

# Planificação de superfícies propriamente **Curvas** de revolução: Superfície esférica

## Resumo

Este trabalho objetiva apoiar o processo de geração de modelos físicos em papel a partir de modelos digitais de superfícies curvas planificáveis e não planificáveis, por intermédio de técnicas de planificação aproximada. Uma coleção destes modelos, baseados em obras de arquitetura, está sendo produzido como uma atividade didática dentro de uma disciplina de geometria gráfica e digital, no currículo de arquitetura. O estudo permitiu a identificação de parâmetros para aperfeiçoar o processo de geração de tais modelos de superfícies circulares em geral e reconhecer a técnica de kirigami como uma alternativa para a representação de superfícies retilíneas não desenvolvíveis, a qual não havia sido anteriormente incluída para a geração de modelos físicos nas atividades didáticas em questão. (Pires et al, 2014)

Palavras-chave: Planificações parametrizadas; Superfícies curvas; Modelos em papel; Representação Gráfica Digital.

**Este material em específico refere-se a planificação por meio digital de um parabolóide de revolução.**

## Objetivos:

- Reconhecer e experimentar processos de planificação por meios digitais que permitam construir modelos em papel de superfícies curvas;
- Abordar superfícies complexas no âmbito das práticas didáticas da disciplina de GGD 3/FAUB/UFPEL, valendo-se de técnicas automatizadas de planificação;
- Desenvolver experiências de representação, as quais buscam contemplar, ao mesmo tempo, a aquisição de habilidades conceituais e procedimentais no âmbito da geometria, a apropriação de tecnologias digitais e o reconhecimento de repertórios arquitetônicos para o projeto.
- Agilizar as representações de superfícies circulares de revolução, e avançar para outros tipos de superfícies, buscando motivar para a obtenção dos modelos físicos a partir dos digitais.
- Ampliar o repertório de formas a representar, já que processos tradicionais de planificação, tais como os apresentados em Rodrigues (1960), contemplam apenas as classes de superfícies propriamente curvas e retilíneas planificáveis

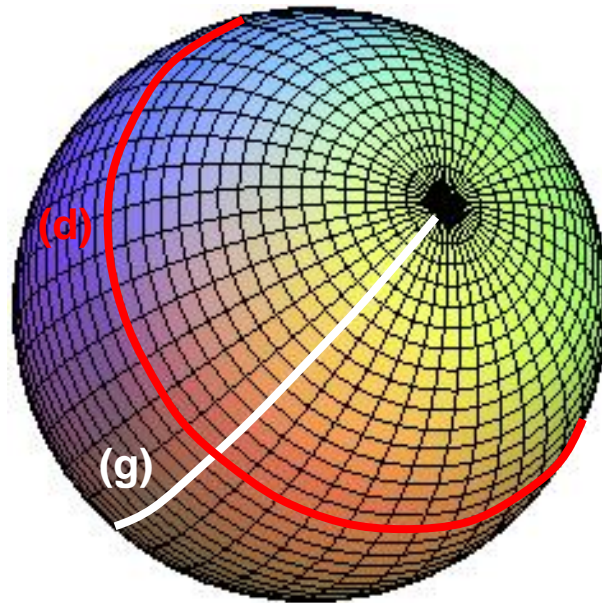
## Classificação segundo Monge(Rodrigues,1960)



| <b>Propriamente Curvas</b> | <b>Retilíneas</b> |
|----------------------------|-------------------|
| Gerada por Curvas          | Gerada por retas  |

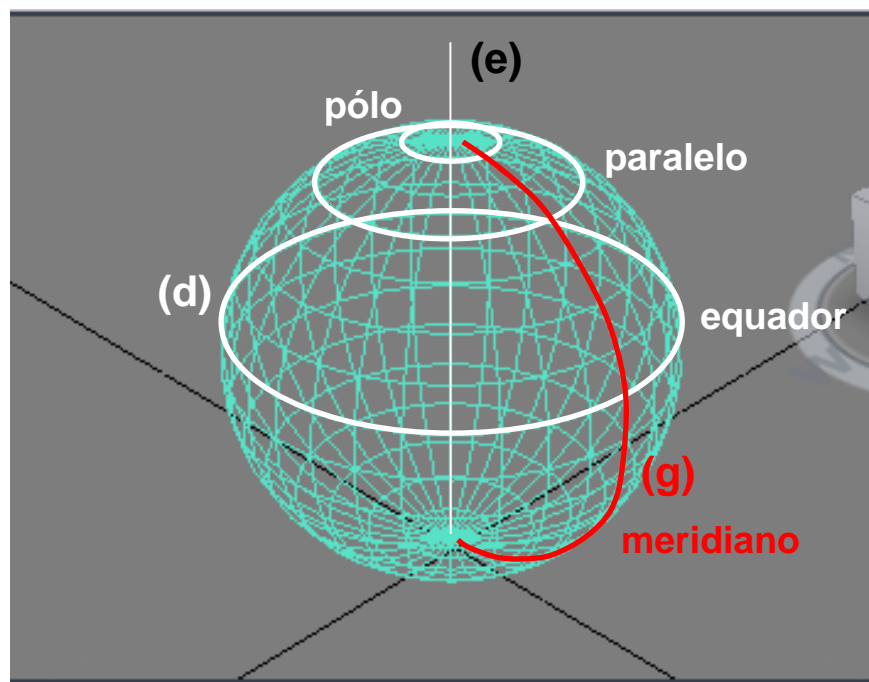
# Esfera

É a superfície gerada pela rotação completa de uma **semi-circunferência (geratriz)** em torno de um de seus **diâmetros (d)**.



Fonte da imagem: <http://enciclopedia.us.es/index.php/Esfera>

Como possui seções circulares e pode ser gerada também pelo movimento de circunferências de raios variáveis, deslocando-se longitudinalmente ao longo de uma reta (o eixo da superfície), é considerada por Monge como uma superfície **propriamente curva** (Rodrigues, 1960).



Fonte da imagem: elaboração própria.

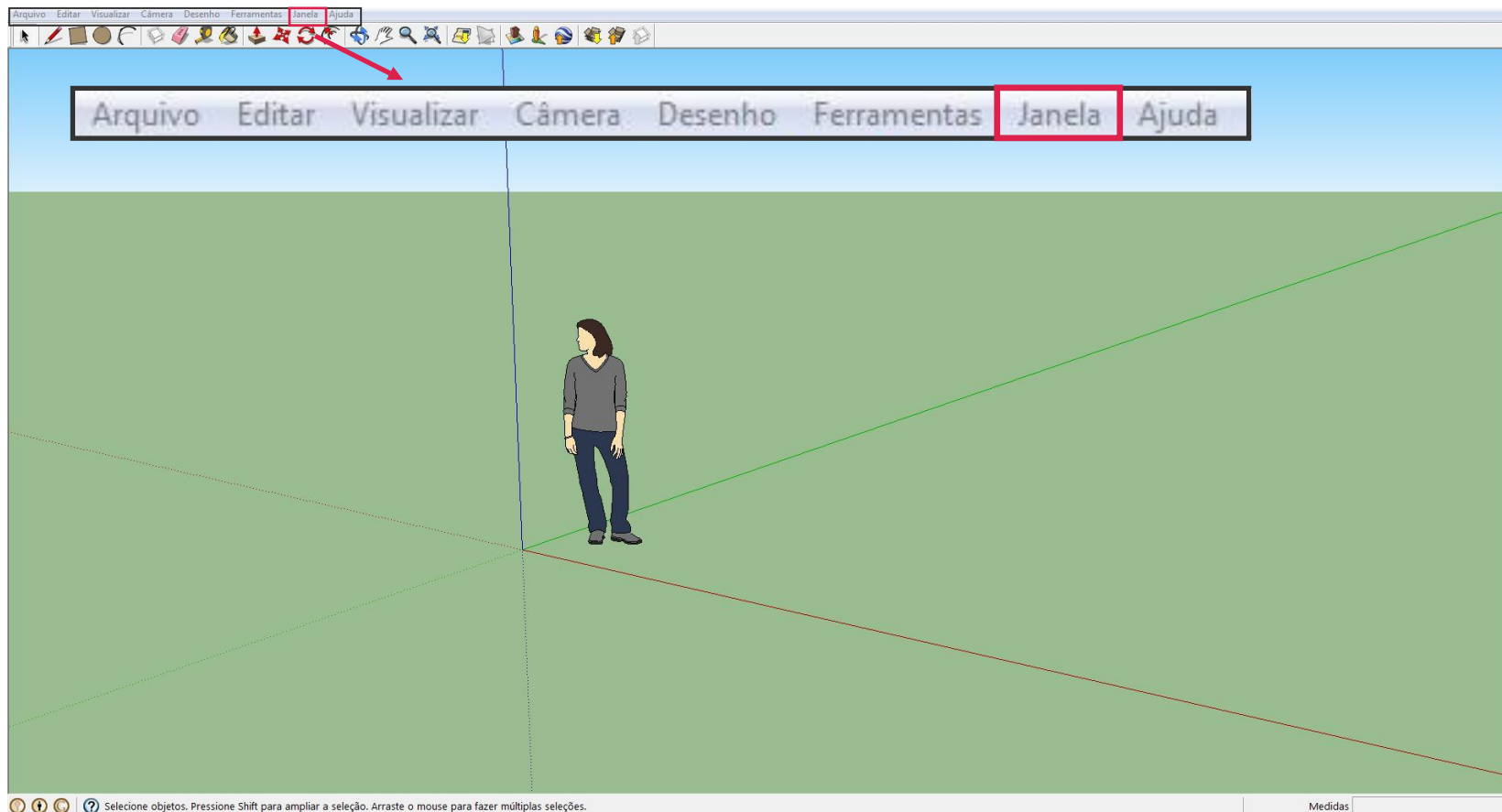
## Processo de Modelagem Digital

Para a modelagem da superfície e sua planificação, sugere-se utilizar o software Google SketchUp, por tratar-se de uma ferramenta gratuita e de fácil manuseio, devido a sua interface simples e intuitiva.

Será necessário realizar o download do software em <http://www.sketchup.com/pt-BR/download/all> e executar a sua instalação.

## Interface do software SketchUp

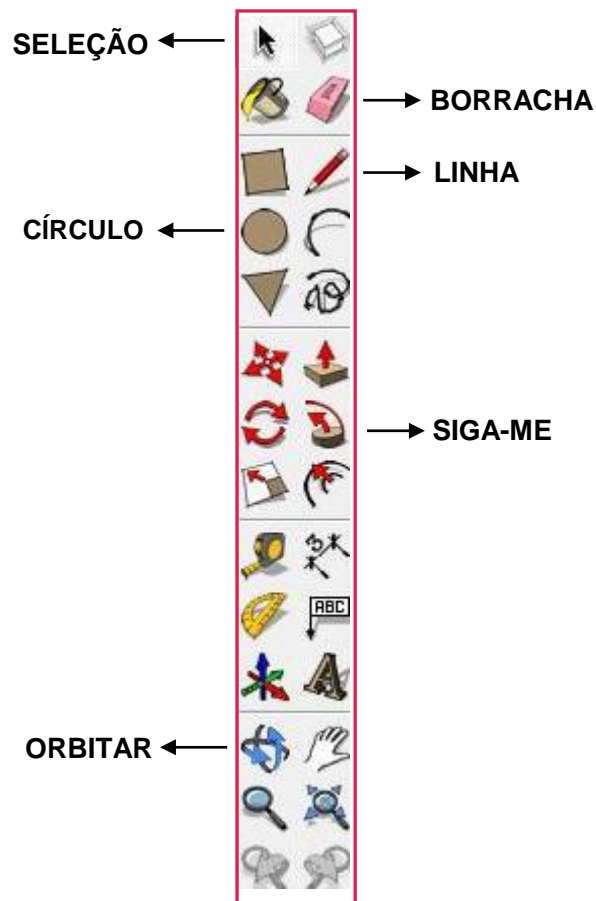
A figura abaixo mostra a interface do software e destaca a aba “Janela”, a qual permite acessar o controle das unidades de medidas a serem utilizadas no processo de modelagem.



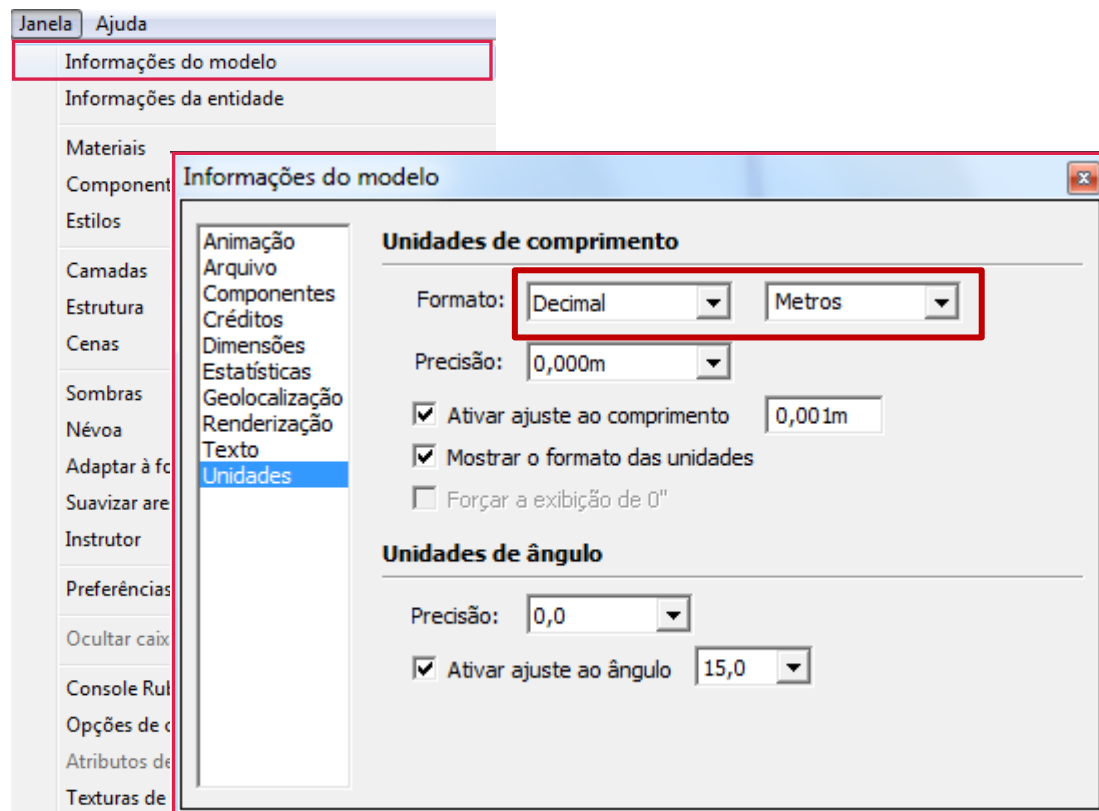
Interface de acesso ao recurso janela, do programa Google SketchUp



## Ferramentas e unidades de medida a serem utilizados para a modelagem



Ferramentas do software SketchUp



Opção "Informações do modelo" indicando as unidades que deverão ser selecionadas

## Instalação dos plug-ins de planificação

Para instalar o plug-in de planificação a ser utilizado no decorrer da modelagem, há um material de apoio denominado de “Instalação\_plug-ins”, em <http://ava.ufpel.edu.br/pre/course/view.php?id=344>, que explica como baixar e instalar tais plug-ins para a versão 8 do SketchUp, na qual empregava-se o plug-in de planificação “Unfold tool” (<http://sketchuptips.blogspot.com.br/2007/08/plugin-unfoldrb.html>).

### ATENÇÃO:

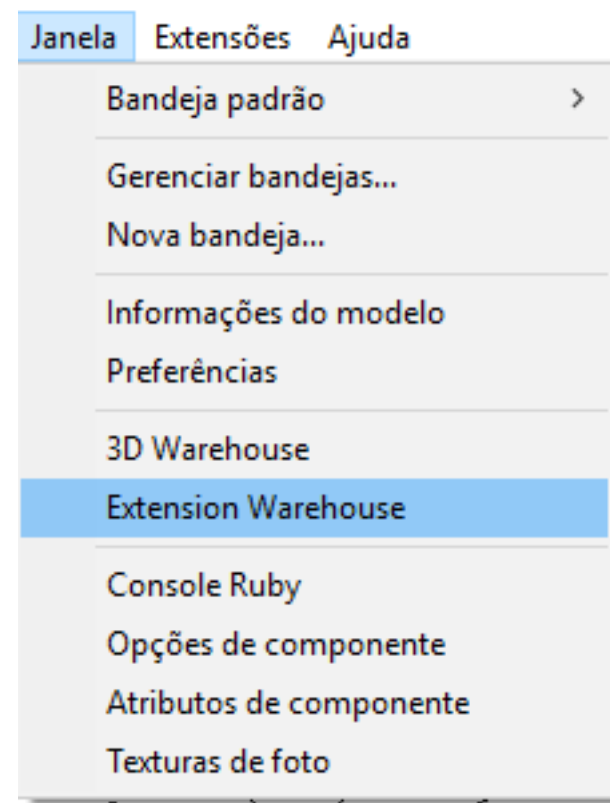
Para as versões atuais do programa, tais como 2014, 2015 e 2016, recomenda-se o uso do plug-in “Unwrap and Flatten Faces”, acessando-se no SketchUp a guia “**Janela – Extension Warehouse**” – para proceder a instalação diretamente em seu computador.

Também é possível baixar esta extensão ou plug-in em:  
<http://extensions.sketchup.com/en/content/flatten-faces>

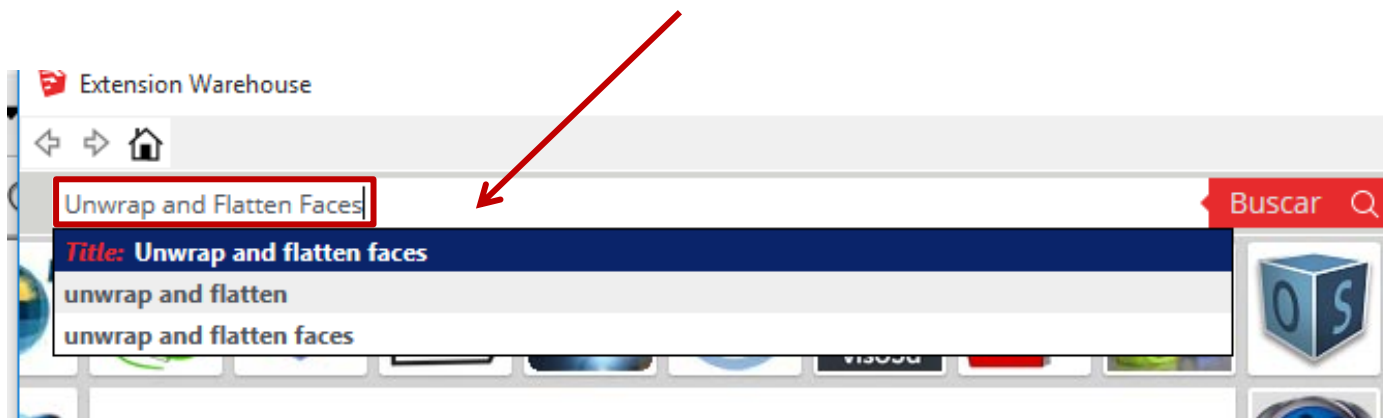
A seguir serão descritas as etapas de modelagem de uma superfície esférica de revolução necessárias para a planificação com o plug-in “Unwrap and Flatten Faces”, compatível com as versões 8, 2014, 2015 ou 2016 do SketchUp.

O plug-in está disponível para instalação no **SketchUp** através do menu **Janela – Extension Warehouse**.

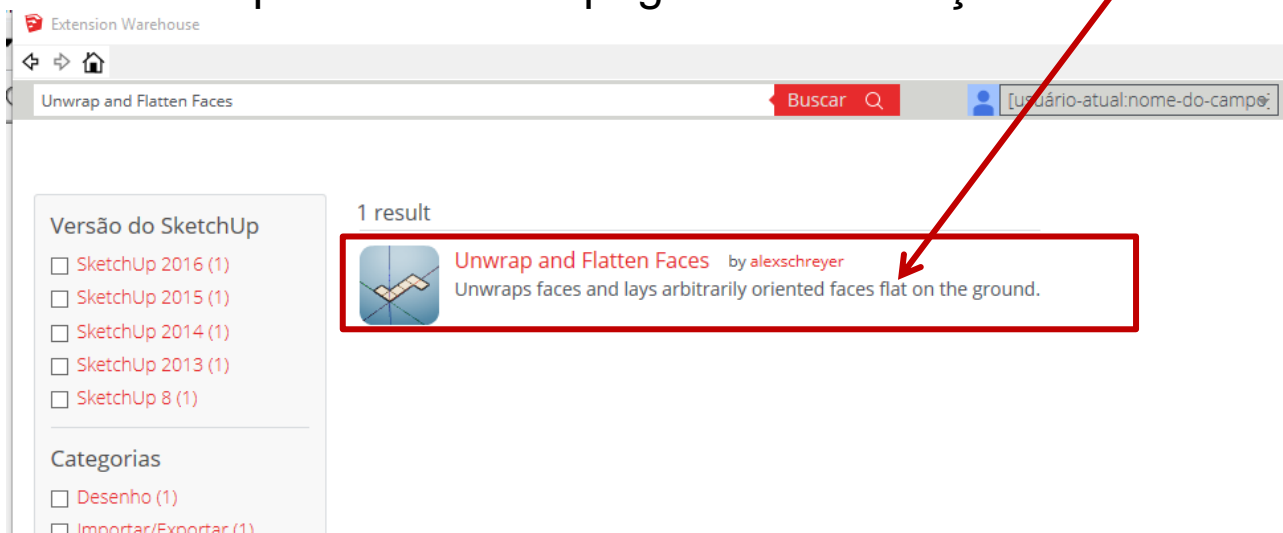
Basta proceder a busca pelo nome **Unwrap and Flatten Faces** e acessar a página de instalação.



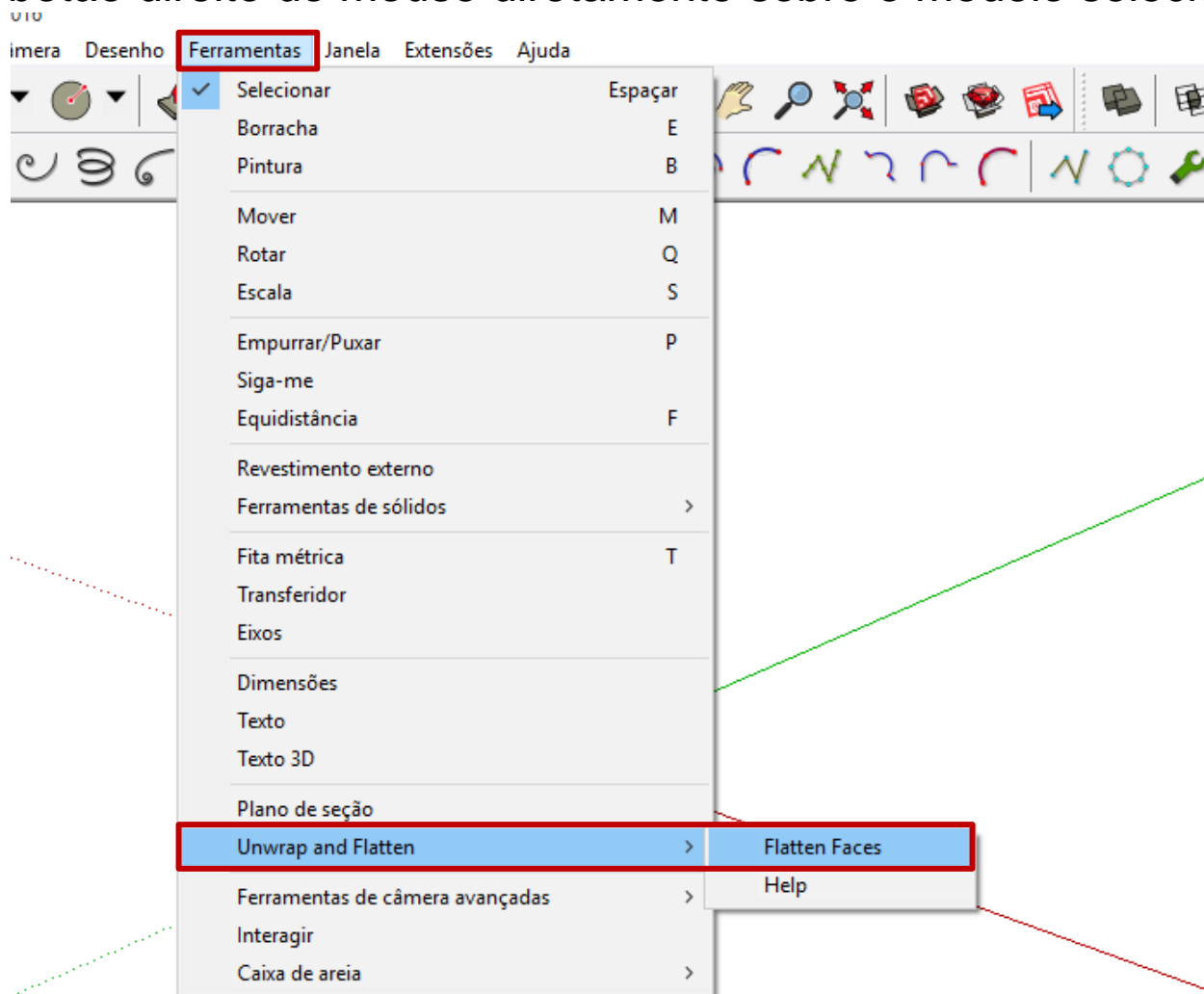
➡ Na caixa de busca digite **Unwrap and Flatten Faces**.



➡ Na lista de plug-ins encontrados, clique sobre **Unwrap and Flatten Faces** para acessar a página de instalação.



➔ O Plug-in ficará disponível na guia **Ferramentas – Unwrap and Flatten**. Também será possível utilizar a ferramenta clicando com o botão direito do mouse diretamente sobre o modelo selecionado.

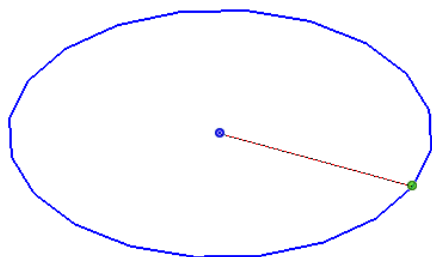


Para obter a planificação digital da superfície esférica de revolução, sugerem-se as seguintes etapas:

## 1. Modelagem da superfície esférica de revolução:

- ▶ Nessa etapa, o objetivo é obter a forma básica da superfície esférica, a partir da representação de sua diretriz e geratriz circulares.

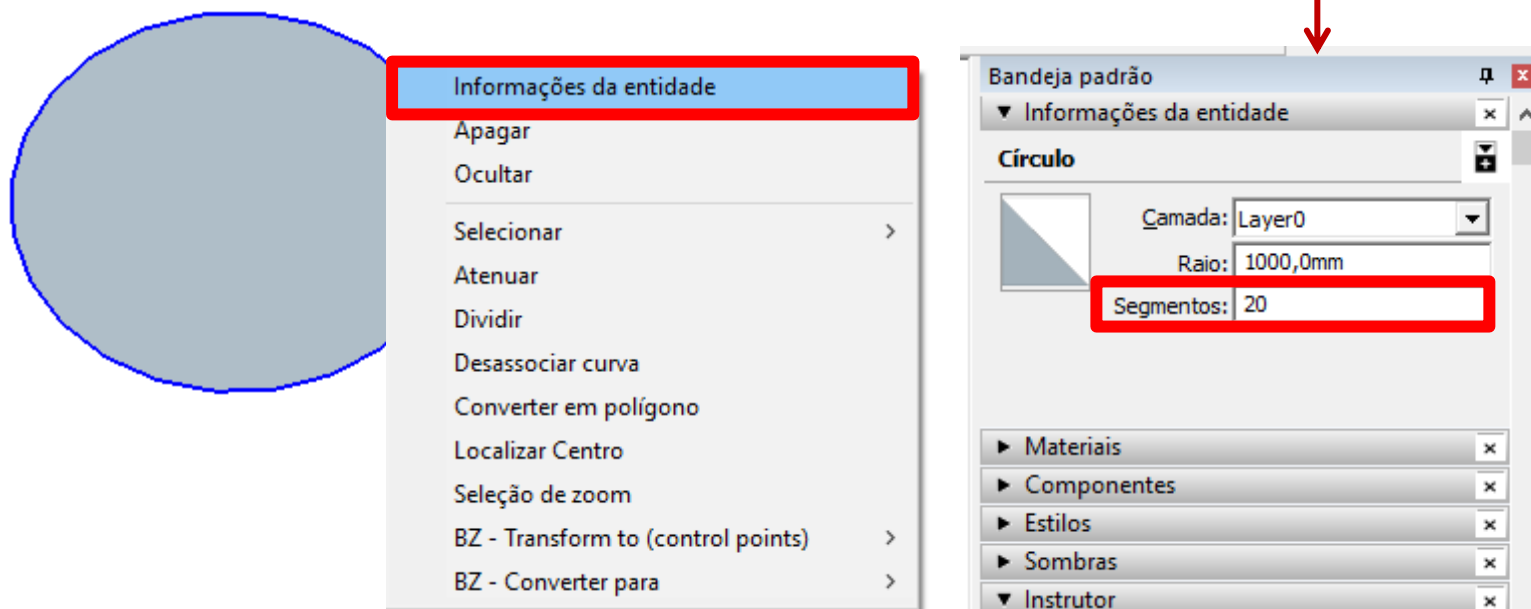
1.1. Desenhar no plano horizontal com a ferramenta círculo, uma circunferência com 10 metros de raio ou com a medida que for necessária ao seu projeto.



## 1.2. Ajustar o número de segmentos da curva diretriz:

Com a curva selecionada, clicar com o botão direito e escolher “informações da entidade”.

**Alterar o número de segmentos da curva, padrão do SketchUp, de 24 para 20.**



Os parâmetros para atribuição do número de segmentos das curvas diretriz e geratriz da superfície para impressão em papel formato A3, com o objetivo de aperfeiçoar o processo de produção dos modelos, foram estudados em Pires et al, 2014, e estão ilustrados na tabela abaixo.

Para a esfera, o parâmetro mais indicado para a curva diretriz é de 16 à 20 segmentos e para a curva geratriz, 20 segmentos.

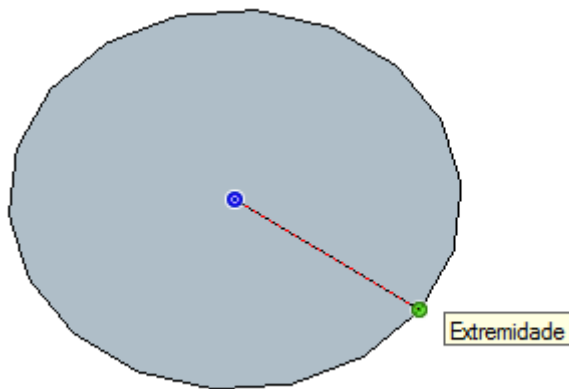
Tabela 1: Parâmetros de modelagem geométrica das superfícies curvas de revolução, identificados para gerar modelos em papel.  
Fonte: Pires et al, 2014

| Parâmetros de modelagem indicados para Planificação Aproximada da Superfície e Construção de Modelo em Papel Planificações inseridas em papel A3 |                                 |                                 |    |                            |                                  |  |     |
|--|---------------------------------|---------------------------------|----|----------------------------|----------------------------------|--|-----|
| Superfícies  | Número de Segmentos da Diretriz | Número de Segmentos da Geratriz |    | Tipo de Curva de modelagem |                                  | Possibilidade de controle preciso do número de segmentos |     |
|  | 16 à 20                         | 10                              | 20 | Curva livre ou paramétrica | Circunferência, Elipse, Parábola | SIM  | NÃO |
| Elipsoides alongado, achatado e elíptico   | X                               |                                 | x  |                            | x                                | x  |     |
| Paraboloides circular e elíptico   | X                               | X                               |    |                            | x                                | x  |     |
| Hiperboloides circular e elíptico  | X                               | X                               |    | X                          |                                  | x  |     |
| Esfera   | X                               |                                 | x  |                            | x                                | x  |     |

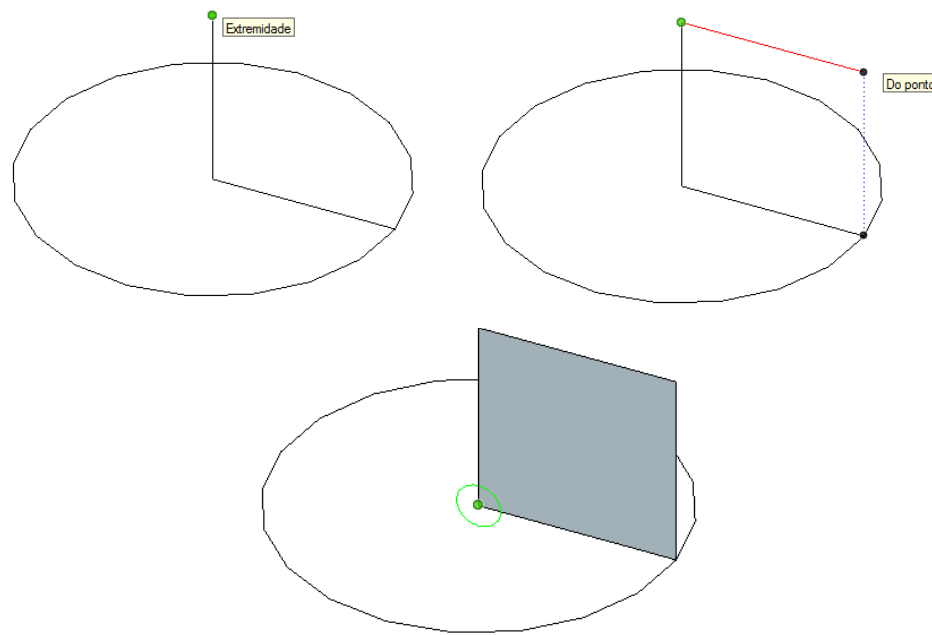


## 1.2. Representação da geratriz circular

Como base para a circunferência geratriz, desenhar uma linha no eixo vermelho partindo do centro da circunferência (1) e outras três fechando um quadrado (2), no plano vertical, seguindo sempre os eixos azul e vermelho de maneira a garantir a ortogonalidade entre as linhas.

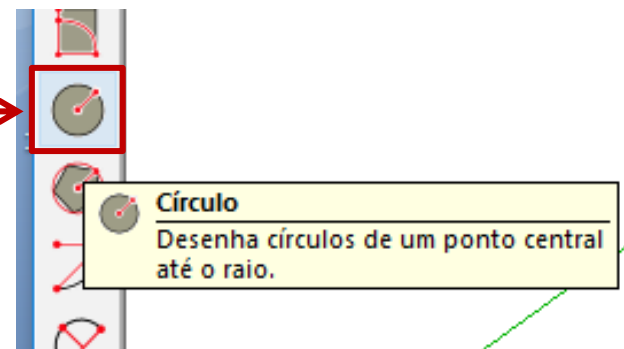
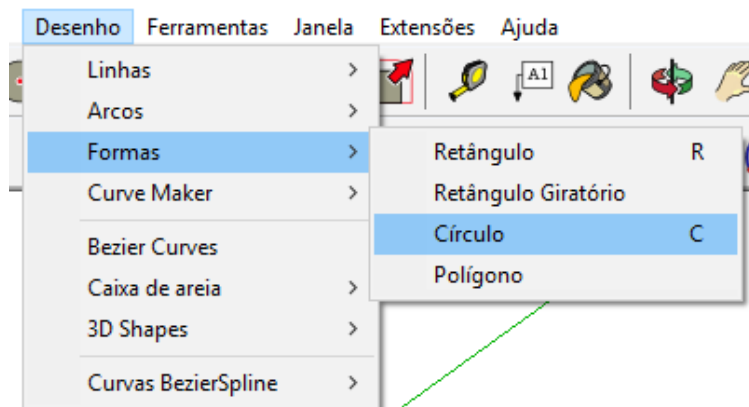


(1)

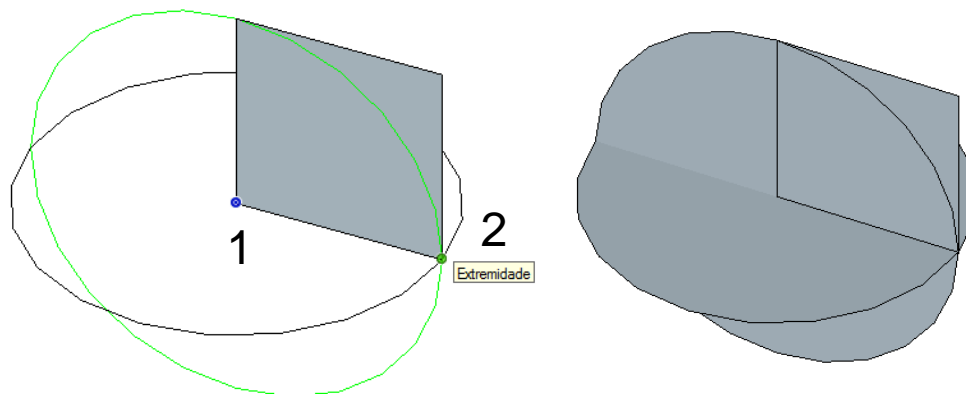


(2)

Desenhar a circunferência geratriz por meio da ferramenta **Círculo**, disponível em **Desenho – Formas – Círculo** ou na barra de ferramentas da interface.

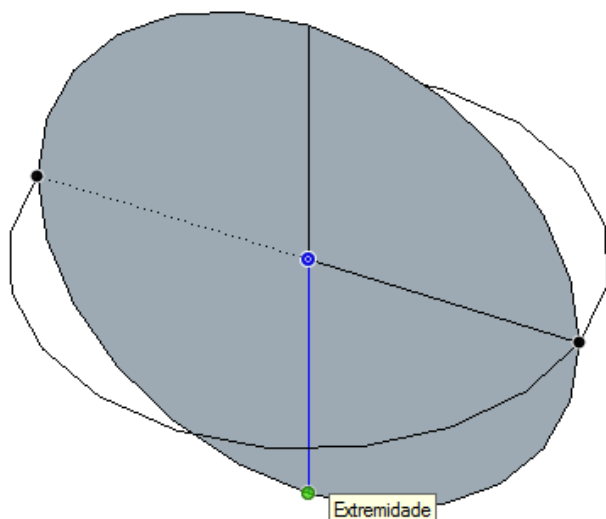


Com o círculo traçar a partir do centro da circunferência posicionando o círculo sobre o plano (1) e, logo após, o clicar no ponto extremo do raio (2).

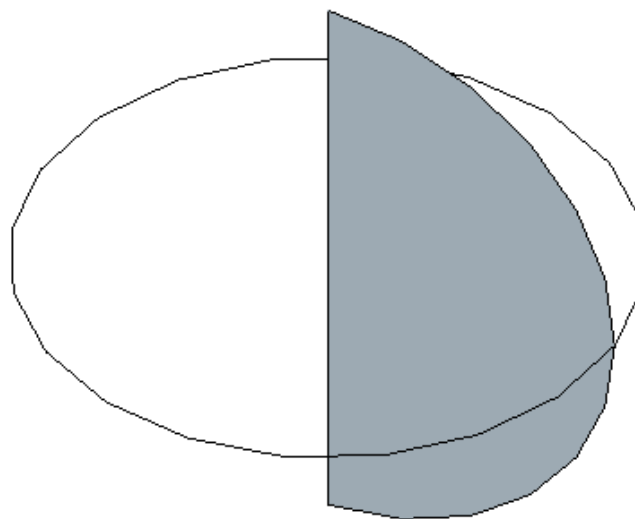


### 1.3. Representação da esfera

Desenhar uma linha no eixo azul partindo do centro da circunferência até o extremo inferior (1). Deletar a metade da circunferência geratriz e o plano da circunferência diretriz da esfera, mantendo somente o perfil desta curva e o plano formado pela outra metade da circunferência geratriz (2).



1



2

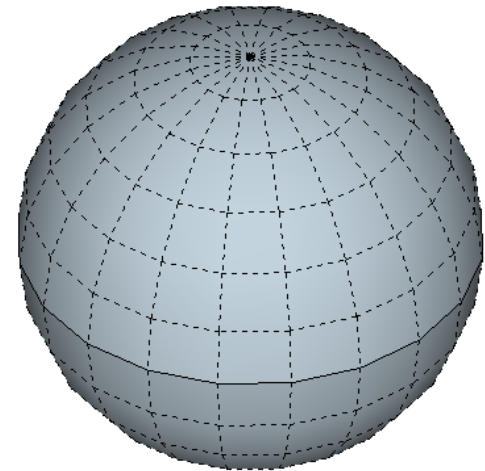
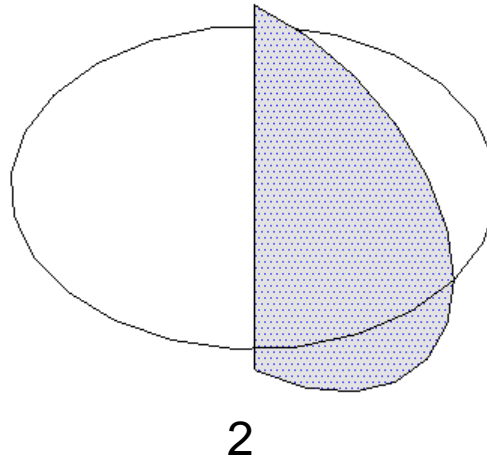
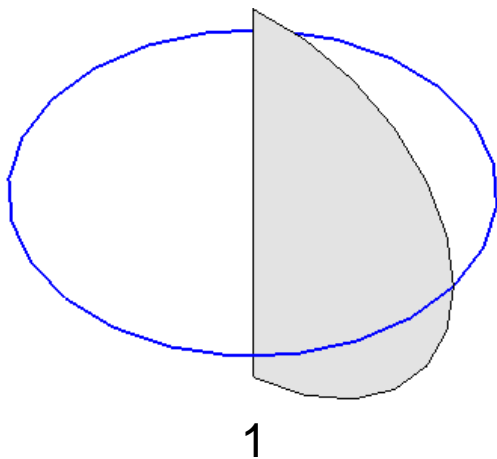
Estrudar o plano da semicircunferência sobre uma trajetória circular com a ferramenta “Siga-me”.



Para isso, sugere-se inicialmente selecionar a circunferência diretriz do paraboloide (1).

Logo após, selecionar a ferramenta **Siga-me** e clicar sobre o plano da curva geratriz (2).

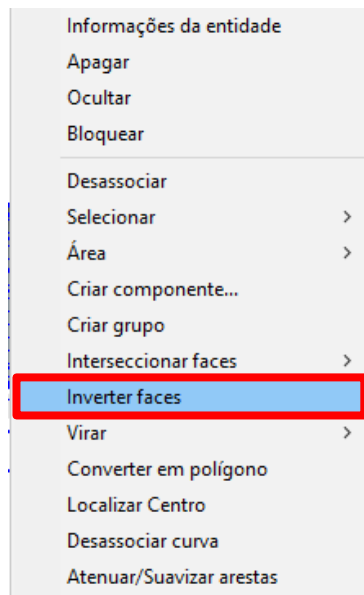
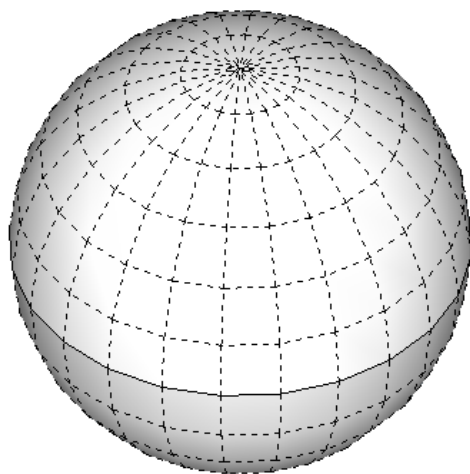
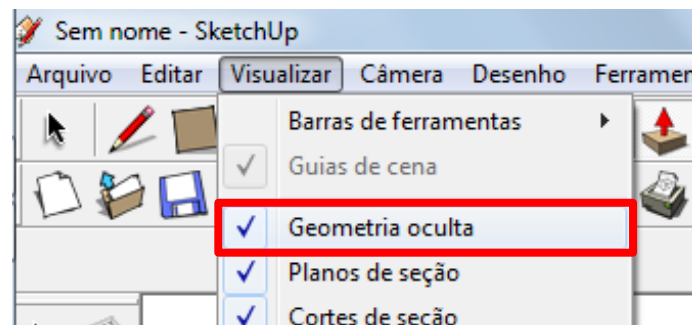
A forma será gerada automaticamente.



## 2. Planificação da esfera

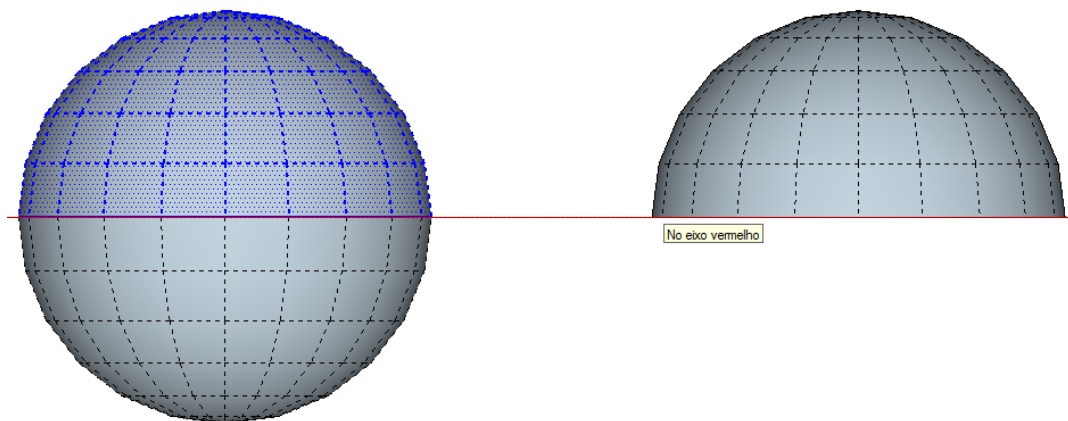
Nessa etapa, o objetivo é obter a planificação digital da superfície da esfera utilizando-se o recurso de geometria oculta e um plug-in de planificação. Para tanto, é necessário inicialmente:

2.1. Ativar a geometria oculta e inverter as faces do modelo, caso a superfície estiver na cor branca, selecionando toda a esfera e clicando com o botão direito e escolhendo a opção “inverter faces”.

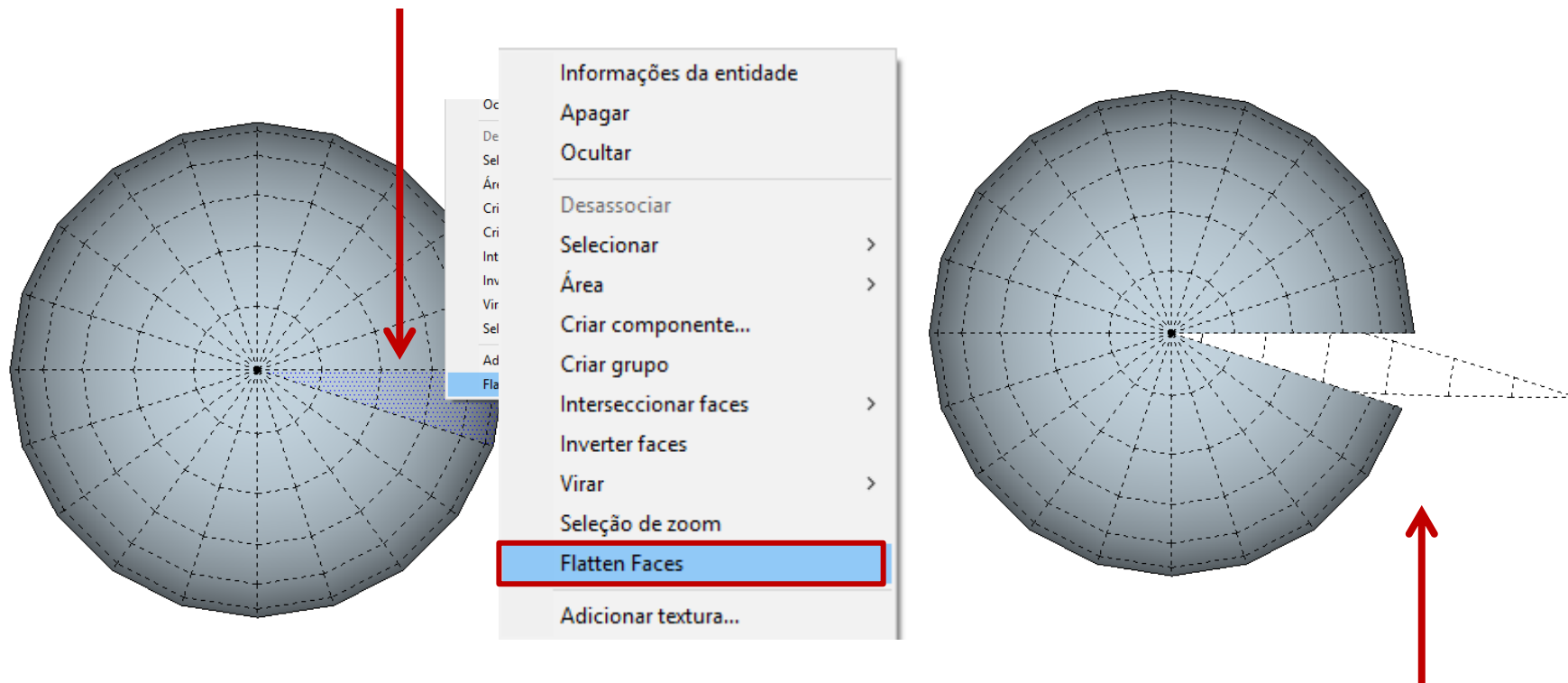


2.2. Para a planificação, necessitamos apenas de uma das partes da esfera, ou seja, de uma semiesfera. Dessa maneira, iremos copiar a parte superior da esfera para posteriormente ser planificada.

Na vista frontal, selecionar com a seleção de janela (da esquerda superior para a direita inferior) toda a parte de cima da esfera e com o comando MOVE + CTRL copiar e posicionar na área de trabalho.



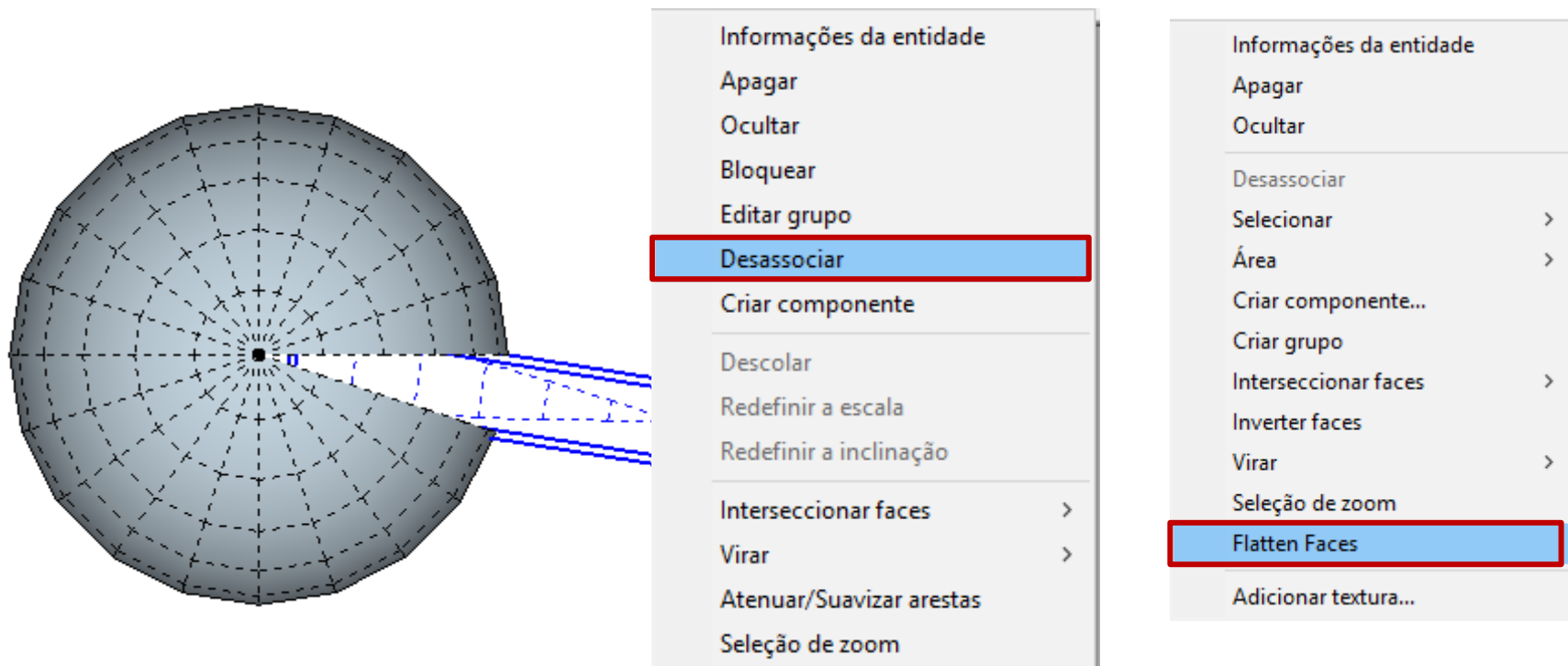
2.3. Selecionar **todas as faces** que formam a superfície de um fuso da esfera e clicar com o botão direito, escolhendo “Flatten Faces”.



2.4. Nesta primeira planificação, o fuso da esfera não ficará totalmente alinhado com o plano horizontal, assim é necessário realizar uma segunda planificação do fuso.

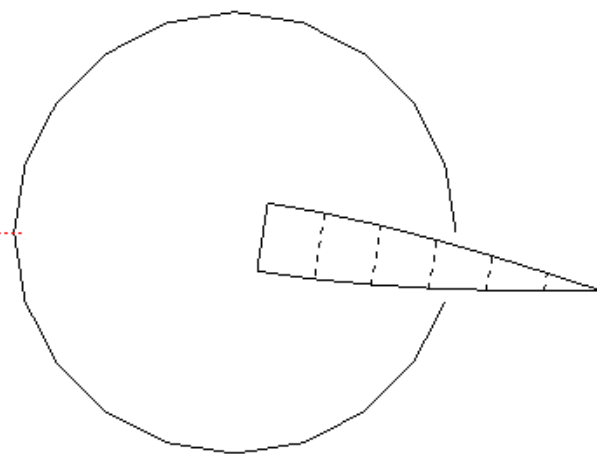
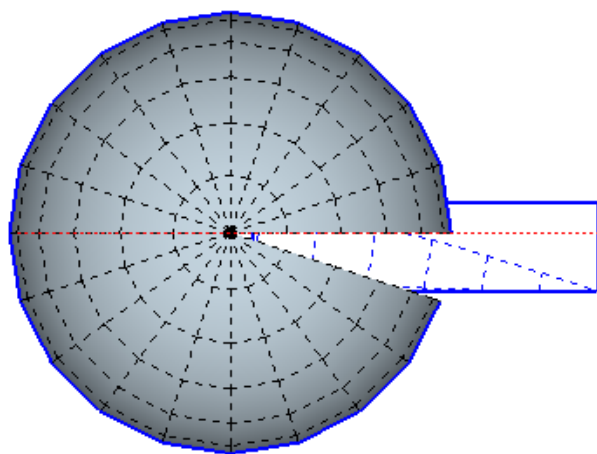
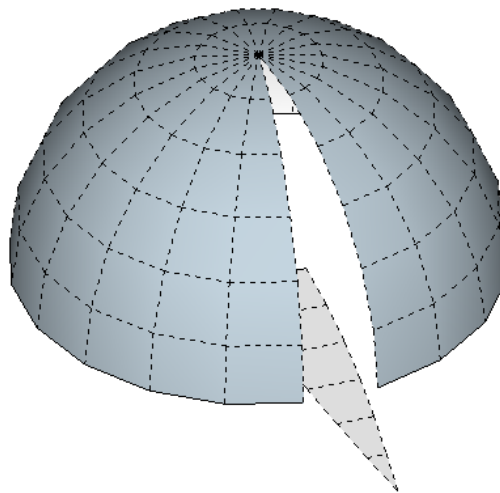
2.5. Na vista superior ou perspectiva e com o fuso selecionado, clicar com o botão direito e escolher “Desassociar”, para tornar o fuso editável.

2.6. Ainda com o fuso selecionado, clicar com o botão direito e escolher “Flatten Faces”, para planificar novamente as faces do fuso da esfera.



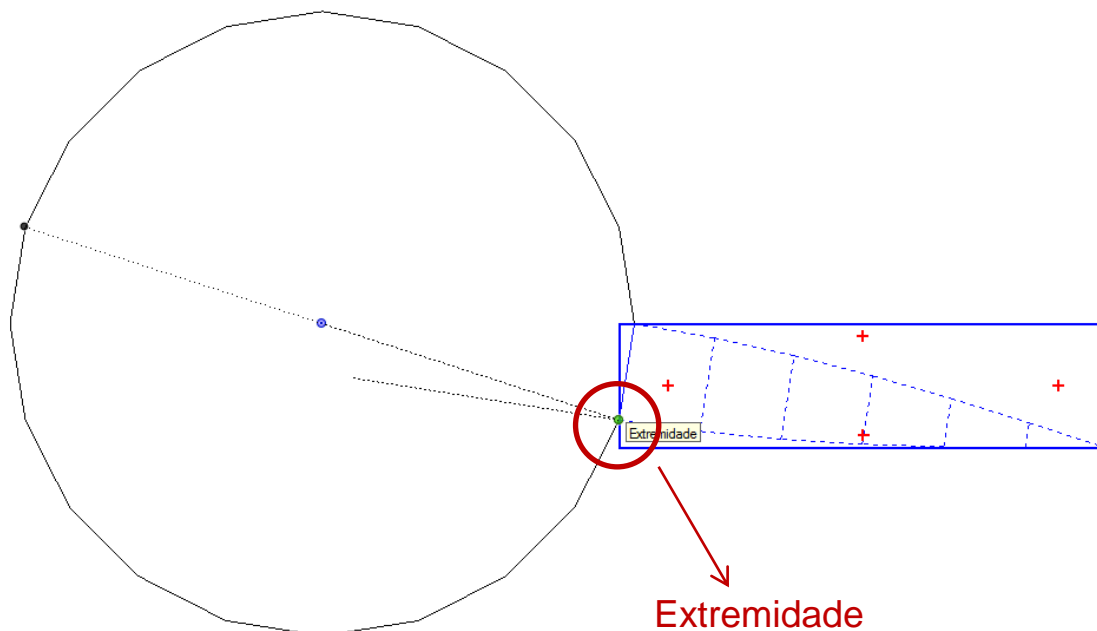


2.7. Copiar e mover a diretriz e o fuso para a lateral do modelo, selecionando a circunferência diretriz e o fuso planificado e clicando na ferramenta **Mover** e logo na tecla **Ctrl**, para inserir os objetos copiados na área de trabalho.



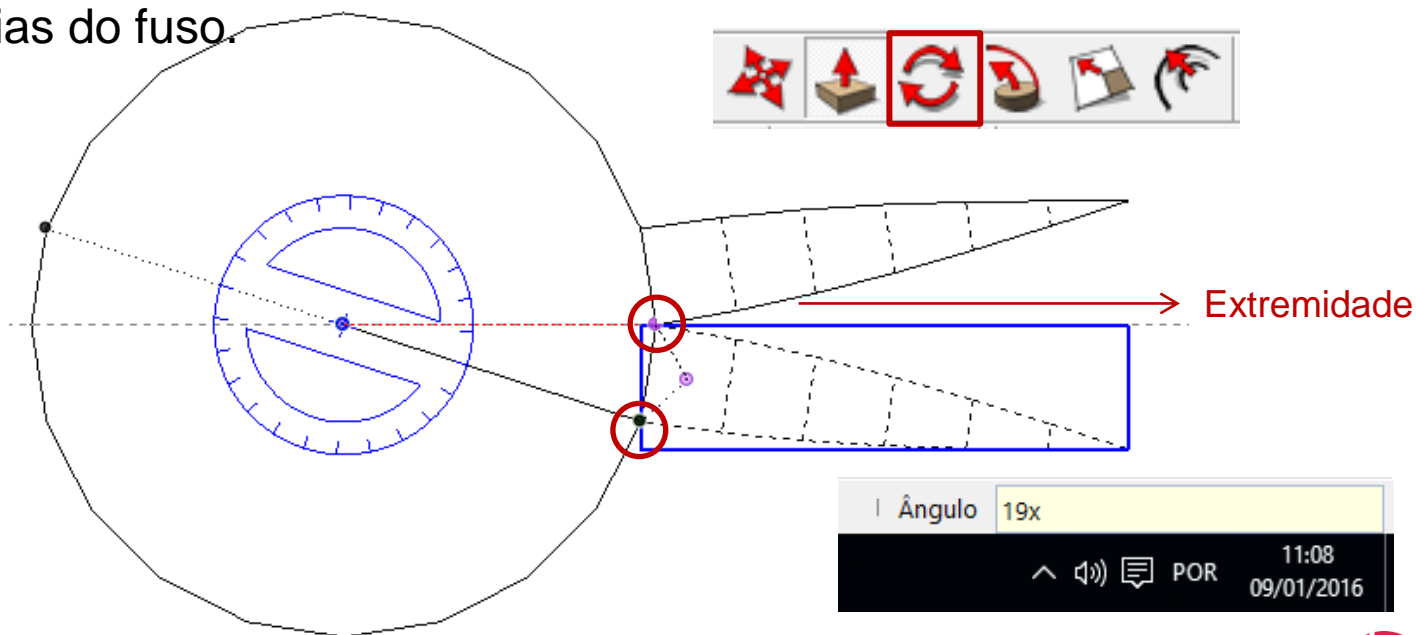
## 2.8. Posicionar o fuso sobre a diretriz circular.

Na vista superior, selecionar o fuso planificado e clicar na ferramenta **Mover**, inserindo-o pelo ponto extremo sobre o ponto extremo de um dos segmentos que formam a curva diretriz.

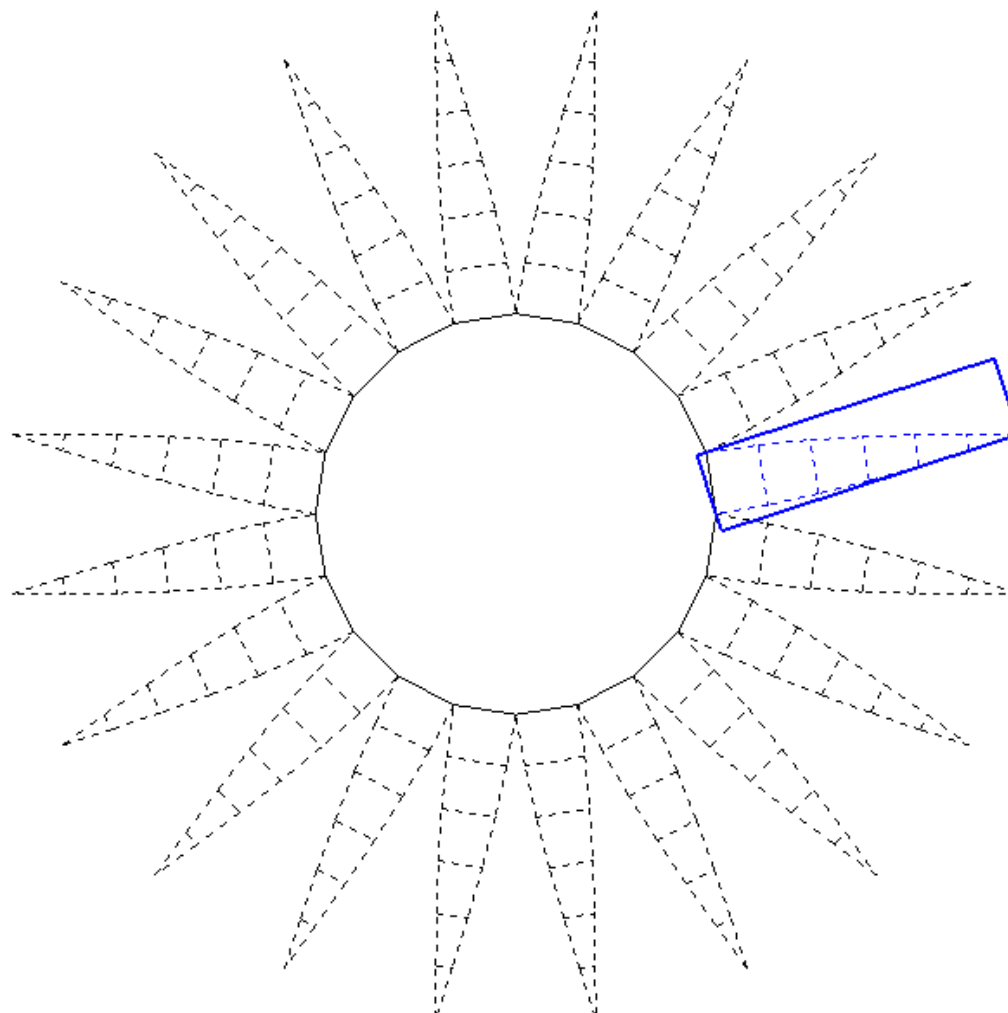


## 2.9. Representar todos os fusos que compõem a planificação.

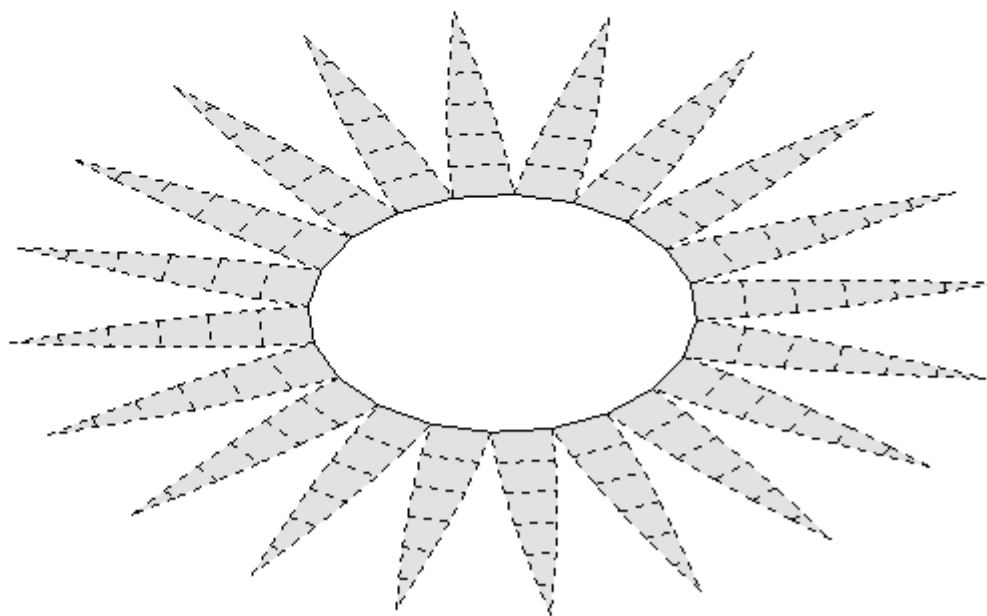
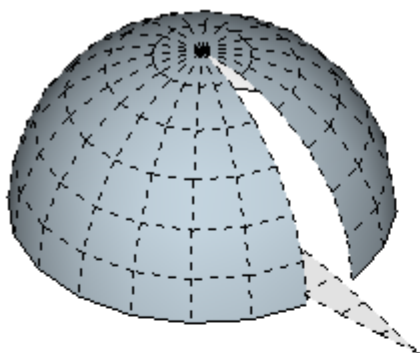
Esta representação foi feita a partir do conceito de **simetria polar**, na qual os objetos são repetidos em torno de um ponto, centro de uma circunferência. Inicialmente, selecionou-se o fuso planificado que foi inserido na circunferência diretriz e clicou-se na ferramenta **Rotar**, posicionando **primeiro** o transferidor no **centro** da circunferência e logo na **extremidade** do fuso selecionado. Com a tecla **Ctrl** **acionada inseriu-se uma cópia do fuso no ponto** extremo do segmento posterior sobre a curva diretriz. Em seguida, digitou-se 19x na caixa de diálogo inferior, para gerar 19 cópias do fuso.



2.8. Os fusos serão automaticamente copiados e posicionados ao redor da curva diretriz.



2.10. É opcional copiar a face inferior do hiperboloide e posicionar na planificação.



## Referências

Pires, J. F.; Borda, A.; Peronti, G. G.; Osmaré, M. R. Planificações Parametrizadas e Kirigami: Aproximações possíveis para o Estudo e a Representação de Superfícies Curvas. In: *XVII Congresso da Sociedade Ibero Americana de Gráfica Digital, SIGRADI 2014*. Blucher Design Proceedings. Dezembro de 2014, Volume 1, Número 8, p. 265-270.

Razani, R. *Phantastische Papierarbeiten. Faltschnittkarten selberrnachen. Mit Anleitungen und Plänen in Originalgröße*. Augustus Verlag: Augsburg, 1993. 81 p.

Rodrigues, Á. *Geometria Descritiva: Projetividades, Curvas e Superfícies*. 1a ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico Ltda, 1960.

Imagens disponíveis em:

<http://enciclopedia.us.es/index.php/Esfera>

Material didático da disciplina de Geometria Gráfica e Digital 3 da FAURB, UFPel, sobre representação do parabolóide hiperbólico.

## HISTÓRICO DA OFINA

As oficinas de Representação e Planificação de Superfícies Curvas foram criadas no segundo semestre de 2013, pela docente Janice de Freitas Pires, como atividade didática da disciplina Geometria Gráfica e Digital 3 (GGD3), do curso de Arquitetura e Urbanismo da FAURB/UFPe, com o objetivo de reconhecer técnicas de modelagem e planificação digital adequadas a construção de modelos físicos em papel de superfícies curvas recorrentes em obras de arquitetura. A disciplina de GGD3, da graduação, desde o segundo semestre do ano de 2011 vem desenvolvendo atividades voltadas a inserção de técnicas de modelagem geométrica como meio de estudo e conhecimento sobre as superfícies curvas empregadas na arquitetura. Após o segundo semestre de 2013, esta oficina passou a ser reestruturada a partir de uma investigação realizada conjuntamente pela docente responsável pela disciplina na época, professora Janice de Freitas Pires,, e a estudante do curso, Gabriela Gonzales Peronti, voluntária de ensino, sobre a otimização da modelagem com o propósito de facilitar e qualificar o processo de montagem dos modelos em papel das superfícies tratadas. Tal estudo foi realizado no âmbito de um projeto de ensino coordenado pela mesma professora. No início do primeiro semestre de 2014 foram construídos, pelos mesmos autores, os materiais didáticos relativos a tais oficinas. Estas oficinas continuaram sendo desenvolvidas como atividades didáticas, abarcando 4 semestres consecutivos, ocorridos no período de 2013/02-2015/01, não sendo realizada apenas no segundo semestre do ano de 2015. Em janeiro de 2016 o material didático da oficina foi totalmente reformulado pela mesma docente, devido a necessidade de atualizar as técnicas e tecnologias empregadas, pela adoção de um novo plug-in de planificação e novas versões de plug-ins para representar curvas, compatíveis com as versões do software SktechUp 2014, 2015 e 2016. A revisão do material também abarcou a reformulação sobre a seleção e emprego dos tipos de curvas disponibilizadas pelos plug-ins de curvas, considerando-se essencialmente a adequação destas curvas para representar a geratriz de cada tipo de superfície.

**Ministrantes segundo semestre de 2013:** Janice de Freitas Pires (docente da FAURB, UFPe) e Felipe Etchegaray Heidrich (docente FAURB, UFPe).

**Ministrantes primeiro semestre de 2014:** Gabriela Gonzales Peronti (estudante do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPe) e Janice de Freitas Pires (docente FAURB, UFPe).

**Ministrantes segundo semestre de 2014:** Kleiton Alcântara (estudante voluntário da FAURB, UFPe), Luisa Félix Dalla Vecchia (docente FAURB, UFPe), Antônio Carlos Porto Silveira Junior (docente FAURB, UFPe).

**Ministrantes primeiro semestre de 2015:** Kleiton Alcântara, Claudia Andriele de Freitas e Natália Neri de Faria, Luisa Félix Dalla Vecchia (docente FAURB, UFPe), Antônio Carlos Porto Silveira Junior (docente FAURB, UFPe).

**CARGA HORÁRIA:** 4hs