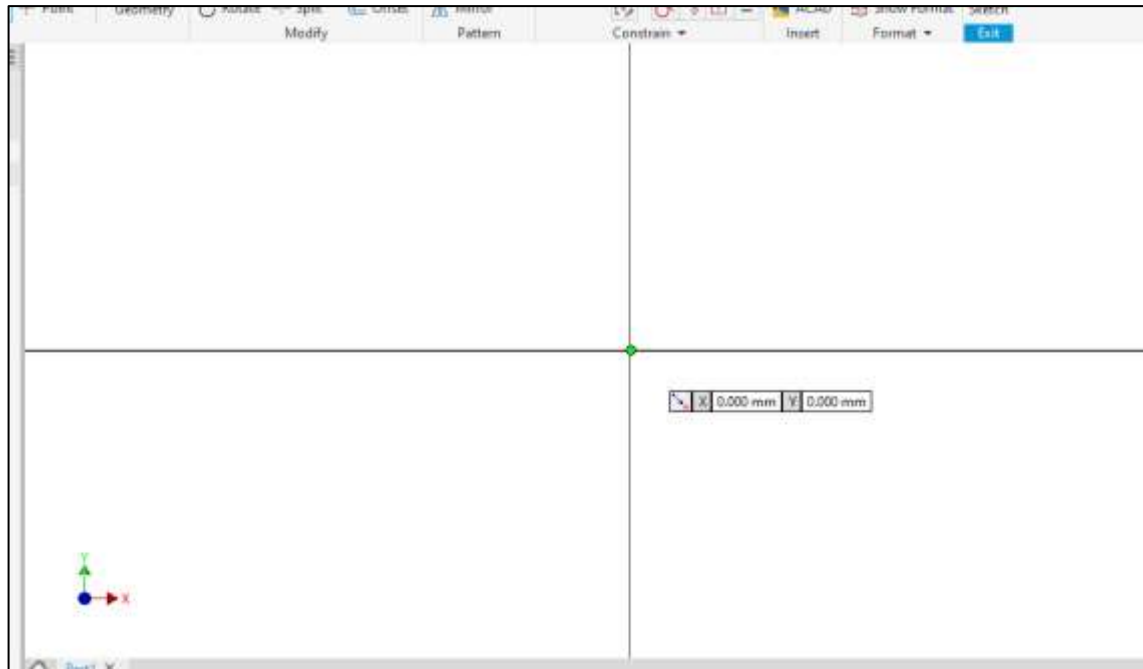


Figura 98 – Magnetismo para coordenada 0,0.

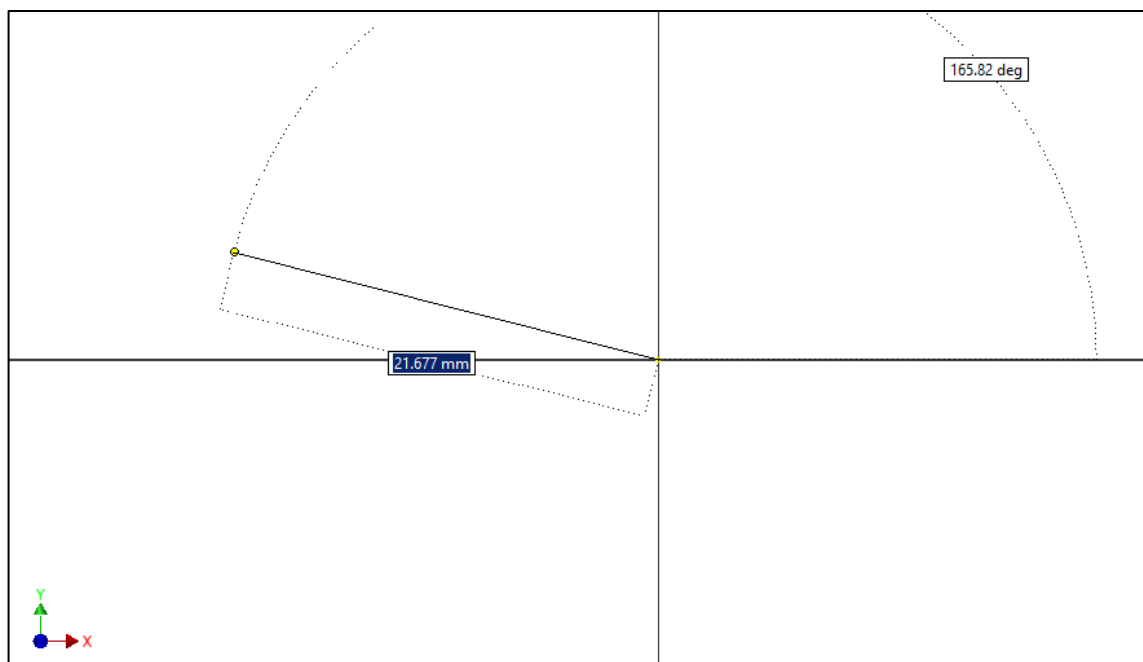


Figura 99 – Linha sendo criada.

f) Os eixos também possuem magnetismo, iremos aproveitar para traçar o triângulo fixo aos eixos.

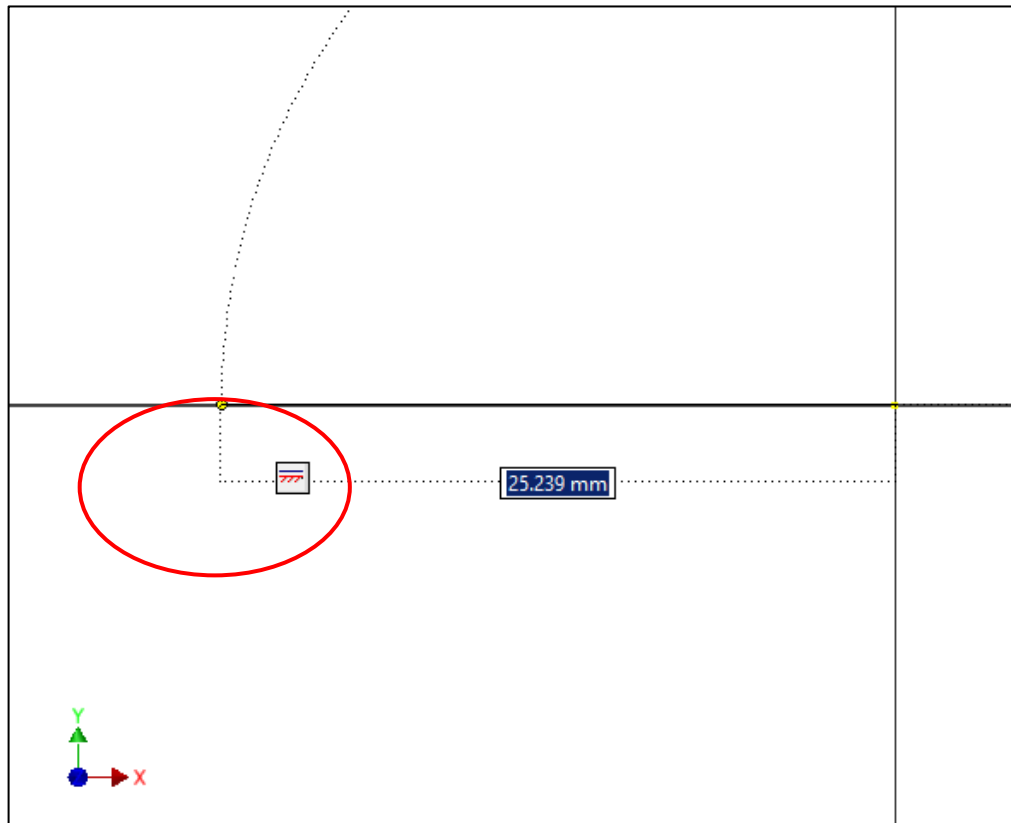


Figura 100 – Magnetismo no eixo.

g) O inventor possui modo de desenho livre. Isto quer dizer que ao desenhar o objeto, não é necessário fazê-lo com precisão de dimensões. Podemos fazer o triângulo, aproveitando o magnetismo com dimensões quaisquer e após isto, definir quais serão suas medidas. Com um clique simples da linha, iremos criando as arestas do triângulo retângulo.

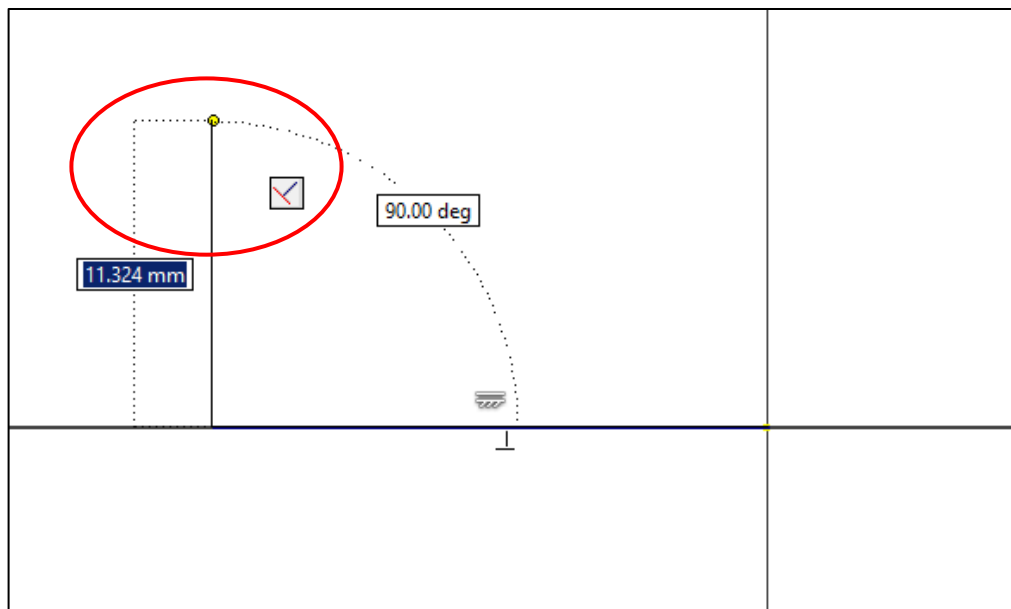


Figura 101 – Base criada, magnetismo do eixo vertical.

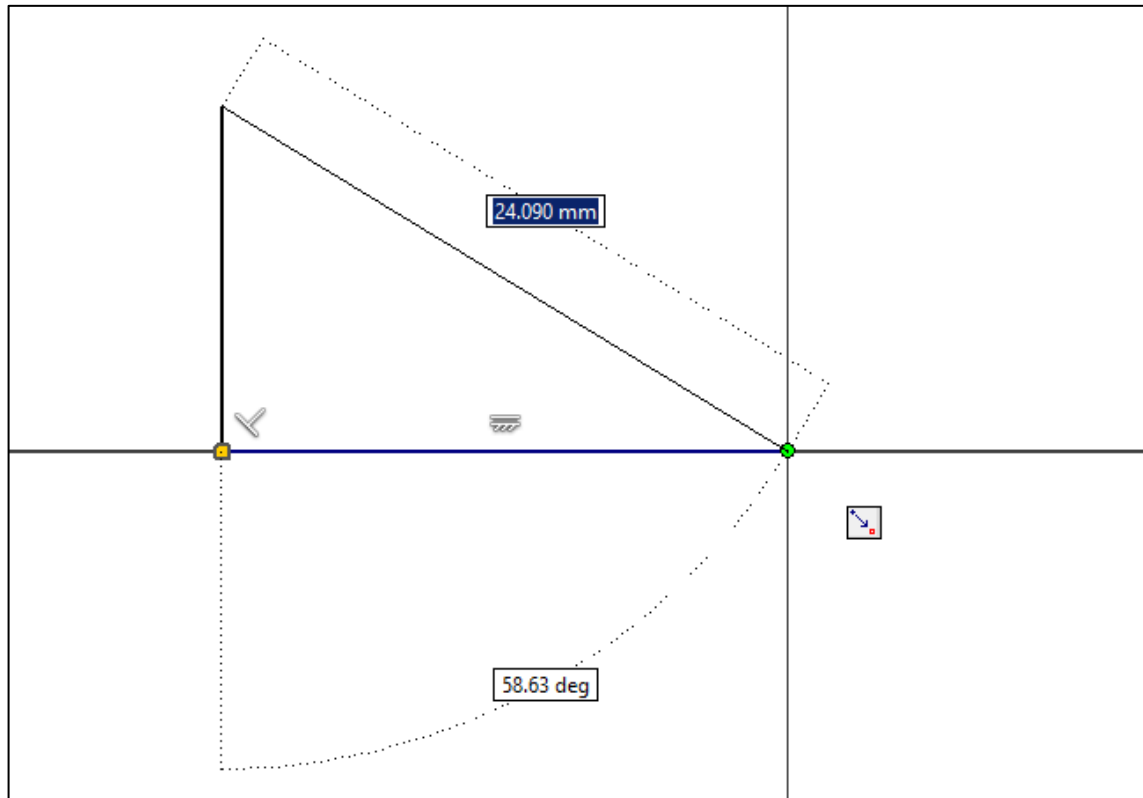


Figura 102 – Fechamento do triângulo retângulo aproveitando o magnetismo da coordenada 0,0.

h) Para atribuir as dimensões, selecionamos a opção dimensions.

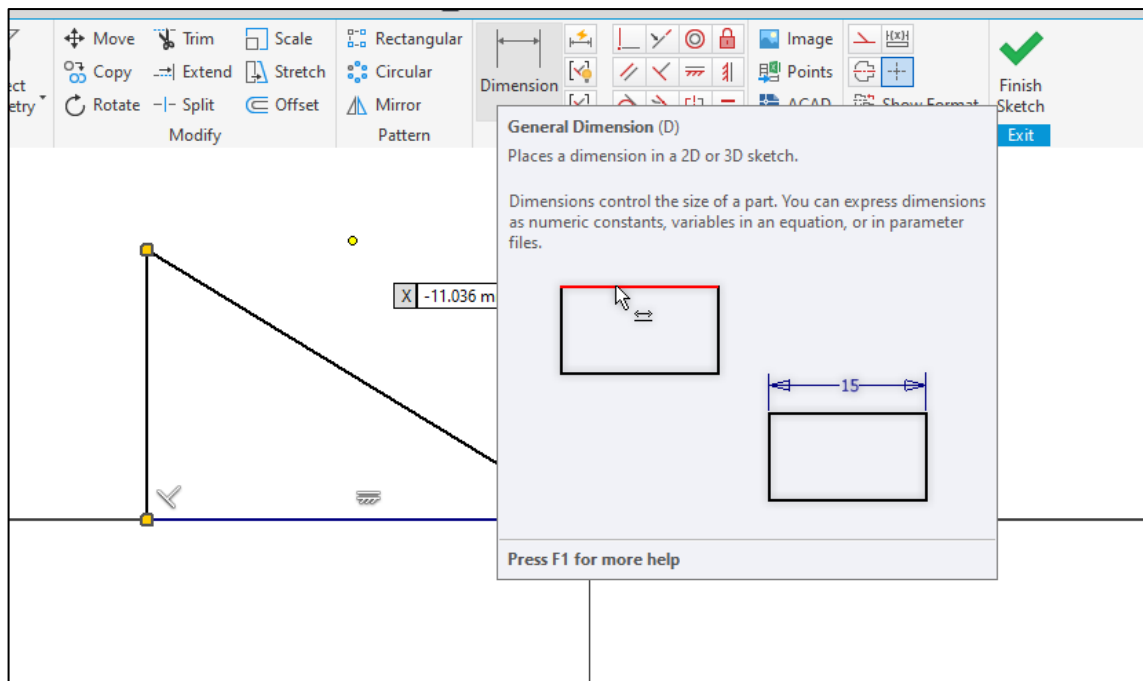


Figura 103 – Opção Dimensions.

i) Com a opção dimensions habilitada, ao levar o mouse próximo à aresta, notaremos que ela mudará para vermelho. Então clique com o botão esquerdo e solte, movendo o mouse para o lado, você verá surgir uma cota com a dimensão atribuída aleatoriamente.

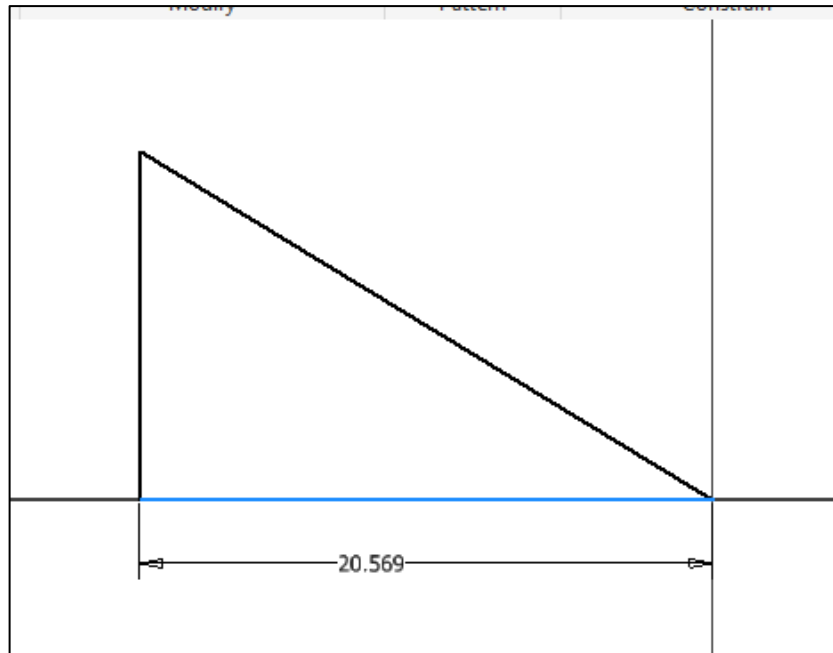


Figura 104 – Criando Dimension.

j) Clique e solte com o botão esquerdo. Aparecerá o valor da cota para edição. Digite a dimensão da base do bloco de base para o plano inclinado (6000 mm) e aperte Enter. Não se assuste, o zoom irá alterar... basta rotacionar o scrool do mouse para uma ampliação melhor do componente. A altura poderá ficar muito pequena, mas não há problema, iremos ajustar no próximo passo.

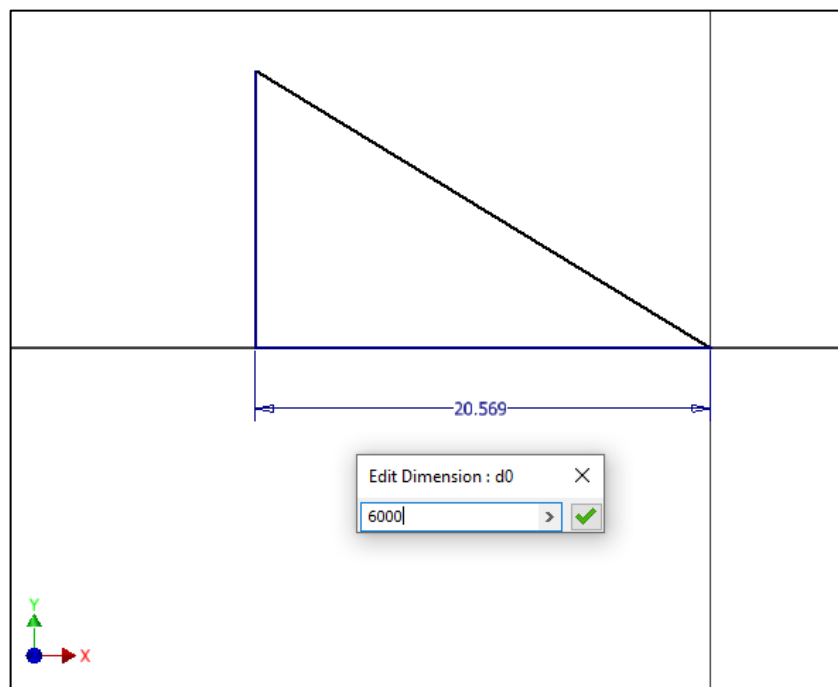


Figura 105 – Determinando a cota para base do bloco.

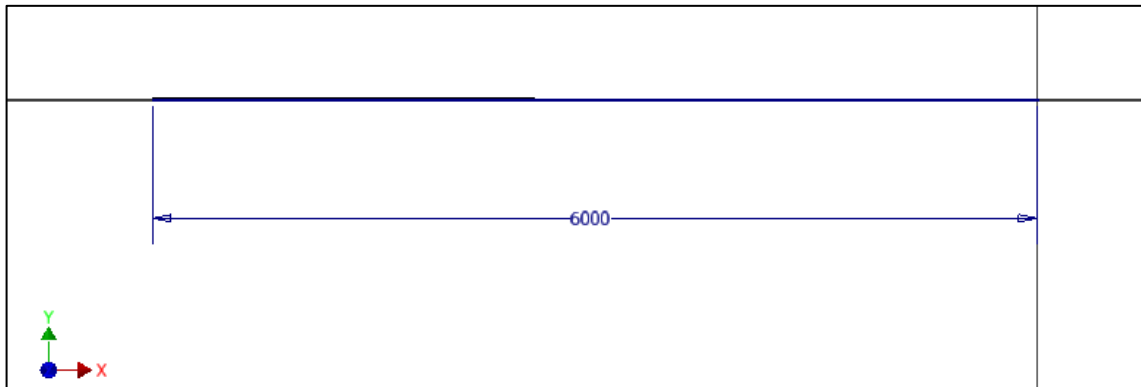


Figura 106 – Dimensão da base criada.

k) Para atribuir o ângulo, criaremos a cota entre a base e a aresta inclinada, clicando em ambas, uma por vez. Atente-se para o ângulo ficar interno ao triângulo.

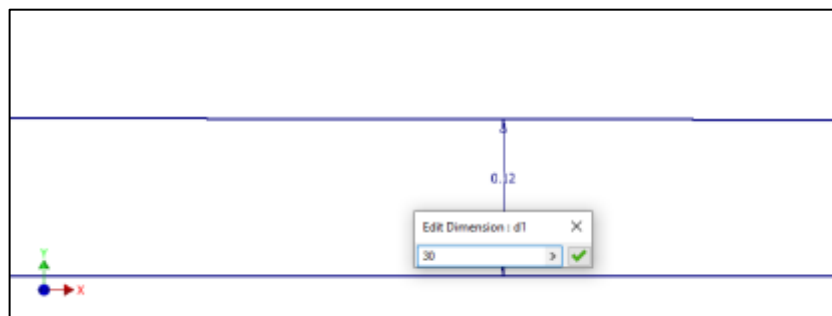


Figura 107 –Dimensão do ângulo sendo criada, insira o valor de 30 graus.

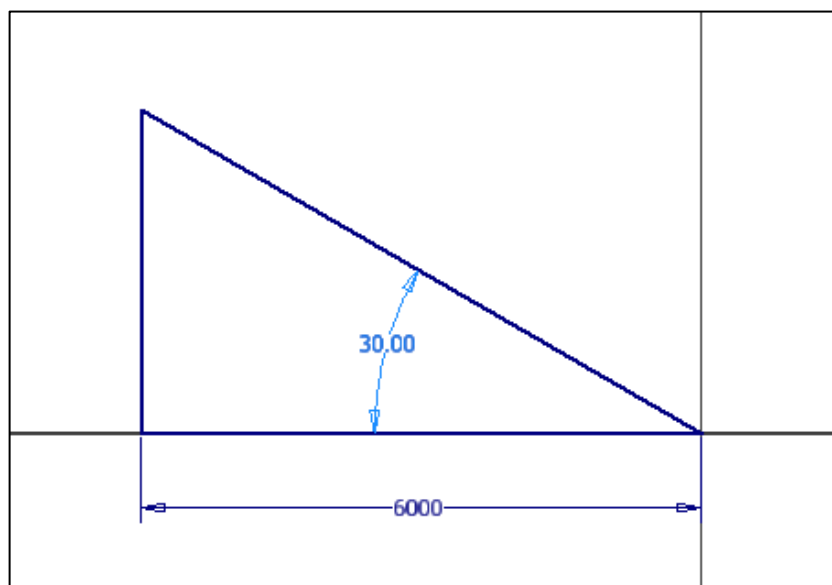


Figura 108 –Triângulo criado.

I) Para sair do comando Dimensions, aperte a tecla Esc do teclado. Então Finalize o Sketch. Não se assuste, possivelmente o zoom ficará fora de padrão, basta utilizar o scrool do mouse.

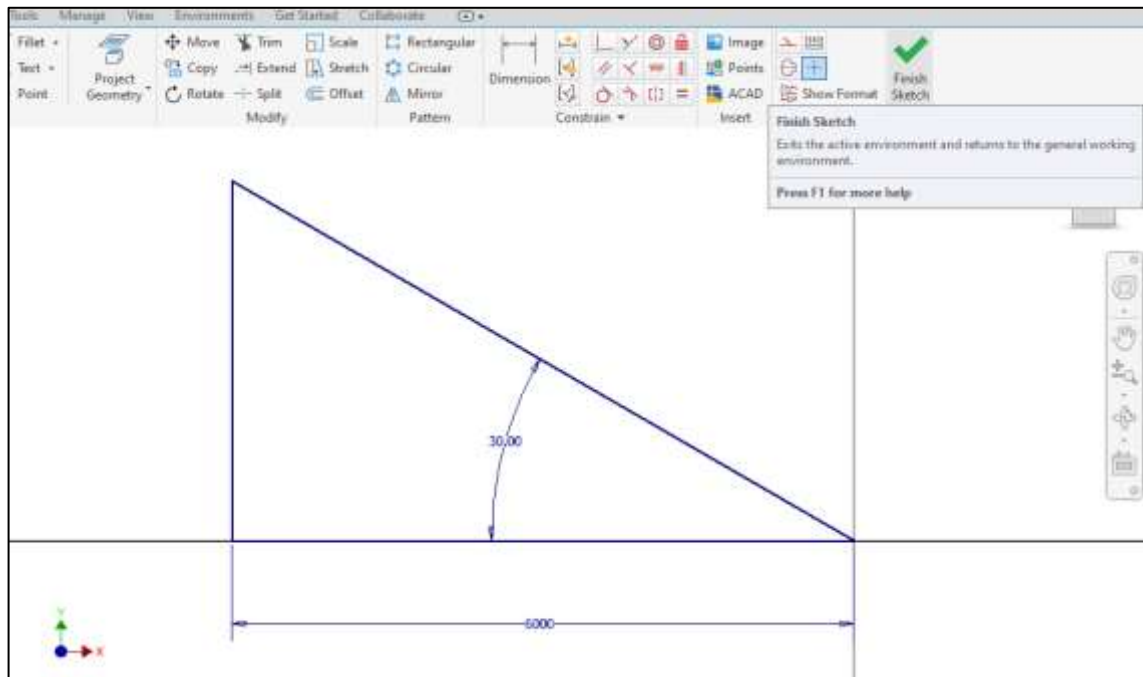


Figura 109 – Finalizando o desenho.

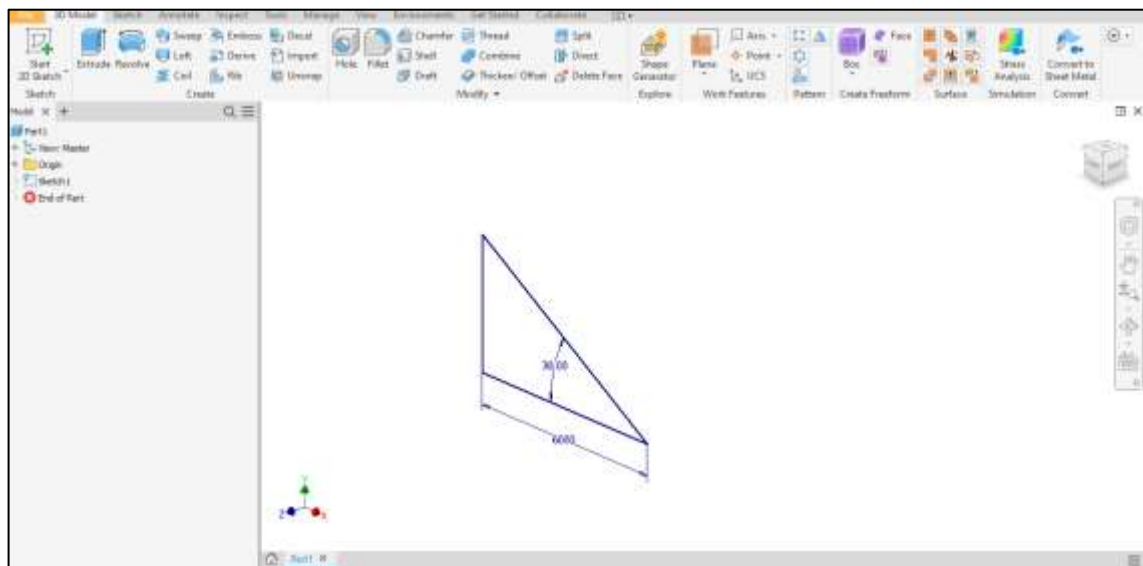


Figura 110 – Retorno à tela principal do ambiente Part com o desenho criado.

m) Agora, iremos transformar a figura plana em um sólido geométrico. Para isto, utilizaremos a opção Extrude, na aba 3D Model.

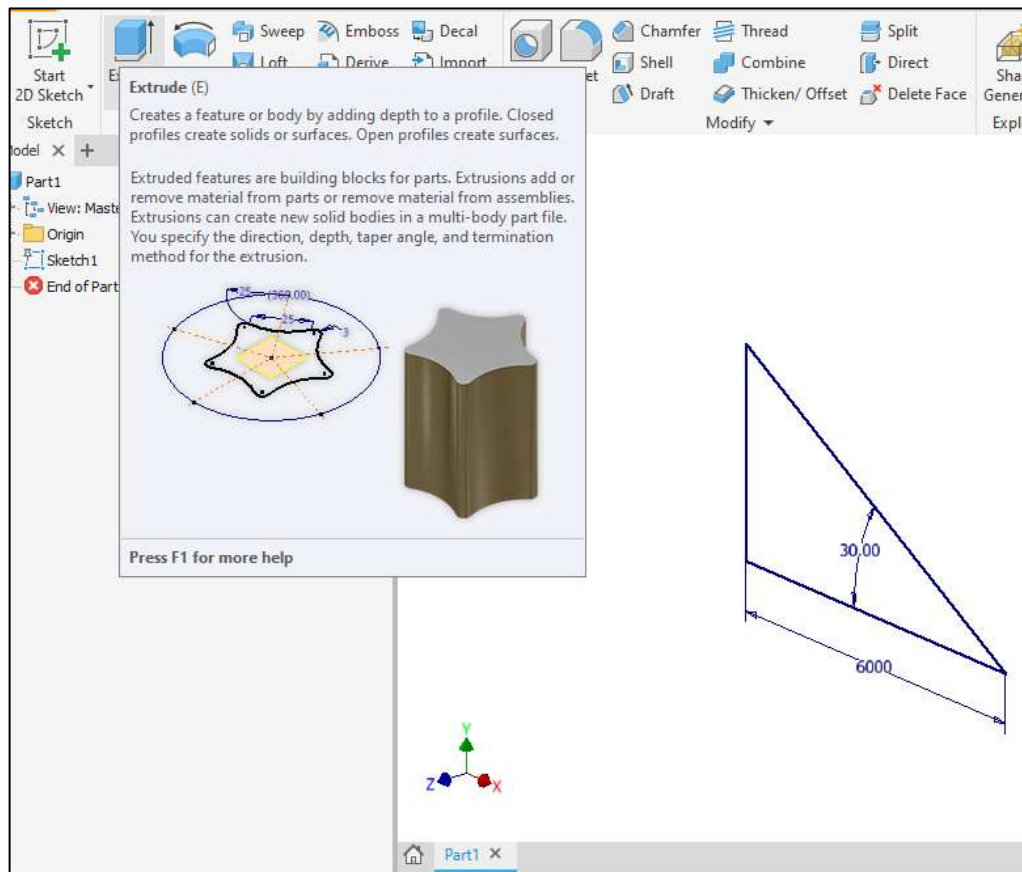


Figura 111 – Selecione a opção Extrude.

n) Haverá uma Pop Up referente ao Extrude. Marque a opção para extrudar pelo plano de centro e insira a dimensão do comprimento do bloco, 6000 mm e dê OK. Para poder observar o bloco, ajuste o zoom com o Scroll.

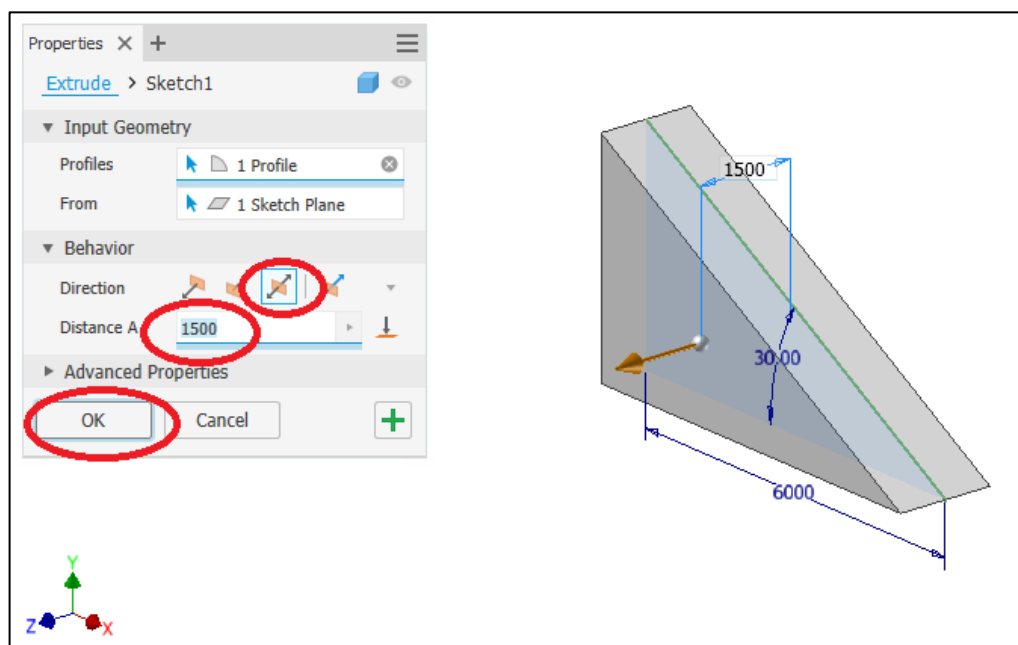


Figura 112 – Executando o Extrude.

o) Você pode modificar a cor de seu componente. Para isto, basta clicar na paleta de cores e selecionar. Utilizaremos a cor “Smooth – Black”, mas sugerimos apenas que sejam escolhidas cores contrastantes.

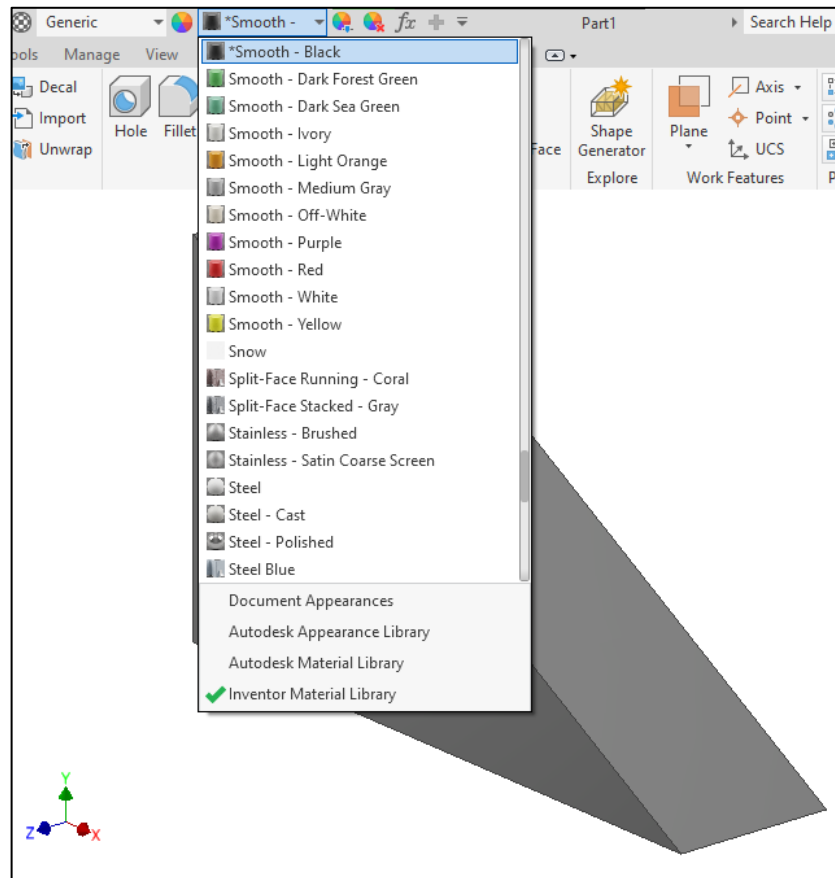


Figura 113 – Selecionando uma nova cor.

p) Para finalizar, salve o componente clicando no disquete da barra superior. Será aberta uma Pop Up que já estará na pasta onde o arquivo do projeto estiver salvo. Dê um nome para o arquivo, sugerimos “BLOCO BASE_PLANO INCLINADO”.



Figura 114 – Salvando o Bloco base do Plano Inclinado Reto.

Procedimentos Bloco móvel (dimensões 500 x 500 mm):

a) Primeiramente, repita as operações de a) à c) da criação do bloco de base. Então faremos a seção do componente a ser criado. Para isto, selecione a opção rectangle, clicando na seta de contexto e na 3ª opção (Two Point Center). Esta opção irá criar um retângulo selecionando seu centro e desenvolvendo suas dimensões de aresta.

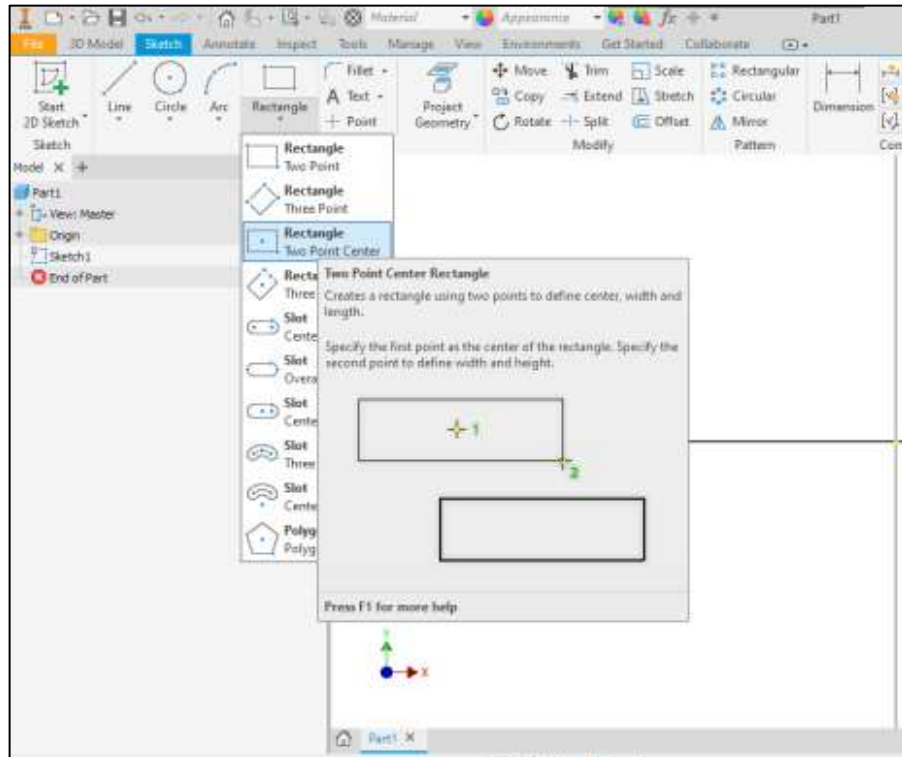


Figura 115 – Opção Rectangle, Two Point Center.

b) Ao aproximar-se da coordenada 0,0, devido a um recurso nativo do software chamada “magnetismo”, o cursor mudará de cor e será atraído para o ponto existente. Clique com o botão esquerdo, solte e movimente o mouse. Será observado a criação de um retângulo com dimensões quaisquer.

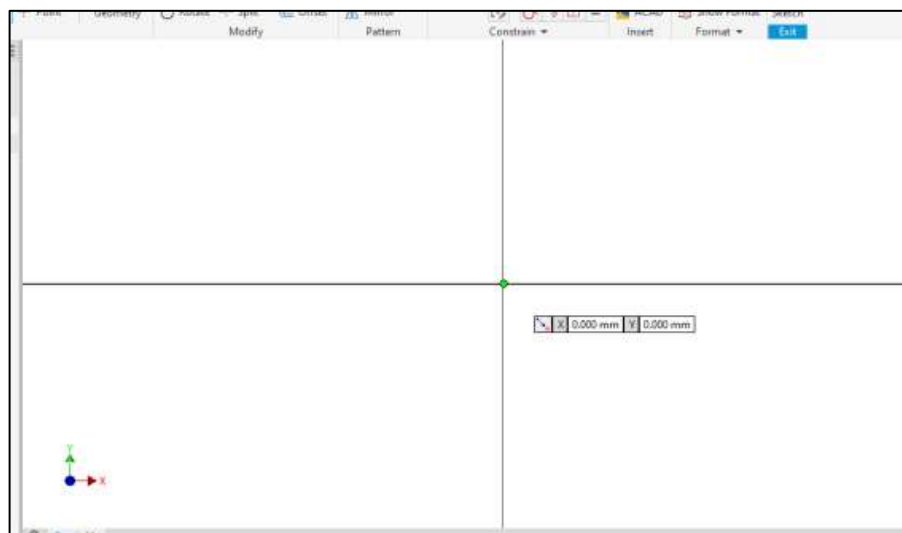


Figura 116 – Magnetismo para coordenada 0,0.

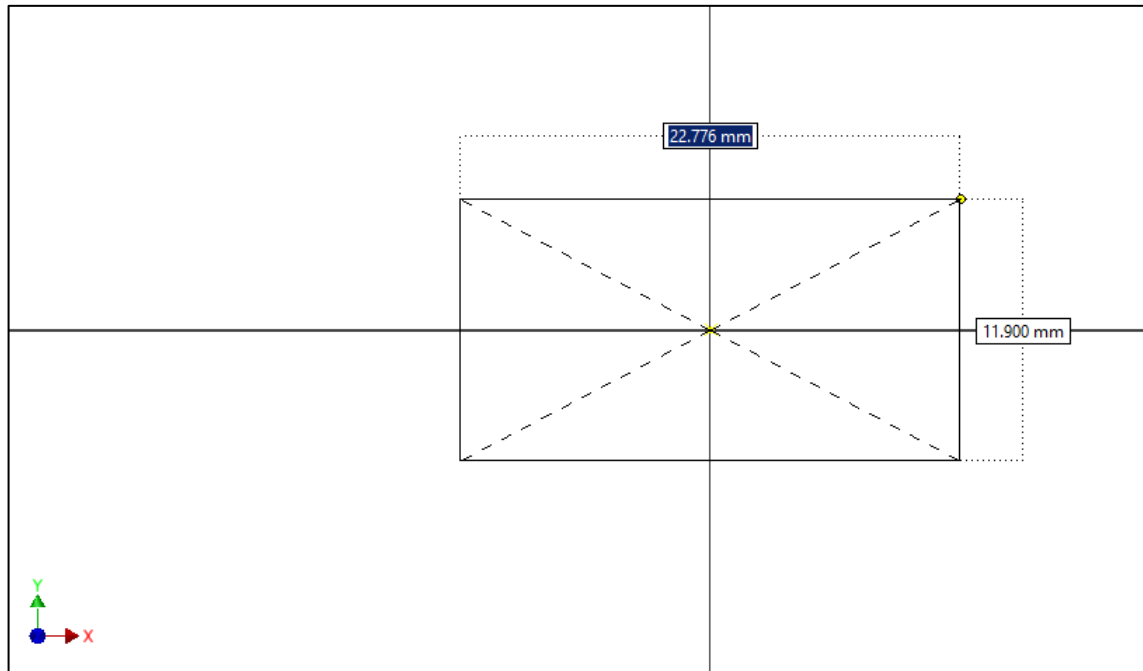


Figura 117 – Retângulo sendo criado.

c) O inventor possui modo de desenho livre. Isto quer dizer que ao desenhar o objeto, não é necessário fazê-lo com precisão de dimensões. Podemos fazer um retângulo de dimensões quaisquer e após isto, definir quais serão suas medidas. Clique em qualquer ponto da tela, apenas para criar o retângulo.

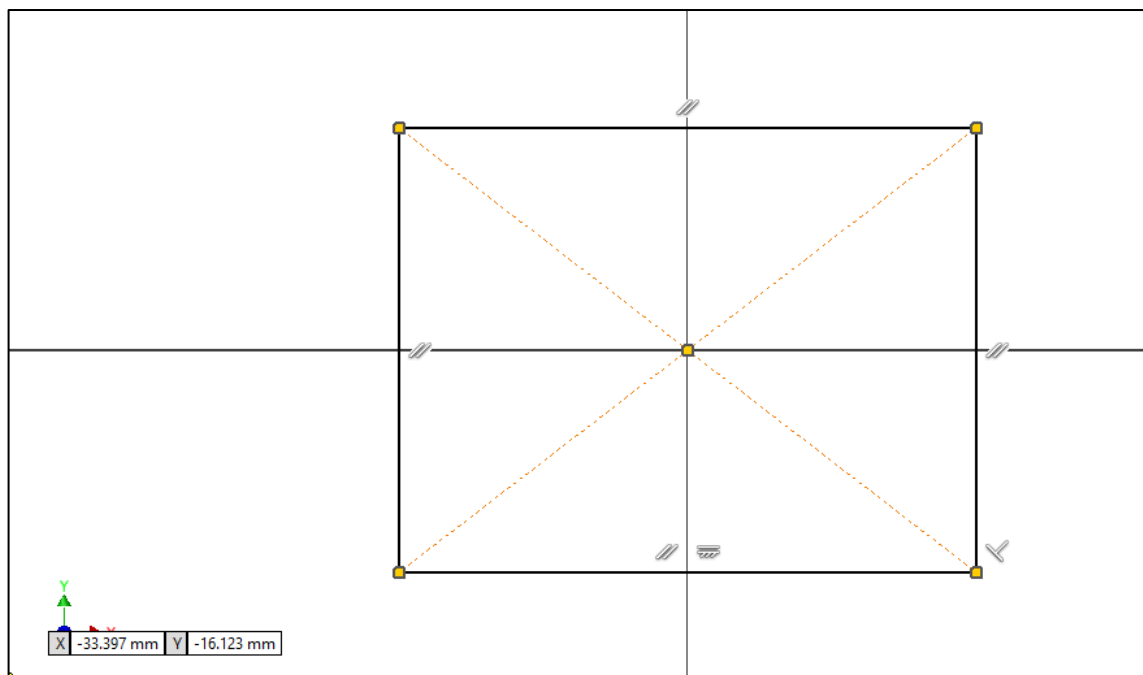


Figura 118 – Retângulo criado com dimensões quaisquer.

d) Para atribuir as dimensões, selecionamos a opção dimensions.

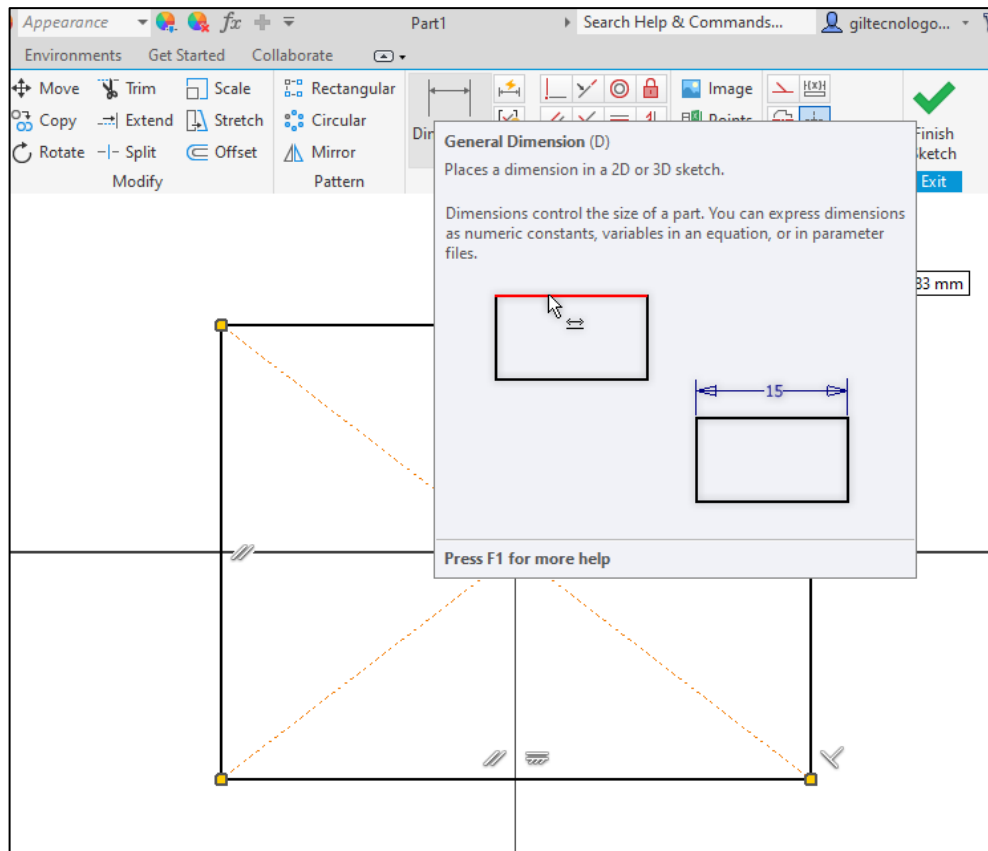


Figura 119 – Opção Dimensions.

e) Com a opção dimensions habilitada, ao levar o mouse próximo à aresta, notaremos que ela mudará para vermelho. Então clique com o botão esquerdo e solte, movendo o mouse para o lado, você verá surgir uma cota com a dimensão atribuída aleatoriamente no item f).

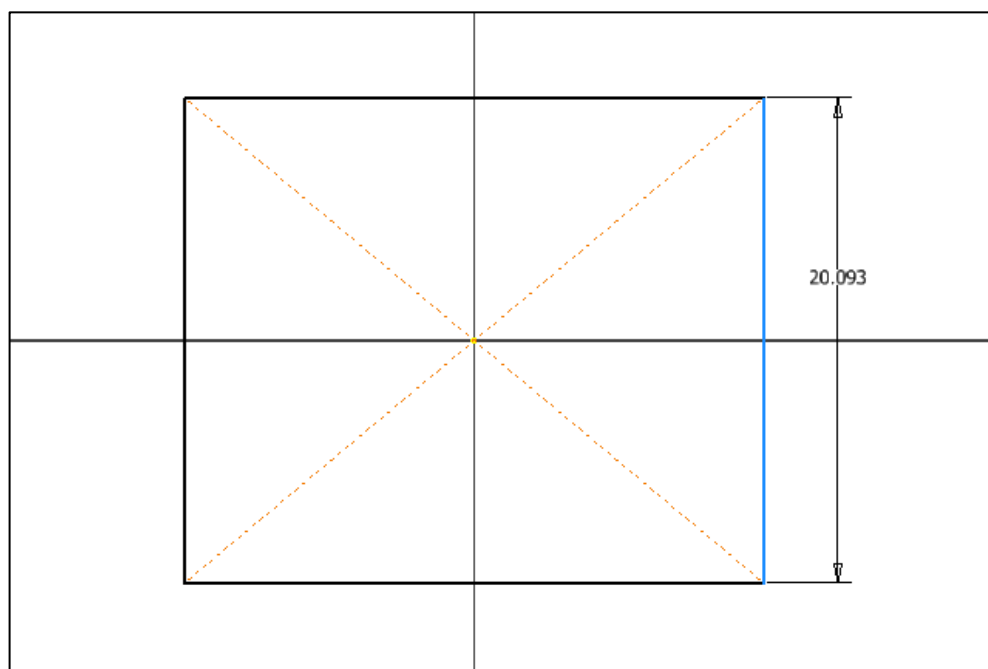


Figura 120 – Criando Dimension.

f) Clique e solte com o botão esquerdo. Aparecerá o valor da cota para edição. Digite a dimensão da altura do bloco de base para o plano reto (500 mm) e aperte Enter. Não se assuste, o zoom irá alterar... basta rotacionar o scrool do mouse para uma ampliação melhor do componente.

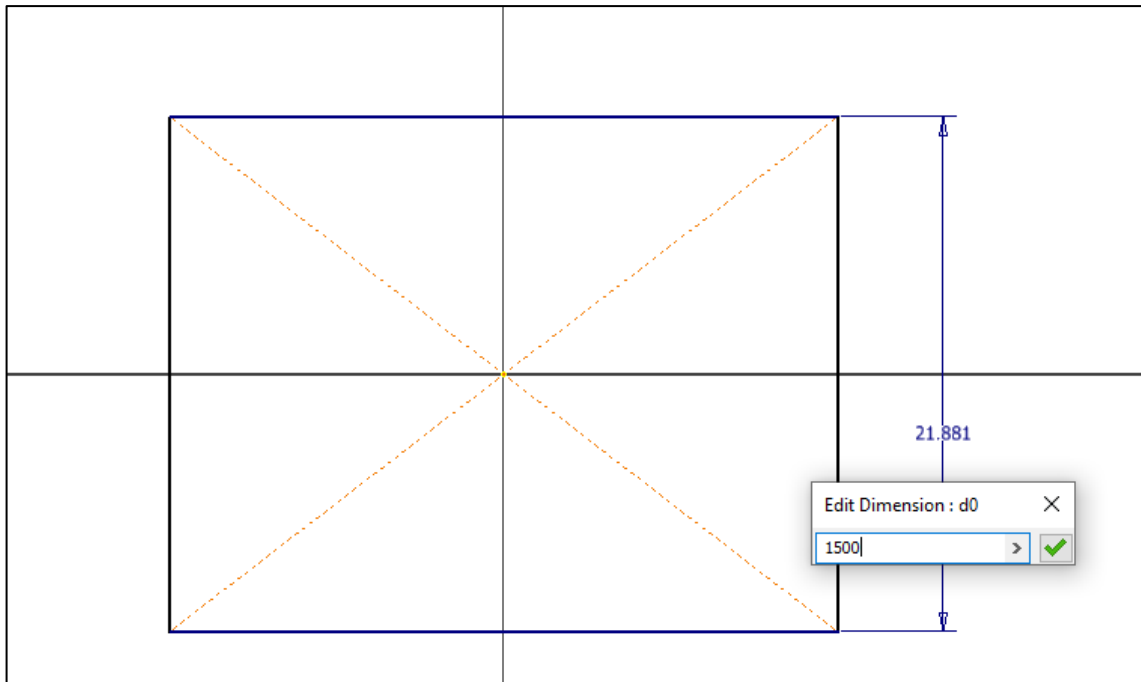


Figura 121 – Determinando a cota para altura do bloco.

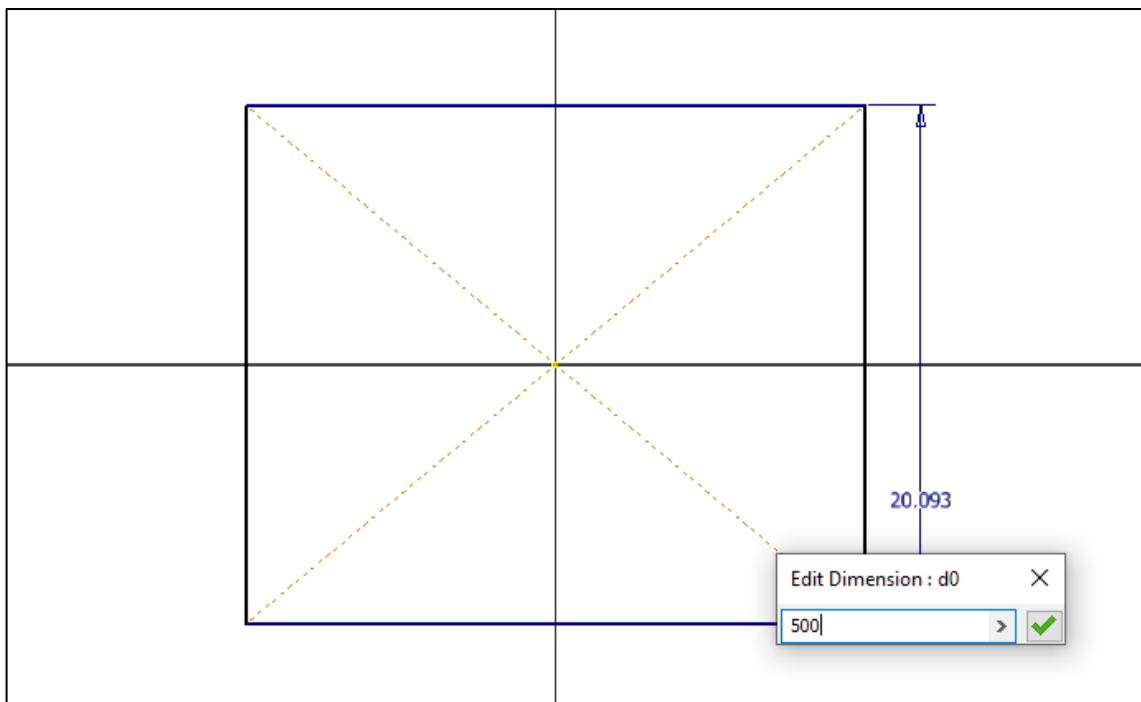


Figura 122 – Dimensão da altura criada.

g) Repita os procedimentos de g) até i) para definição da largura, 500 mm. Você notará que as arestas ficarão em cor azul.

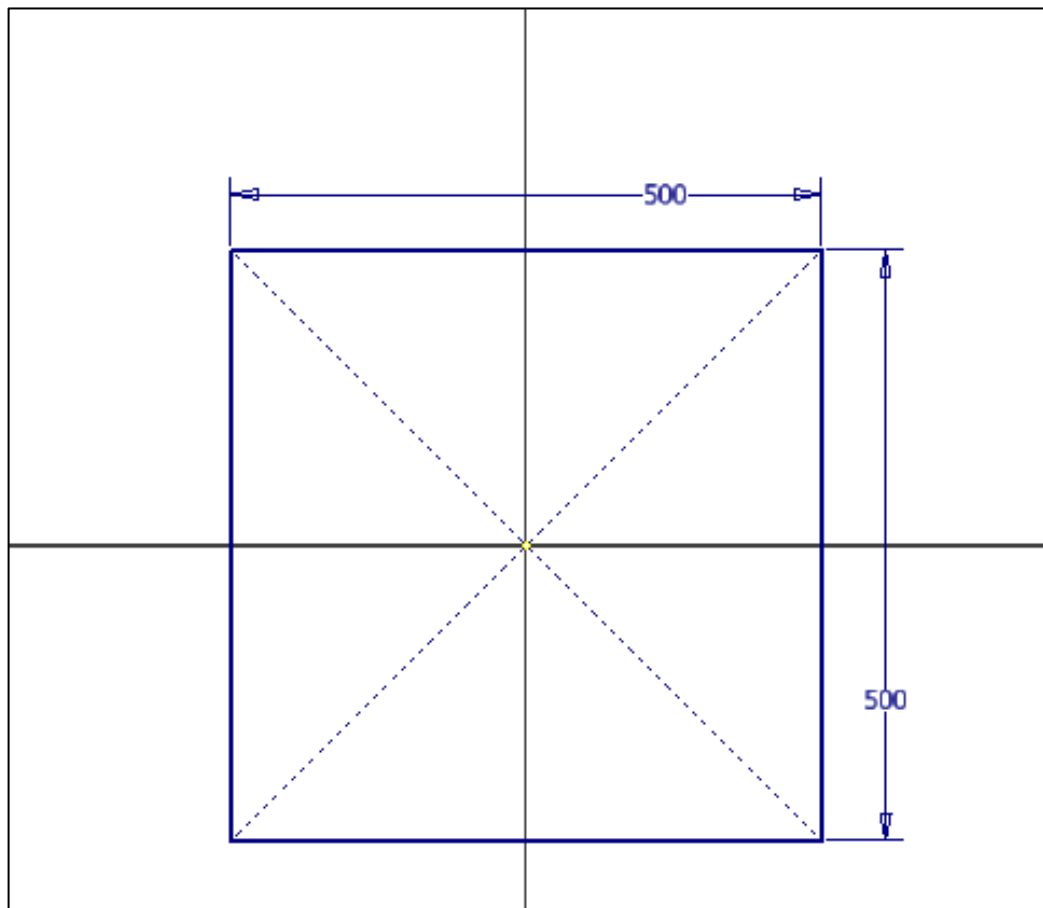


Figura 123 – Ambas as dimensões criadas.

h) Para sair do comando Dimensions, aperte a tecla Esc do teclado. Então Finalize o Sketch. Não se assuste, possivelmente o zoom ficará fora de padrão, basta utilizar o scrool do mouse.

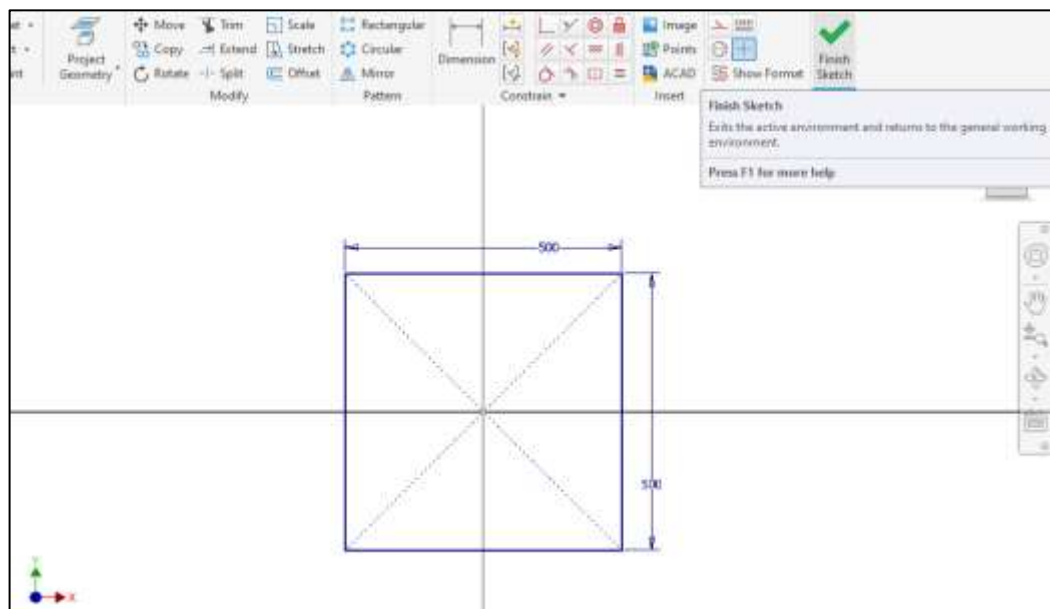


Figura 124 – Finalizando o desenho.

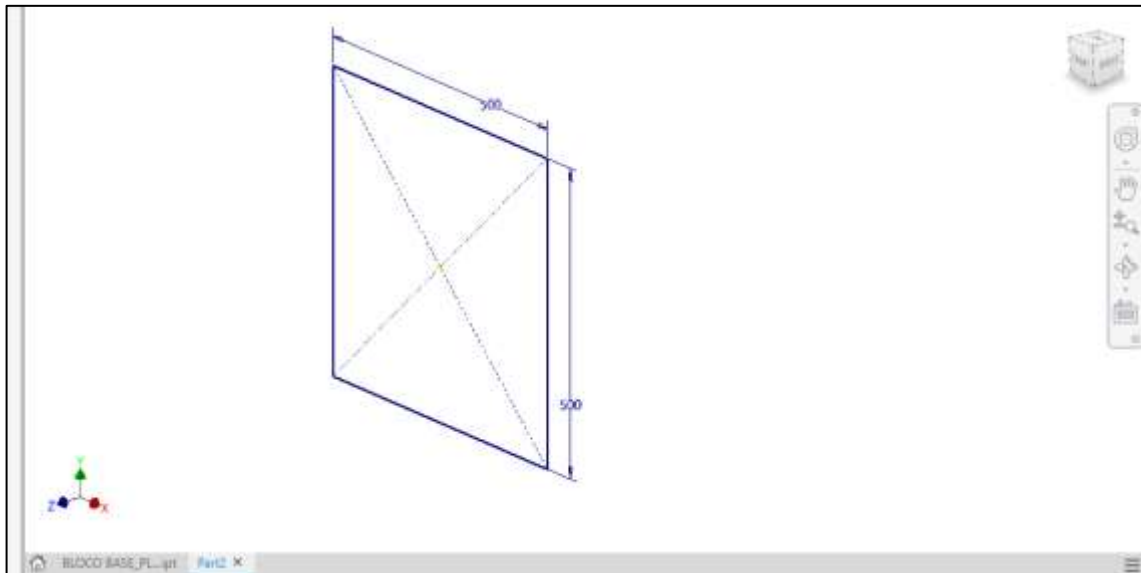


Figura 125 – Retorno à tela principal do ambiente Part com o desenho criado.

i) Agora, iremos transformar a figura plana em um sólido geométrico. Para isto, utilizaremos a opção Extrude, na aba 3D Model.

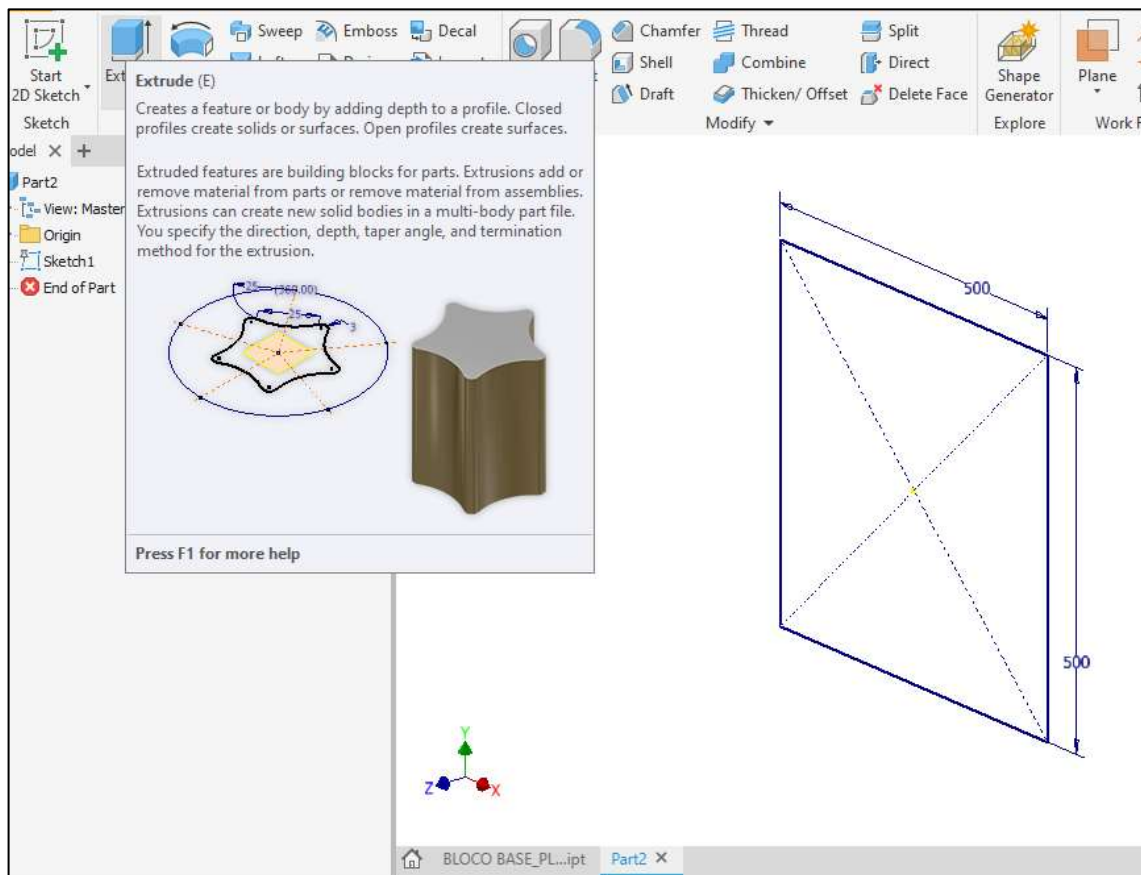


Figura 126 – Selecione a opção Extrude.

j) Haverá uma Pop Up referente ao Extrude. Marque a opção para extrudar pelo plano de centro e insira a dimensão do comprimento do bloco, 500 mm e dê OK. Para poder observar o bloco, ajuste o zoom com o Scroll.

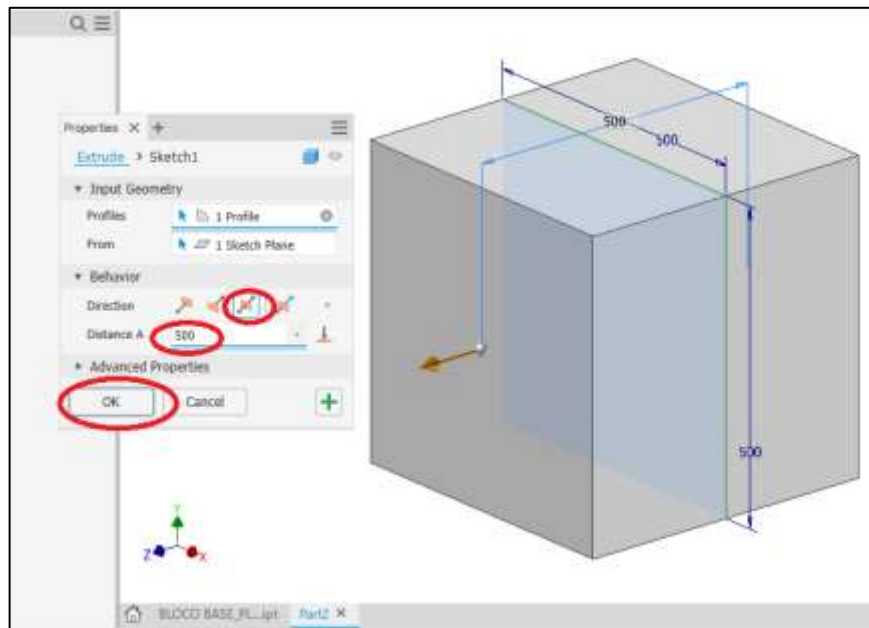


Figura 127 – Executando o Extrude.

k) Você pode modificar a cor de seu componente. Para isto, basta clicar na paleta de cores e selecionar. Utilizaremos a cor “Smooth – Purple”, mas sugerimos apenas que sejam escolhidas cores contrastantes.

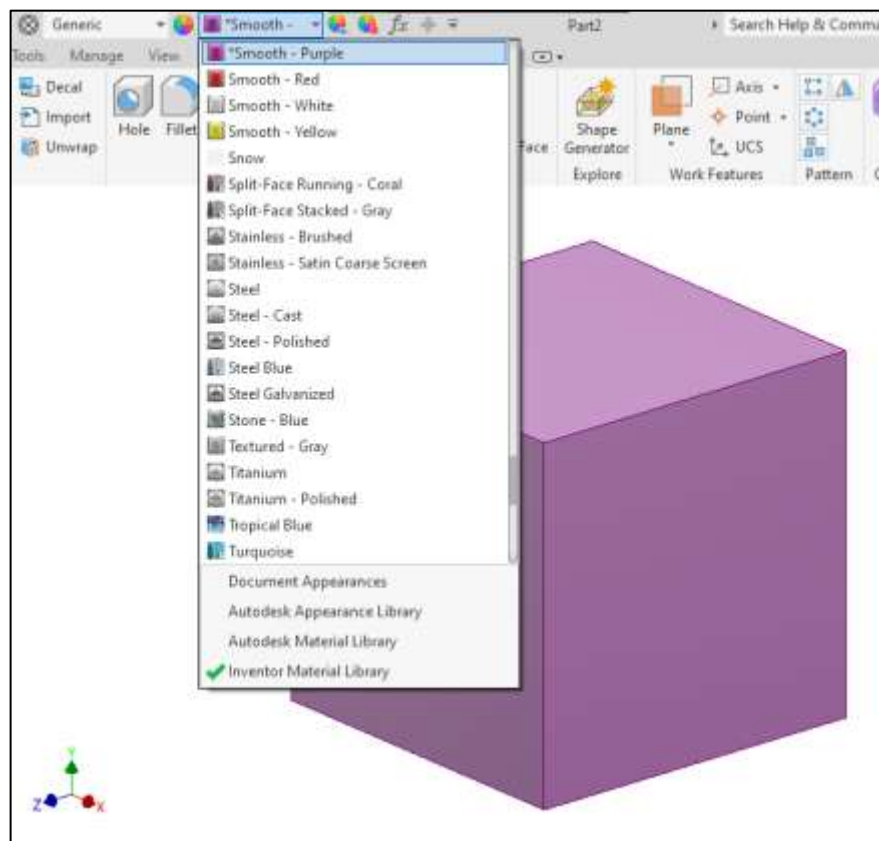


Figura 128 – Selecionando uma nova cor.

l) Antes de salvar o arquivo, iremos apenas atribuir a massa ao bloco, que será relevante para a simulação. Para atribuir a massa, na Árvore de Processos, clique com o botão direito sobre o nome do arquivo Part (provavelmente Part2). No menu de contexto que irá se abrir, selecione a opção iProperties.

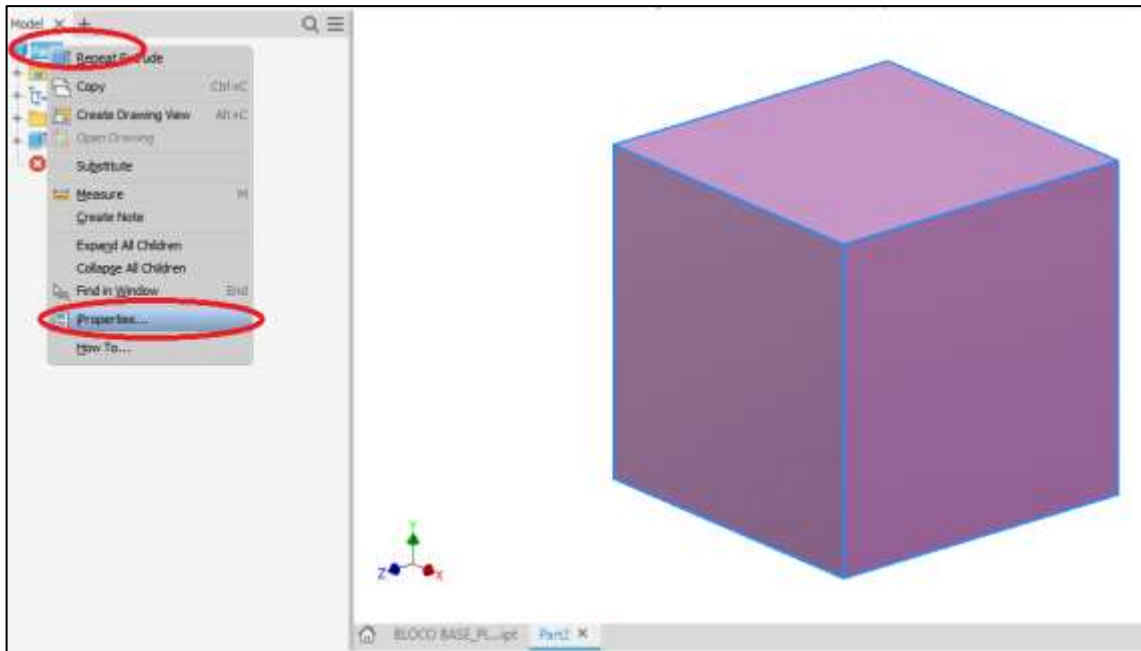


Figura 129 – Para atribuir a massa, selecione iProperties.

m) Na Pop Up que irá se abrir, selecione a aba Physical e clique em Mass. Digite o valor 0,5 (0,5 kg) e dê Enter. As características do componente irão se alterar. Note que a densidade também será calculada automaticamente. Após isto, a Pop Up poderá ser fechada.

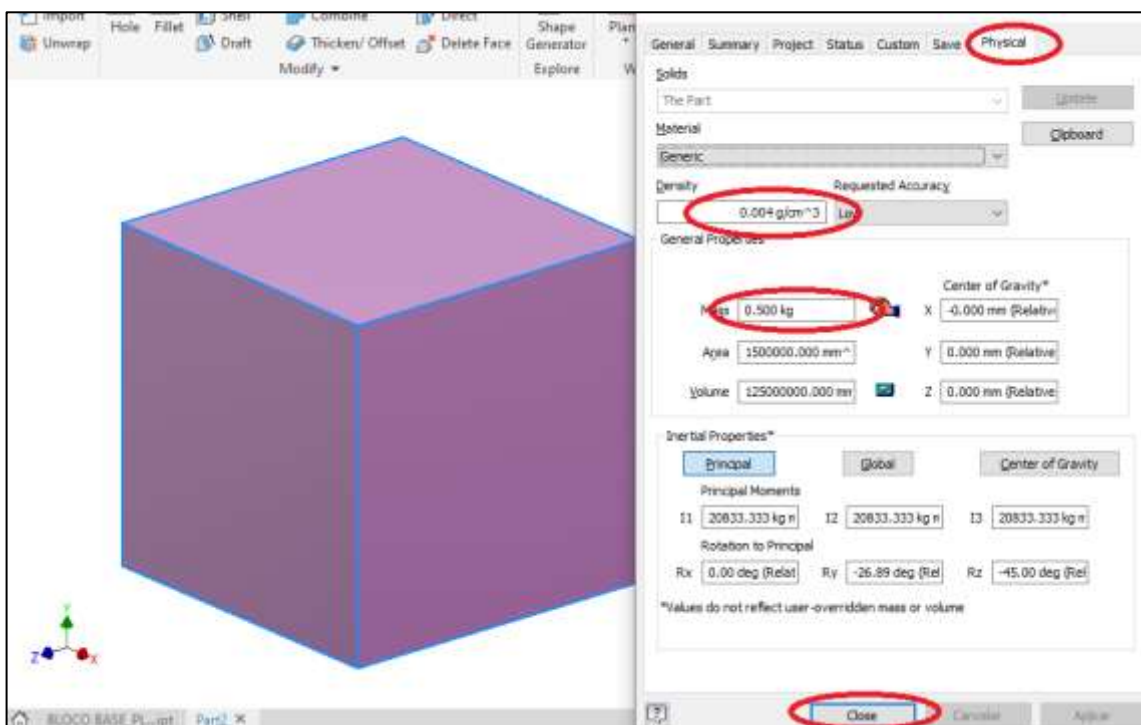


Figura 130 – Atribuição da Massa ao bloco.

n) Para finalizar, salve o componente clicando no disquete da barra superior. Será aberta uma Pop Up que já estará na pasta onde o arquivo do projeto estiver salvo. Dê um nome para o arquivo, sugerimos “BLOCO DESLIZANTE_PLANO INCLINADO”.

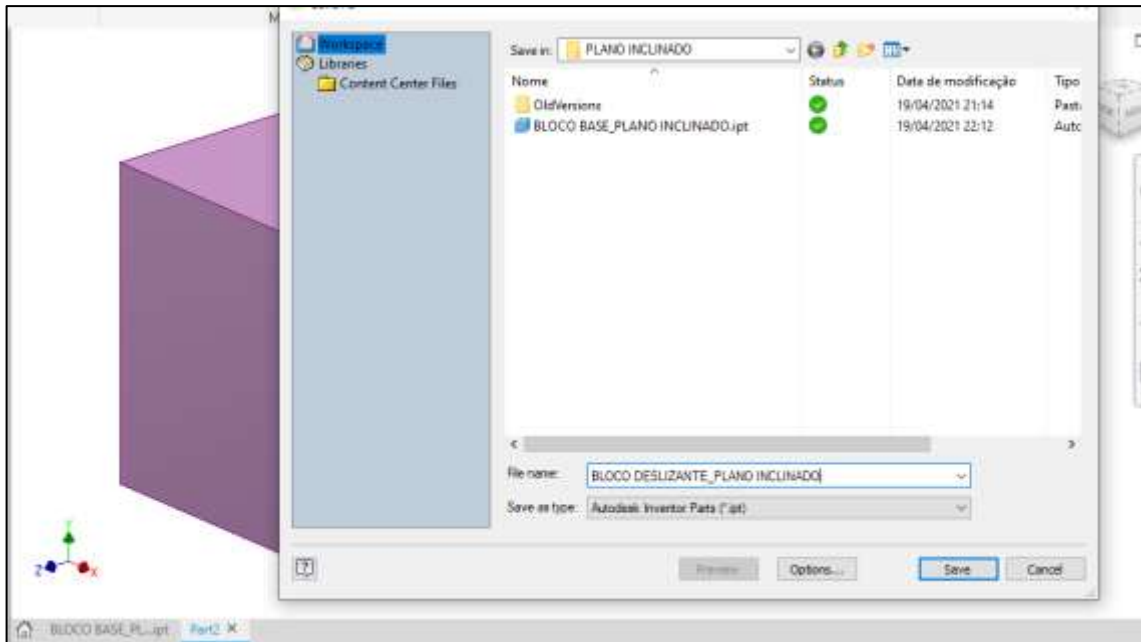


Figura 131 – Salvando o Bloco deslizante do Plano Inclinado.

Note que parte inferior do software aparecem os componentes que foram criados. Você pode navegar pelos arquivos abertos (semelhante às planilhas do Microsoft Excel).

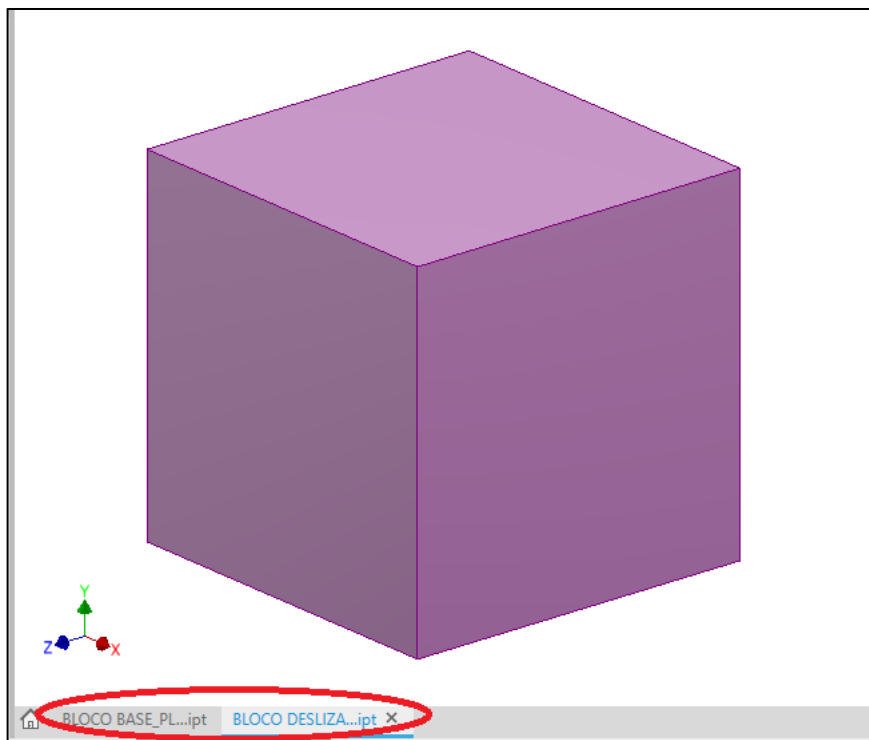


Figura 132 – Navegação dos arquivos já criados.

4.1.2. MONTANDO O MODELO NO INVENTOR

a) Clique no botão New na barra superior do software (caso o projeto não esteja aberto, abra com um duplo clique no arquivo ipj).

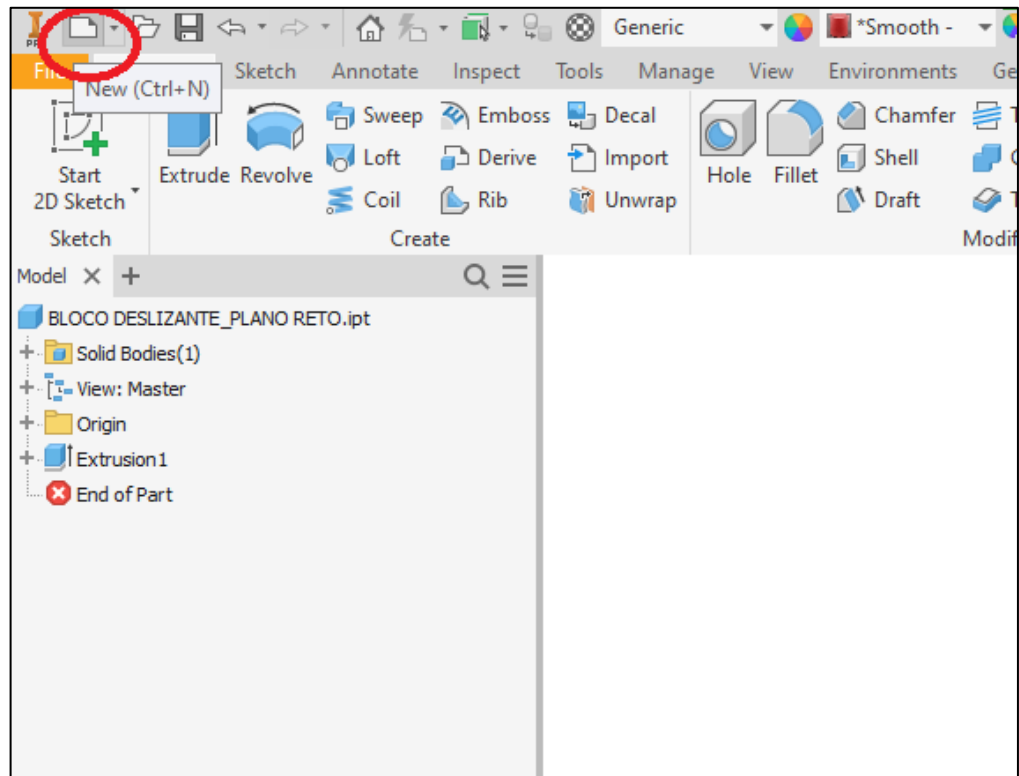


Figura 133 – Clique no botão New.

b) Na Pop Up que irá se abrir, verifique se você está no template metric e no arquivo de projeto correto. Dê um duplo clique em “Standard (mm)”, dentro da guia Assembly.

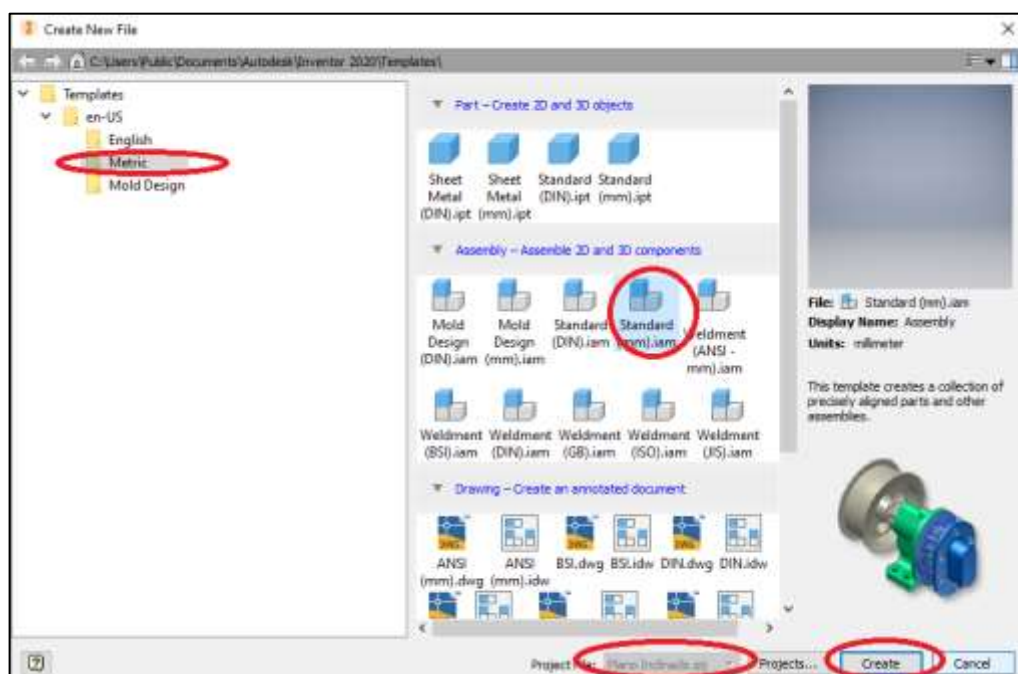


Figura 134 – Selecionando a opção Assembly.

c) Na tela inicial do ambiente Assembly, aba Assemble, clique na seta de seleção e escolha a opção Place.

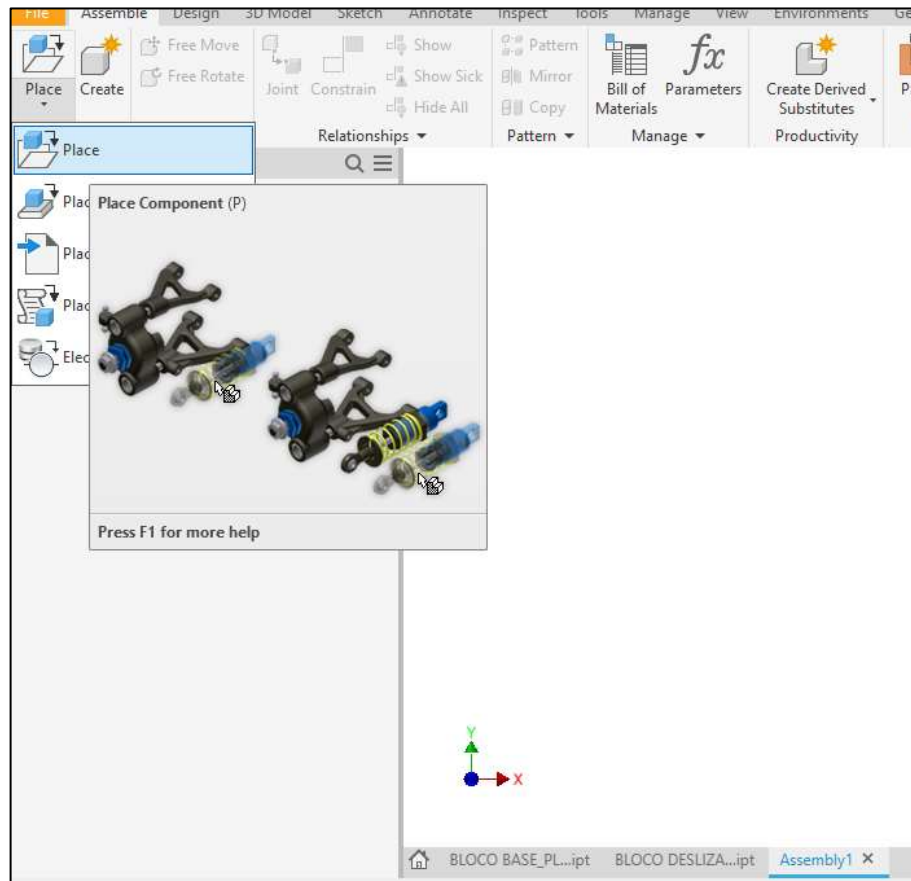


Figura 135 – Opção Place.

d) Quando selecionar Place, abrirá uma Pop Up e será possível visualizar os componentes modelados. Iniciaremos com o Bloco de Base.

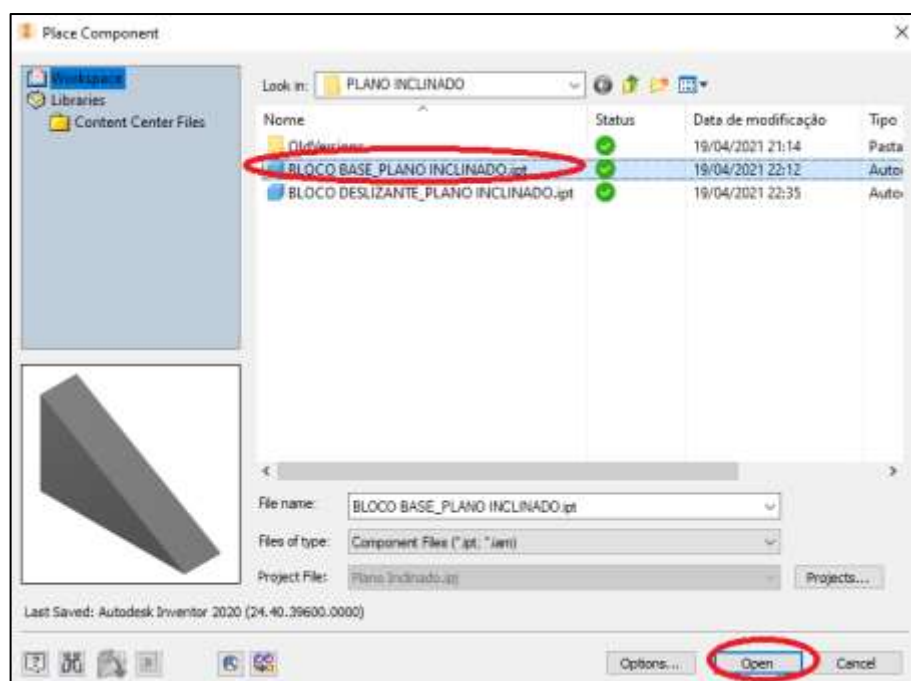


Figura 136 – Selecionando Bloco de Base.

e) O zoom mudará, basta ajustá-lo como scroll do mouse. Clique com o botão direito e selecione a opção “Place Grounded at Origin”. Isto fará com que o eixo 0,0,0 do componente fique na mesma posição do eixo 0,0,0 do ambiente de montagem e será importante para a simulação.

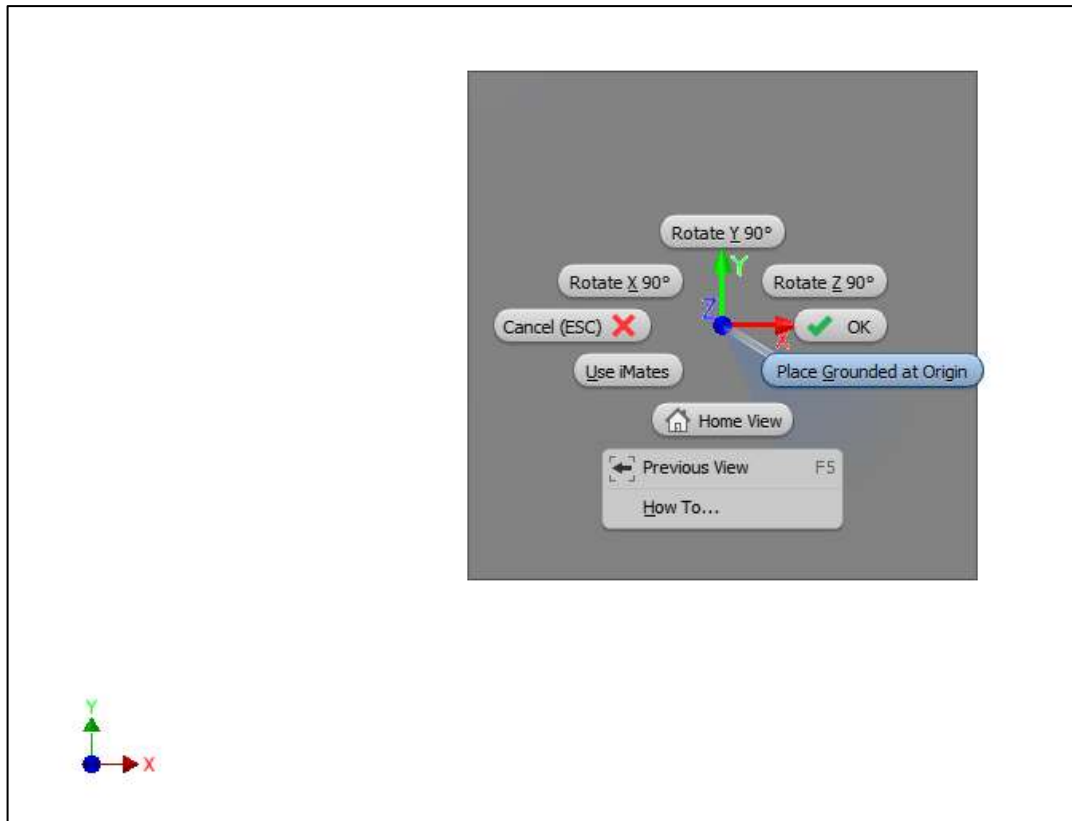


Figura 137 – Inserindo a primeira peça na montagem.

f) Possivelmente o componente estará fora de posição. Para ajustar, selecione as arestas do Cube View até ficar na perspectiva ortogonal. Também poderá ser utilizada a ferramenta ORBIT para fazer rotação 3D (relembrando, para utilizá-lo, segure a tecla Shift do Teclado e clique e segure o scroll do mouse).

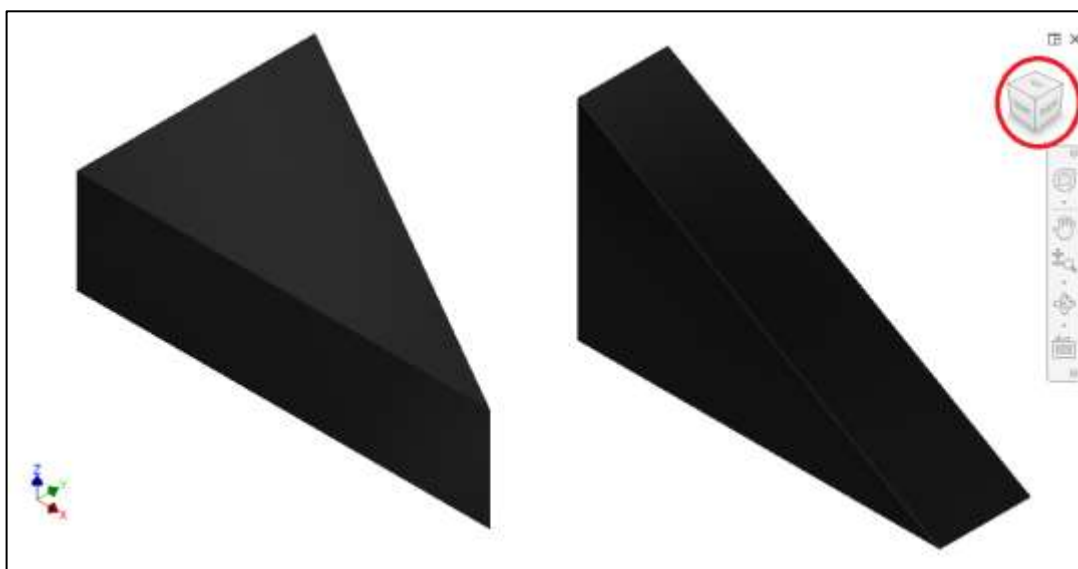


Figura 138 – Bloco de base na posição de projeção ortogonal.

g) Para inserir o segundo componente, repita os procedimentos de a) à d). O procedimento e) não será repetido, pois teremos apenas um componente na origem. Agora basta dar um duplo clique no arquivo.

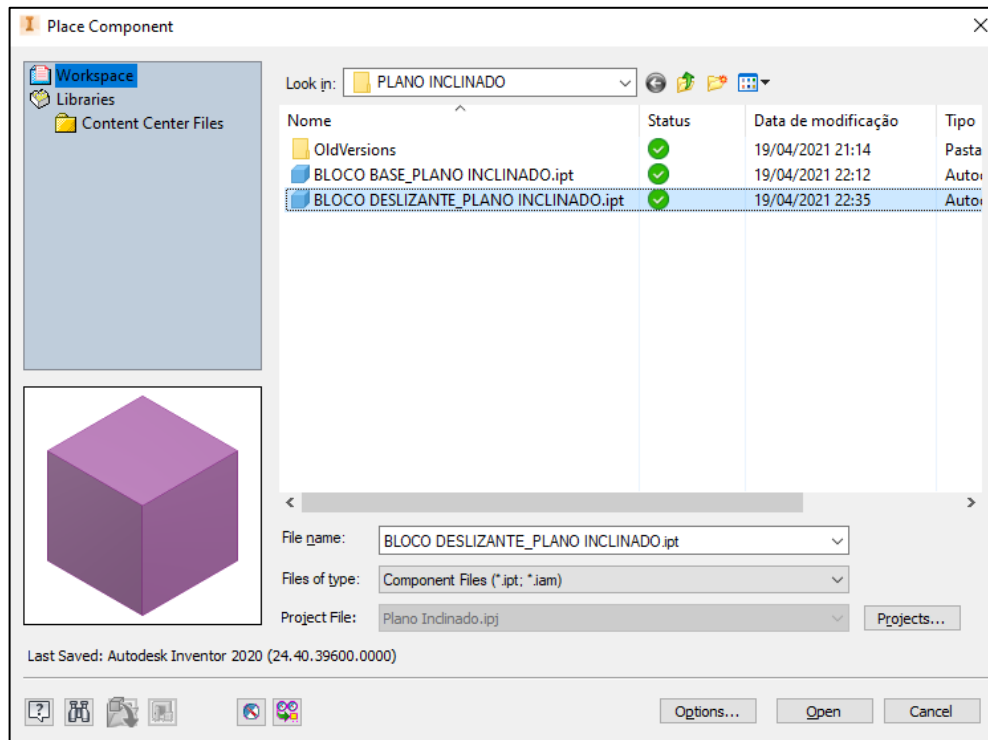


Figura 139 – Selecionando o Bloco Deslizante.

h) O componente aparecerá na tela. Basta dar um clique simples com o botão esquerdo do mouse. Após clicar, o componente ficará como um “fantasma”. Se houver mais cliques, o software irá inserir mais cópias do componente. Aperte o botão Esc para sair do comando.

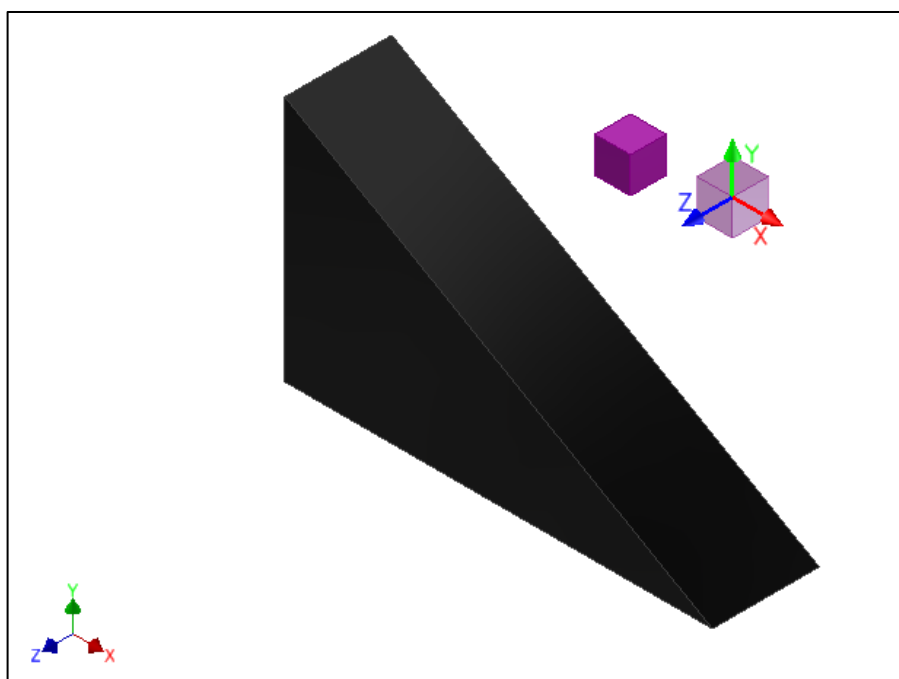


Figura 140 – Inserção do Bloco Deslizante.

i) O próximo passo, é explicar as relações e graus de liberdade do bloco deslizando com o bloco de base para o software. Toda peça possui 3 graus de liberdade e logo precisamos “travar” os movimentos. Iniciaremos com a ferramenta Constrain.

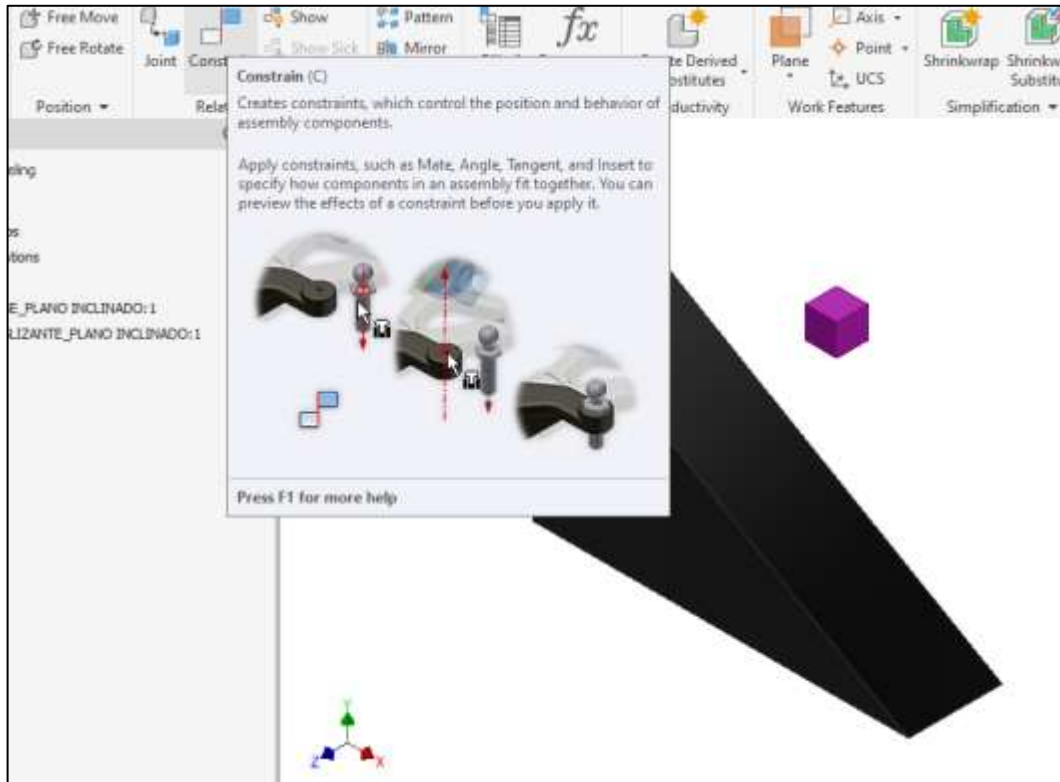


Figura 141 – Comando Constrain.

j) Selecione uma face do bloco de base e após isto selecione uma face do bloco deslizando. Após isto, clique em OK.

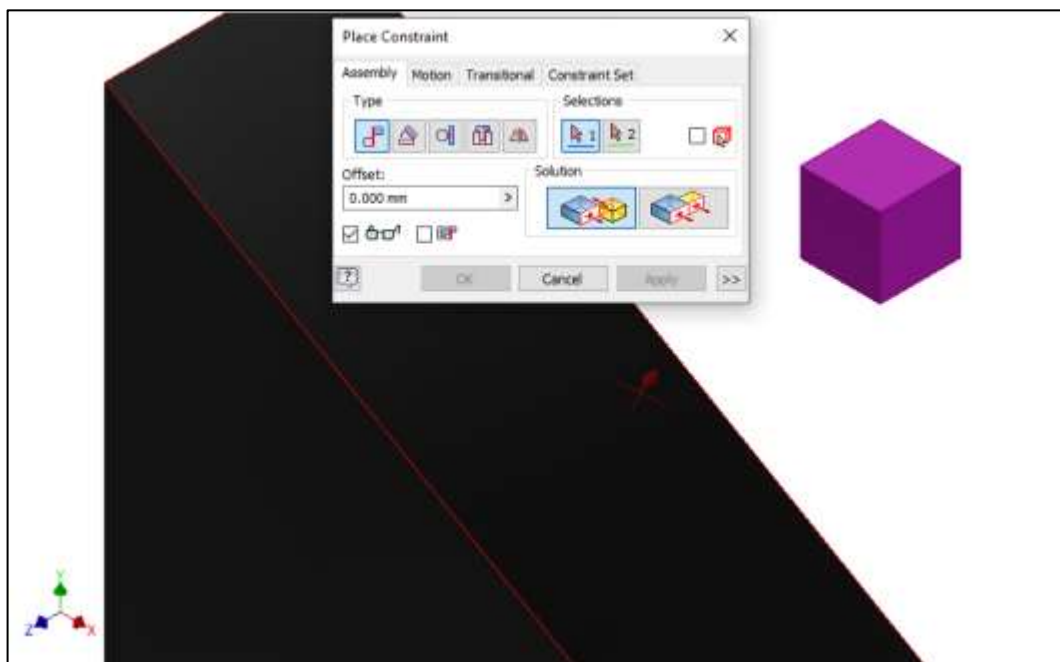


Figura 142 – Selecione a face superior do bloco de base.

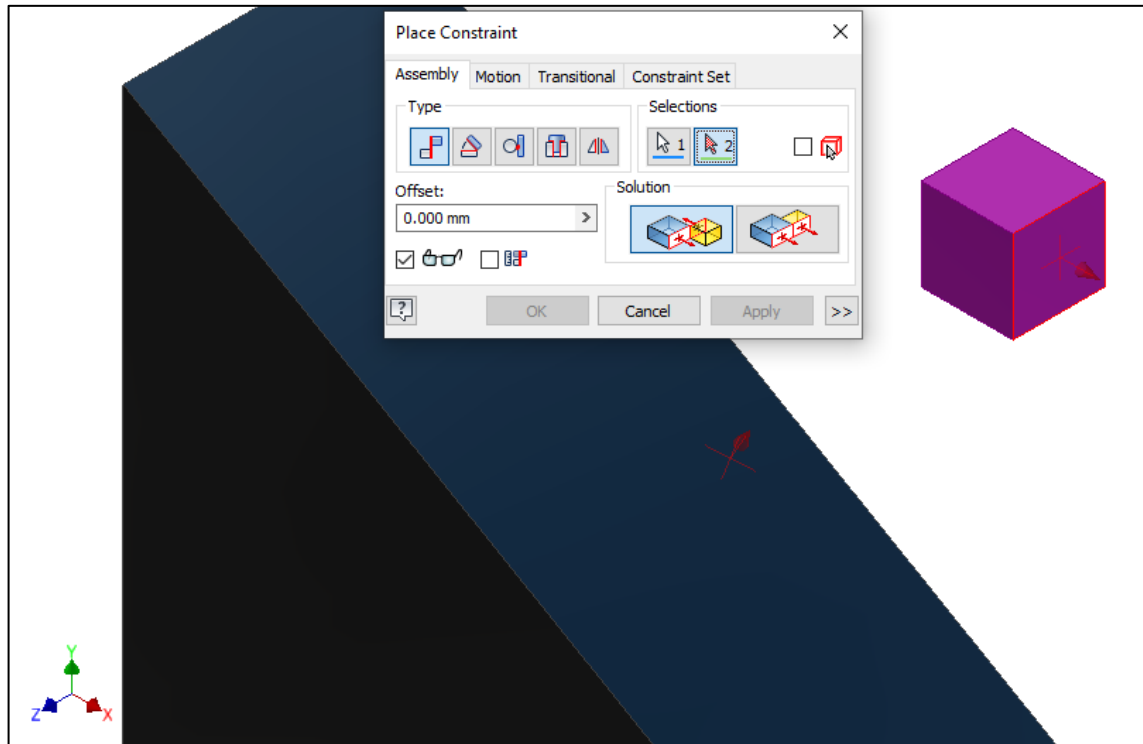


Figura 143 – Selecione uma das faces do bloco deslizante.



Figura 144 – A peça irá automaticamente. Clique em OK.

k) Para ajustar o próximo grau de liberdade, precisamos que os planos médios das peças fiquem visíveis. Para isto, abra a origem na Árvore de Processos e procure os planos médios (eles serão exibidos quando selecionados).

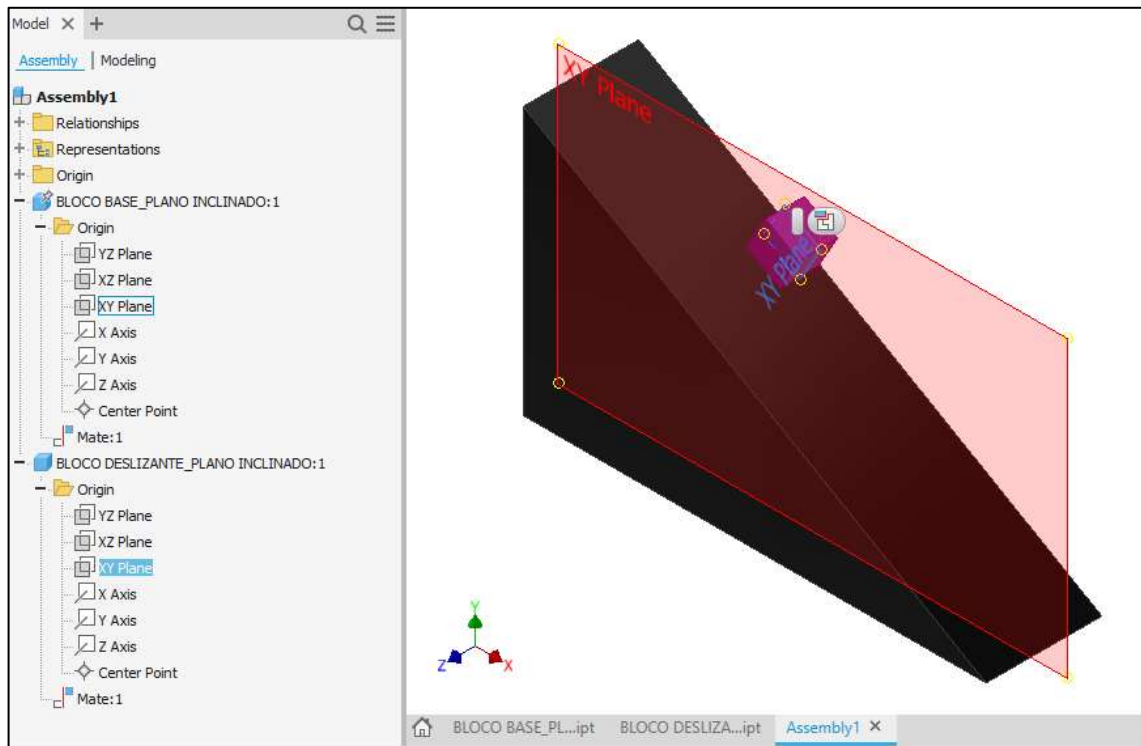


Figura 145 – Planos Médios.

l) Agora iremos aplicar a ferramenta Constrain nos planos médios. Diferentemente dos itens i) e j), o faremos pela árvore de processos. Basta selecionar a ferramenta, clicar em um dos planos médios e no outro.

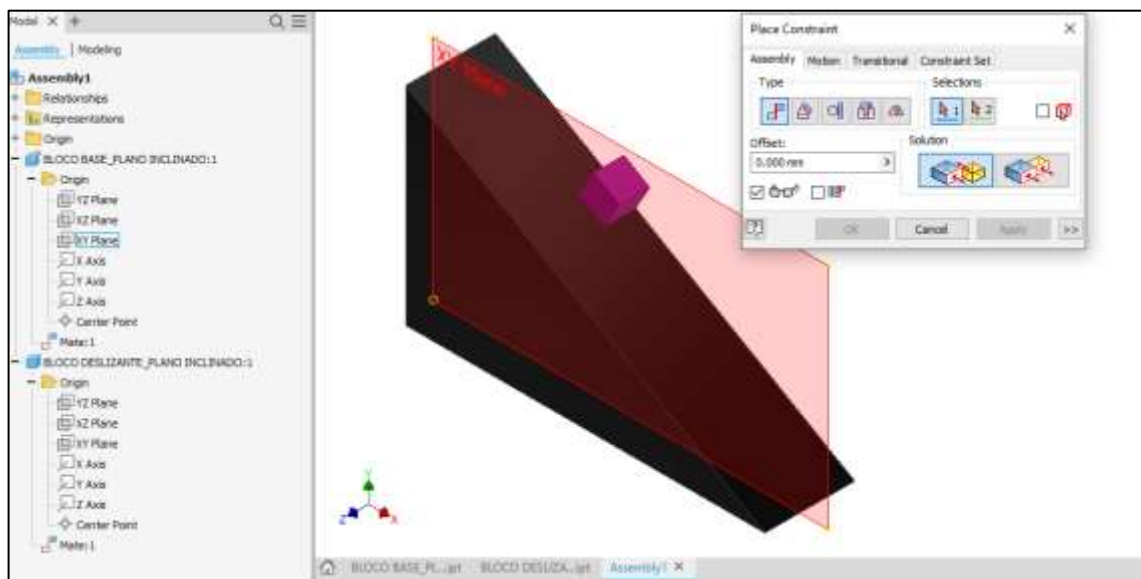


Figura 146 – Selecione o Plano médio de um dos componentes.

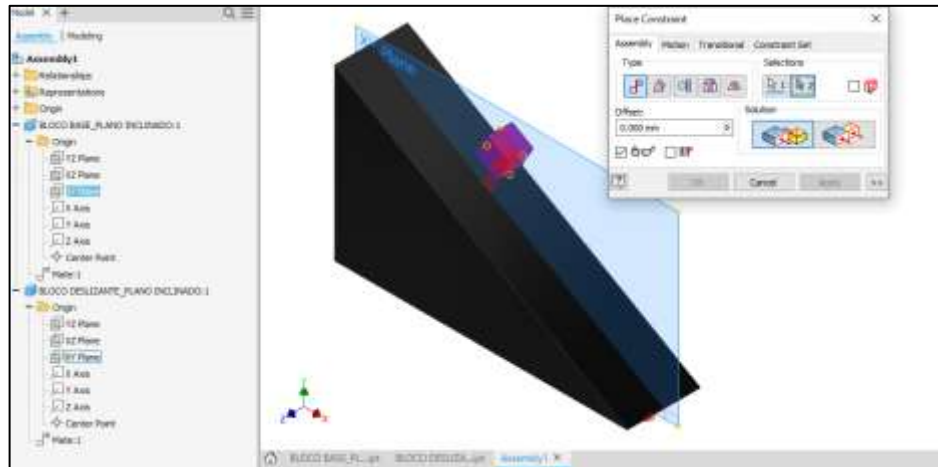


Figura 147 – Selecione o outro Plano médio. Note que o plano já selecionado fica ativo

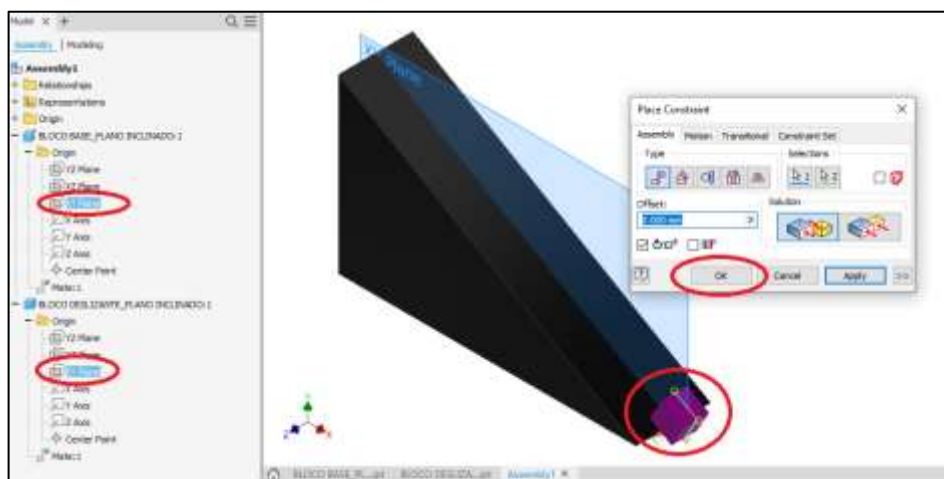


Figura 148 – O componente será atraído para a restrição de liberdade. Clique em OK.

m) Após esta etapa clique e segure no bloco deslizando, movendo o mouse. Você perceberá que só haverá movimento em um único sentido.

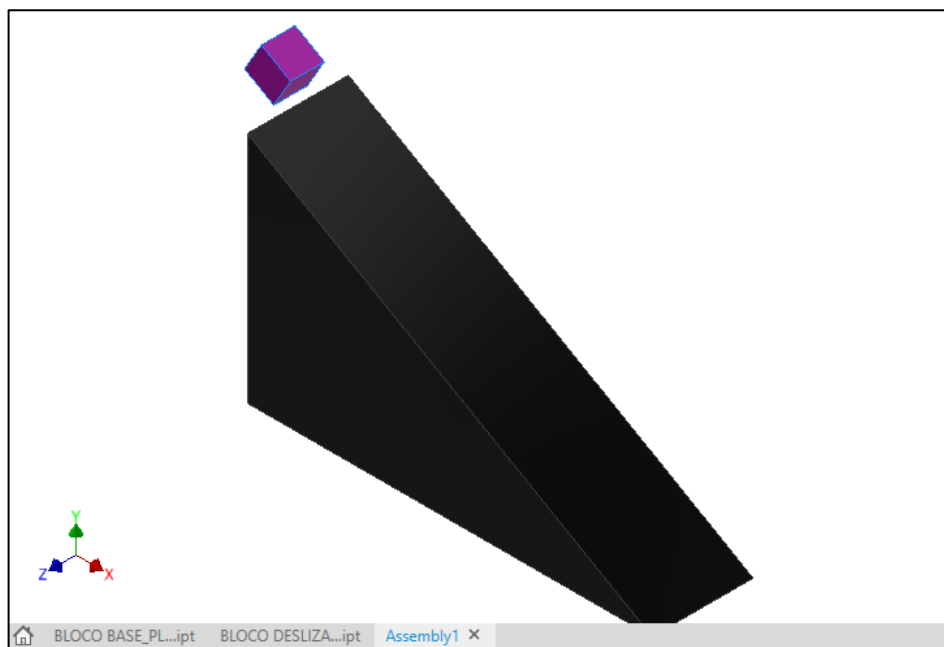


Figura 149 – Movimentação do bloco deslizando em um único plano de liberdade.

n) O último grau de liberdade não poderá ser restrito, pois a simulação precisará do movimento neste plano. Para isto, utilizaremos a restrição do tipo Joint

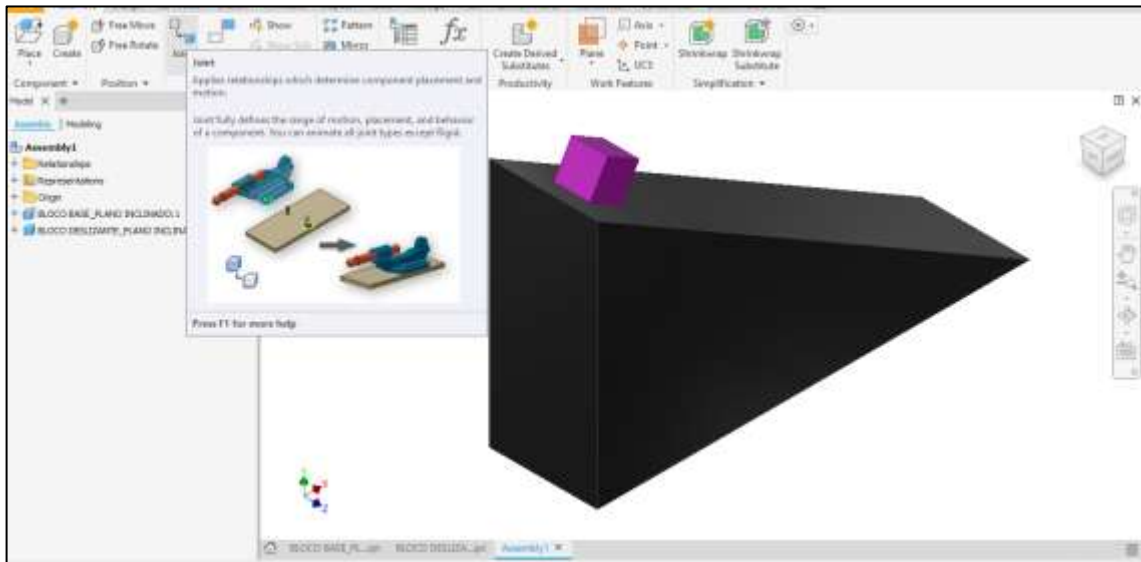


Figura 150 – Comando Joint.

o) Após selecionar a ferramenta, ao aproximar o mouse, apareceram pontos centrais nas arestas, selecione o inferior central, tomando cuidado para que se mantenha paralelo ao plano.

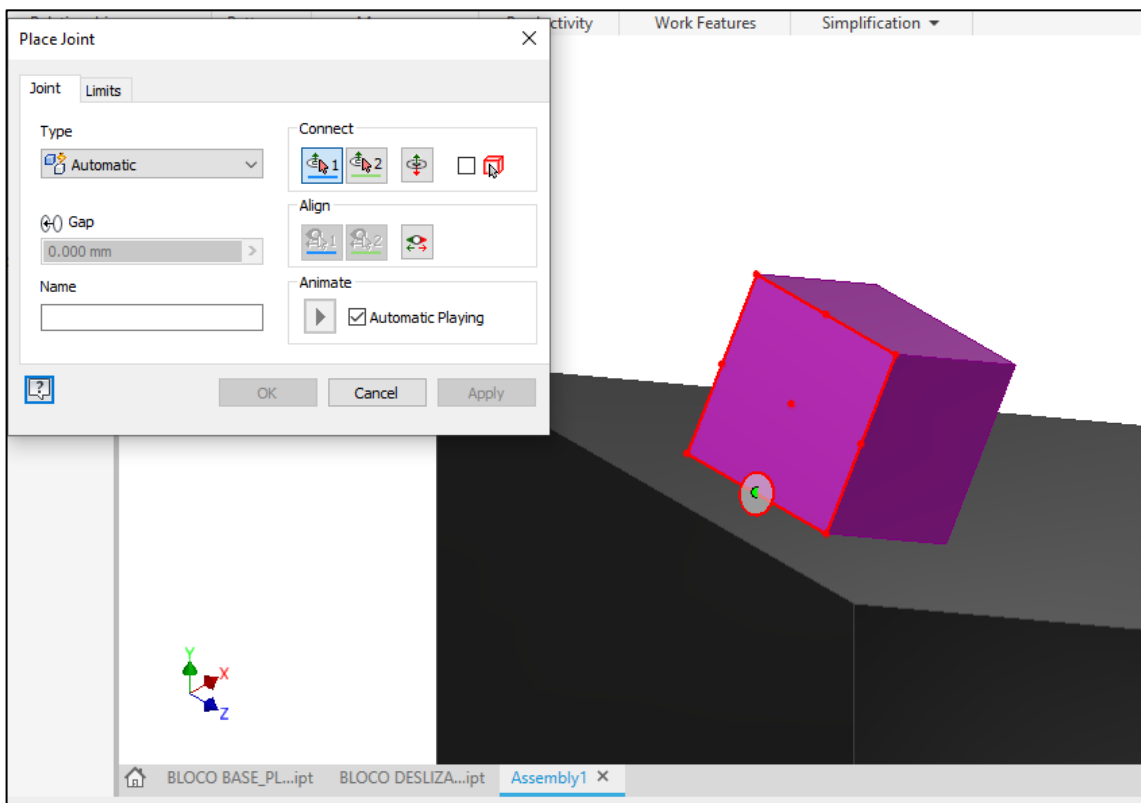


Figura 151 – Clique no ponto central da aresta inferior do bloco deslizando, verificando o plano correto.

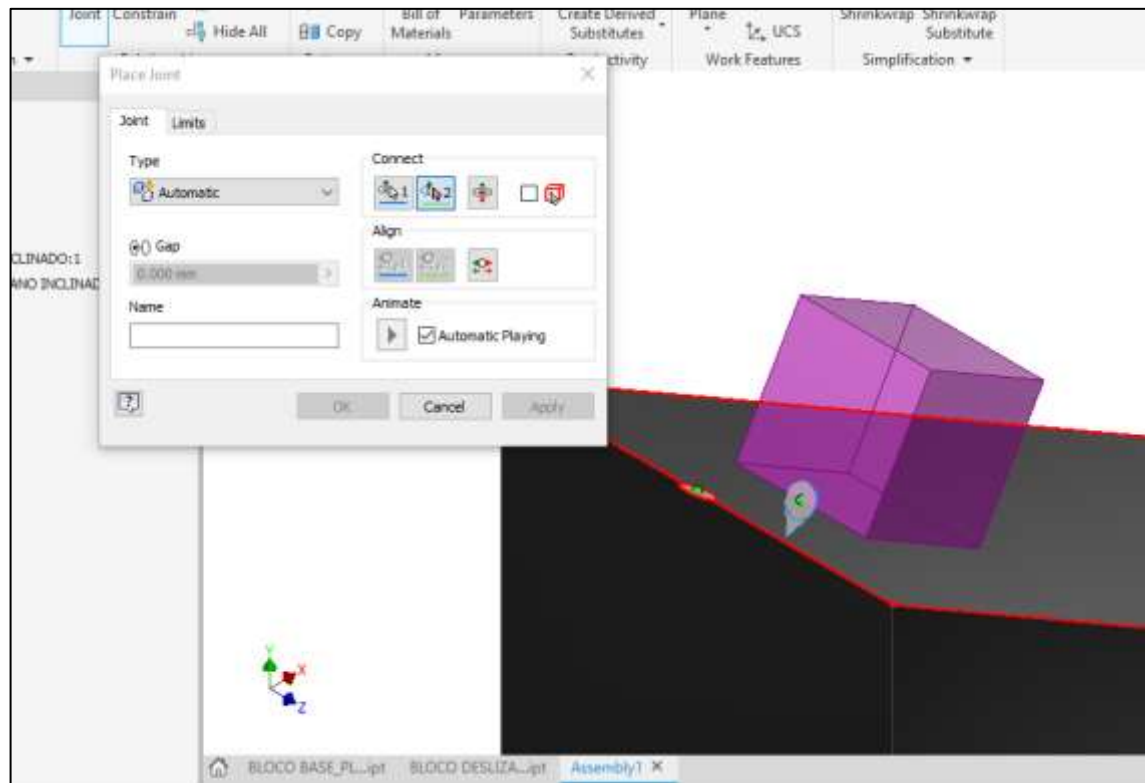


Figura 152 – Clique no ponto central da aresta superior do bloco de base, verificando o plano correto.

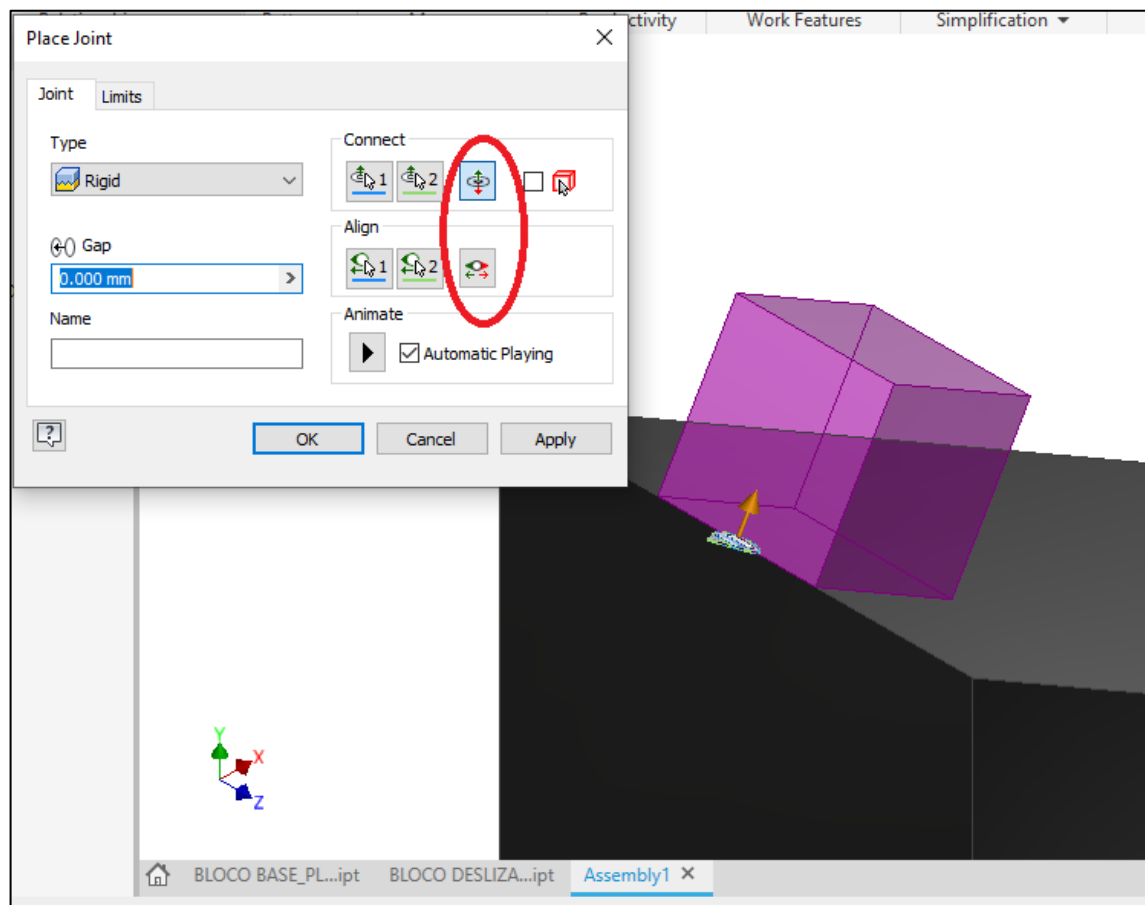


Figura 153 – O bloco poderá estar incorreto. Basta mudar o alinhamento nas opções Connect e Align.

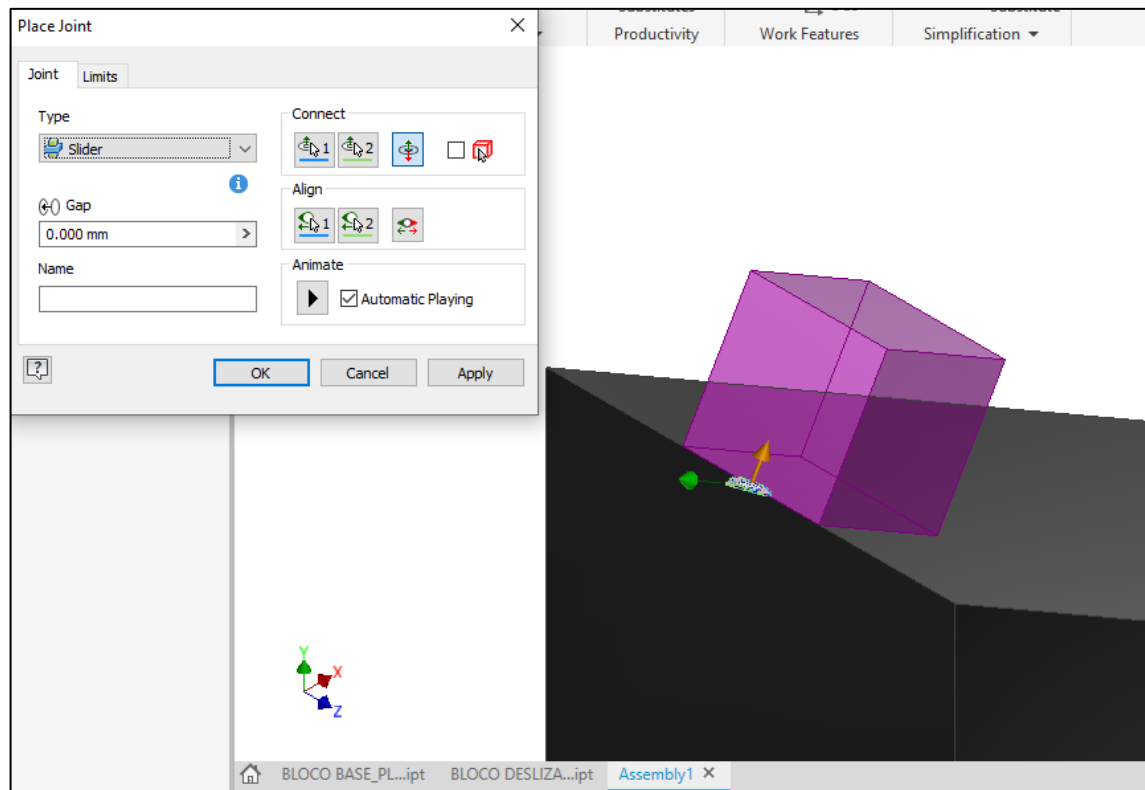


Figura 154 – Modifique o Tipo de Rigid para Slider. Será visualizada uma animação com o movimento correto.

p) Na aba Limits, mantenha start e current com zero milímetros. No end, coloque uma dimensão de 5.000 mm e verifique o sentido. Caso o movimento esteja na direção oposta, utilize o vetor negativo.

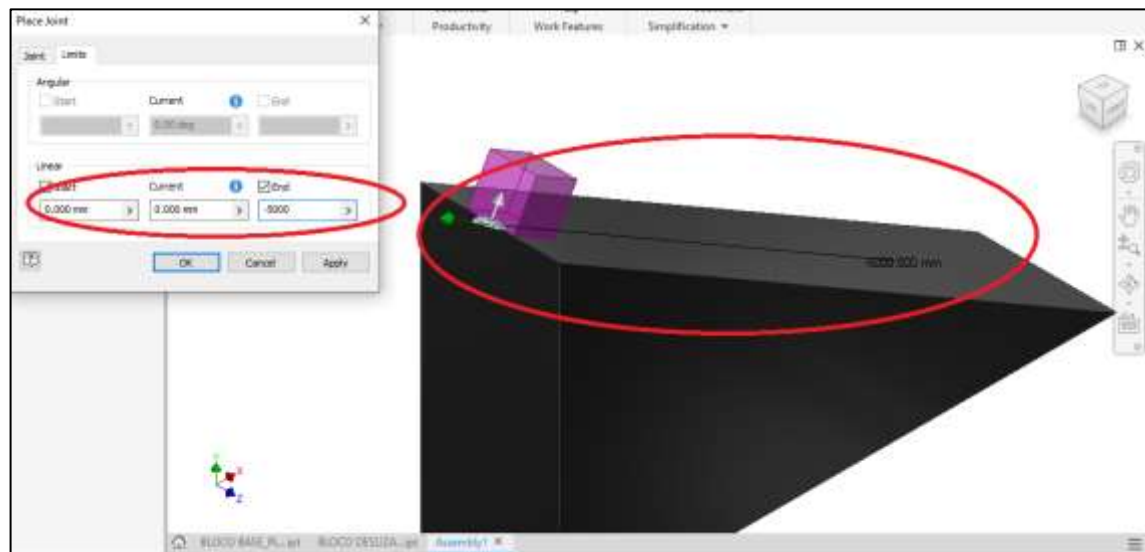


Figura 155 – Ajustando os limites da ferramenta Joint e aperte OK.

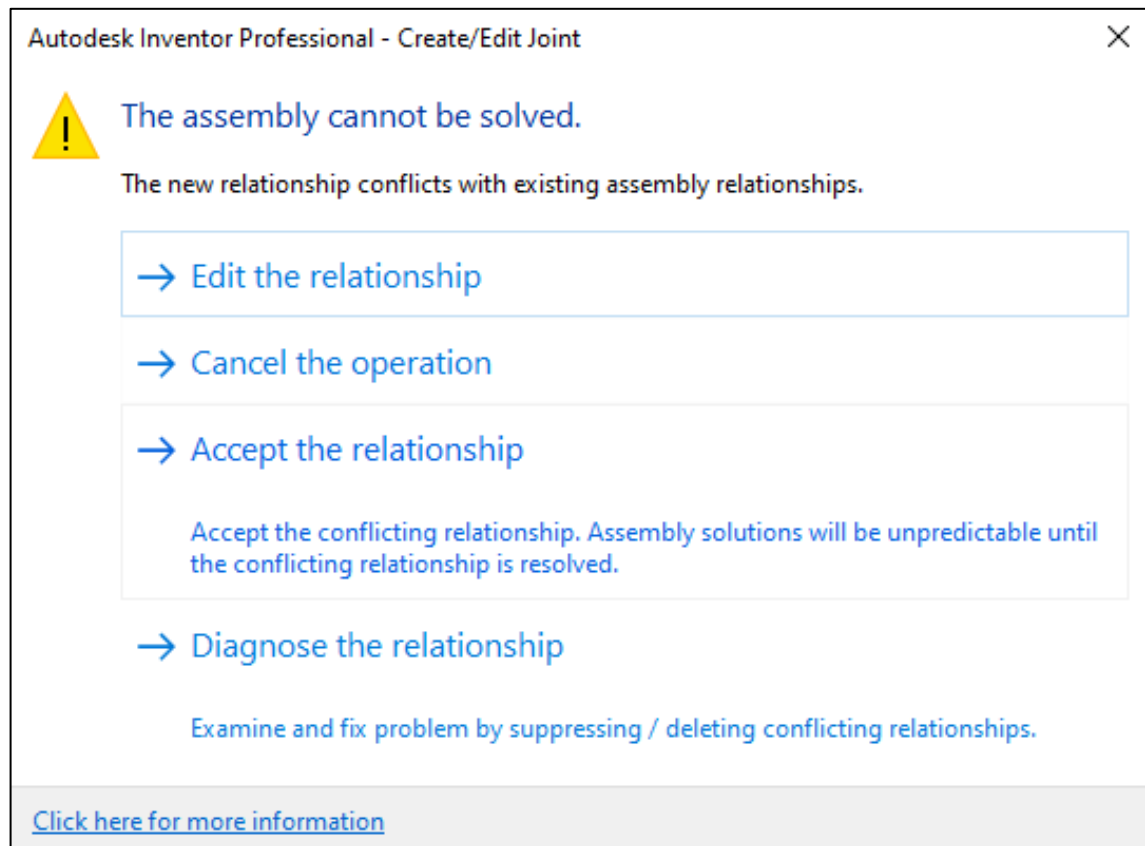


Figura 156 – Caso apareça uma mensagem de erro ignore, clicando “Accept the Relationship”.

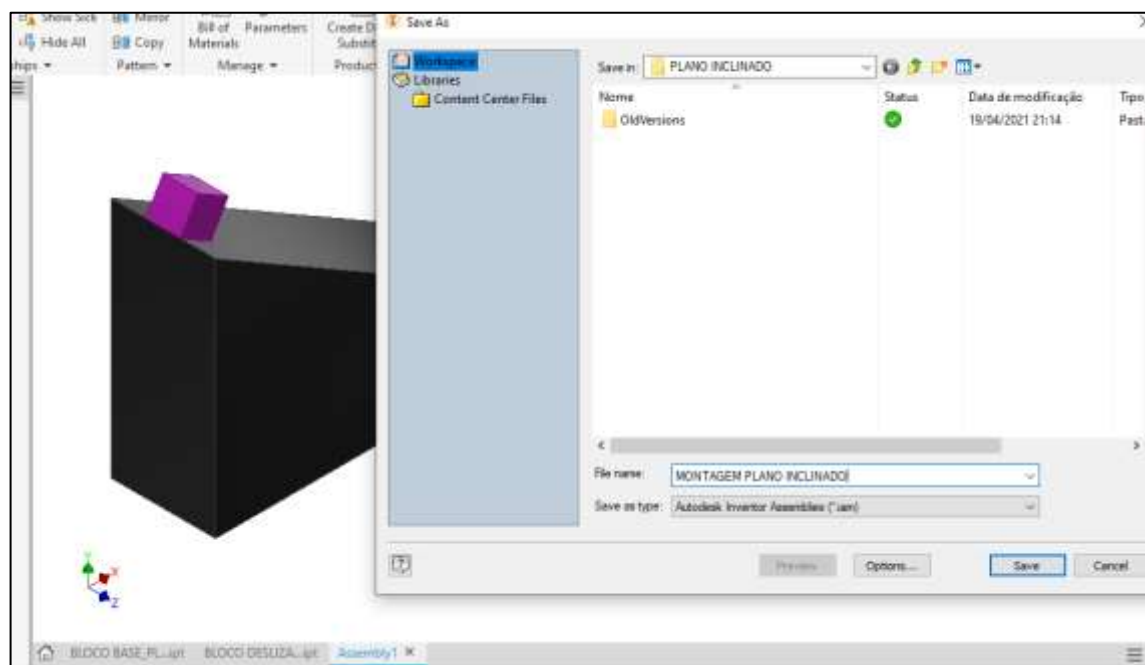


Figura 157 – Salve o arquivo, sugerimos o nome “MONTAGEM PLANO INCLINADO”.

4.1.3. SIMULANDO O MODELO NO INVENTOR

a) Com o modelo de montagem aberto, na aba Enviroments, execute a ferramenta Dynamic Simulation.

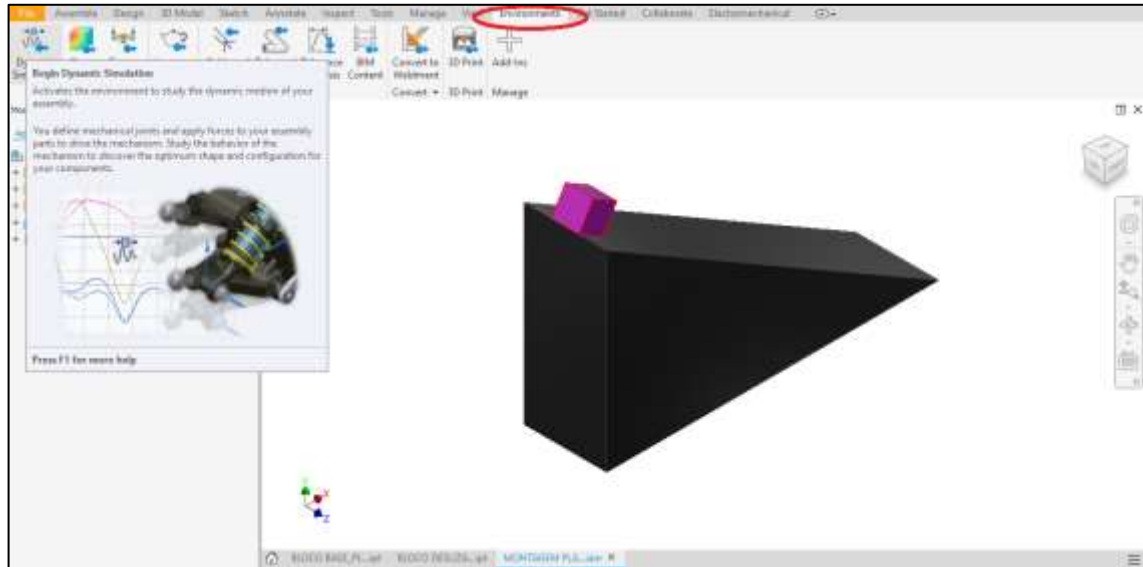


Figura 158 – Dynamic Simulations.

b) Para iniciar, vamos habilitar o vetor gravidade, com um duplo clique.

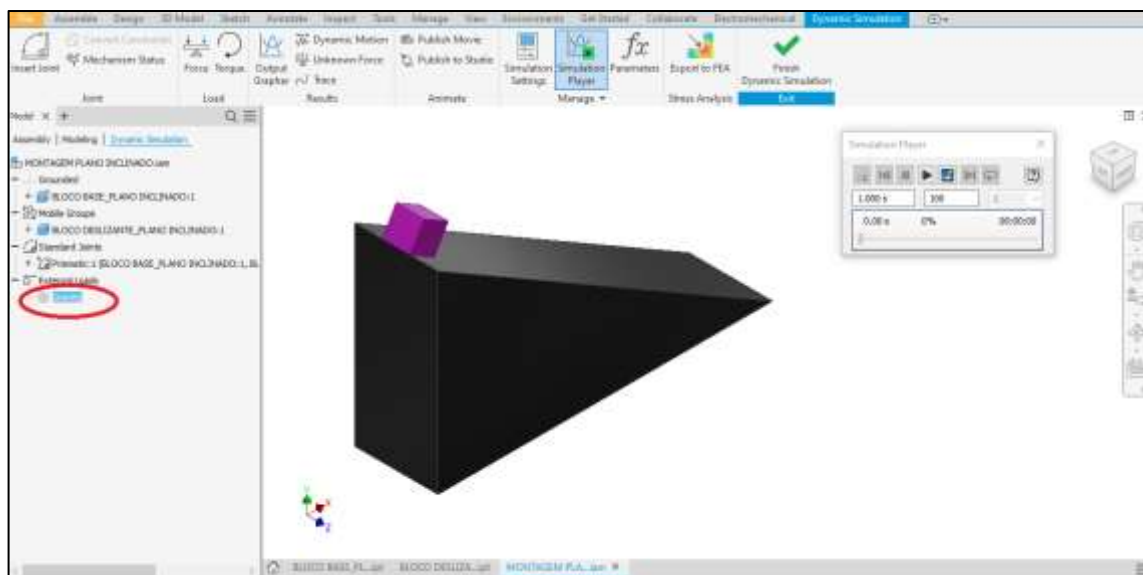


Figura 159 – Habilitando o vetor gravidade.

c) Desmarque a opção Supress, marque a opção de Vetor e Configure a gravidade no eixo correspondente ao modelo. Adotamos 10000 mm/s^2 . Em nosso caso o eixo correto é +Y.

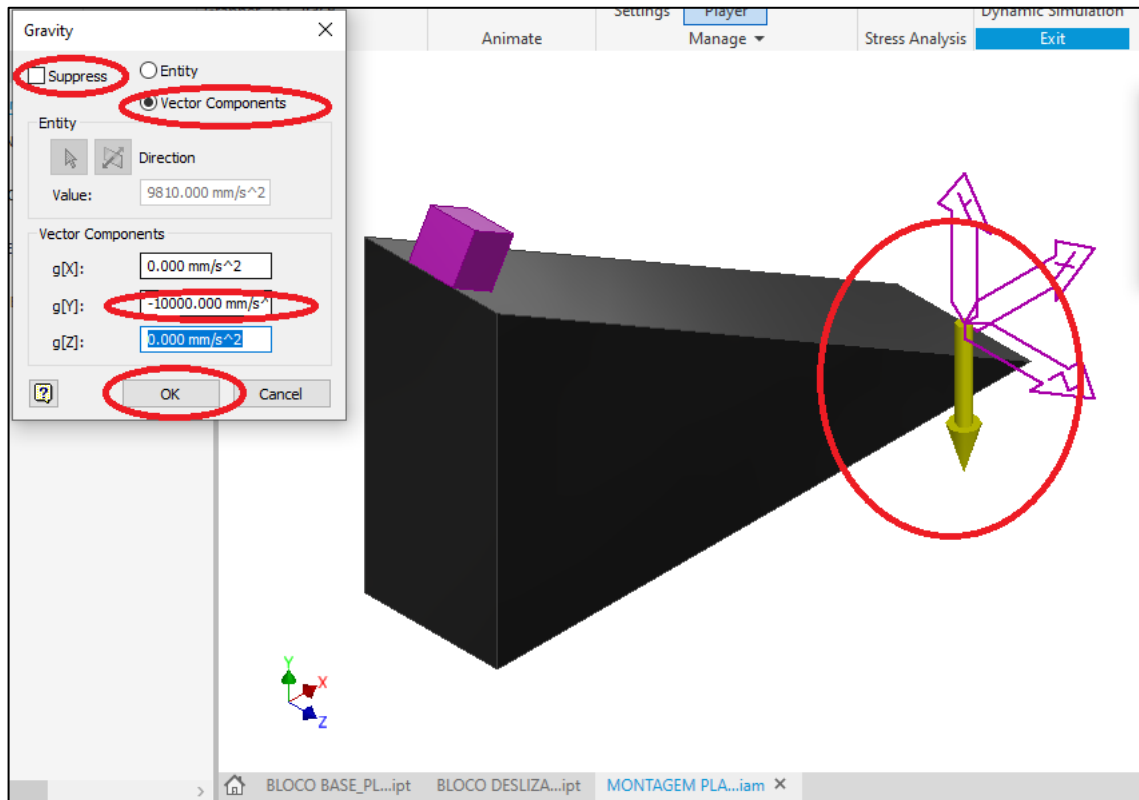


Figura 160 – Configurando o vetor gravidade.

d) O próximo passo é aplicar a força que moverá o bloco deslizando, com a ferramenta Force.

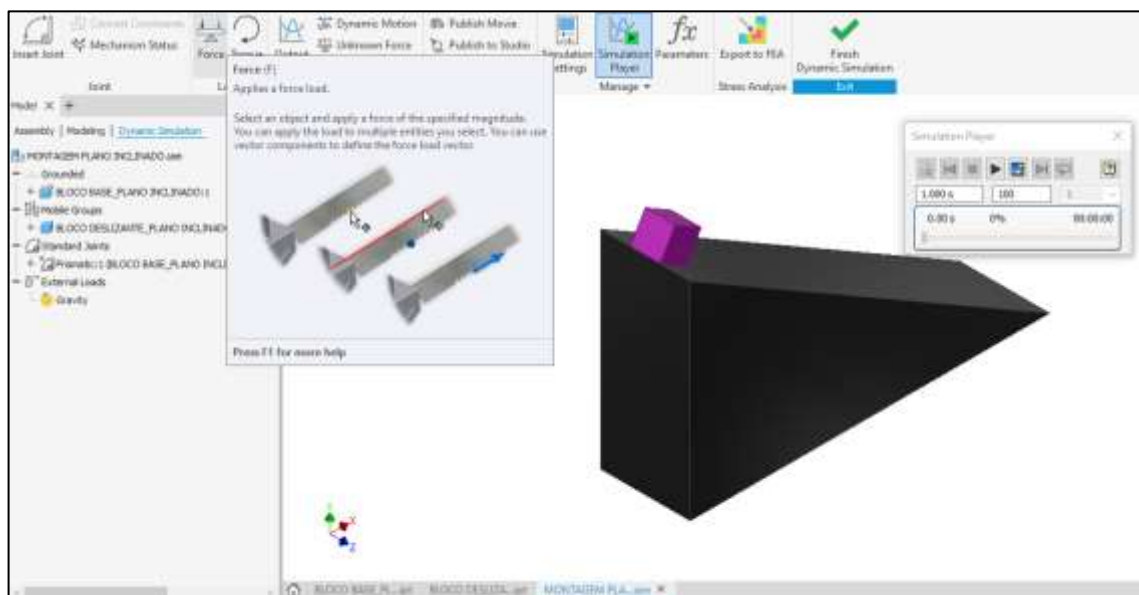


Figura 161 – Ferramenta Force.

e) Dentro da ferramenta, selecione o vértice inferior do bloco deslizando.

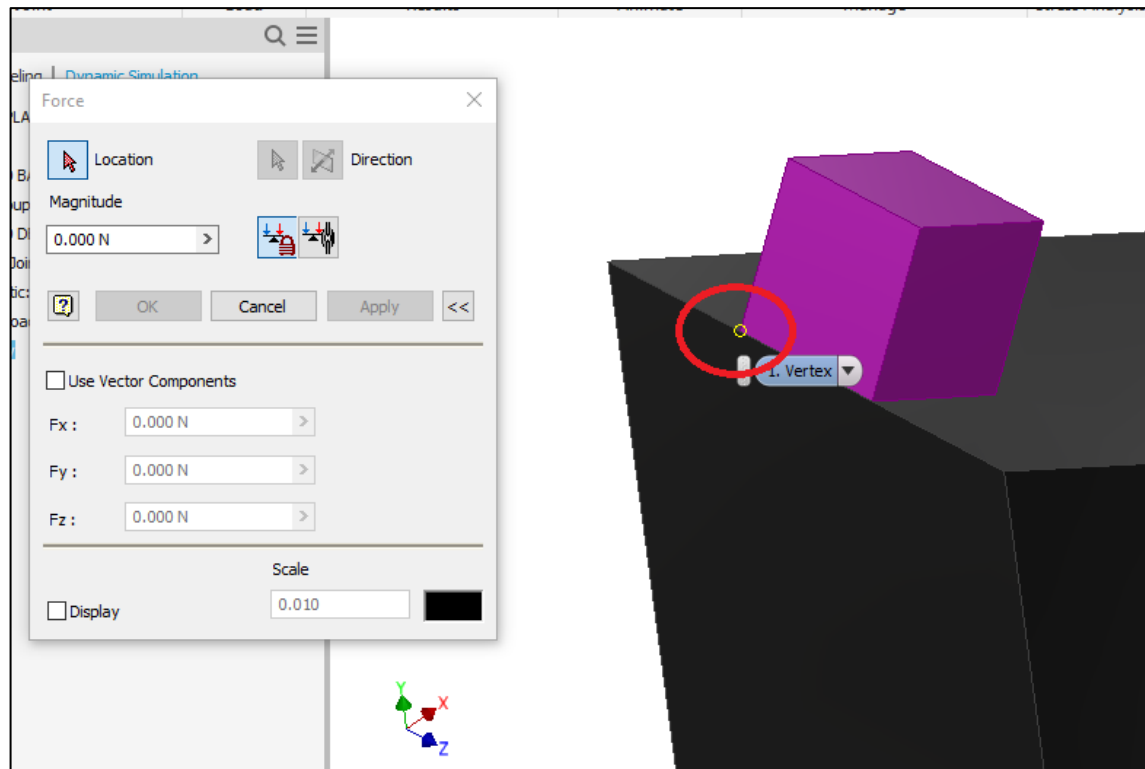


Figura 162 – Seleção o vértice inferior do bloco inferior.

f) Agora, selecione a aresta inferior do bloco deslizando.

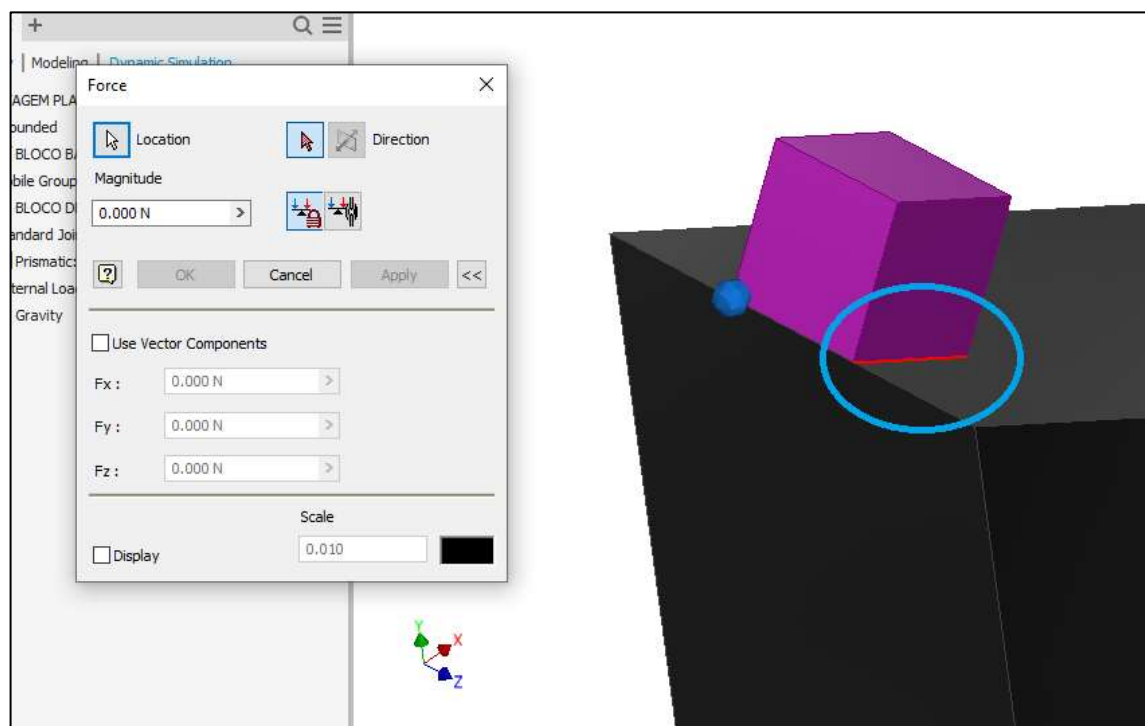


Figura 163 – Seleção a aresta inferior do bloco inferior.

g) Caso o vetor da Força esteja invertido, basta inverter a direção, clicando no “flip” da opção Direction.

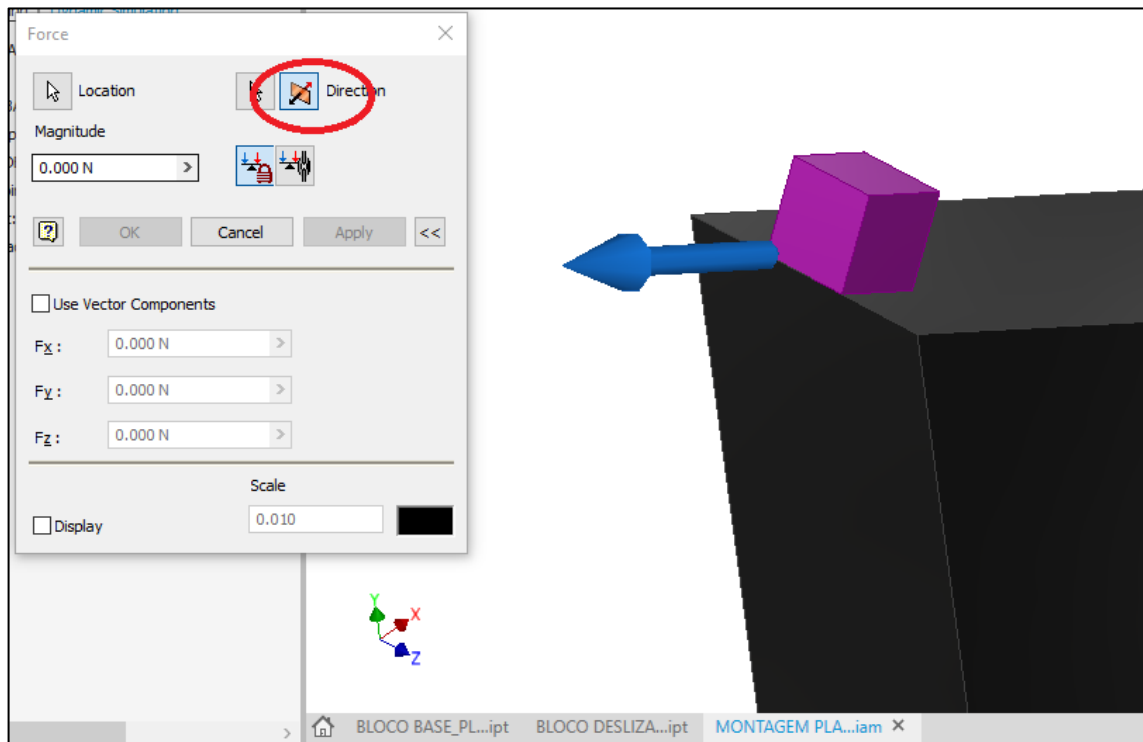


Figura 164 – Caso o vetor esteja invertido, utilize a opção flip.

h) Para confirmar a resolução do exercício, faremos 3 simulações. Na primeira, o vetor força terá o valor de 2,5N. Clique em OK.

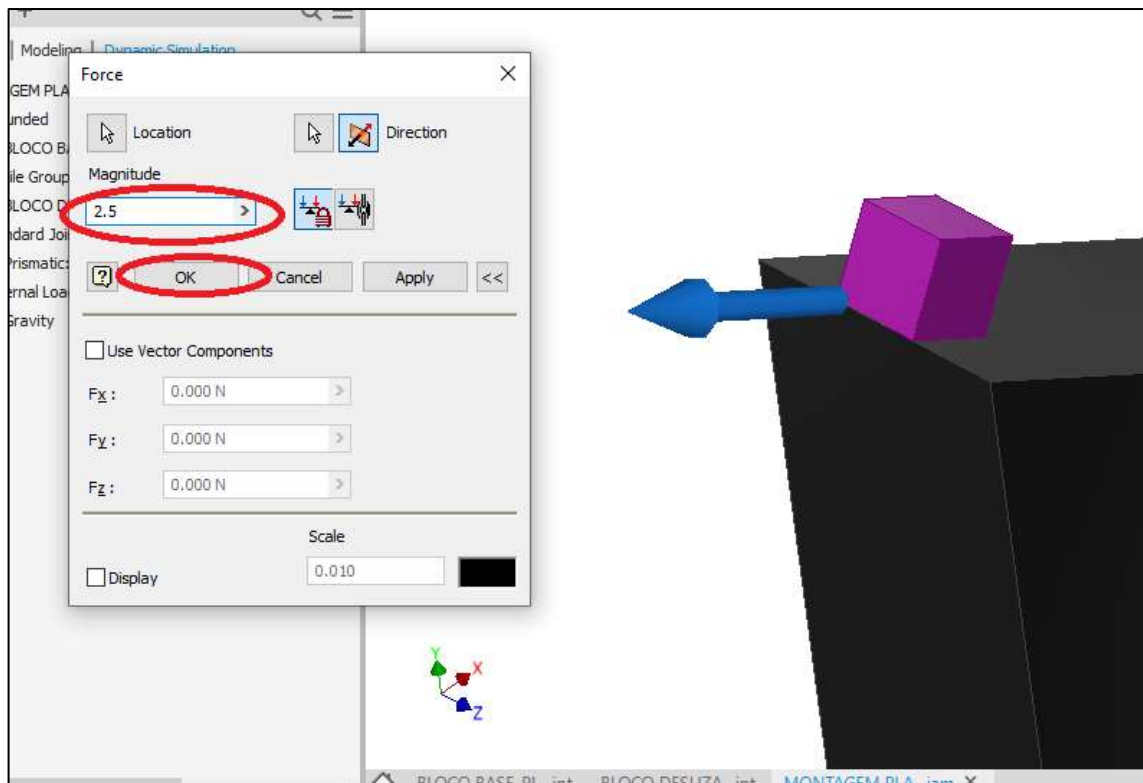


Figura 165 – Atribua a força e clique em OK.

i) Para simulação, verifique se o Simulation Player está habilitado. Atribua o tempo de 1s e 100 frames. Após isto dê o play na simulação.

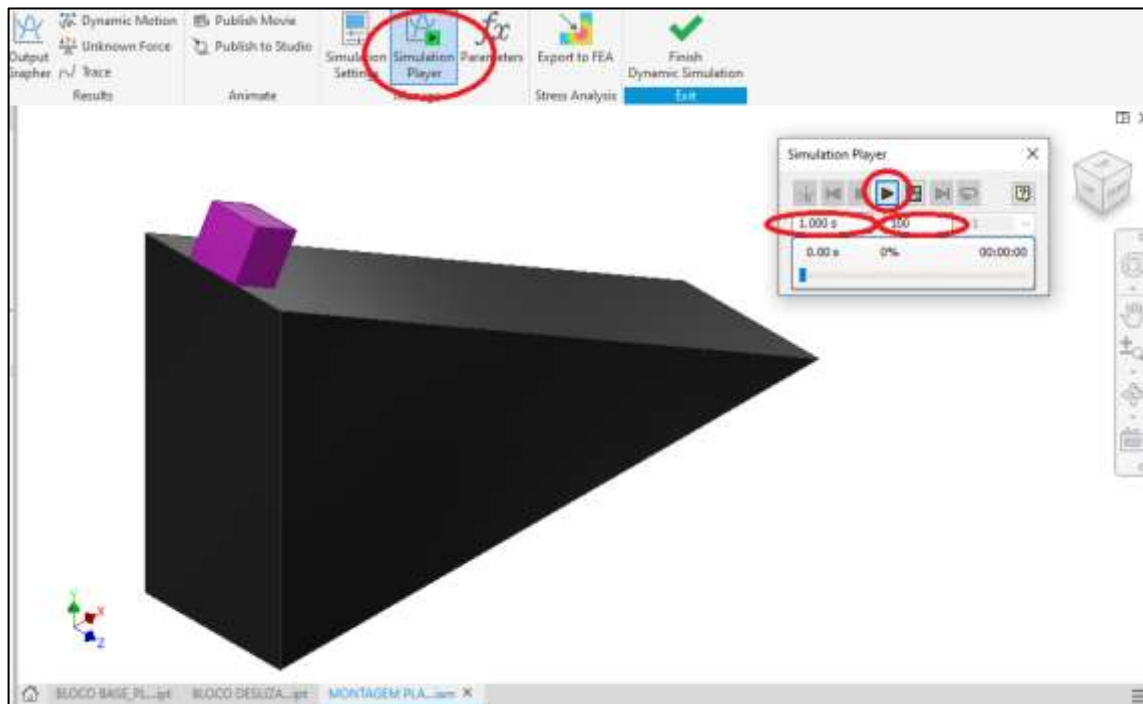


Figura 166 – Rodando a simulação.

j) Durante a simulação, as ferramentas ficarão desabilitadas. Ao final, para provar nosso exercício, o bloco não deverá se mover.

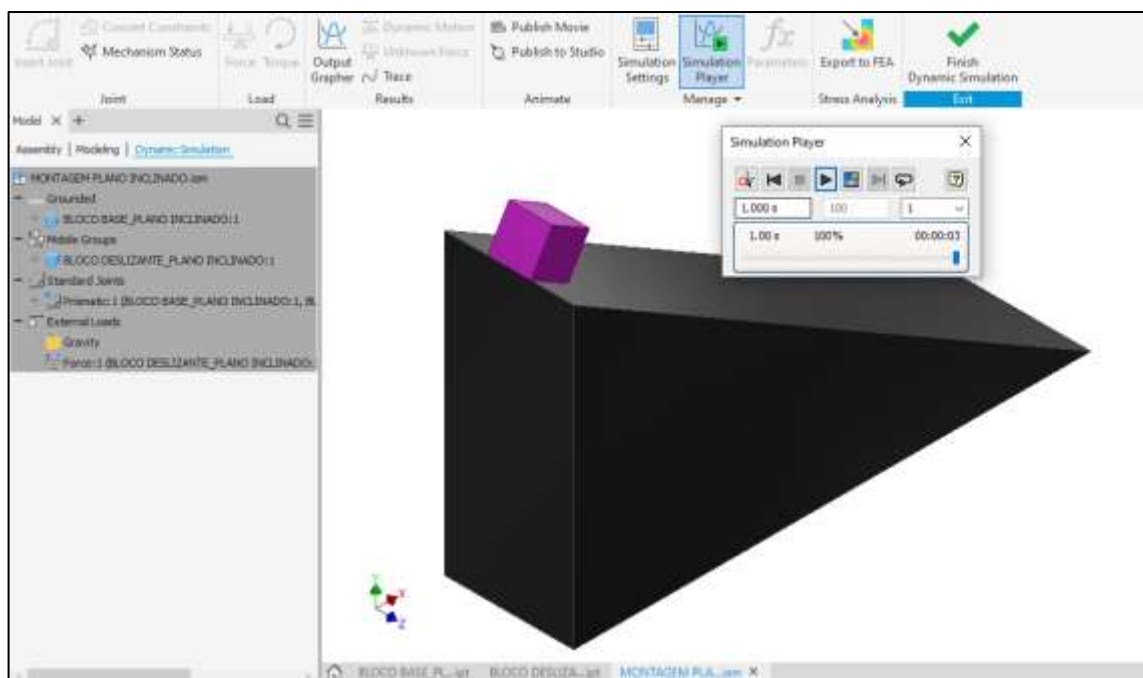


Figura 167 – Simulação do movimento após 1 s, bloco parado, exercício comprovado.

k) Para a segunda simulação, iremos ajustar o valor da força 3N. Para retornar à edição do ambiente de simulação, dê um duplo clique em Clique em OK. Note que a árvore de processos não estará mais bloqueada.

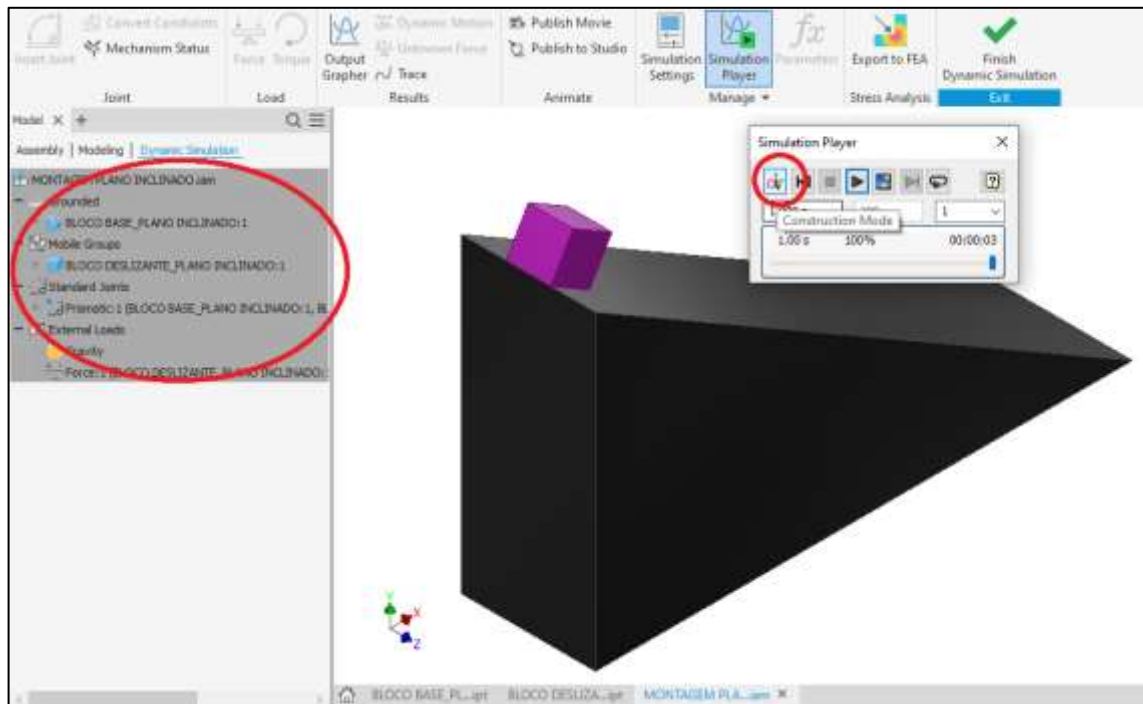


Figura 168 – Retornando ao ambiente de edição da simulação.

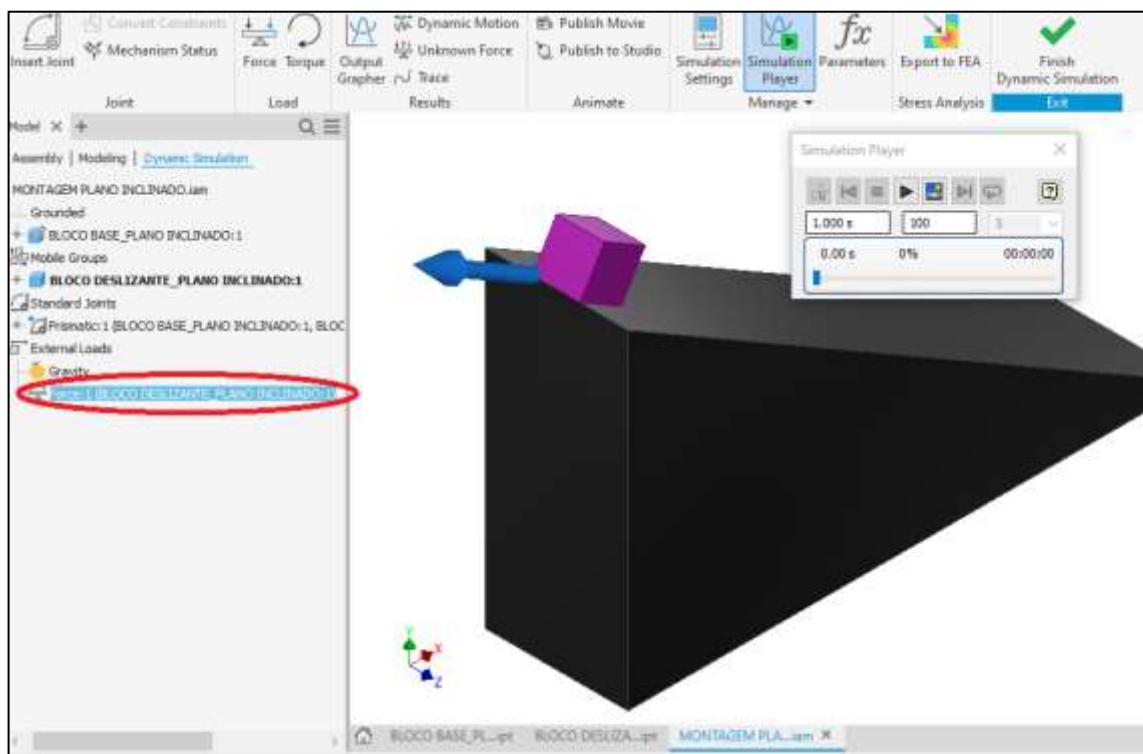


Figura 169 – Dê um duplo clique com o botão esquerdo na Força criada para poder editar.

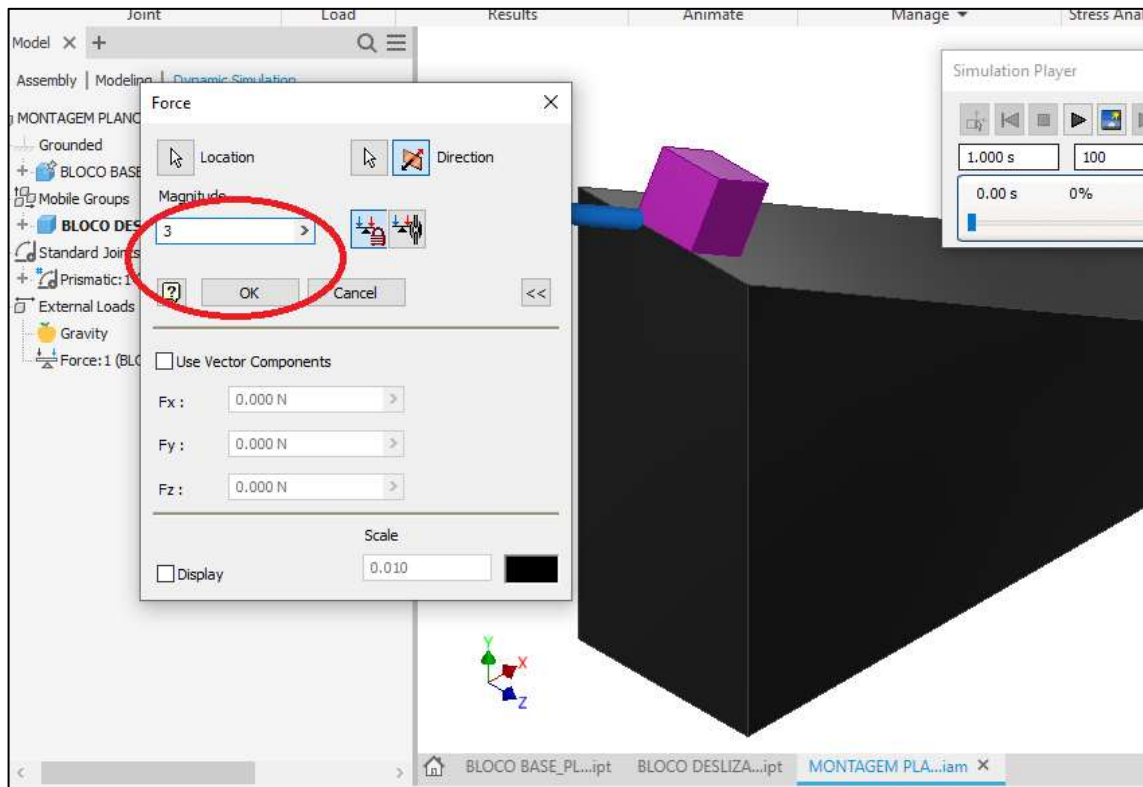


Figura 170 – Atribua o valor de 3N para a força.

l) Repita o passo descrito em “i)”. Para a segunda simulação, iremos ajustar o valor da força 3N e para provar nosso exercício, o bloco deverá se mover no sentido da Força (subir).

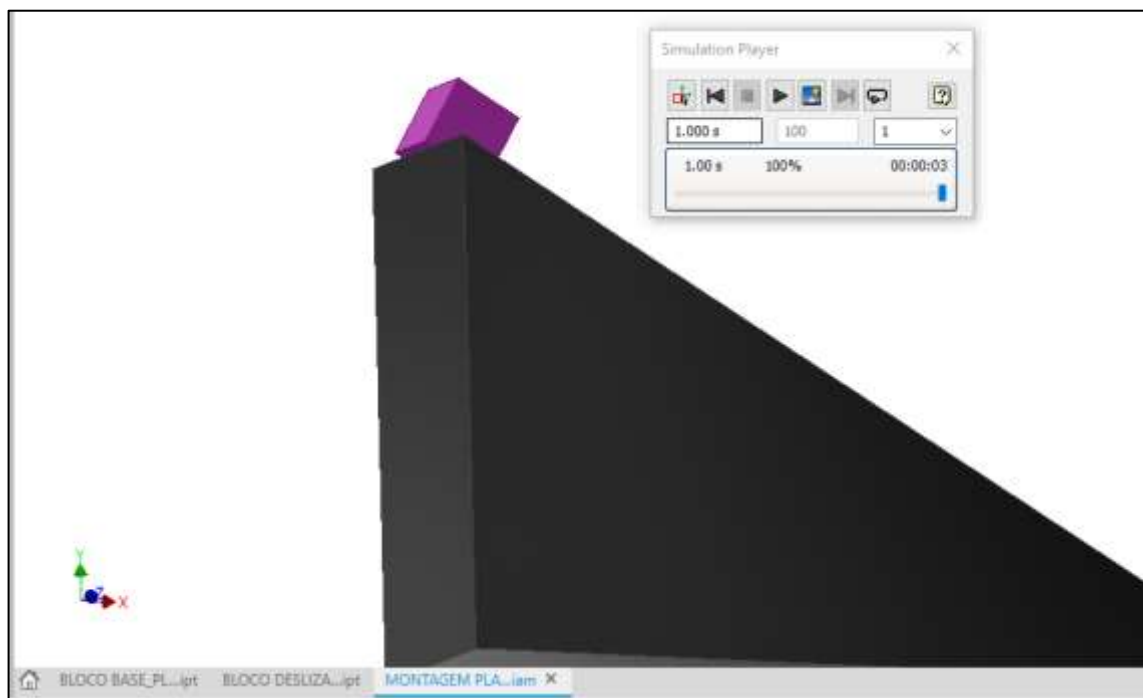


Figura 171 – Simulação do movimento após 1 s, bloco movimentou-se no sentido da força, exercício comprovado.

m) Para a terceira simulação, iremos ajustar o valor da força 2N. Para retornar à edição do ambiente de simulação, dê um duplo clique em Clique em OK. Note que a árvore de processos não estará mais bloqueada.

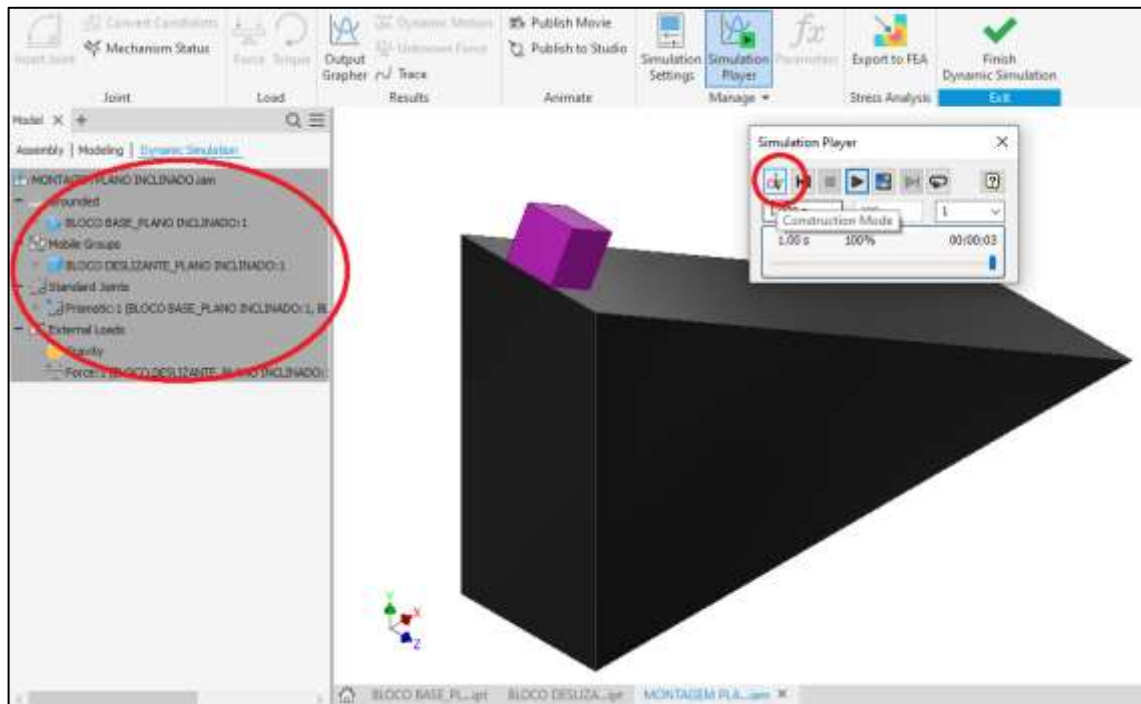


Figura 172 – Retornando ao ambiente de edição da simulação.

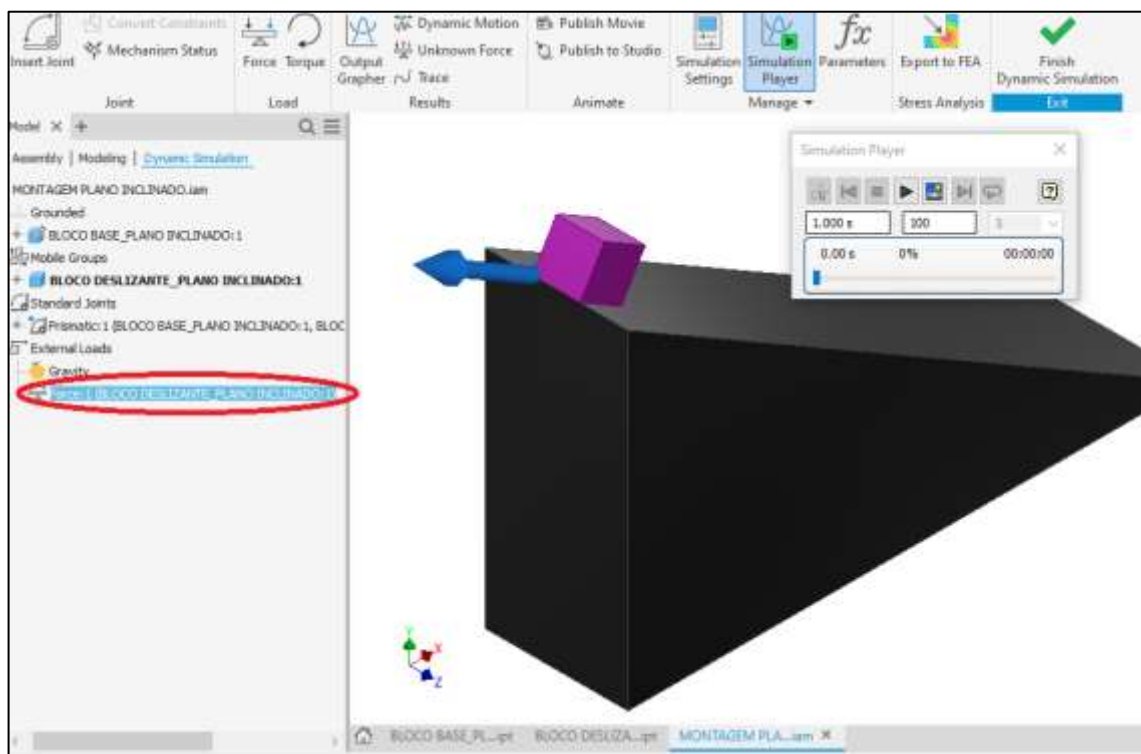


Figura 173 – Dê um duplo clique com o botão esquerdo na Força criada para poder editar.

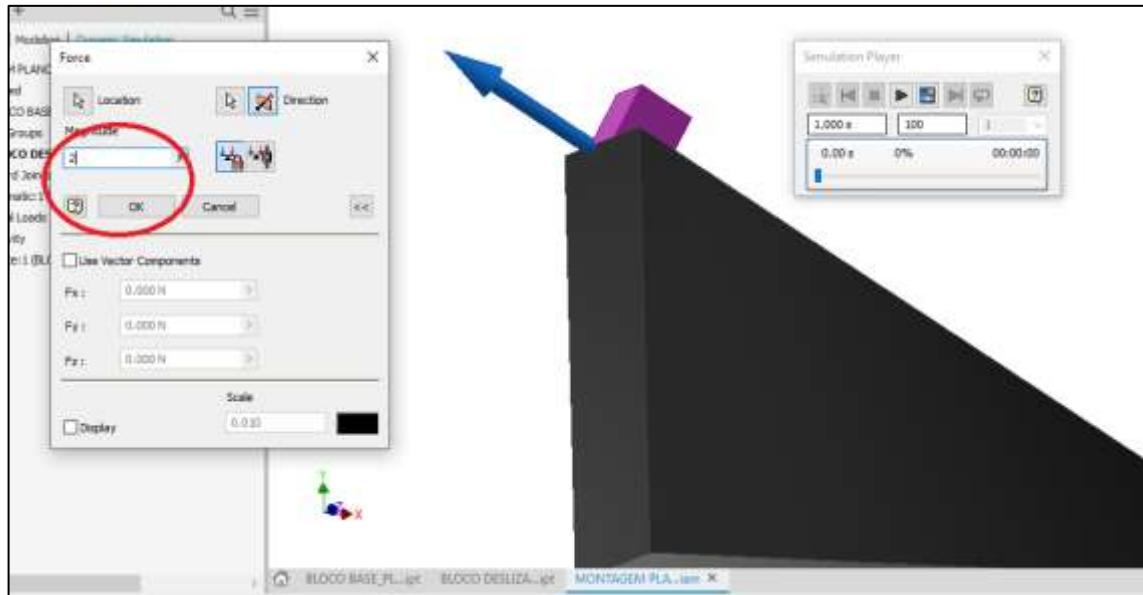


Figura 174 – Atribua o valor de 2N para a força.

n) Repita o passo descrito em “i)”. Para a segunda simulação, iremos ajustar o valor da força 2N e para provar nosso exercício, o bloco deverá se mover no sentido oposto à Força (descer).

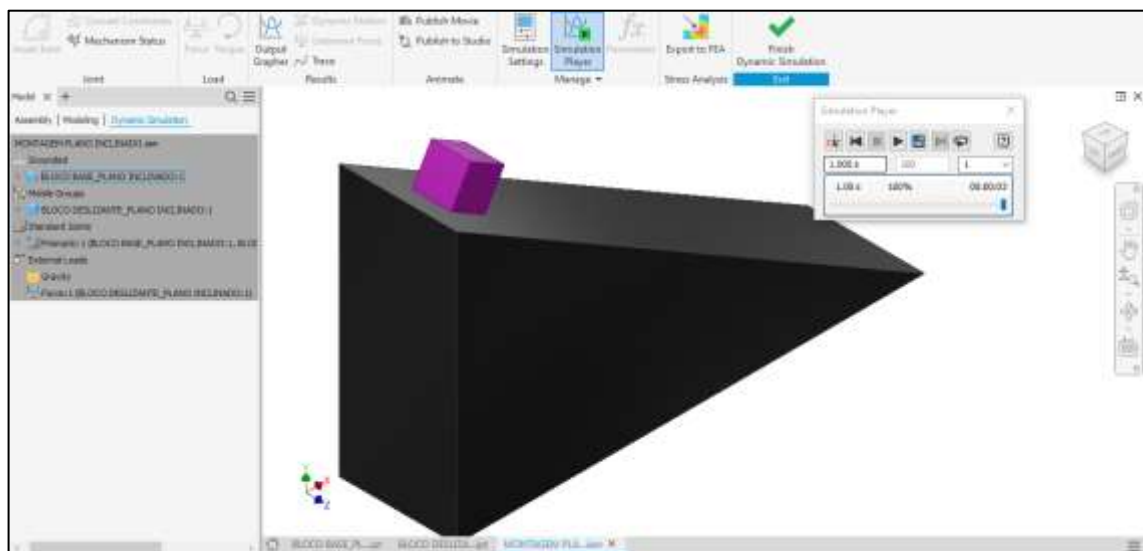


Figura 175 – Simulação do movimento após 1 s, bloco movimentou-se no sentido oposto à força, exercício comprovado.

o) Retorne à edição do ambiente de simulação e finalize a simulação. Salve o modelo antes de fechar o Inventor.

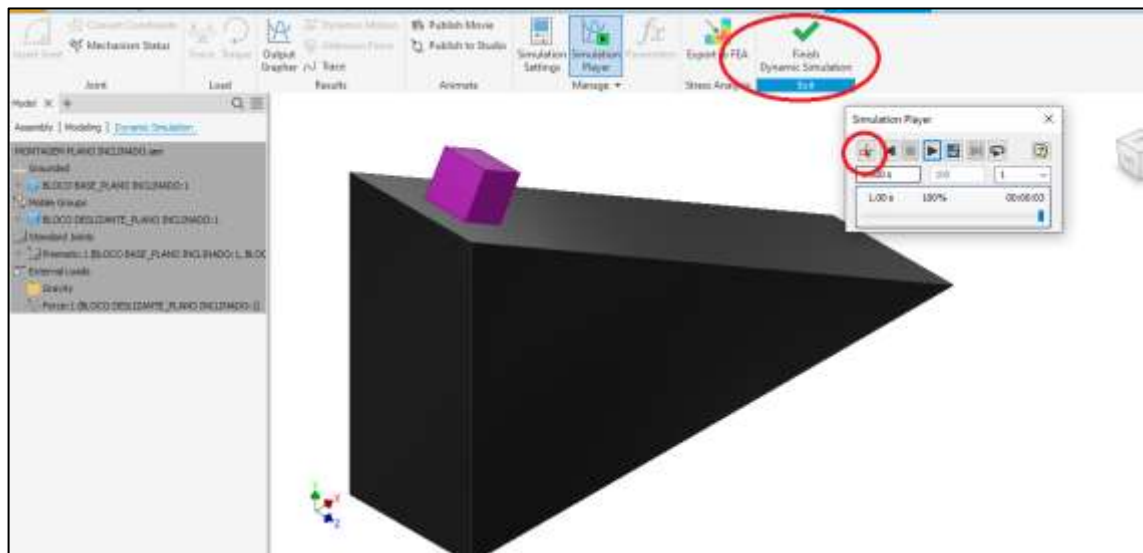


Figura 176 – Finalizando a simulação.

Após a atividade e simulações finalizadas, o professor terá o seu papel de mediador ao pedir que os discentes analisem através de perguntas o que foi apresentado. Neste produto utilizamos a pergunta base para o projeto:

Qual seria na opinião deles, a importância da aplicação das ferramentas no Ensino do Conteúdo? e o que eles acharam de diferenciado nessa ferramenta com relação ao ensino tradicional? As respostas pessoais de cada aluno deverão ser debatidas em aula pelo professor juntamente com a classe.

Espera-se que este Produto contribua positivamente com o Ensino da Física nas escolas e que possa ajudar os alunos a entender a importância de novas ferramentas como auxílio no ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau; TOLEDO, Paulo Antônio. Os Fundamentos da Física I. São Paulo: 2009. cap.11, p.194-212.

A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia Renato Dias Calado do Amaral¹; Armando Carlos de Pina Filho² UFRJ, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Mecânica. p.8.

<https://ismaelfisica.files.wordpress.com/2015/05/curso-de-fisica-vol-1-antonio-maximo-beatriz-alvarenga.pdf>

<https://www.autodesk.com.br/solutions/cad-design>

<https://www.docsity.com/pt/historia-do-auto-cad-by-rafael-mendonca/4856532/>

<https://www.somospar.com.br/4-motivos-para-a-escola-adotar-ferramentas-tecnologicas-de-apoio-ao-ensino/>

<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1064/1/2015JeffersonOliveiradoNascimento.pdf>

<http://mnpef.fis.unb.br/docs/dissertacoes/2-2019/clenilson/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Clenilson.pdf>

<https://www.autodesk.com.br/solutions/cad-design>

<https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/568403>

<https://sites.ifi.unicamp.br/f128/files/2012/08/Aula-3.pdf>

<https://blog.biologiatotal.com.br/>

<https://vamosestudarfisica.com>

<https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/568403>

<https://vamosestudarfisica.com/operacoes-com-vetores/>

<https://cursoenemgratuito.com.br/forca-resultante/>

<https://ccrei.com.br/>