



# Transformações geométricas na arquitetura

Atividade de representação gráfica  
no espaço digital



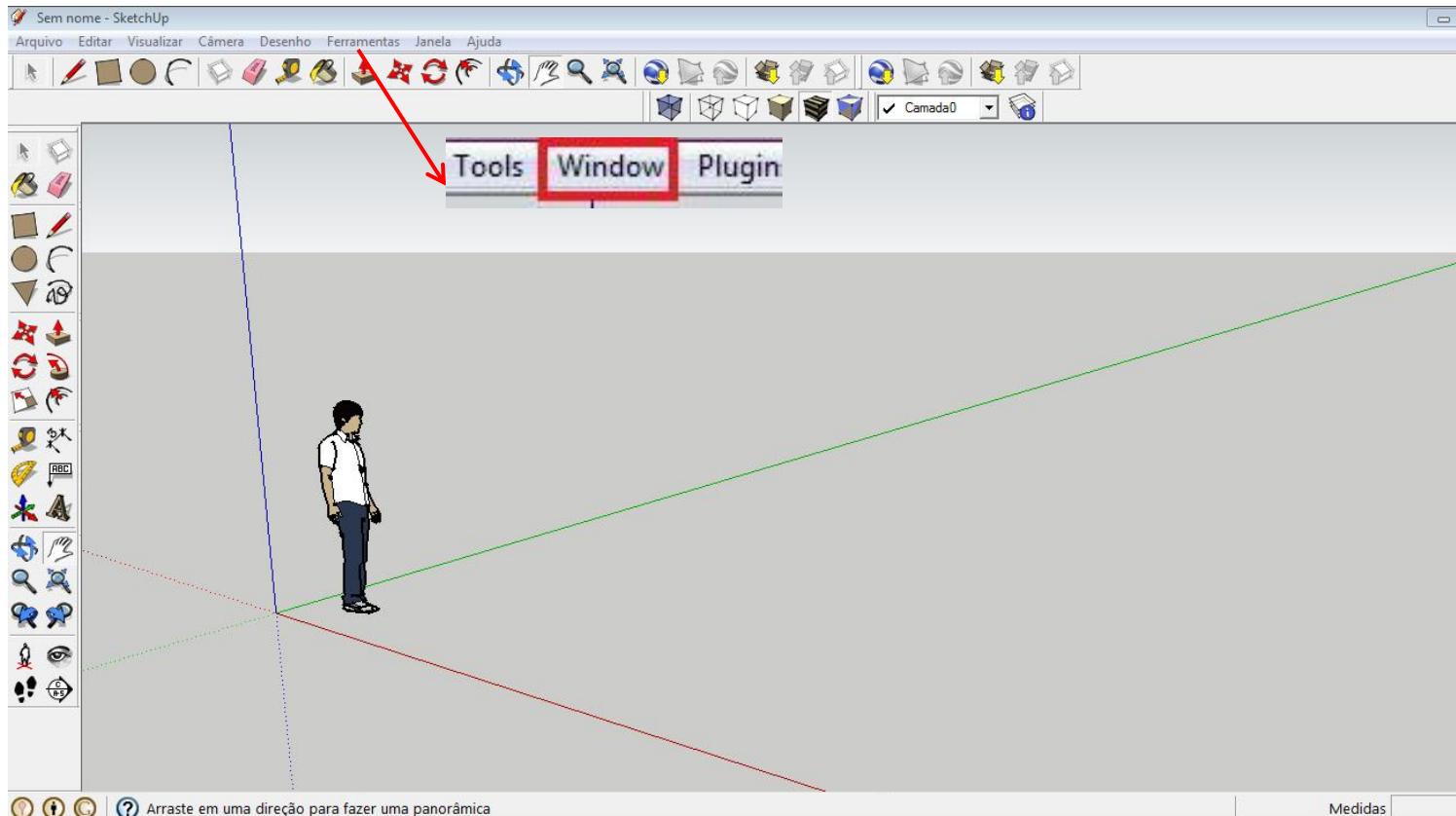
Para auxiliar na atividade de exploração das transformações geométricas no espaço digital exemplifica-se uma atividade de modelagem geométrica do edifício 80 South Street Tower que é similar à escultura Torso. Esta escultura forneceu a base conceitual para a criação deste projeto e também do edifício Turning Torso, ambos de Santiago Calatrava.

Imagen: Modelo digital do edifício 80 South Street Tower, disponível no 3d warehouse ([www.xxx](http://www.xxx)).

Para realizar a modelagem em meio digital, sugere-se o software de distribuição gratuita SketchUP.

Será necessário realizar o download do software em <http://sketchup.google.com/download.html> e executar a sua instalação.

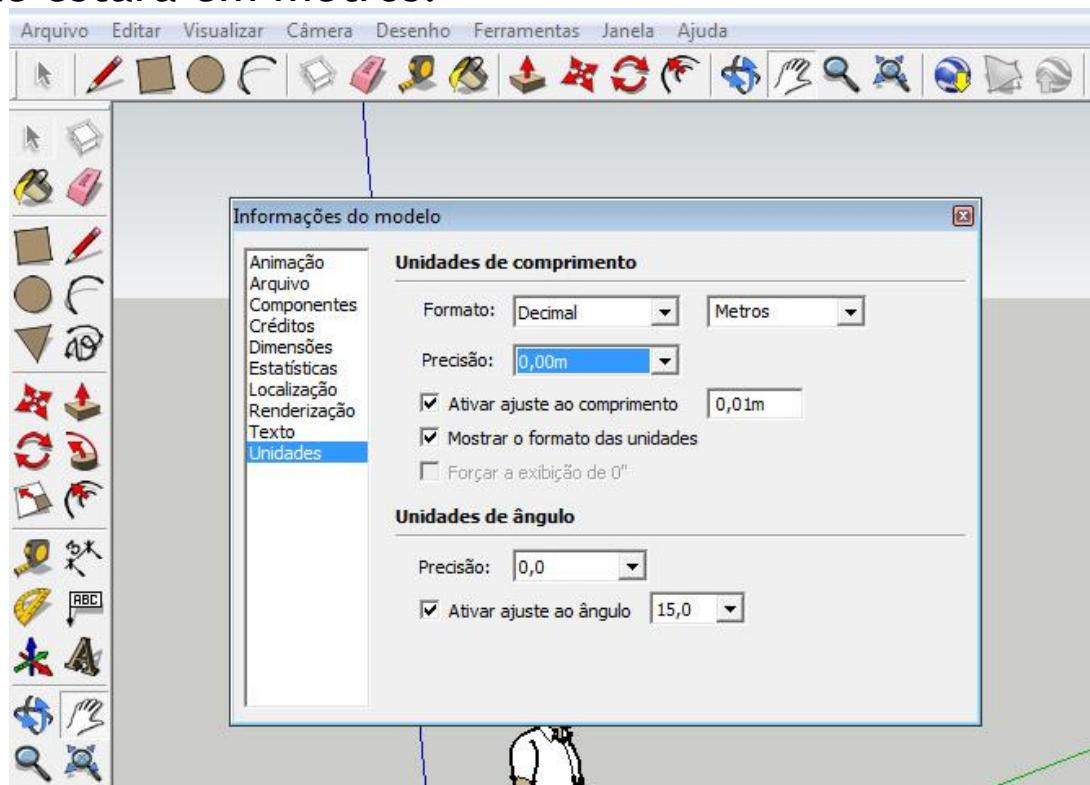
## Interface do programa SketchUP



A figura 1 mostra a interface do software e destaca a ferramenta “Window” que permite acessar o controle das unidades de medidas a serem utilizadas no processo de modelagem.

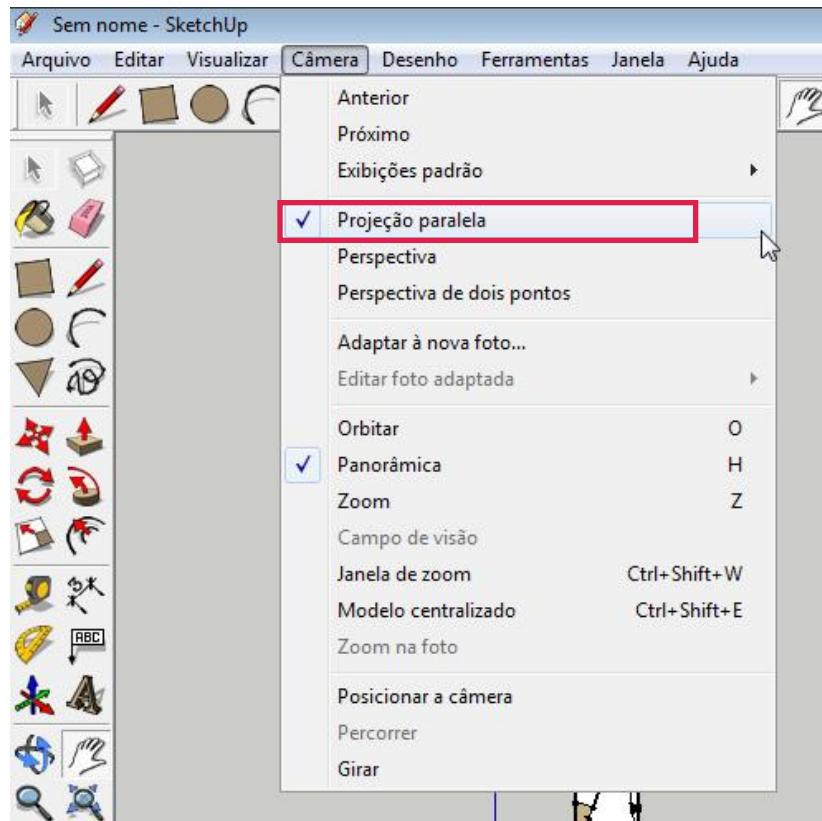
**Configuração das unidades de medida:** Primeiramente vá em **Window > Model Info** e modifique as configurações de unidades em Units.

É provável que seu ambiente de trabalho esteja no sistema de polegadas, portanto selecione em **Format>Decimal** e modifique de “Inches” para “**Meters**”, Modifique a precisão para **0,00**. Basta fechar esta janela e seu ambiente estará em metros.

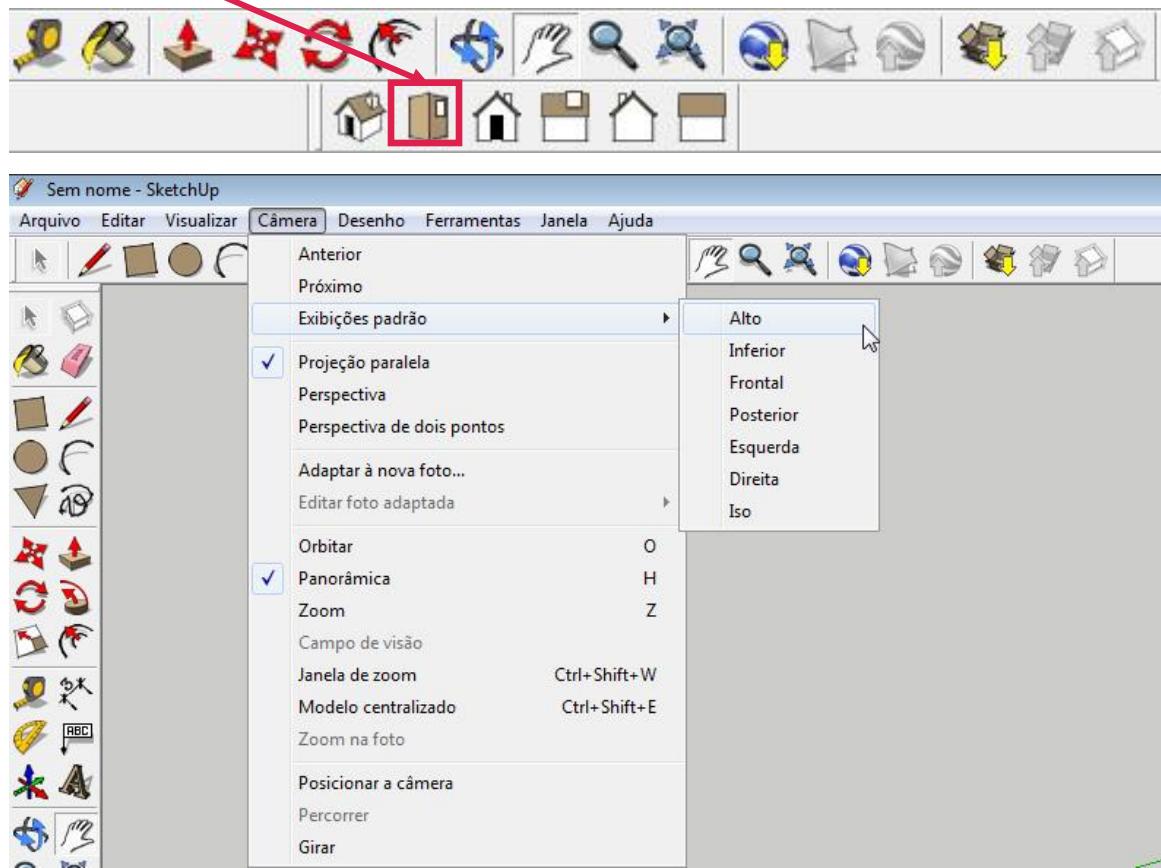


Para a modelagem se utilizarão os parâmetros de um modelo digital o qual está disponível no 3d warehouse.

Com o modelo digital aberto, para melhor visualização ao se coletar estes dados, indica-se a utilização da visualização do sistema paralelo de projeção, o qual pode ser acessado no menu **Camera>Paralel Projection**.



Após, seleciona-se, em **Camera>Standard Views**, o tipo de vista paralela que se quer visualizar. Neste exemplo, seleciona-se inicialmente a vista de topo (Top).



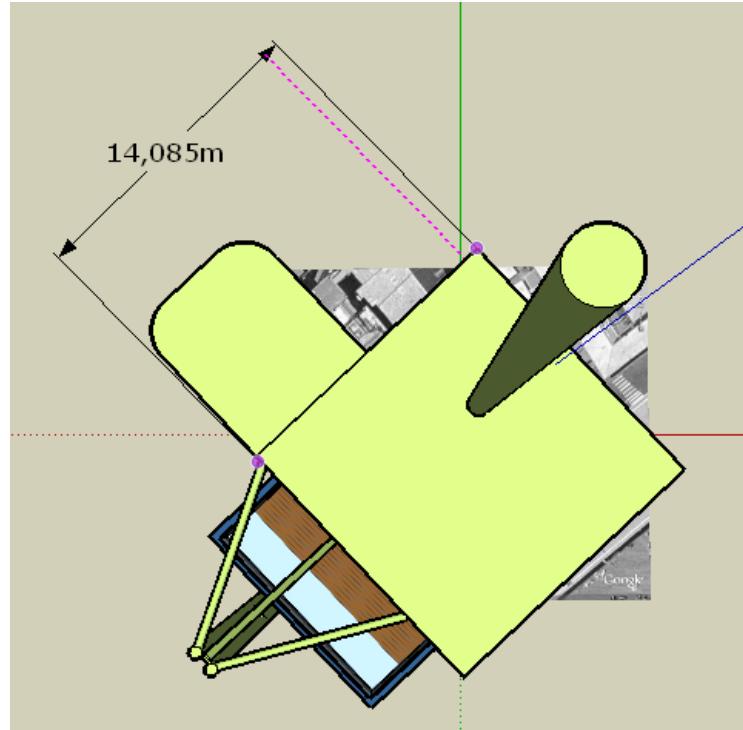
Para obter as dimensões do cubo, faz-se a medição com a ferramenta **Tape Measure** ou a ferramenta **Dimension**, do menu lateral de ferramentas.



Tape  
Measure



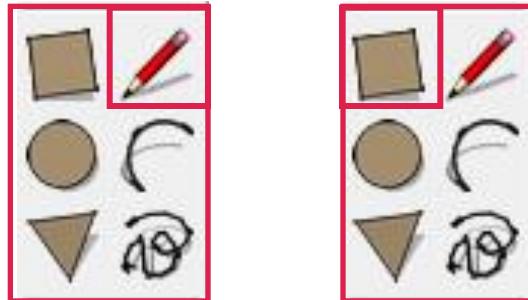
Dimension



Clicando-se em dois pontos extremos de uma das arestas do cubo, obtém-se assim as dimensões de largura, profundidade e altura.

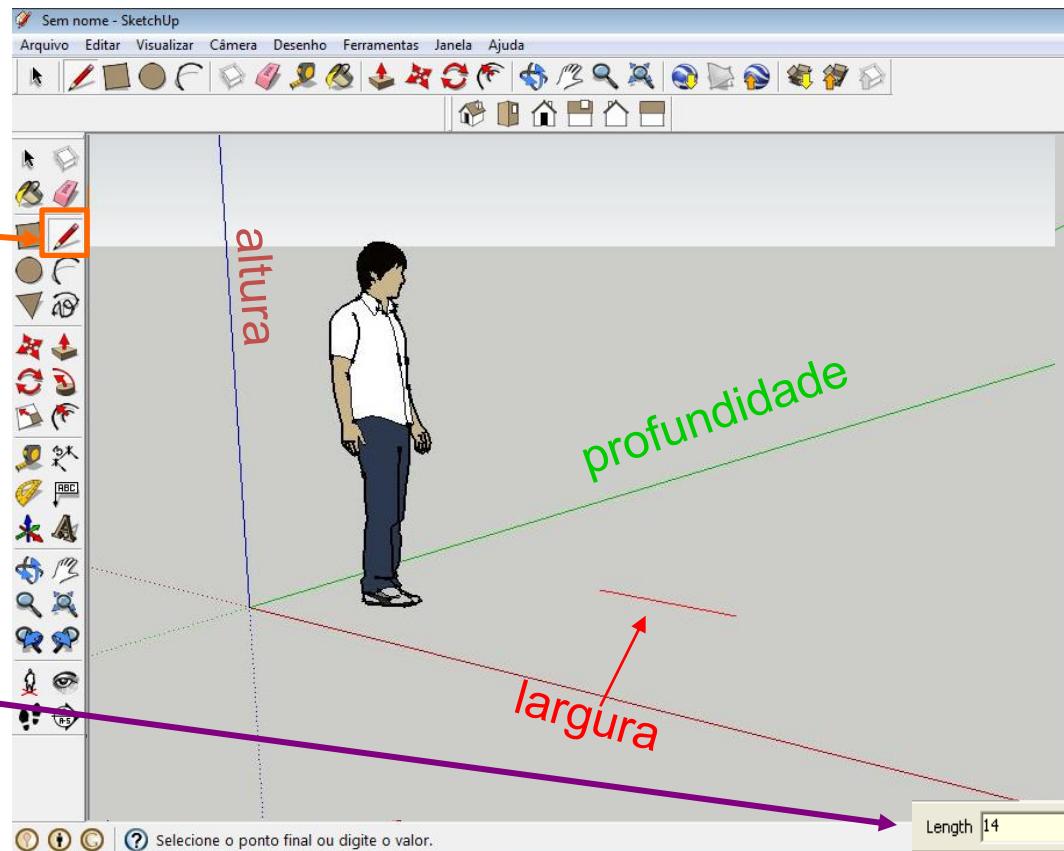
A partir das dimensões do cubo de  $14 \times 14 \times 14$  m, se faz a representação de um polígono quadrado, para após realizar-se a extrusão deste polígono.

O polígono deve ser construído a partir de linhas com a ferramenta **line**, ou através de um retângulo, com a ferramenta **rectangle**.



## Atividade 1: exemplo de modelagem

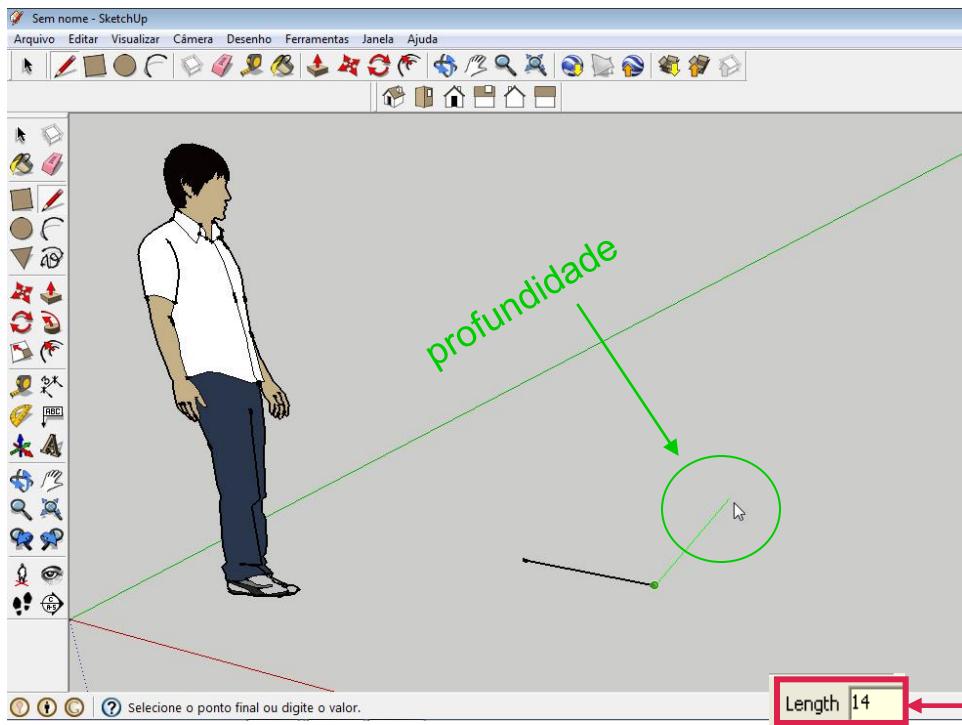
Utilizando a ferramenta **line** basta clicar em algum ponto da tela. Após o clique note que conforme mexemos o mouse o valor do tamanho do segmento de reta a ser traçado se altera. Este valor está sendo informado automaticamente (com o teclado) em “**Length**”, no canto inferior direito, onde podemos observar a medida dada.



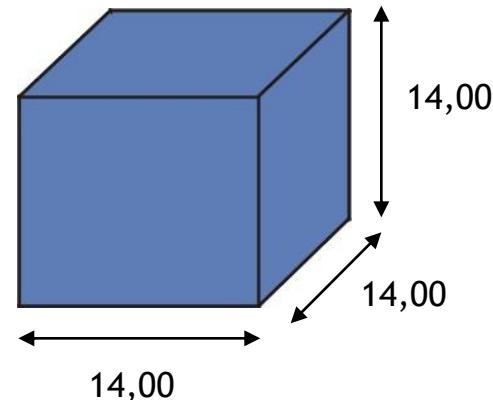
As linhas azul, verde e vermelho são os eixos de referência que indicam a direção.

É importante que ao mexer o mouse para realizar o traçado, essa linha assuma a cor da direção que se deseja.

Continue o desenho da base (no caso 14,00 x 14,00 m) utilizando a ferramenta **line**, observando o paralelismo de acordo com a cor.



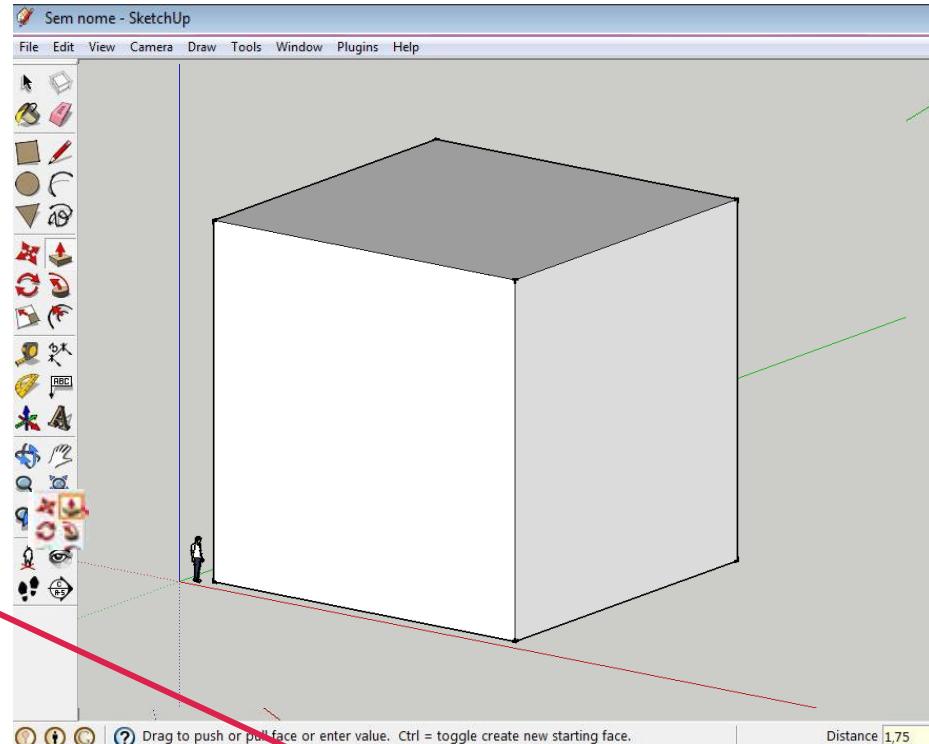
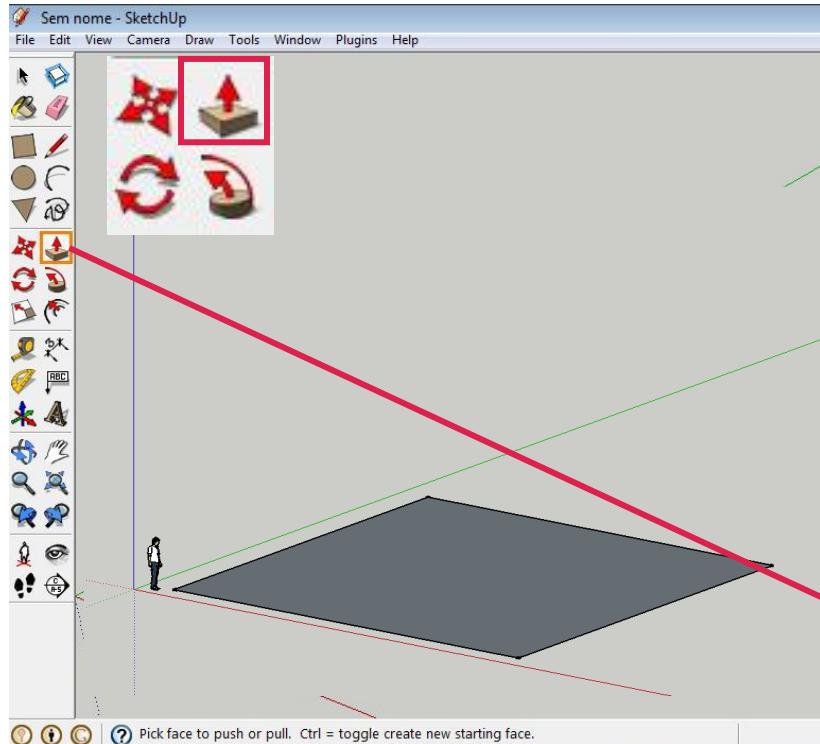
Objeto a ser representado



Observe que a visualização padrão do programa é o de perspectiva cônica, em que retas paralelas podem estar representadas como concorrentes, caracterizando um ponto de fuga. Mude a visualização (**câmera**) para o **sistema paralelo de projeção**.

link: [Controle de visualização no SketchUP](#)

# Atividade 1: exemplo de modelagem

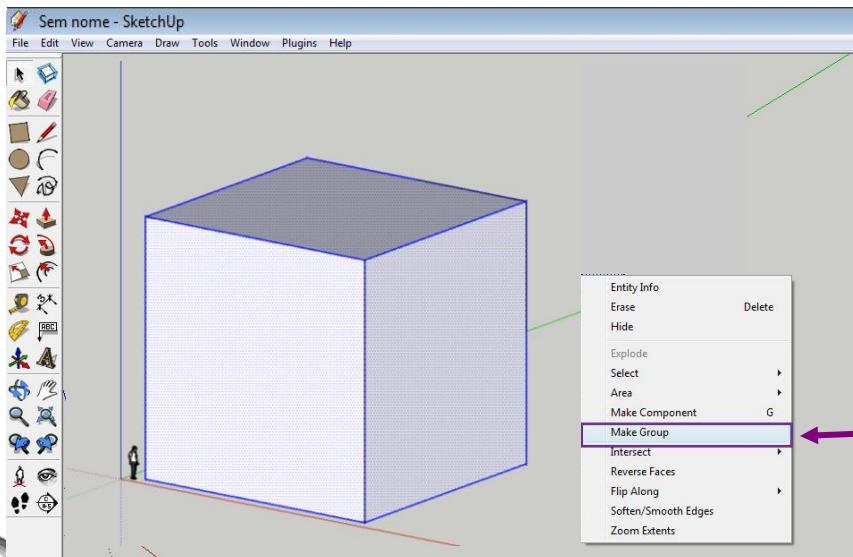
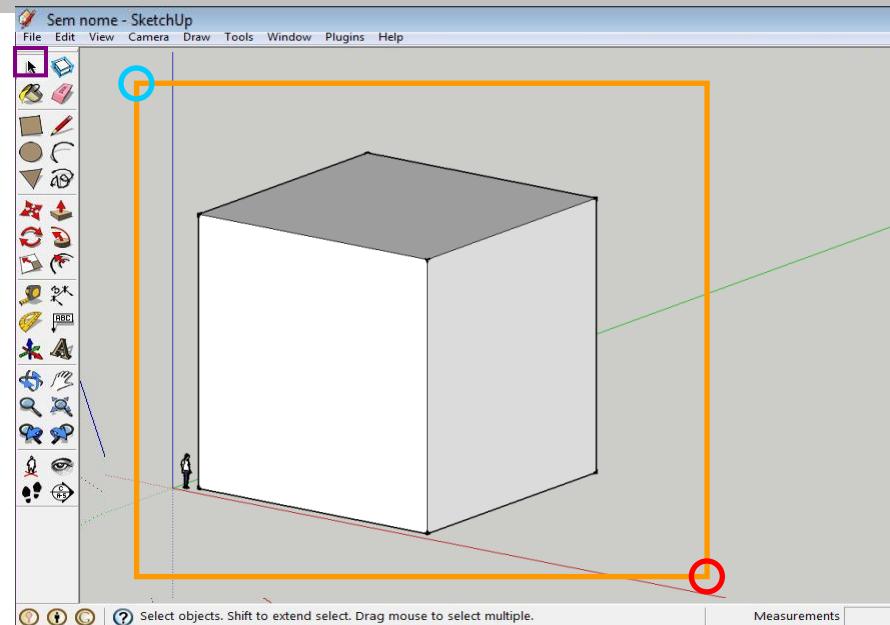


Após desenhar a base, clica-se na ferramenta **Push/Pull** e com ela selecionada, vá com o mouse até o retângulo e clique sobre o mesmo movendo o mouse para cima. Digite o valor desejado (no caso 14 m) e confirme com “Enter”.

# Atividade 1: exemplo de modelagem

Para facilitar o processo de modelagem, que utilizará este poliedro como ente geométrico básico, agrupam-se as suas faces.

Selecionando a ferramenta **Select**, clica-se em um ponto a esquerda e acima do objeto (azul) traçando um **retângulo de seleção representado em laranja** indo até a direita abaixo do objeto (vermelho).

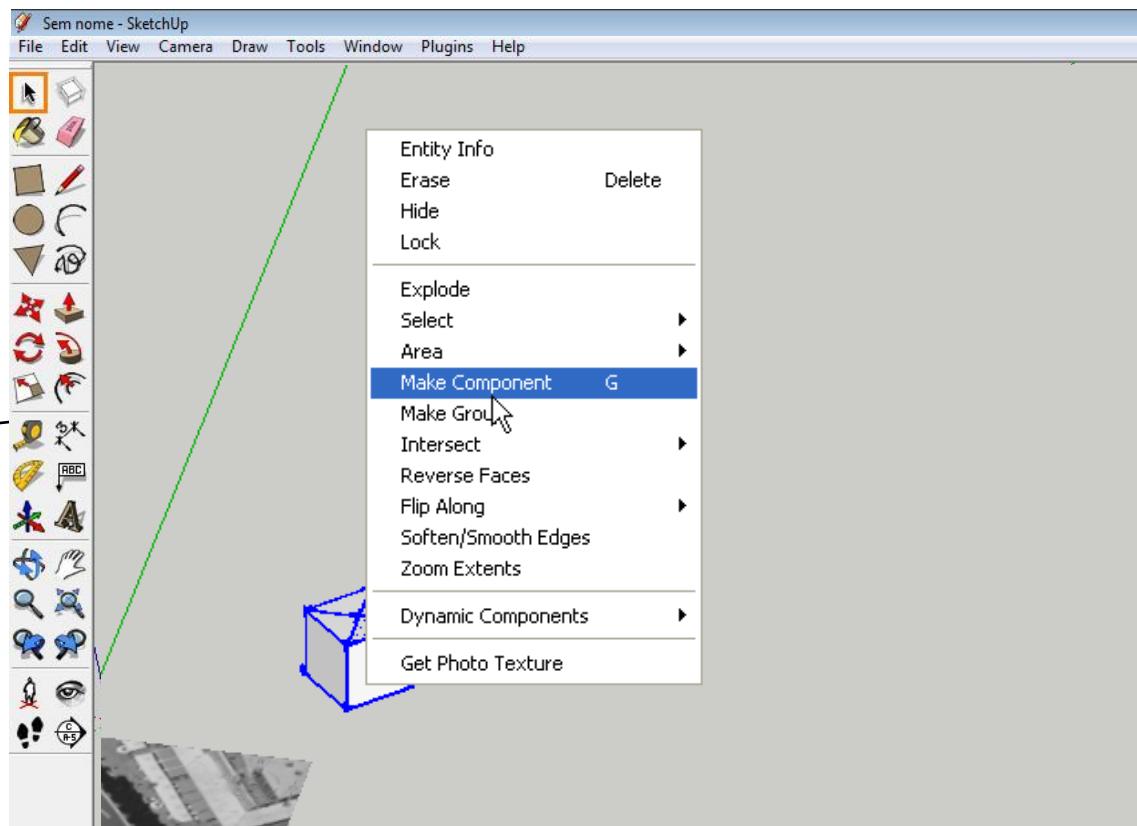


Com a figura selecionada clica-se no botão direito do mouse, abrirá a caixa como mostra ao lado e seleciona-se **Make a group**.

Agora transforma-se este cubo em um componente, para facilitar sua manipulação durante a modelagem.

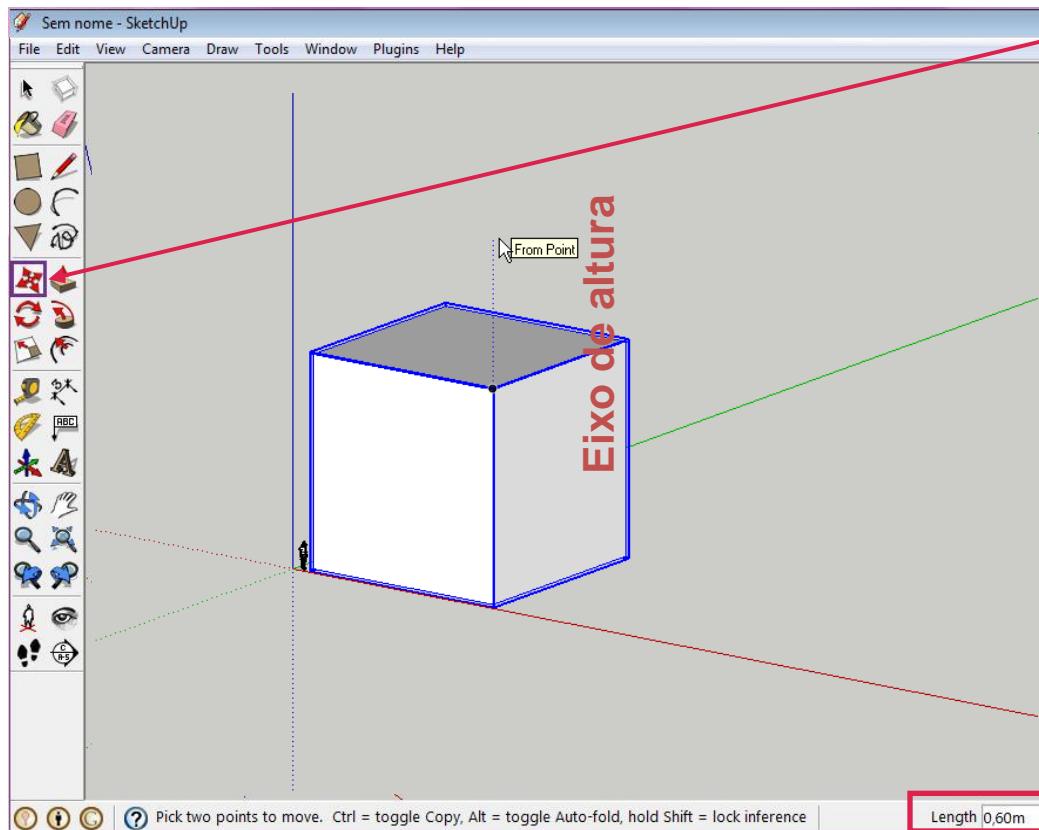
Utiliza-se a ferramenta **select** e seleciona-se o sólido com o botão direito do mouse, abrindo uma caixa para então selecionar-se **Make Component**.

Assim o sólido ficará em uma biblioteca do programa.



## Transformações Geométricas: Movimentos de Translação e de Rotação

## Translação

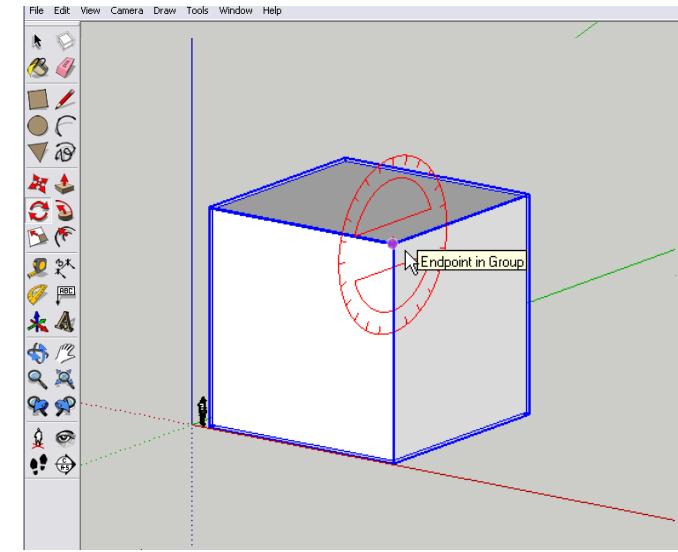
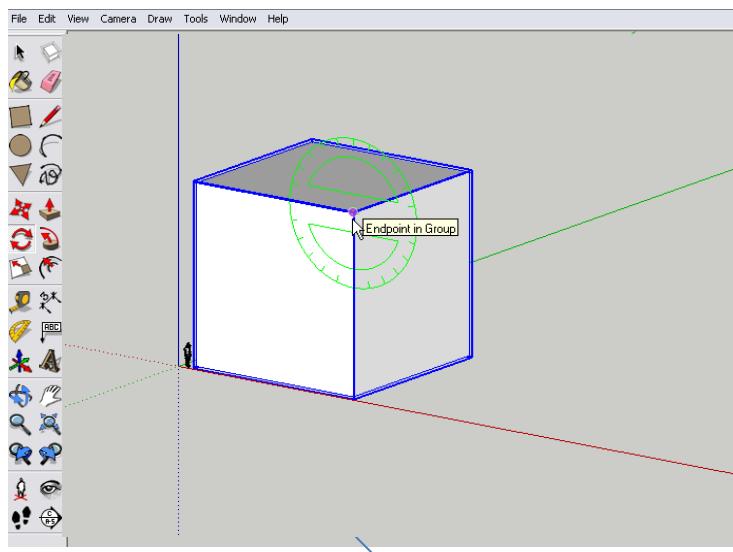
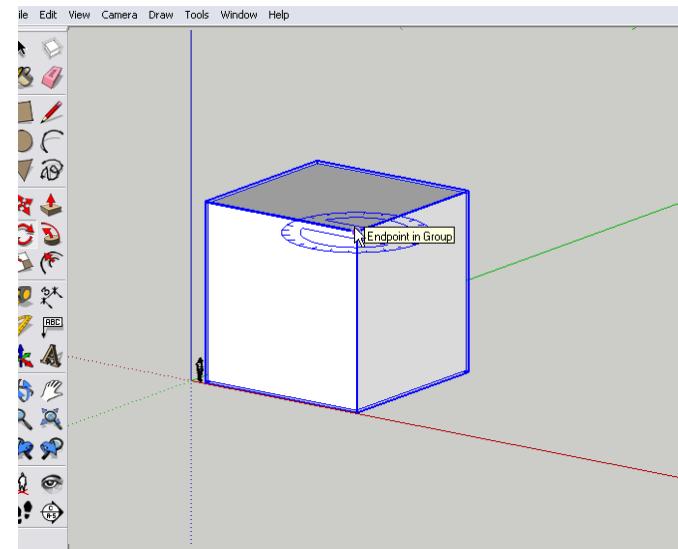


Seleciona-se a ferramenta **Move** e clica-se no objeto, movendo o mouse na direção desejada, para garantir o sucesso do movimento. Para tanto move-se apenas nos três eixos (um de cada vez). O parâmetro de quantidade de movimento, assim como para outras transformações, pode ser indicado pelo teclado com números em metros e digitando-se ENTER.

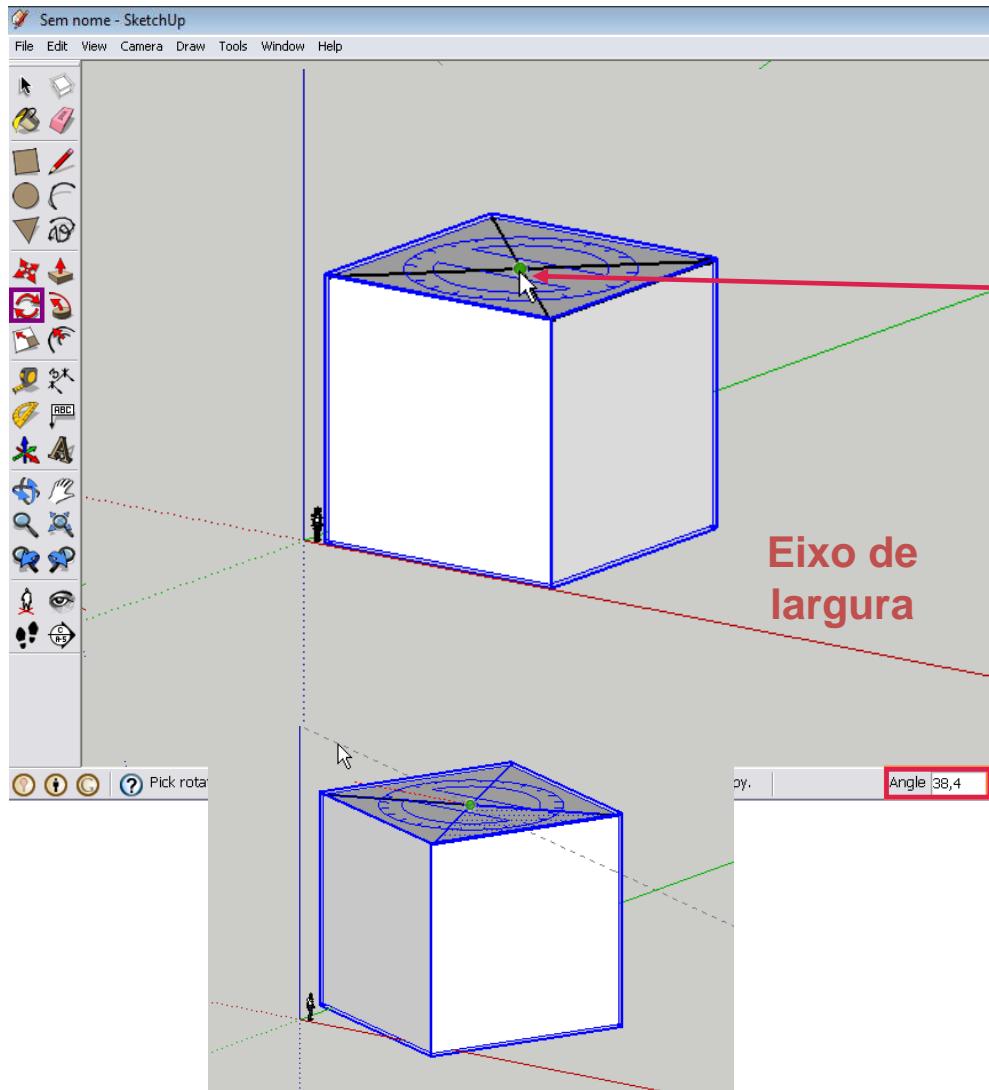
Como mostra a imagem ao lado há um movimento no eixo da **altura**, o qual pode ser atribuído **um valor na caixa de diálogo**.

## Movimento de rotação

Para realizar um movimento de rotação, seleciona-se a ferramenta **Rotate** e o objeto que será rotacionado. Dependendo de que face do poliedro será colocado o transferidor, a rotação se dará em uma direção ou outra, utilizando o eixo de sua cor. O eixo de rotação é perpendicular a base do transferidor.



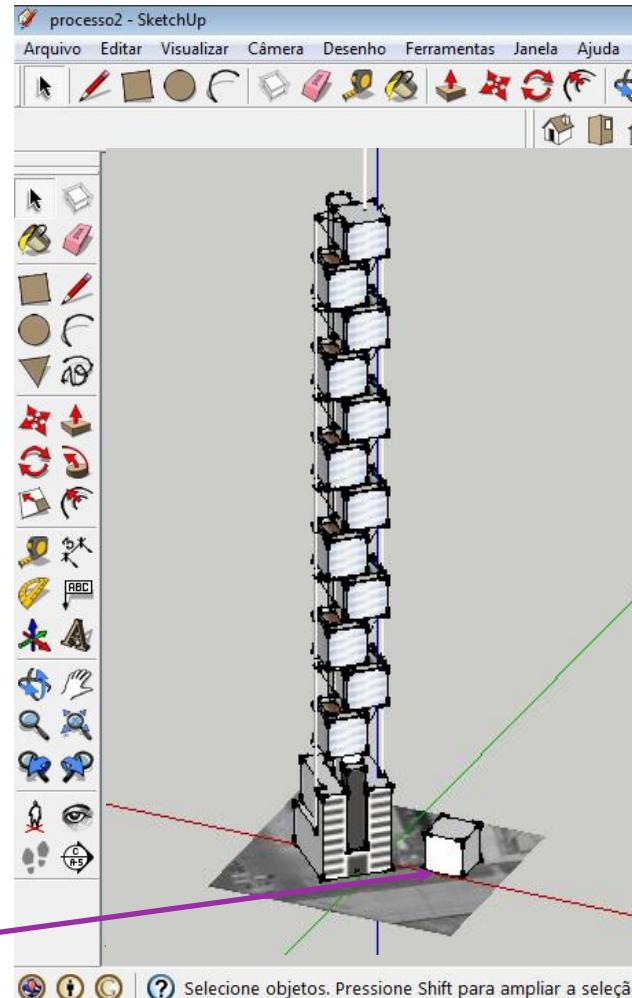
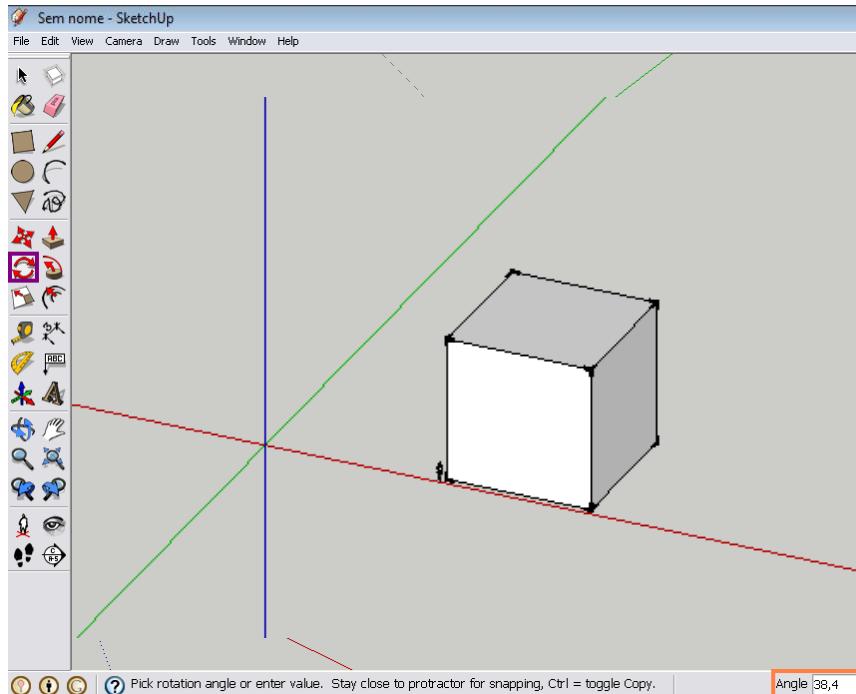
# Atividade 1: exemplo de modelagem



Depois de selecionar a face é necessário estabelecer o ponto que é o **centro** de rotação (com um clique no ponto central) e logo após um outro ponto que esteja na linha do plano do esquadro, neste caso perpendicular ao eixo de rotação. Gira-se com o mouse ou digita-se o ângulo desejado no teclado.

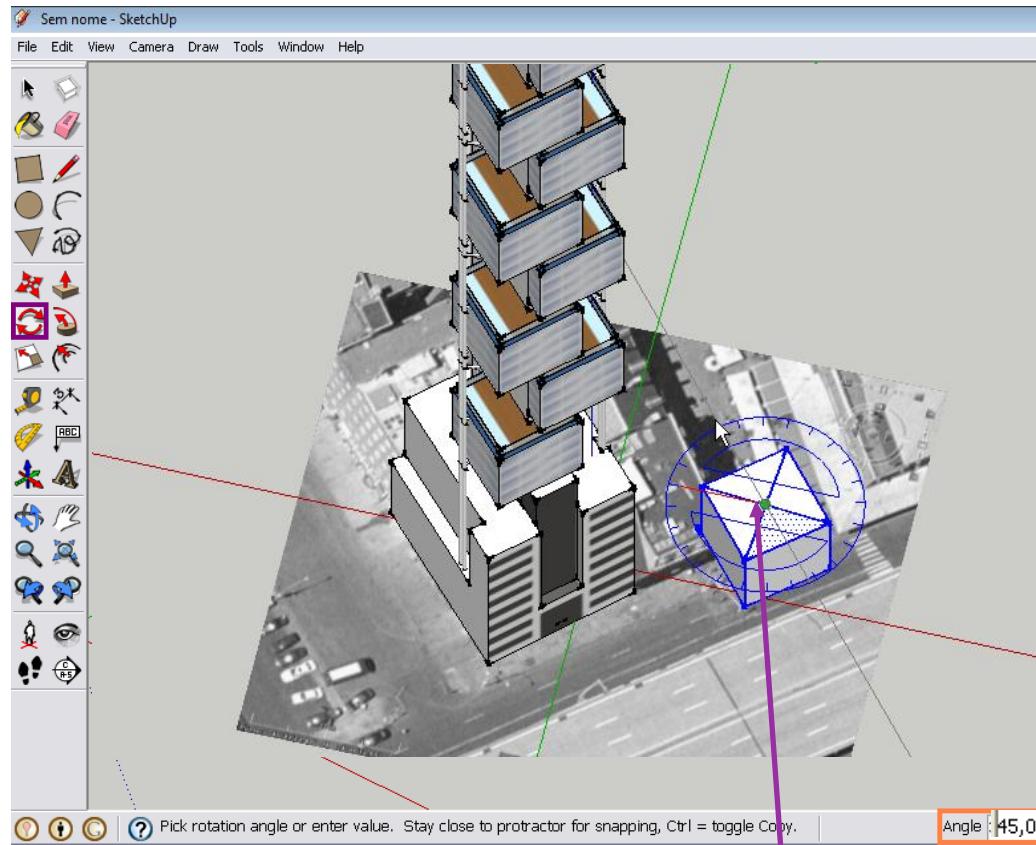
No exemplo ao lado foi utilizado um ângulo de rotação de  $45^\circ$ .

# Atividade 1: exemplo de modelagem



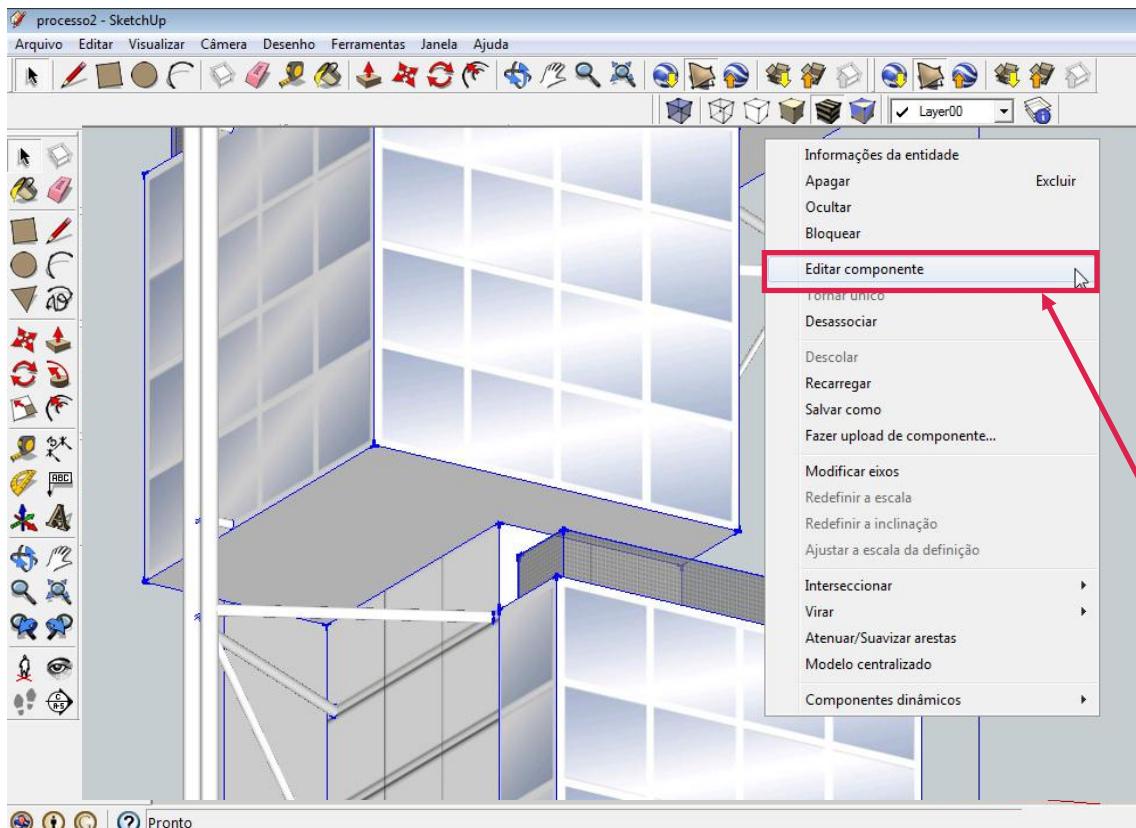
Com a unidade fundamental modelada (cubo) deve-se importar o modelo tridimensional do South Street Tower, para que se possa buscar os parâmetros para a modelagem. Inicialmente deve-se mover o cubo no eixo x, de modo que fique **afastado do eixo da origem**. Após clica-se em **Arquivo>Importar** e seleciona-se o arquivo desejado. Logo ele é inserido no espaço de modelagem.

## Atividade 1: exemplo de modelagem



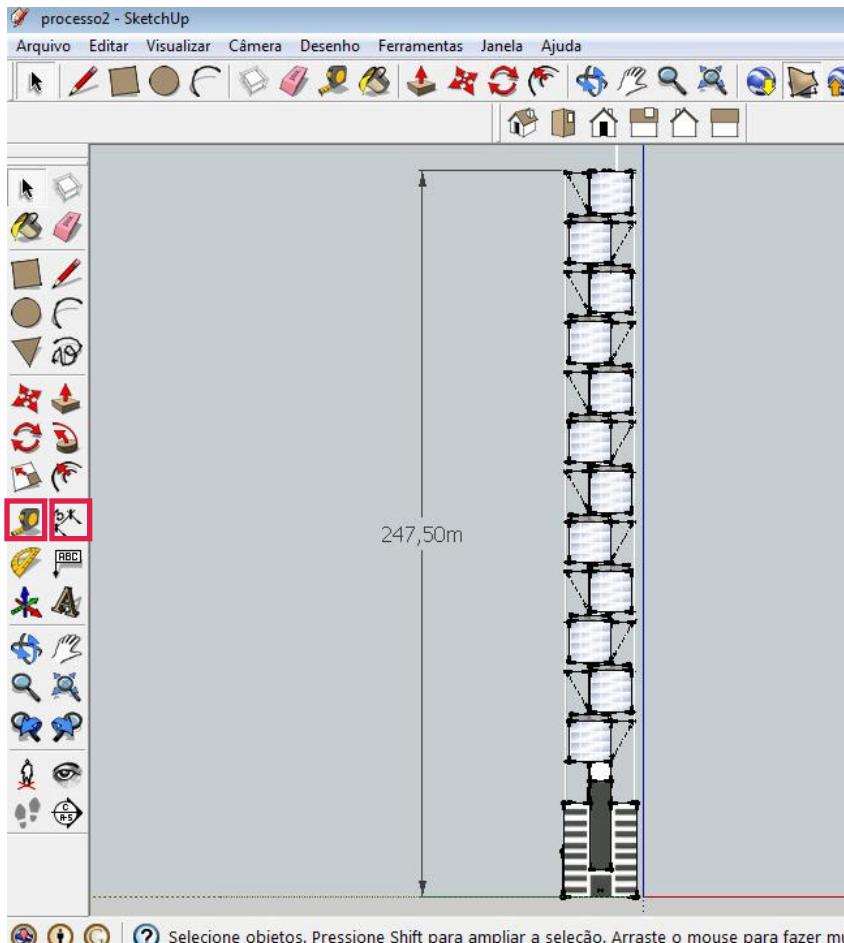
Para iniciar o processo de modelagem, deve-se rotacionar o **cubo a  $45^\circ$** , em torno de seu eixo “z”. Marcam-se as **diagonais da face superior do cubo** e utiliza-se o ponto de encontro das diagonais como ponto do eixo de rotação. Este ponto será o centro da rotação a ser aplicada.

## 1. Obtenção das dimensões de largura, profundidade e altura do modelo



Para facilitar a seleção dos pontos para a medição, **edita-se** o componente.

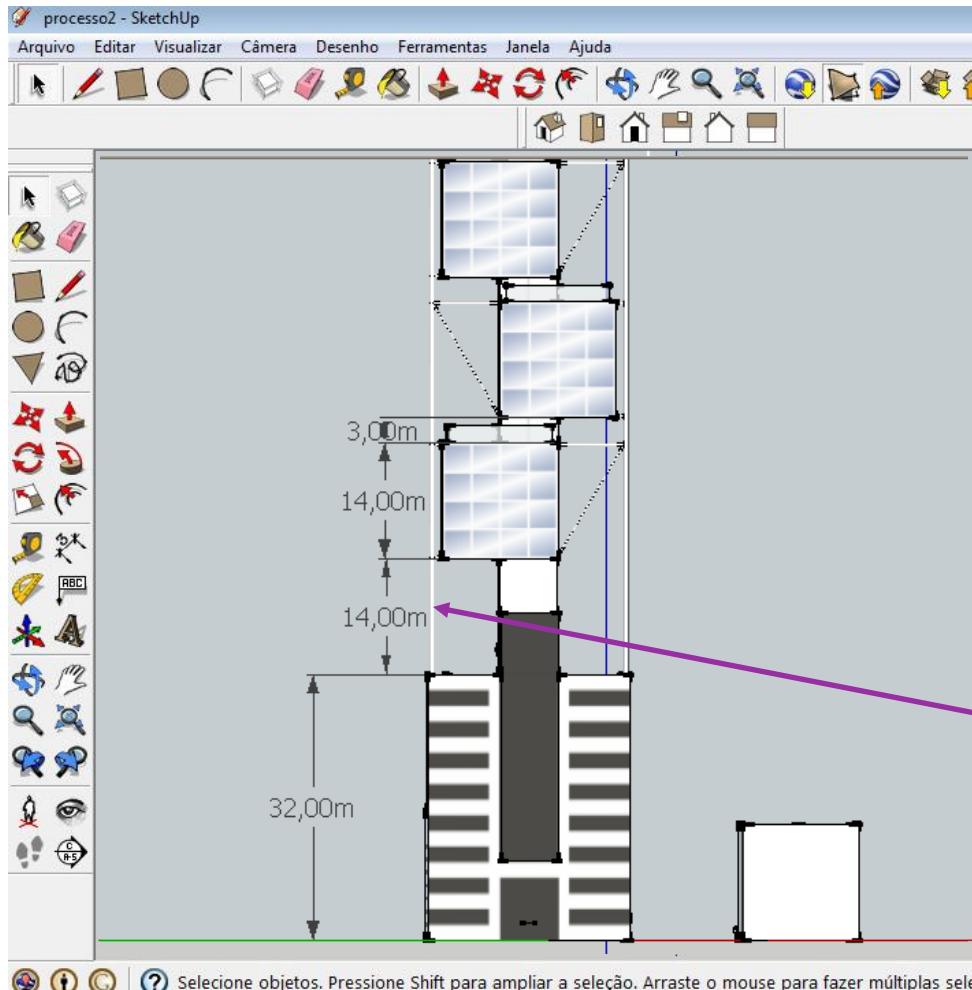
## 1.1. Obtenção das dimensões de altura do modelo



Em vista ortogonal, busca-se o ponto de visualização em que a face do cubo apresente-se paralela a tela. Utiliza-se a ferramenta **measure** ou **dimension** para medir a altura total do modelo.

Obtém-se também as dimensões de afastamento vertical e de deslocamento horizontal entre os cubos que compõem cada um dos módulos (andares).

## 1. 2. Obtenção das dimensões altura e deslocamento .2do modelo

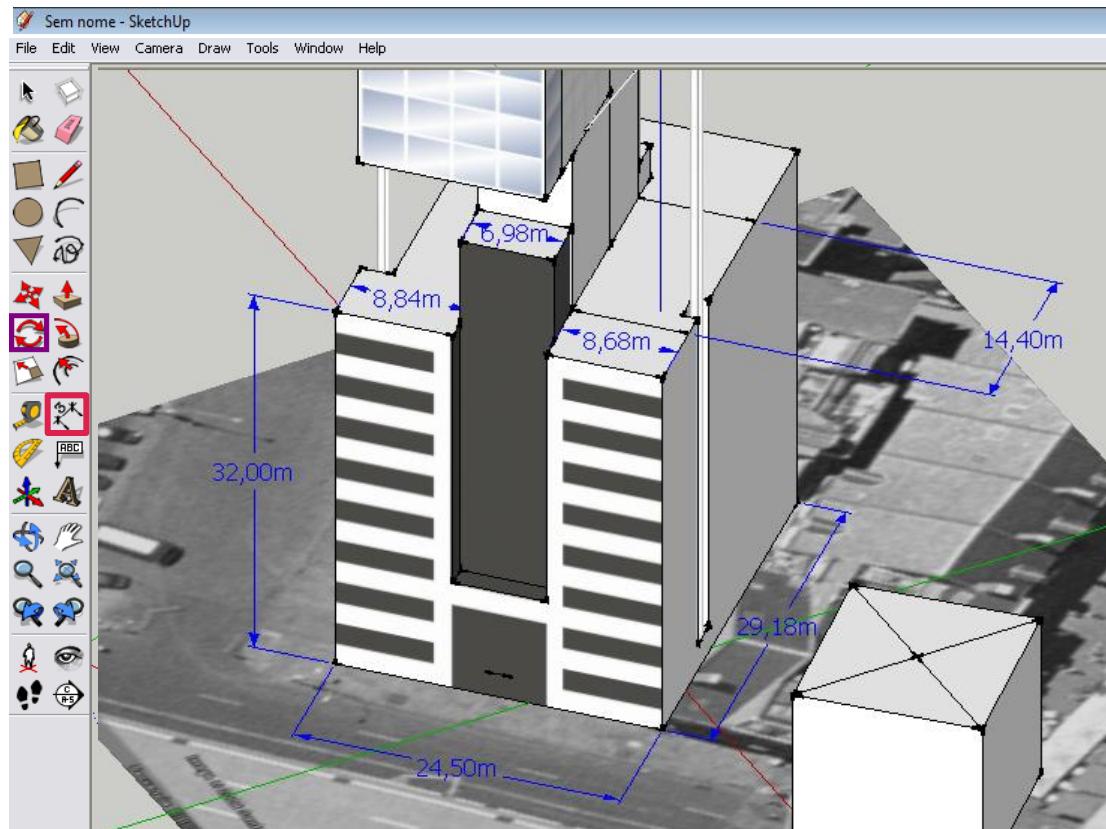


Obtém-se as dimensões de altura e de deslocamento vertical entre os blocos, e da altura da base do modelo.

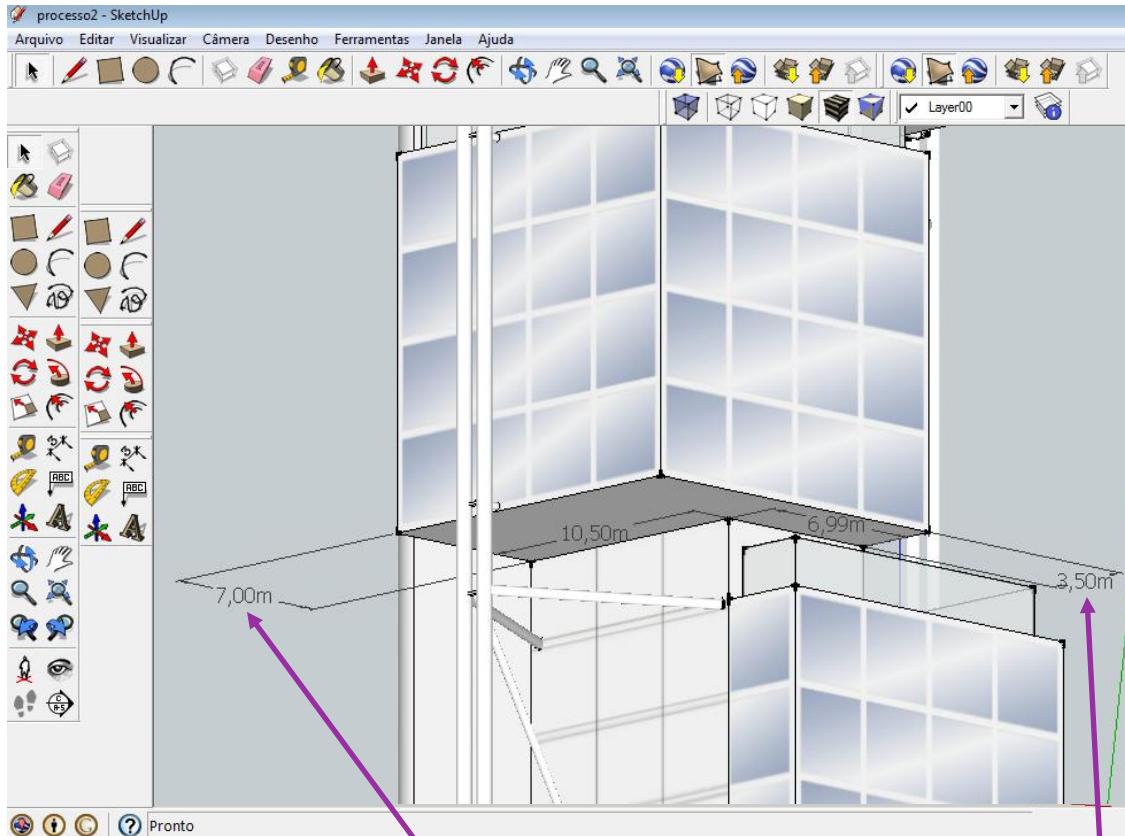
Observe que o primeiro elemento cubo está localizado a **46 m de altura** (32 + 14 m).

## 1.3. Obtenção das dimensões de largura, profundidade e altura da base do modelo

Obtém-se as dimensões de largura e de profundidade da parte inferior do modelo (elemento da base).

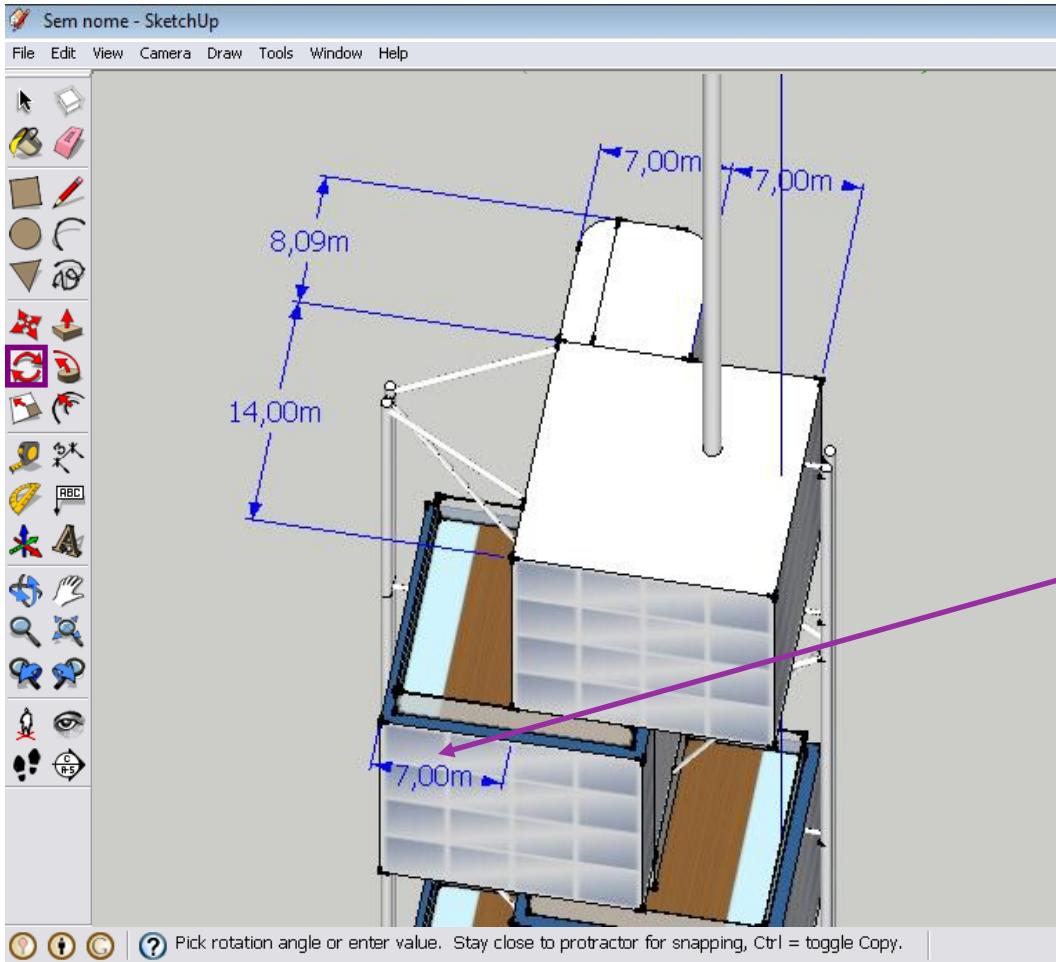


## 1.4. Obtenção das dimensões de deslocamento dos blocos do modelo



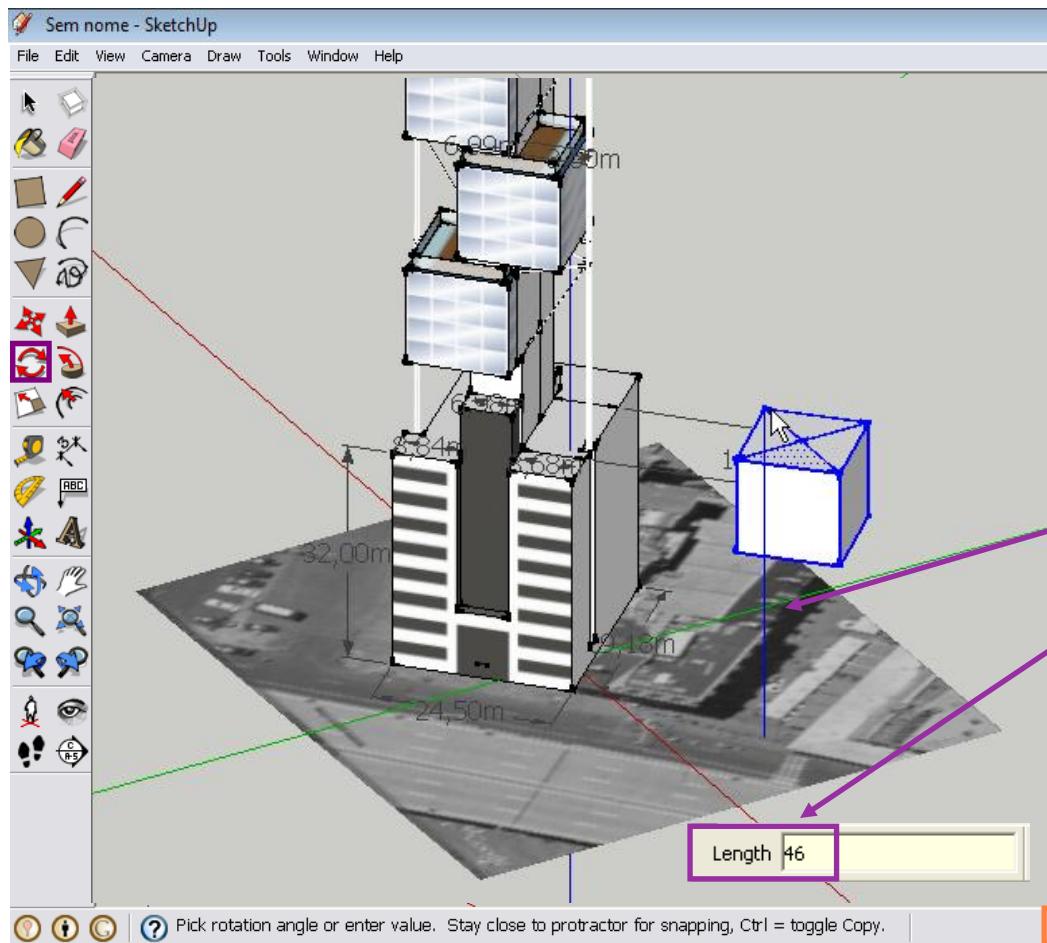
Obtém-se também as dimensões de largura e profundidade atribuídas para o **deslocamento de um bloco em relação ao outro no eixo horizontal** ( $=7,00\text{ m}$ ) e também em relação ao prisma central ( $=3,50\text{m}$ ).

## 1.5 Obtenção das dimensões de largura e profundidade da parte superior do modelo



Dimensões da largura e profundidade do bloco superior e de seu **deslocamento em relação ao bloco que está logo abaixo.**

## 2. Modelagem dos elementos que formam os andares do edifício

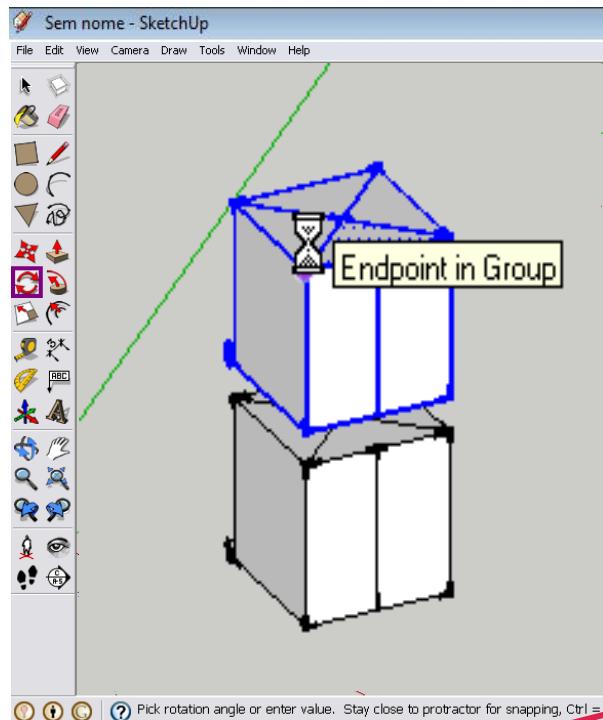


Depois de obtidas as medidas inicia-se o processo de modelagem.

Primeiro deve-se mover o cubo que é o elemento básico da modelagem no eixo z, localizando-o a **46 m de altura**.

Para continuar o processo de modelagem, é conveniente afastar o cubo horizontalmente do modelo importado.

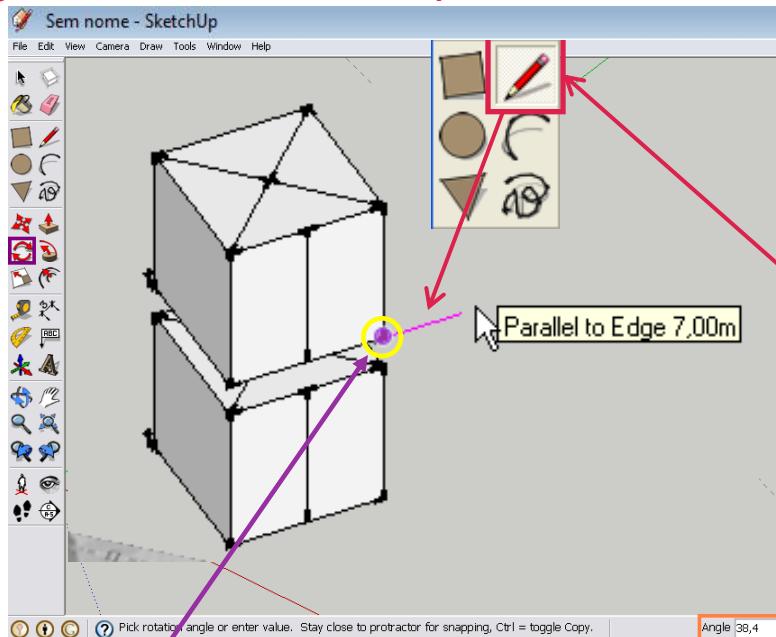
## 2. Modelagem dos elementos que formam os andares do edifício



Para compor os cubos que formam os andares do edifício basta fazer **cópias** e **movimentos de translação** do cubo inicialmente modelado. Para isso utiliza-se a ferramenta **Move** e com o **CTRL** **acionado**, movendo-se o cubo no eixo “z”, para que o mesmo seja, ao mesmo tempo, duplicado e movido. Após, basta digitar-se a altura necessária para localizar o cubo, que nesse caso é **17 m**, correspondente a altura do primeiro cubo (14 m) adicionada do espaçamento entre eles (3m).

Length 17

## 2. Modelagem dos elementos que formam os andares do edifício



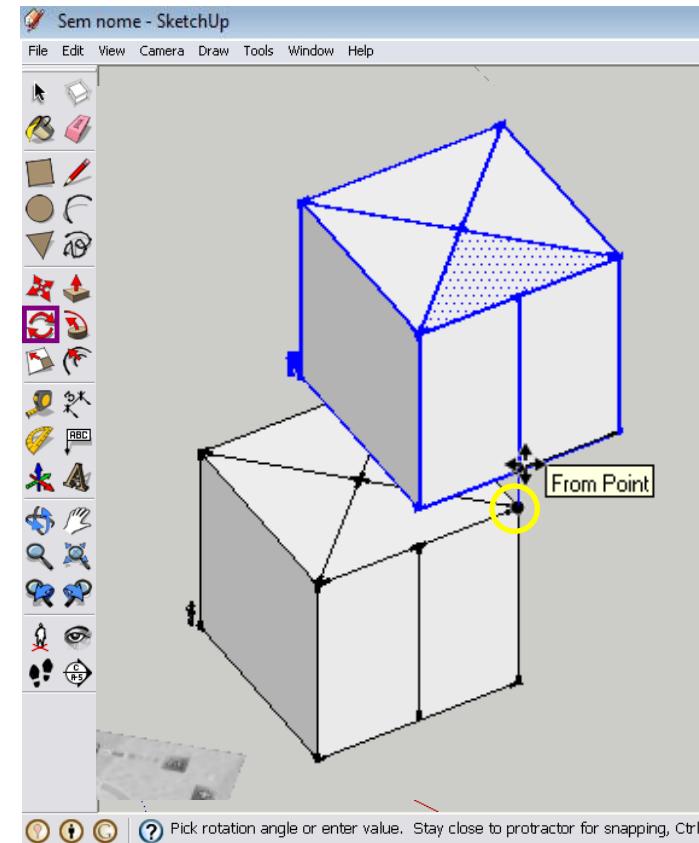
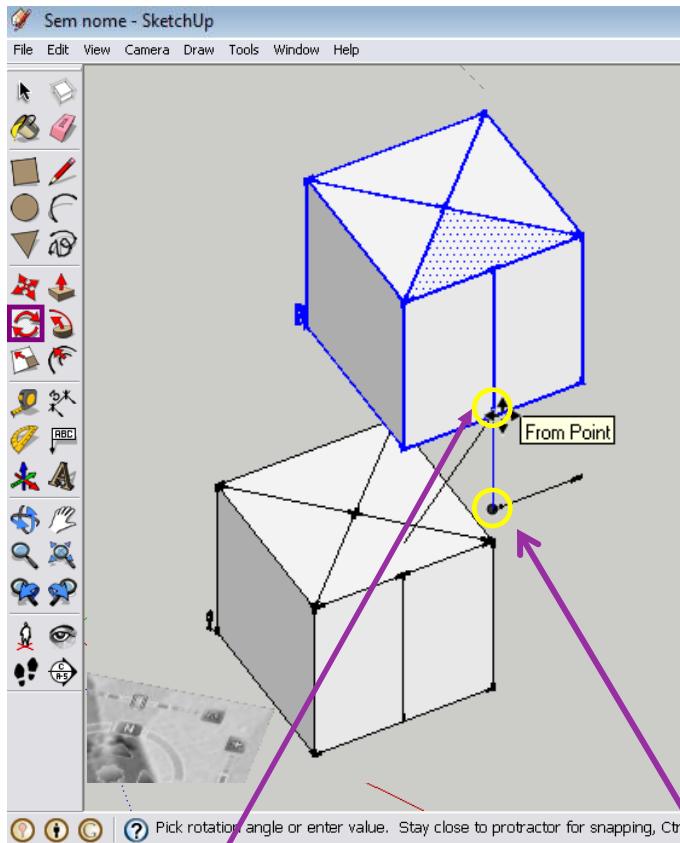
Linha auxiliar

Arrumar o valor para 7 m na caixa

Para que se move o cubo lateralmente, é necessário a construção de um linha auxiliar (translação no eixo x), devido a que o eixo de deslocamento não se encontra situado nos eixos xy, pelo fato do cubo ter sido rotacionado a 45°.

Com o comando line se constrói uma linha com 7m que tem seu início no ponto **extremo direito inferior** da face do cubo, assim demarcando os pontos de referência para a translação de 7m no eixo x, que contém esta face.

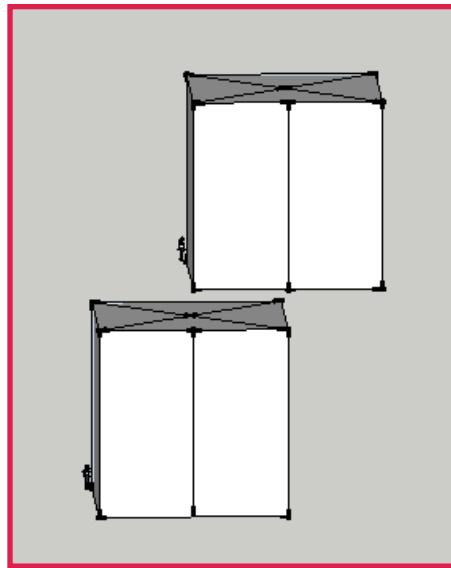
## 2. Modelagem dos elementos que formam os andares do edifício



Basta mover o cubo com o comando **move**, utilizando como referência o **ponto médio do cubo** e o **ponto inicial da linha auxiliar** que foi construída.

## 2. Modelagem dos elementos que formam os andares do edifício

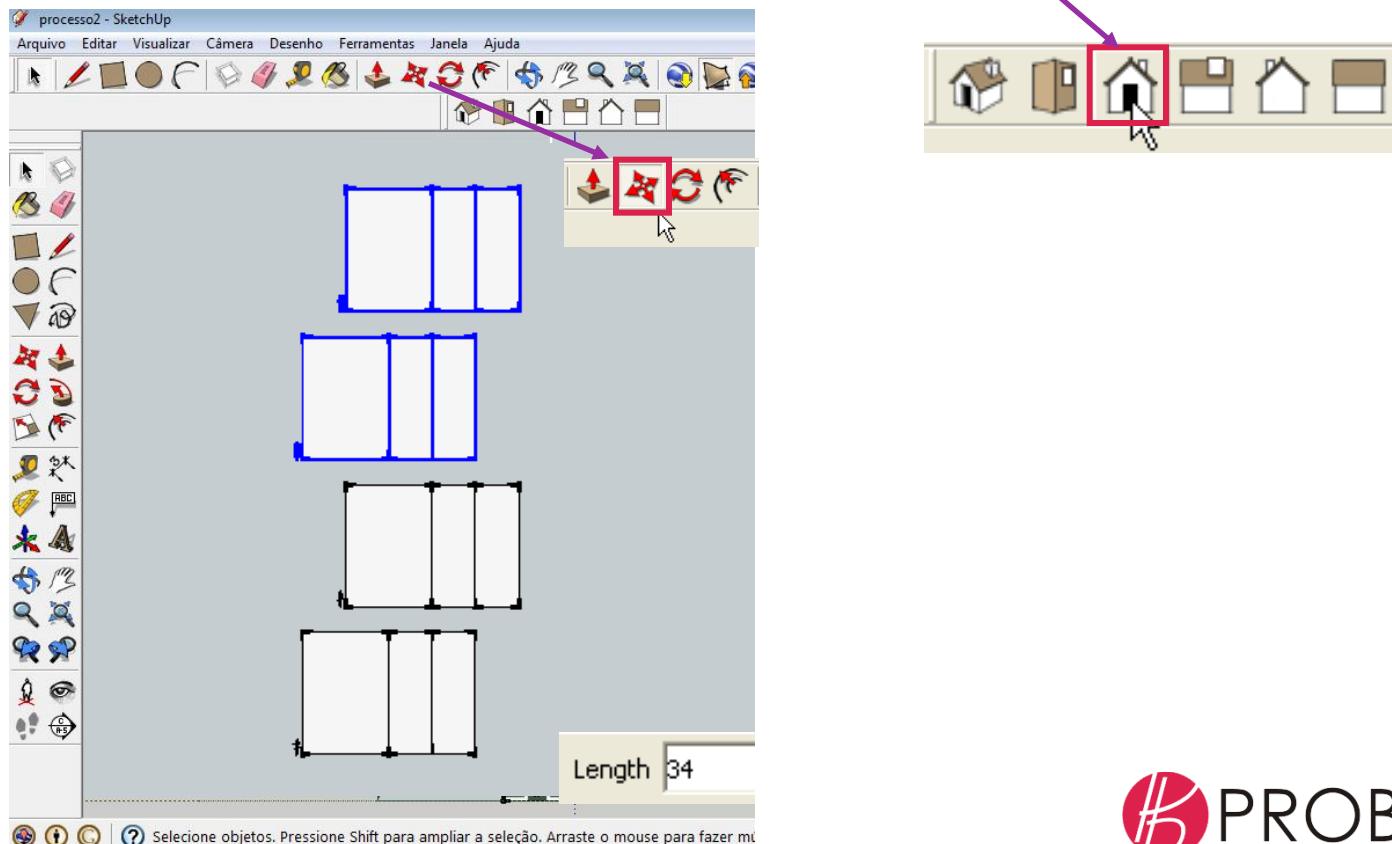
Após as transformações de **cópia** e **translação** realizadas sobre o cubo **inicial**, obtém-se o módulo básico que pode ser repetido no eixo vertical, para compor os 12 cubos do edifício.



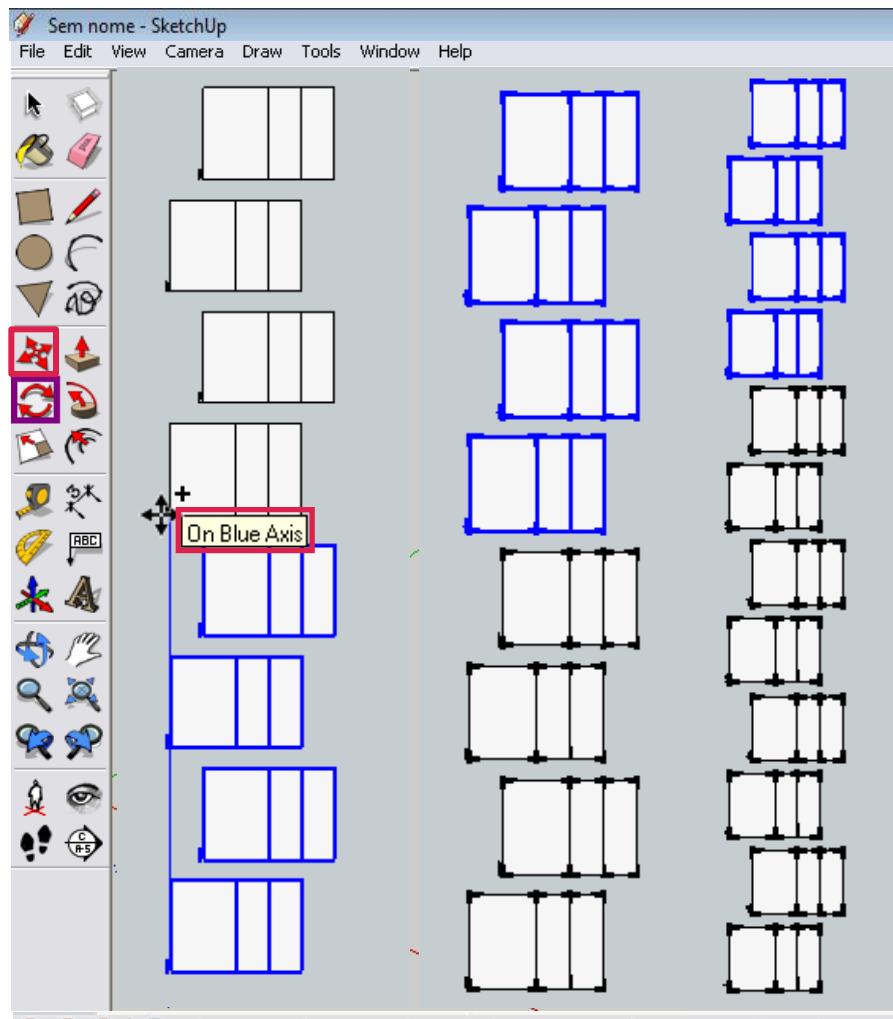
Para otimizar o processo de modelagem deve-se repetir os procedimentos de **cópia** e **translação** sobre cada conjunto de cubos obtidos, até que se componham os 12 cubos totais.

## 2. Modelagem dos elementos que formam os andares do edifício

Para realizar o processo de cópia e translação do módulo básico no eixo “z”, alterou-se o modo de visualização para a **vista frontal** e moveu-se e copiou-se os dois cubos juntos com a ferramenta **MOVE + CTRL**, deslocando-os 34 m no eixo “z”.



## 2. Modelagem dos elementos que formam os andares do edifício

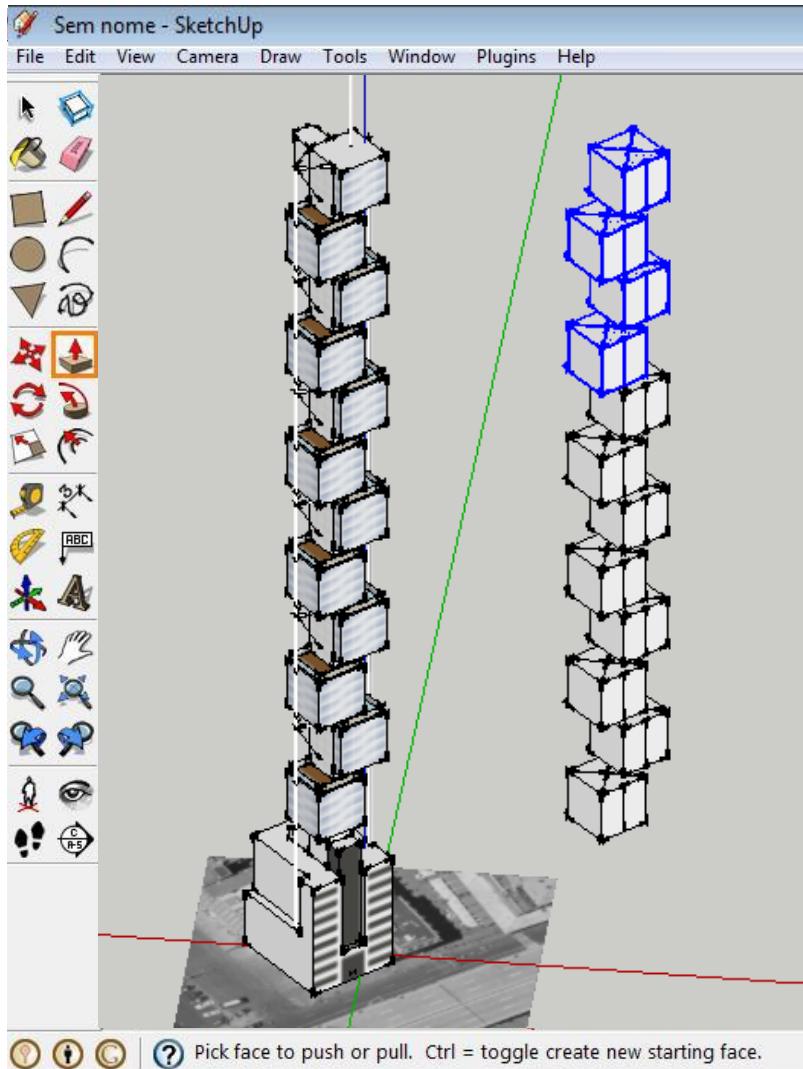


Nessa etapa do processo deve-se copiar e mover, no eixo “z” (Blue Axis), o conjunto de quatro cubos que foram obtidas nas duas primeiras etapas (a).

Neste caso o valor da translação será de 68 m.

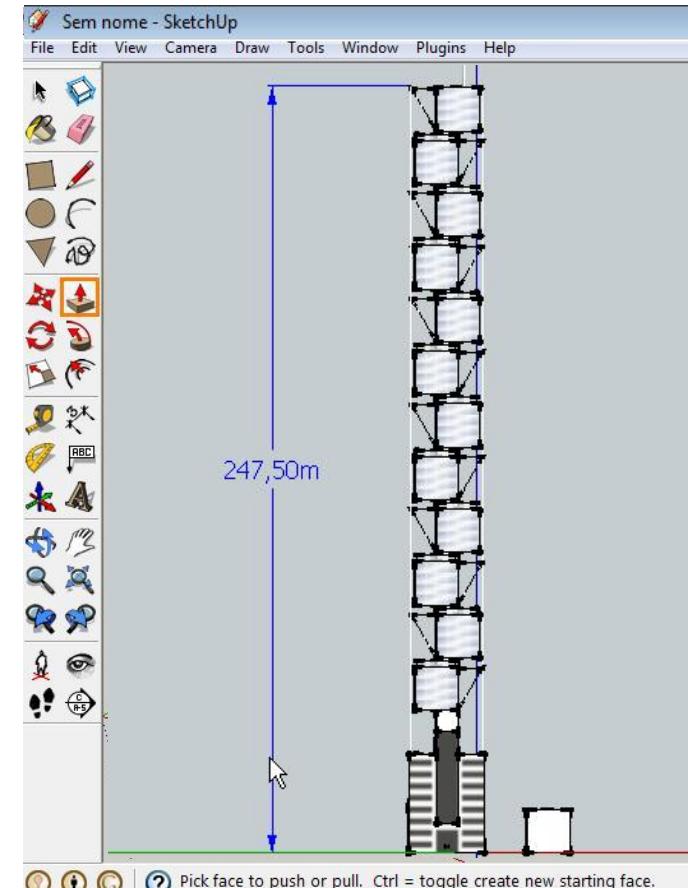
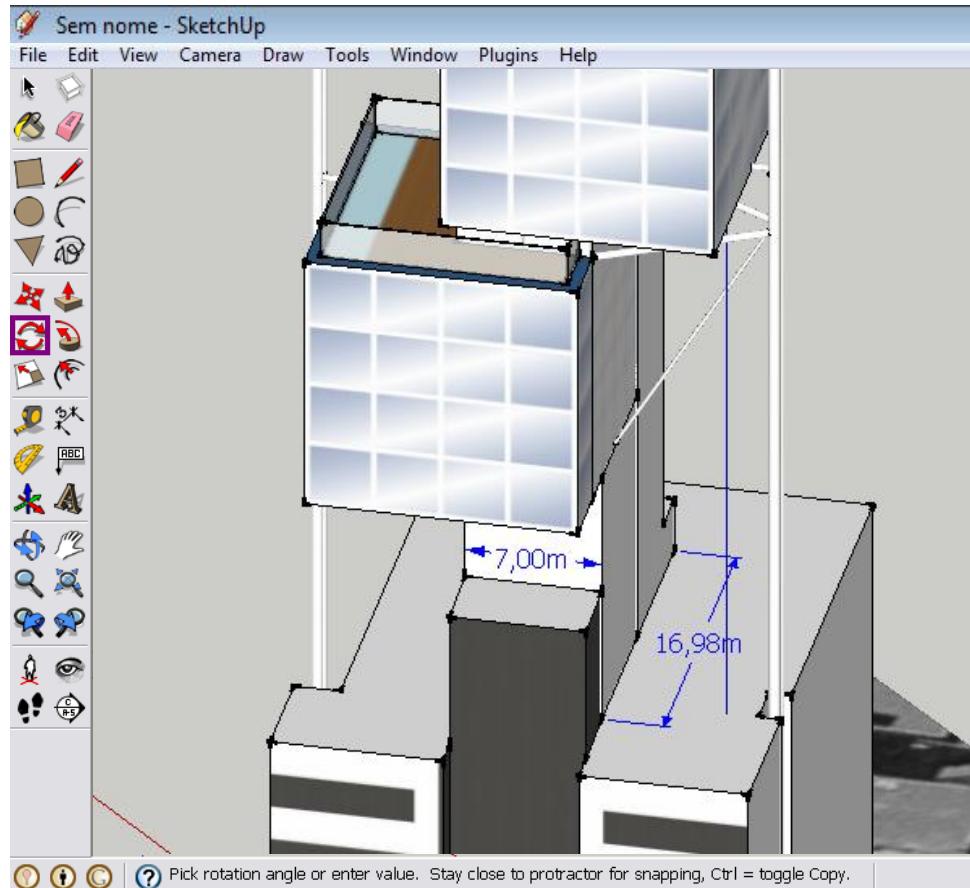
Se obtém a composição final dos cubos que formam os andares do edifício repetindo-se novamente os processos de cópia e translação da composição de quatro cubos (b).

## 2. Modelagem dos elementos que formam os andares do edifício



Obtém-se, desse modo, o resultado da modelagem dos cubos componentes do edifício South Street Tower.

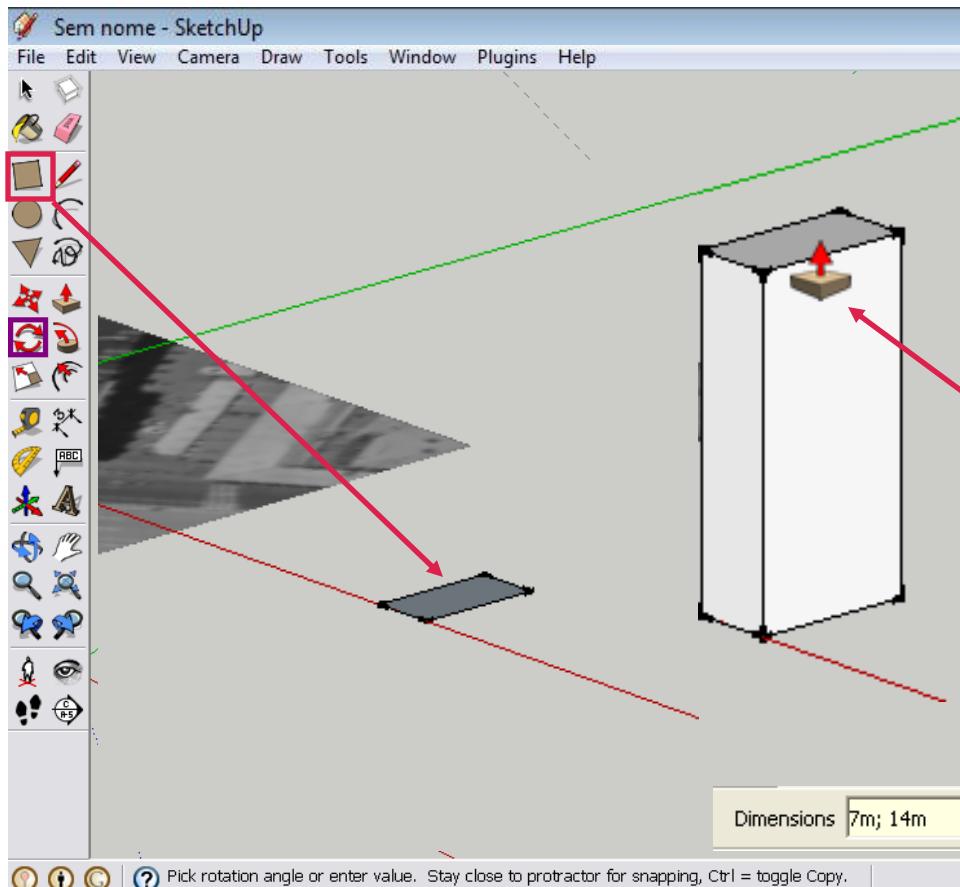
## 3. Modelagem do prisma central de articulação dos blocos (cubos)



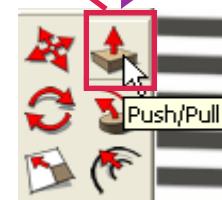
Inicialmente obtém-se as suas dimensões utilizando as ferramentas **Tape Measure** ou **Dimension**.

## 3. Modelagem do prisma central de articulação dos blocos (cubos)

Compõem-se o bloco central com um poliedro de  $7 \times 14 \times 247,5$  m. Para isso criar um polígono de  $7 \times 14$  m com a ferramenta **rectangle**.

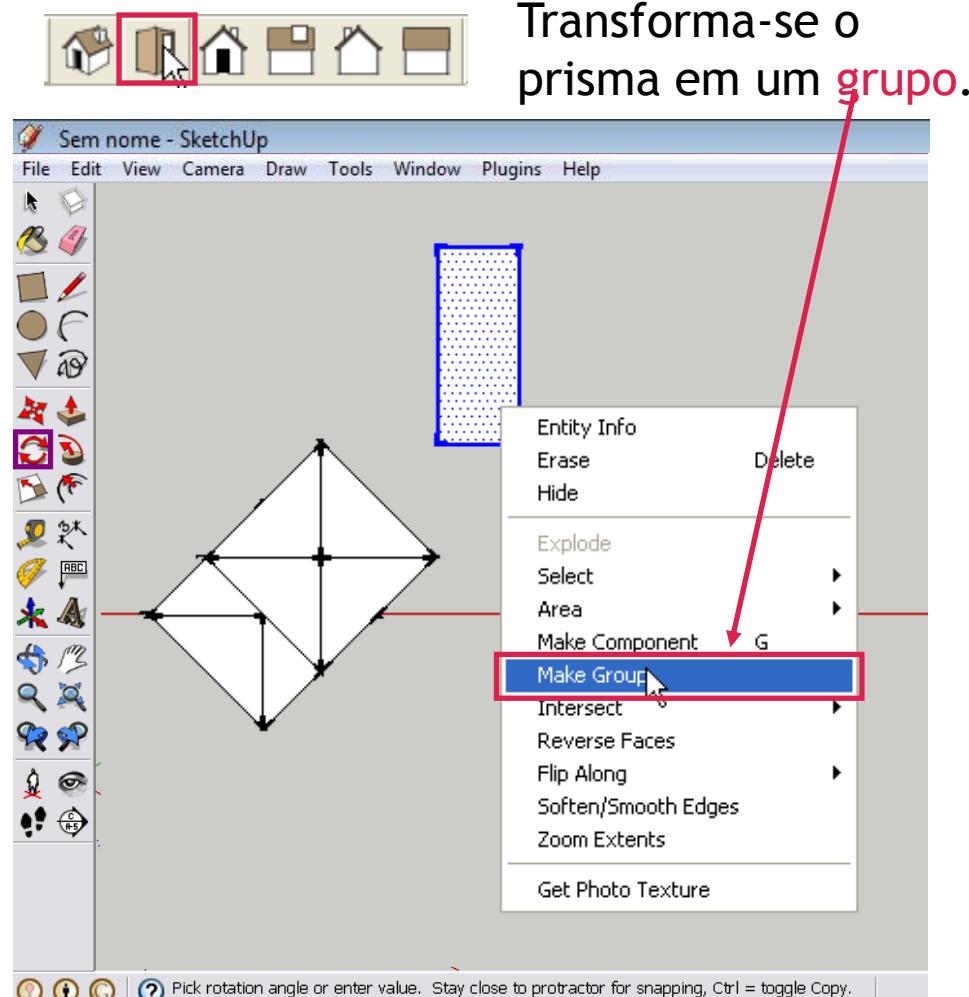
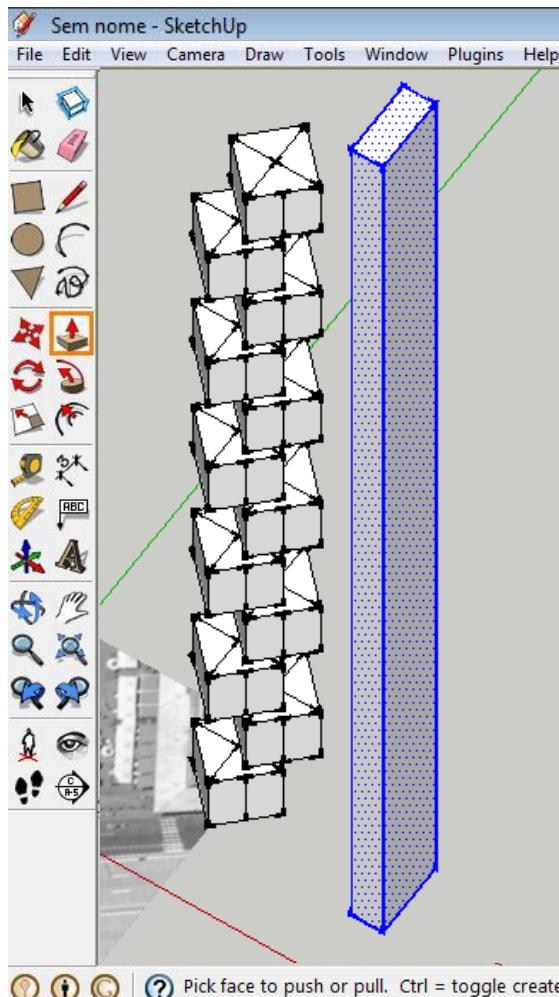


Extrusiona-se o polígono com a ferramenta **push / pull**, atribuindo uma altura de  $247,5$  m.



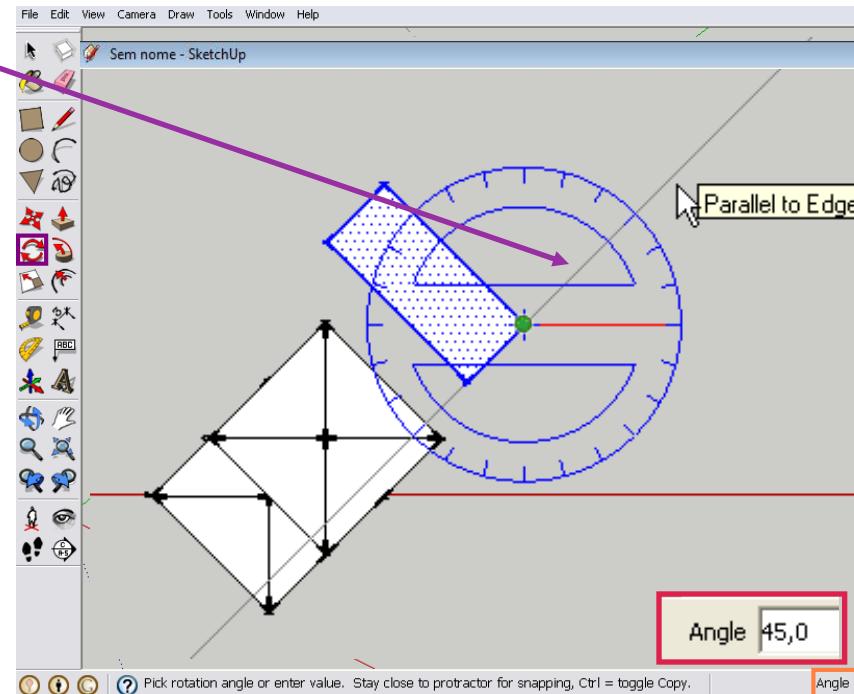
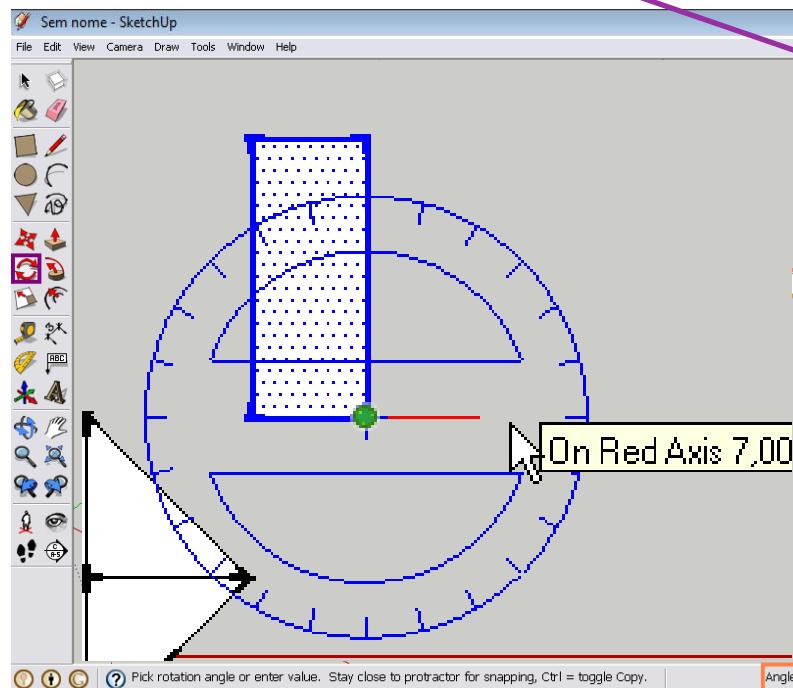
Distance 247,5

## 3. Modelagem do prisma central de articulação dos blocos (cubos)



## 3. Modelagem do prisma central de articulação dos blocos (cubos)

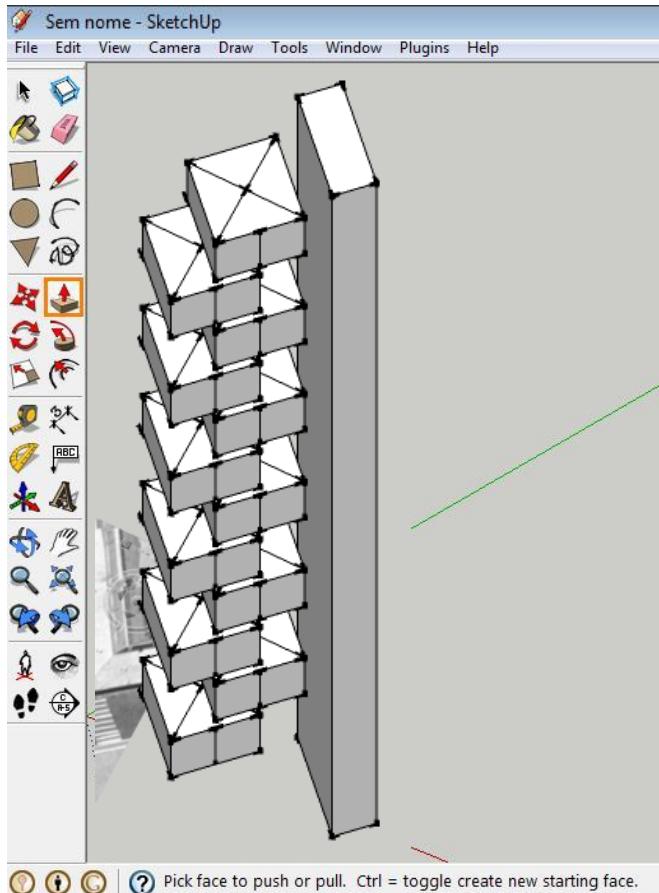
Deve-se rotacionar o prisma obtido a  $45^\circ$ , em torno de seu eixo “z”. Para tanto selecionar o ponto extremo direito como eixo de rotação. E clicar sobre a linha lateral (**Parallel to Edge**) informando, logo após, o ângulo de rotação.



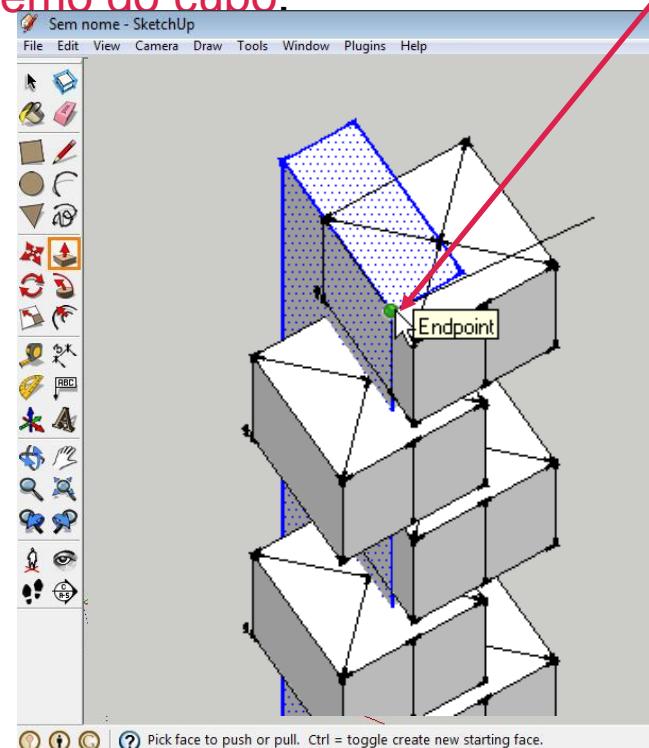


### 3. Modelagem do prisma central de articulação dos blocos (cubos)

O prisma deve resultar posicionado conforme ilustra a imagem abaixo.

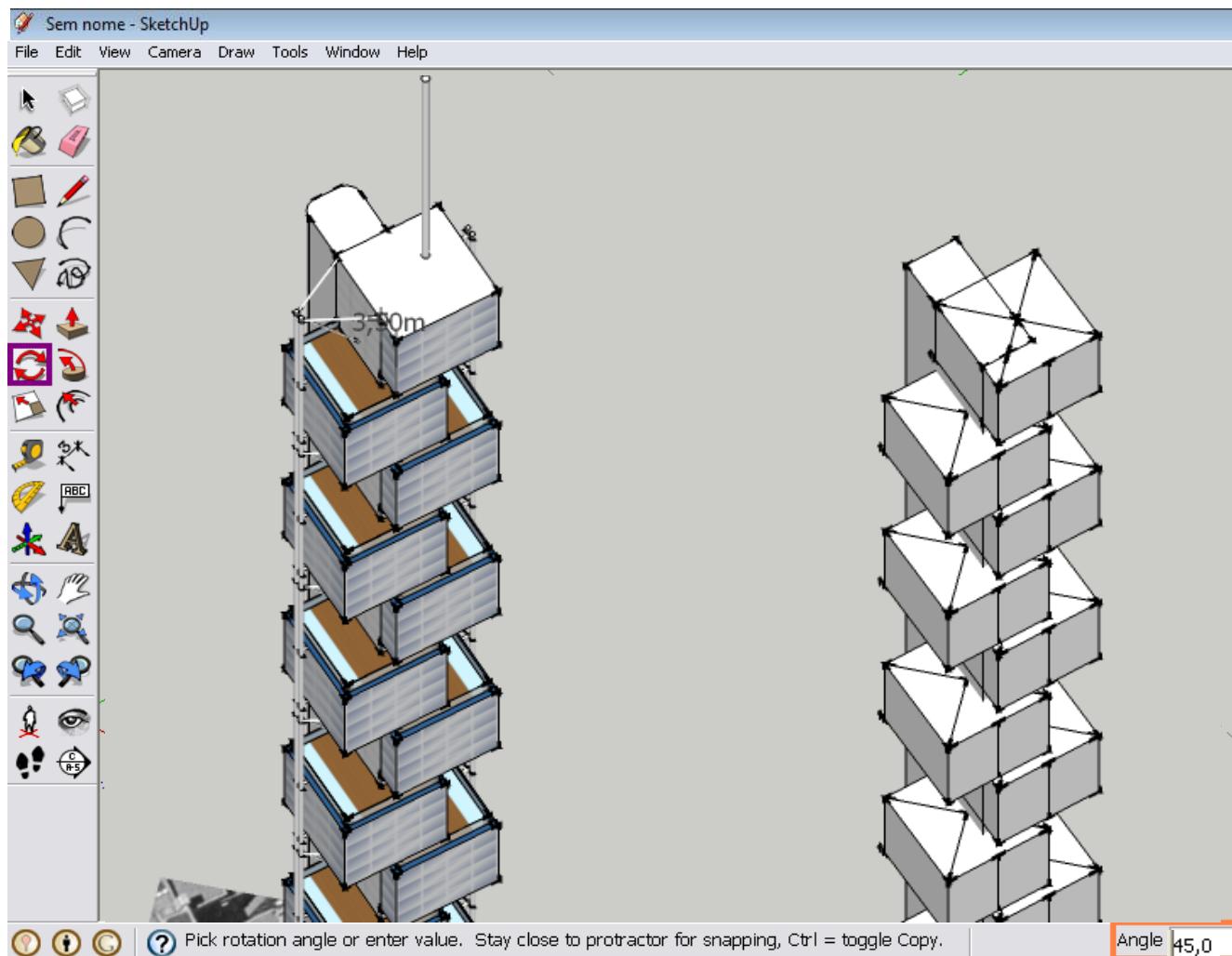


Com a ferramenta **MOVE** mover o prisma horizontalmente, utilizando como ponto de encaixe o **ponto sobre uma linha construída a 3,5 m do ponto extremo do cubo**.

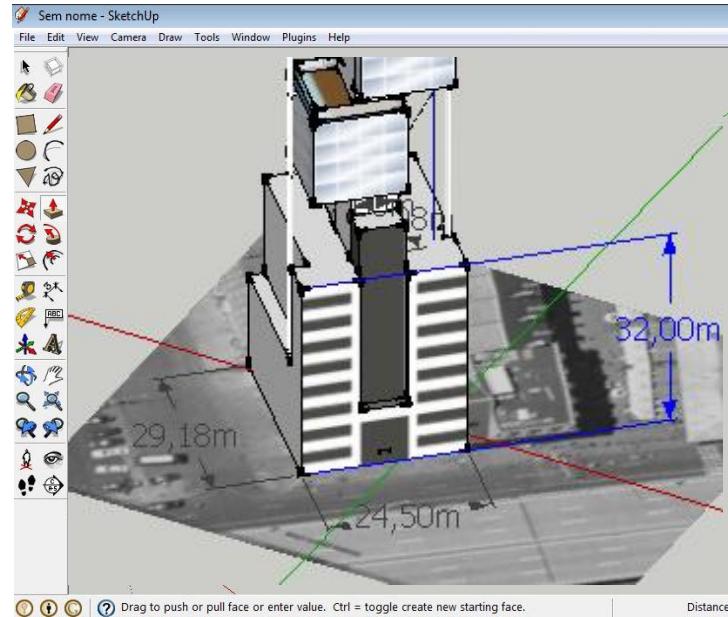
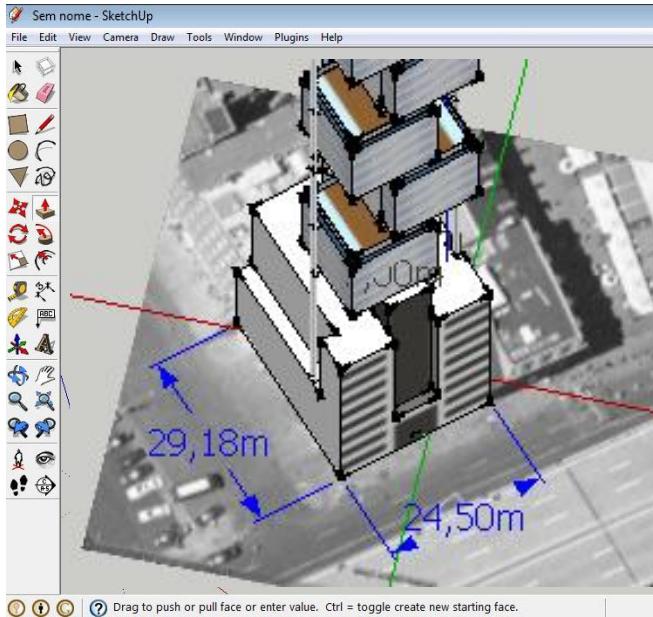


Pick face to push or pull. Ctrl = toggle create new starting face.

## Resultado parcial da modelagem geométrica

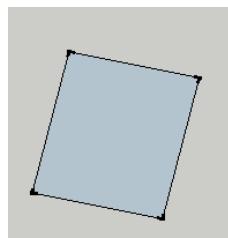


## 4. Modelagem do prisma da base do edifício

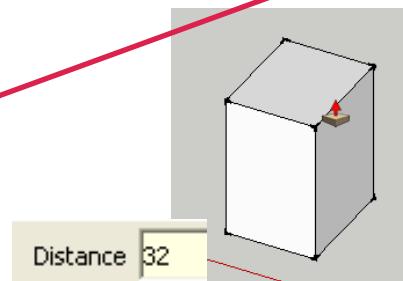


Length 24,50m

Modela-se o prisma da base utilizando a ferramenta **rectangle** ou **line**, atribuindo os valores de medidas conforme obtido na etapa de medição.



Polígono inicial de 24,5 x 29,18 m.



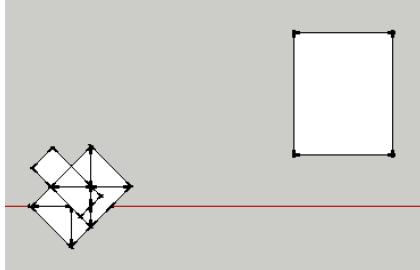
Distance 32

Extrusão em “z” de 32 m.

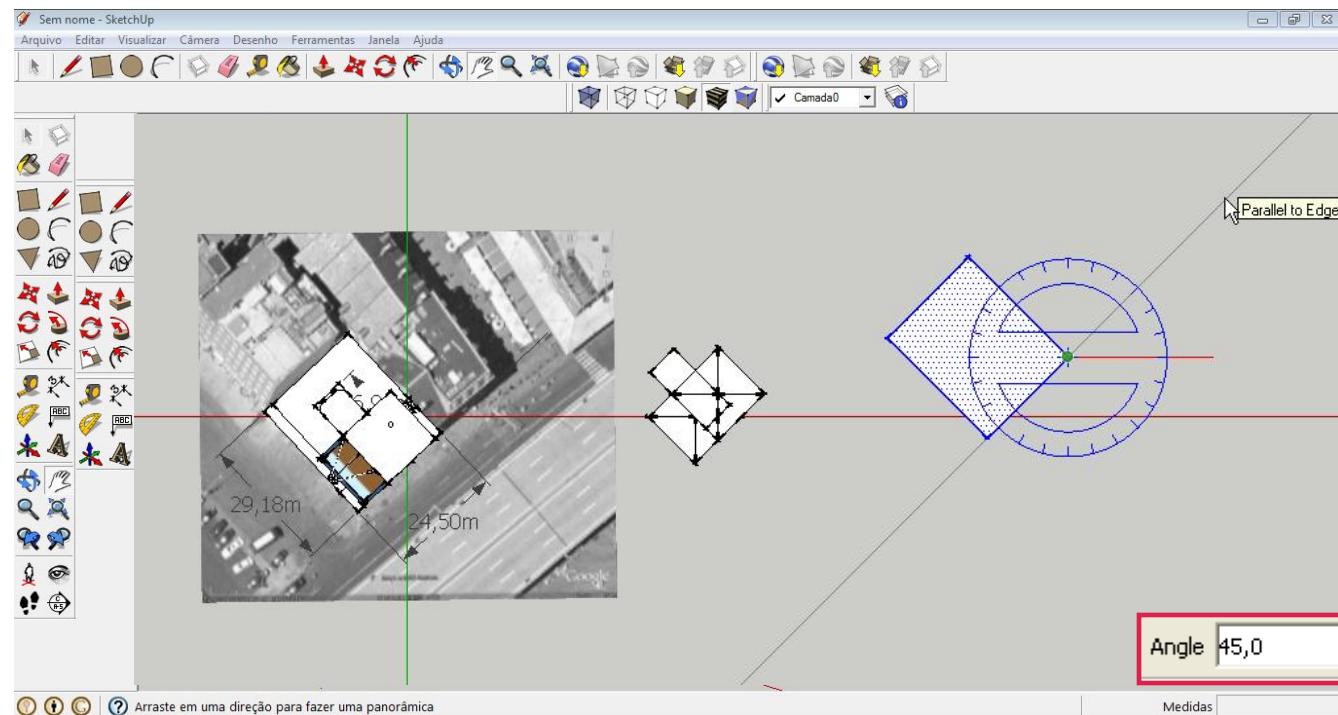
## 4. Modelagem do prisma da base do edifício

Deve-se rotacionar a base a  $45^\circ$ , selecionando o ponto de rotação e o eixo de rotação (1), e após atribuindo o valor da rotação (2).

1

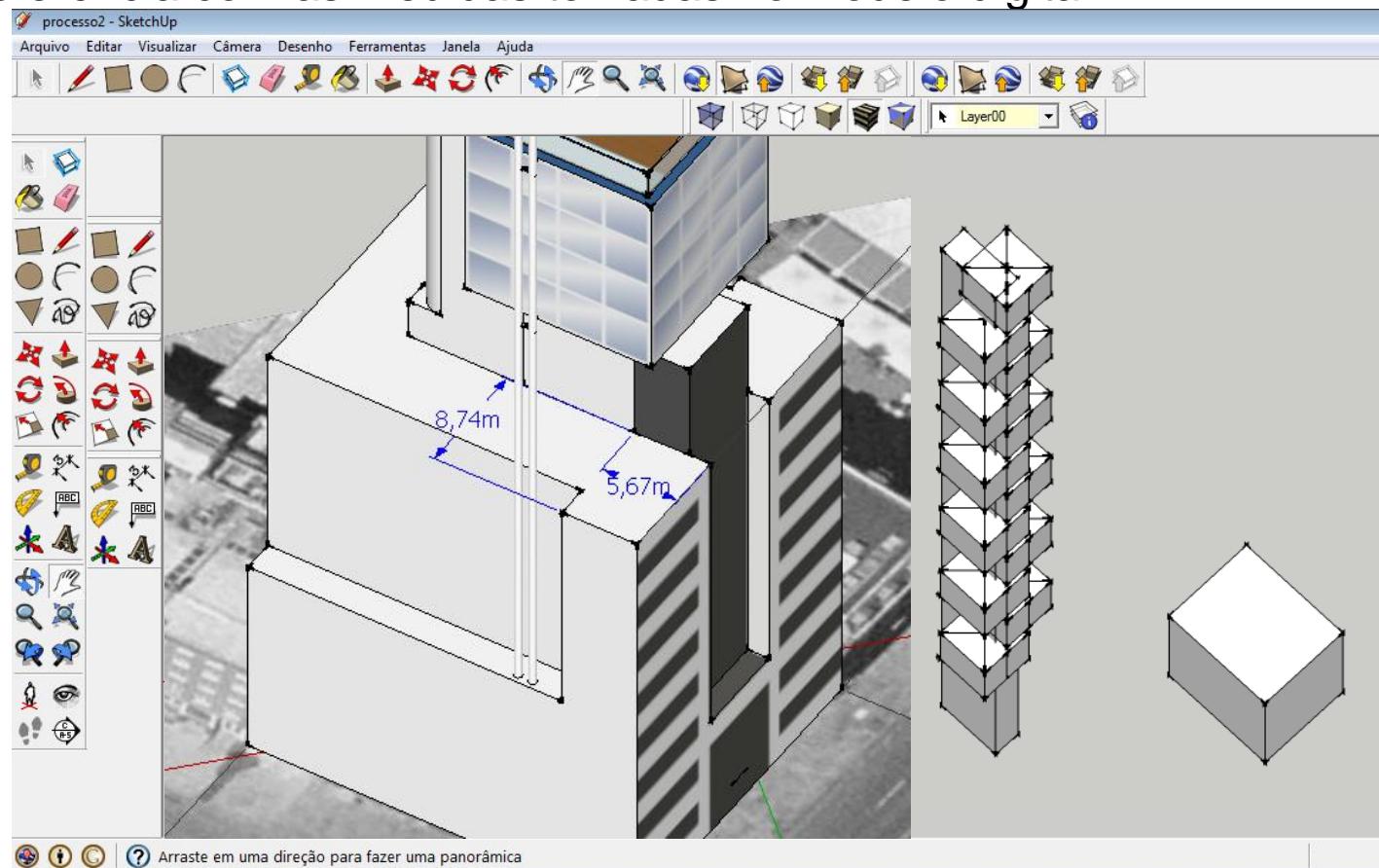


2



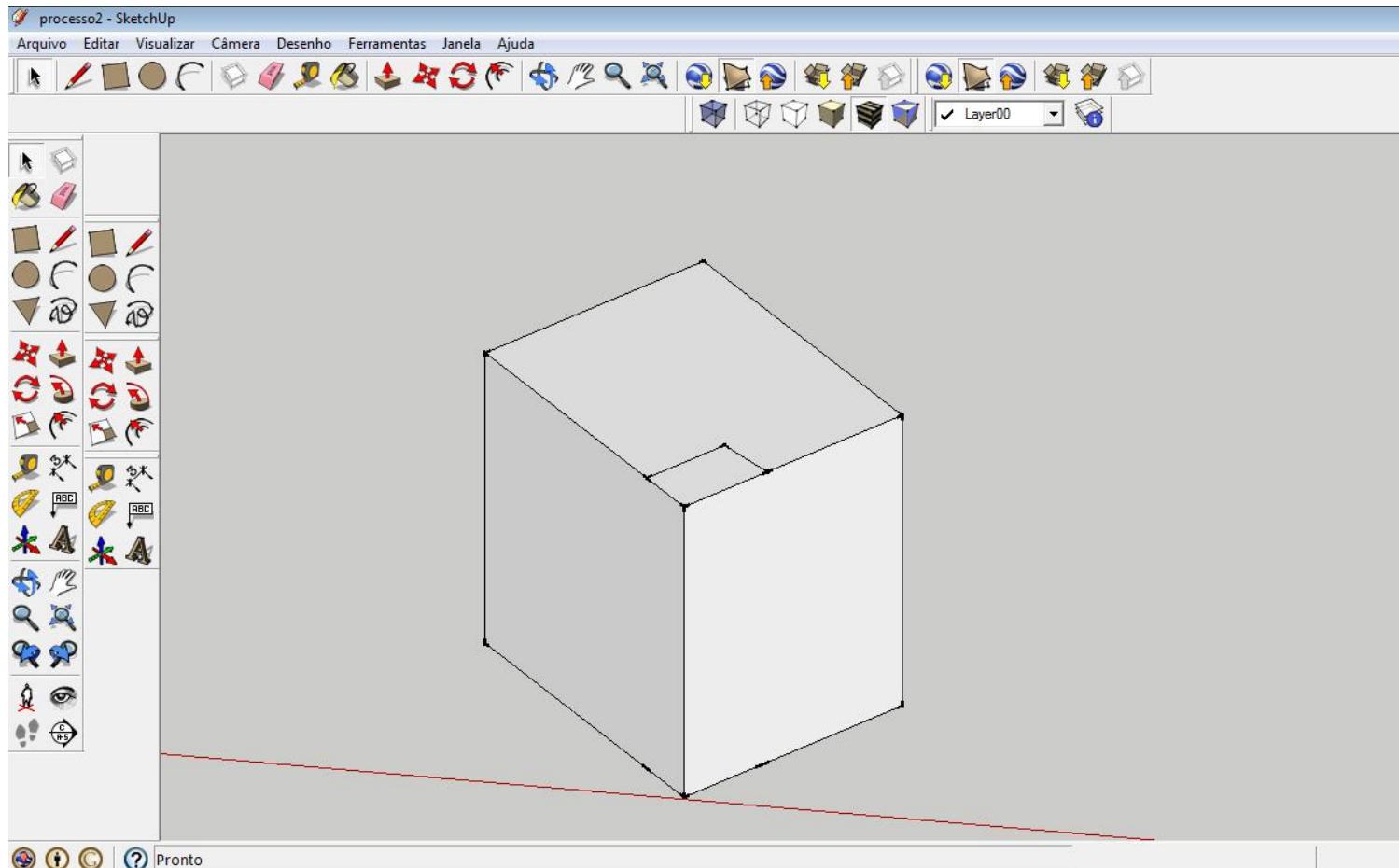
## 4. Modelagem do prisma da base do edifício

Para inserir a base junto ao resto da composição, deve-se marcar uma linha de referência com as medidas tomadas no modelo digital.



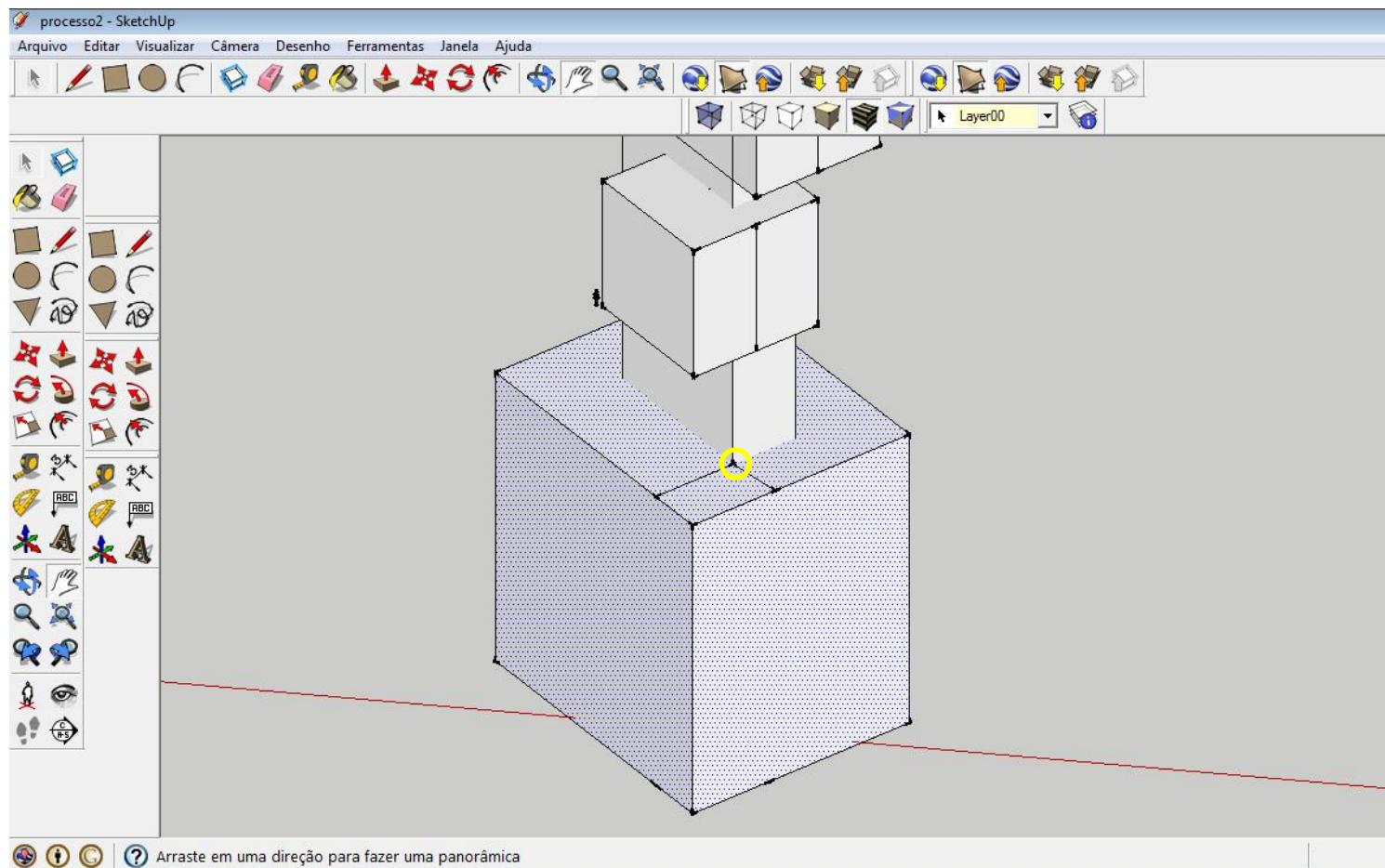
## Atividade 1: exemplo de modelagem

A linha de referência deve partir do vértice superior esquerdo frontal, primeiramente no sentido da largura com medida de 8,74 m, e após no sentido da profundidade com medida de 5,67m.

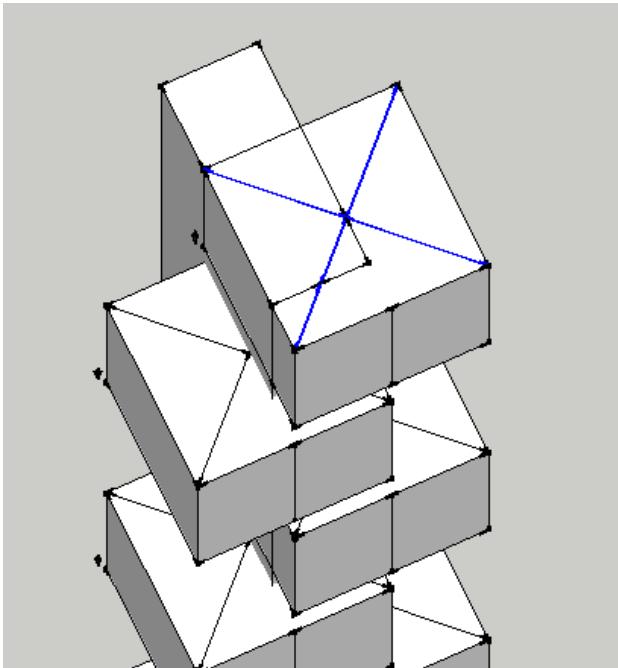


## Atividade 1: exemplo de modelagem

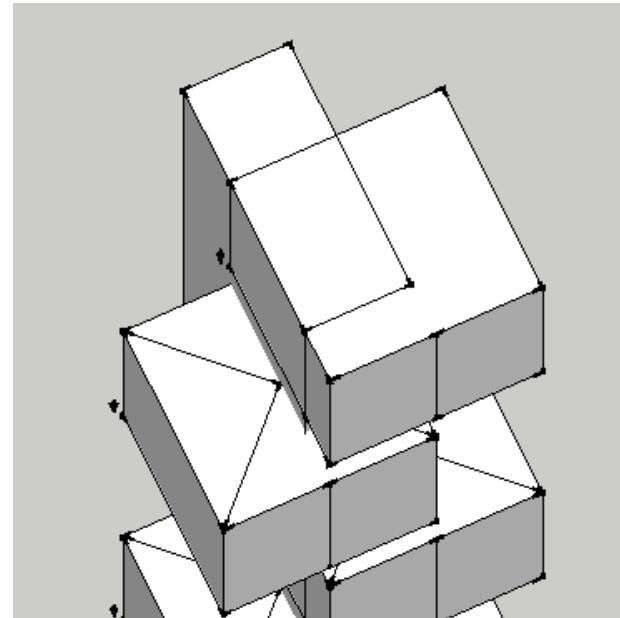
Basta deslocar a base pelo ponto de referência e inseri-la junto a aresta do prisma central.



## 5. Conclusão do processo de Modelagem

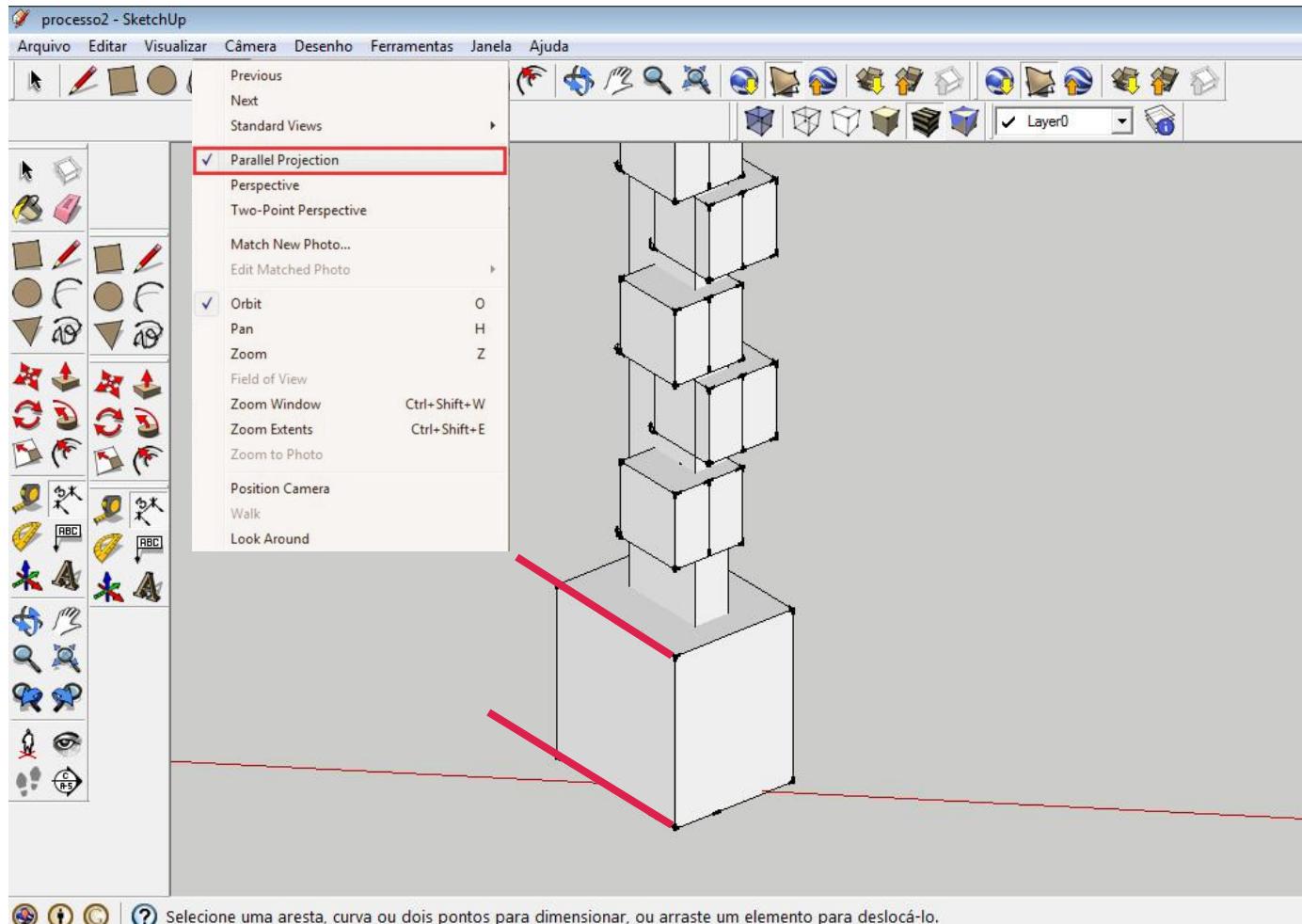


Depois de finalizado o processo de modelagem, deve-se apagar as linhas de referência que foram construídas.

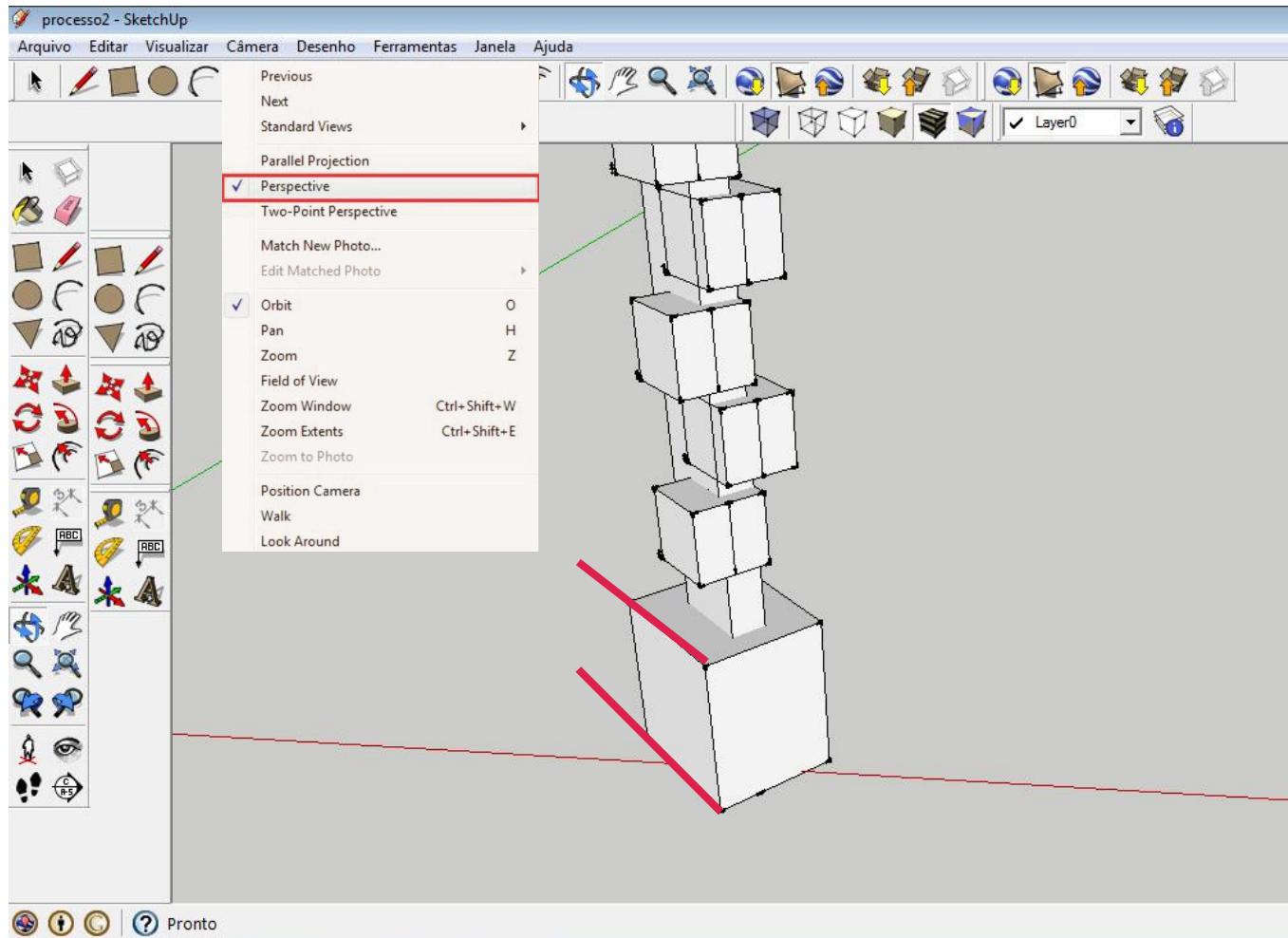


As demais linhas do cubo superior não devem ser apagadas porque fazem parte das arestas do prisma central.

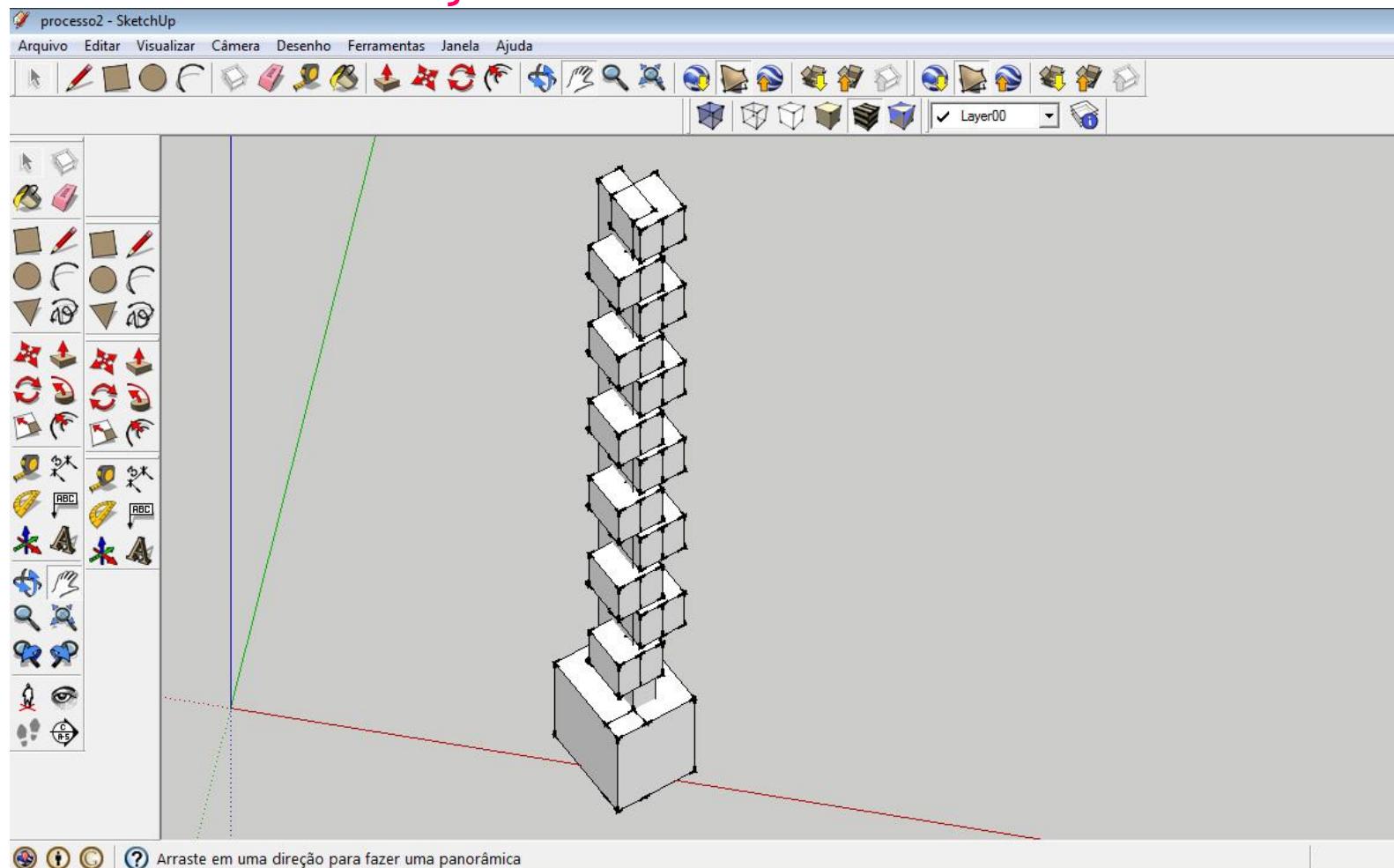
## Controle de visualização para perspectiva paralela: Camera > Parallel Projection



## Controle de visualização para perspectiva cônica: Camera > Perspective



## Controle de visualização para perspectiva paralela: Camera > Parallel Projection



## Controle de visualização para perspectiva cônica: Camera > Perspective

