

20241387



Diana Bagaeva

TRABALHO

II.

Modelação e Estruturação de Superfícies de Abóbada

O presente trabalho insere-se no âmbito da unidade curricular de **Modelação Geométrica e Generativa (MGG)** e tem como objetivo o estudo, a modelação e a estruturação de seis superfícies de abóbada distintas, explorando as suas propriedades geométricas e espaciais.

Tendo como ponto de partida as quatro famílias fundamentais de superfícies — abóbadas de translação, tóricas de revolução, esféricas e alveolares — foram selecionados os seguintes exemplares para o desenvolvimento deste trabalho:

1. **Abóbada Ogival** (Abóbada de Translação)
2. **Abóbada Toral** (Abóbada Tórica de Revolução)
3. **Abóbada Helicoidal**
4. **Abóbada de Vela** (Abóbada Esférica)
5. **Abóbada de Bolbo Alveolada** (Abóbada Alveolar)
6. **Abóbada de Luneta Cilíndrica** (Modelação com recurso a Grasshopper)

- Para cada um dos exemplares selecionados, procedeu-se à sua modelação tridimensional no programa **Rhino**, focando na precisão geométrica das interseções e na continuidade das superfícies.
- Em casos específicos, como na **Abóbada de Luneta Cilíndrica** e na **Abóbada de Bolbo Alveolada**, utilizou-se a ferramenta **Grasshopper** para a definição algorítmica e parametrização da estrutura.
- A apresentação de cada modelo é composta por uma folha A3 que inclui uma vista em perspetiva e três vistas ortogonais — planta, alçado frontal e alçado lateral — extraídas diretamente do ambiente de modelação, com as respetivas legendas e escalas.
- Todas as imagens apresentadas respeitam uma definição igual ou superior a **300 ppp**, de forma a garantir a sua correta leitura e análise detalhada das formas modeladas.



Classificação e Gênese Geométrica das Abóbadas

1. Superfícies de Translação

As abóbadas desta categoria são geradas pelo deslocamento de uma curva (geratriz) ao longo de um percurso retilíneo (diretriz), mantendo a sua orientação constante.

Exemplo: A Abóbada Ogival exemplifica esta categoria, onde o arco quebrado é extrudido ao longo de um eixo, criando uma superfície de curvatura simples que é fundamental na arquitetura gótica.

2. Superfícies Tóricas de Revolução

Estas superfícies resultam da rotação de uma geratriz circular (ou um arco) em torno de um eixo que não intersecta o centro da própria curva.

Exemplo: A Abóbada Toral é um fragmento de um toro. A sua modelação exige um controlo preciso do raio de curvatura e da distância ao eixo de rotação, resultando numa geometria de dupla curvatura.

3. Superfícies Esféricas

Geradas pela rotação de uma semicircunferência em torno do seu diâmetro, estas superfícies apresentam uma curvatura dupla constante.

Exemplo: A Abóbada de Vela foi obtida a partir de uma calote esférica intersectada por planos verticais. O desafio aqui foi garantir a concordância entre os pontos de apoio e a curvatura da esfera, criando uma forma que parece "flutuar" sobre a planta quadrada.

4. Superfícies Alveolares

Representam a complexidade contemporânea, onde a superfície base é subdividida em células ou módulos (alvéolos) através de processos algorítmicos.

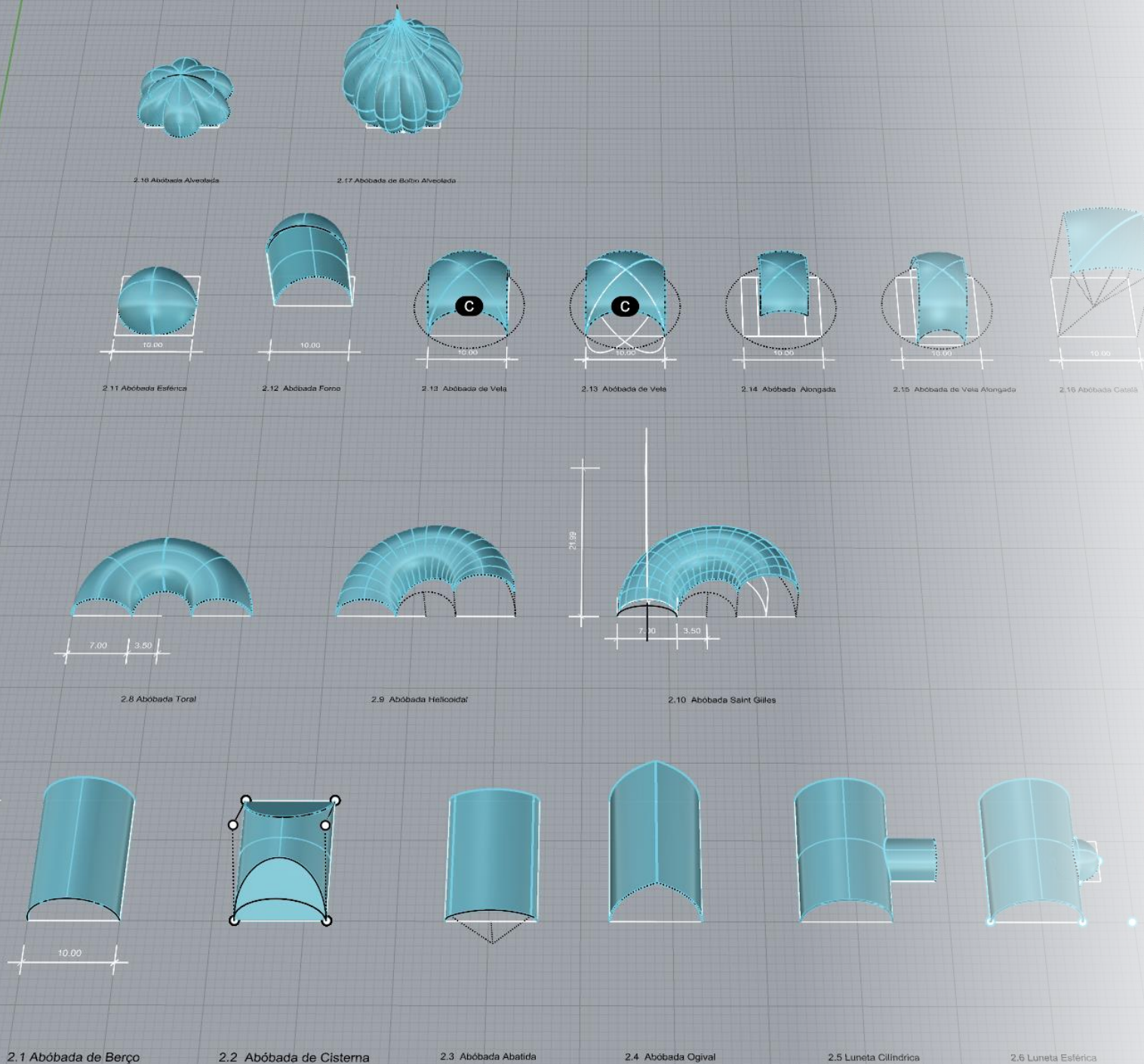
Exemplo: Na Abóbada de Bolbo Alveolada, recorreu-se ao Grasshopper para parametrizar a distribuição das células sobre a superfície de revolução, permitindo um controlo rigoroso da densidade e da profundidade dos alvéolos.

5. Interseções e Casos Especiais

Além das categorias base, o trabalho explora a complexidade das interseções de volumes e percursos não lineares.

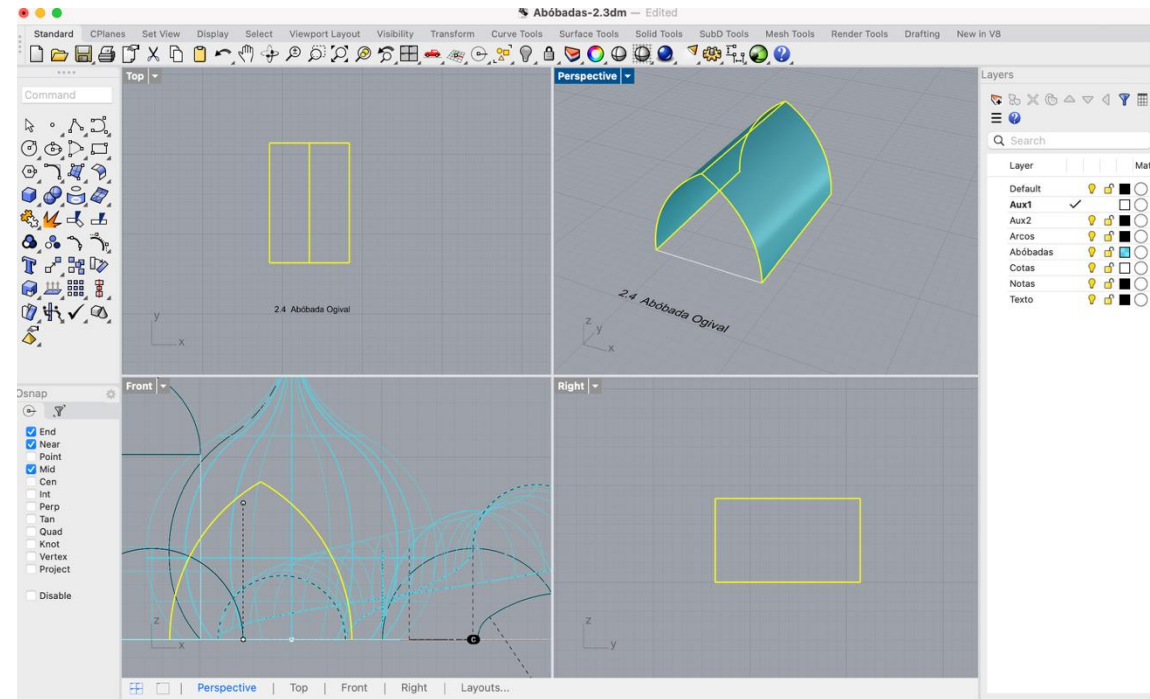
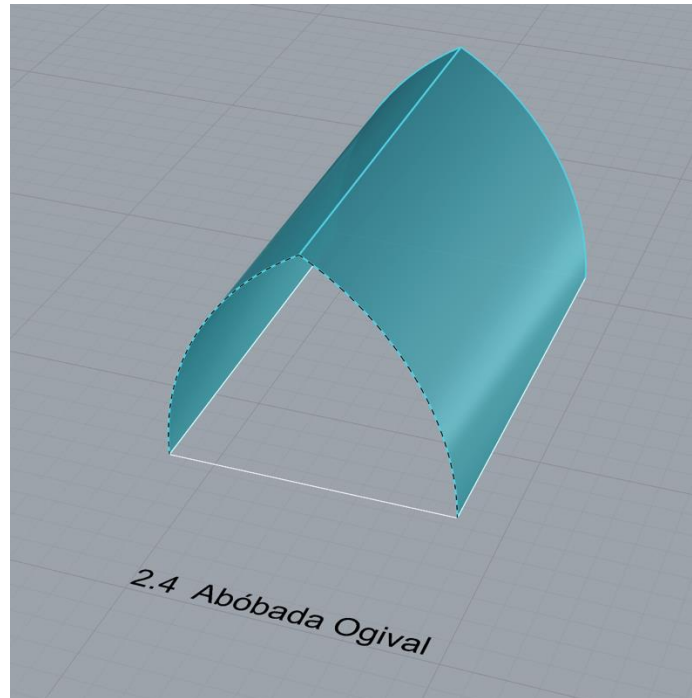
Luneta Cilíndrica: Resulta da interseção de duas superfícies cilíndricas de diferentes raios, exigindo atenção às curvas de concordância.

Cisterna Helicoidal: Um caso particular onde a geratriz segue uma diretriz helicoidal (em espiral), criando uma superfície de translação complexa que acompanha o movimento de subida ou descida.



1. ABÓBADA OGIVAL

A abóbada ogival é uma superfície de translação, resultante da extrusão de um arco quebrado ao longo de um eixo retilíneo. Este elemento é frequentemente utilizado na arquitetura gótica para vencer grandes vãos, contribuindo para a verticalidade e luminosidade do espaço.



Guia de Modelação ABÓBADA OGIVAL :

1. Começamos por desenhar a projeção horizontal da abóbada utilizando o comando Rectangle. Este retângulo define a largura e a profundidade do vão arquitetónico que pretendemos cobrir. Utilizamos o comando Circle (opção Vertical e 2Points) para desenhar dois círculos cujos centros se localizam nos cantos opostos da largura do vão.

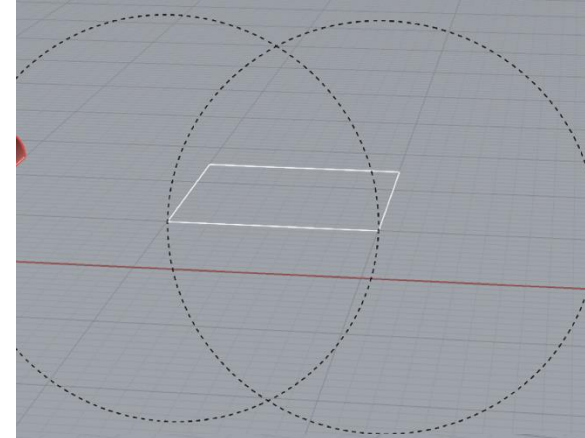
2. Edição e Refinação da Curva: Com base na intersecção dos círculos, utilizamos o comando Trim para remover as partes inferiores e excedentes das circunferências, mantendo apenas o perfil superior. De seguida, aplicamos o comando Join para unir as duas curvas num único elemento (policuna).

Raciocínio: Esta linha contínua será a nossa geratriz, definindo a secção transversal exata que irá percorrer o espaço.

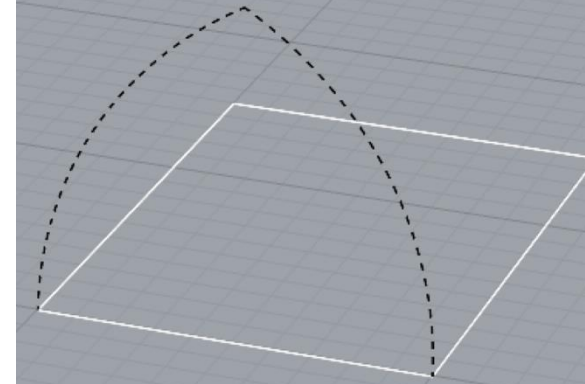
3. Seleccionamos o perfil do arco e utilizamos o comando ExtrudeCrv ao longo do comprimento do retângulo base.

FIM

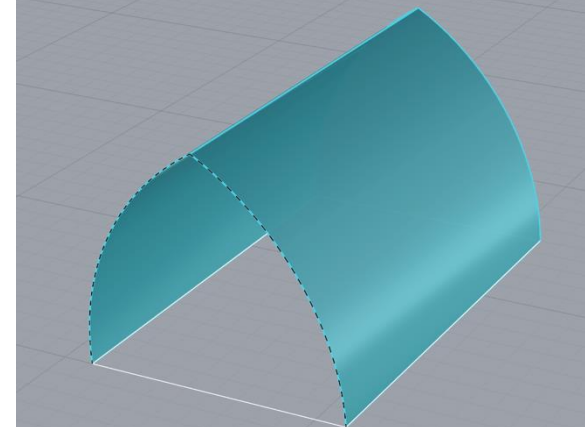
1.



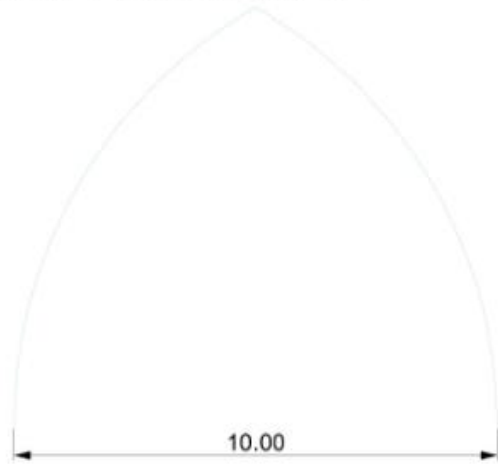
2.



3.



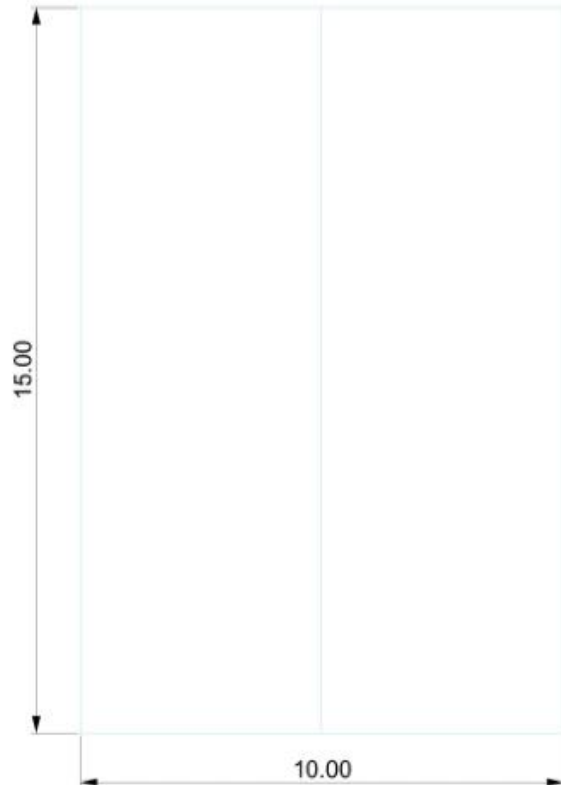
ABÓBADA OGIVAL



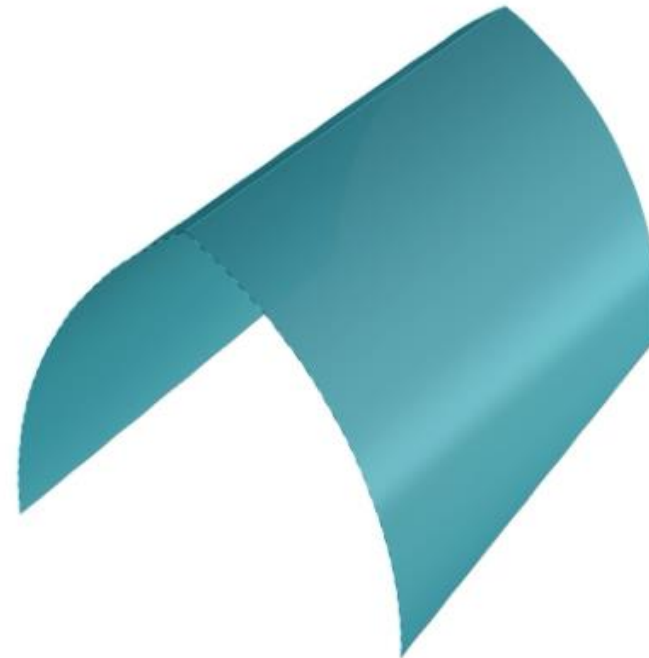
Alçado Frontal
Escala 1 : 1



Alçado Lateral
Escala 1 : 1



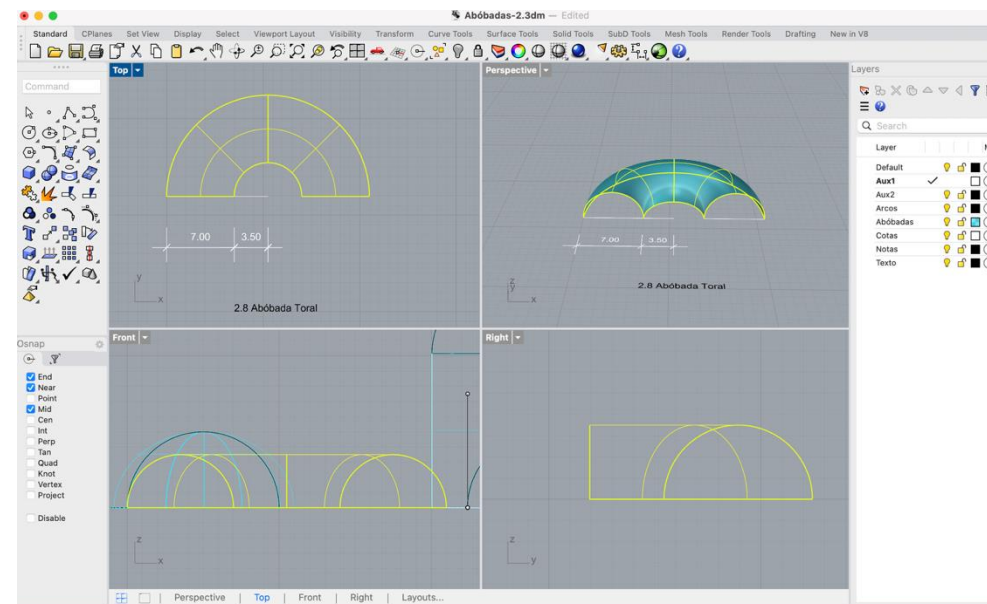
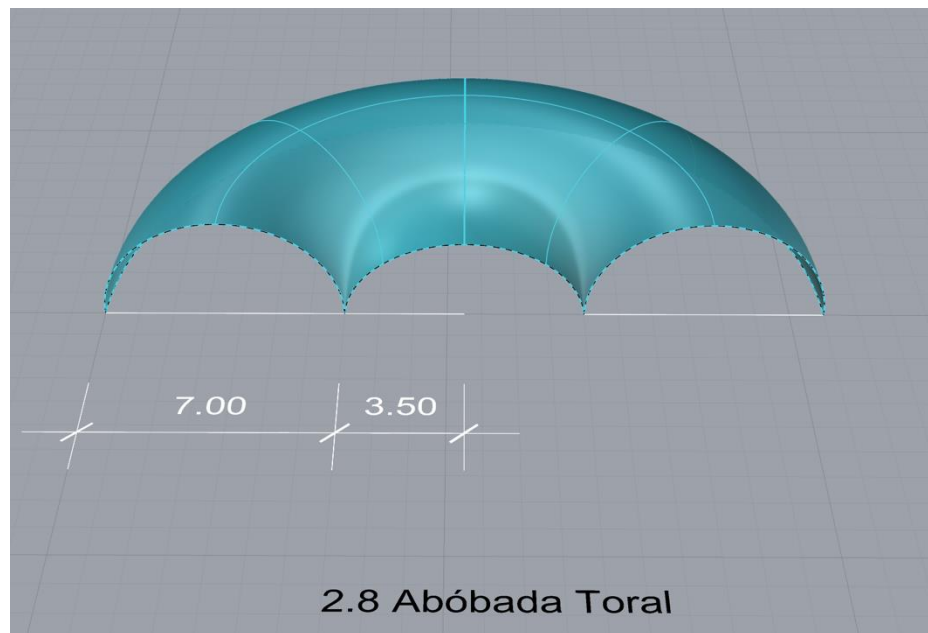
Planta
Escala 1 : 1



Modelo

2. ABÓBADA TORAL

A abóbada toral é uma superfície tórica, resultante da revolução de uma geratriz circular em torno de um eixo exterior à curva. Este elemento é frequentemente utilizado em deambulatórios ou galerias curvas, contribuindo para a continuidade formal em plantas circulares.



Guia de Modelação ABÓBADA TORAL :

11. Iniciamos o traçado com a definição dos segmentos de reta que determinam o vão da abóbada- 7 cm e o raio de curvatura interior do percurso -3.5 cm. Com base nestes valores, desenham-se dois círculos horizontais concêntricos com raios de 3.5 cm e 10.5 cm.

Raciocínio: Ao contrário das superfícies de translação simples, a abóbada toral desenvolve-se ao longo de um percurso curvo. A diferença entre os raios dos dois círculos deve corresponder exatamente à largura do vão da geratriz.

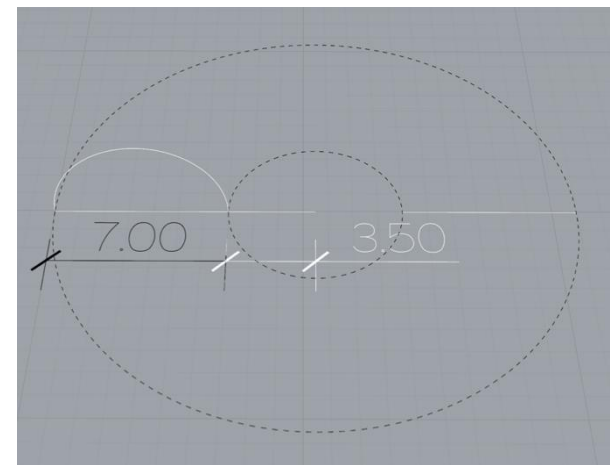
2. Utilizando o comando Trim, removemos as secções excedentes dos círcunferencias para isolar os arcos que servirão de caminhos (rails). Paralelamente, desenha-se o circuconferencias verticais (geratriz) que une os dois caminhos e usamos trim para fazer um parte da circulo

3. Para gerar o volume tridimensional, aplicamos o comando Sweep2. Selecionamos os dois arcos concêntricos como caminhos e, de seguida, o arco vertical como curva de secção (perfil).

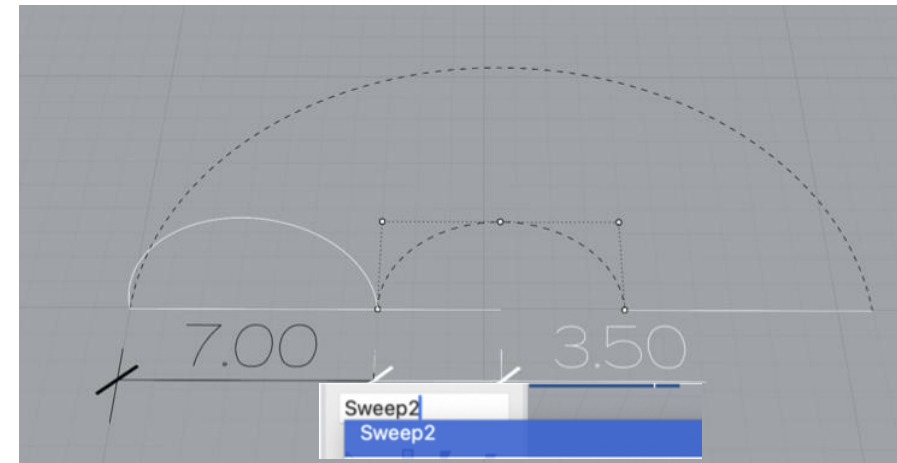
Raciocínio: O comando Sweep2 permite criar superfícies complexas onde a geratriz mantém a sua forma enquanto percorre duas diretrizes distintas. Este método garante que a abóbada acompanhe perfeitamente a curvatura do plano horizontal, mantendo a integridade da secção transversal.

FIM

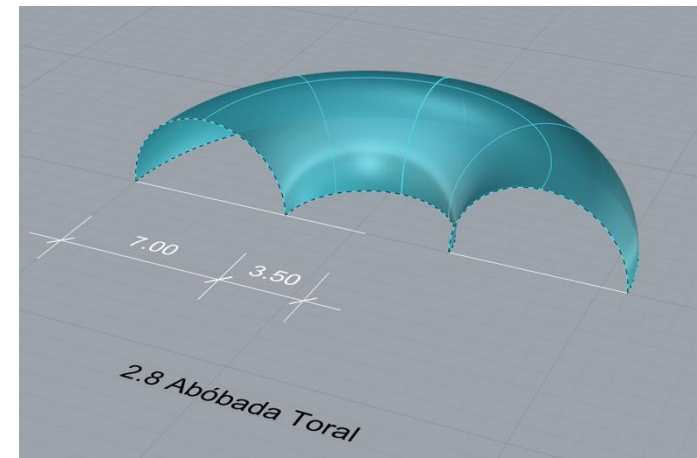
1.



2.



3.



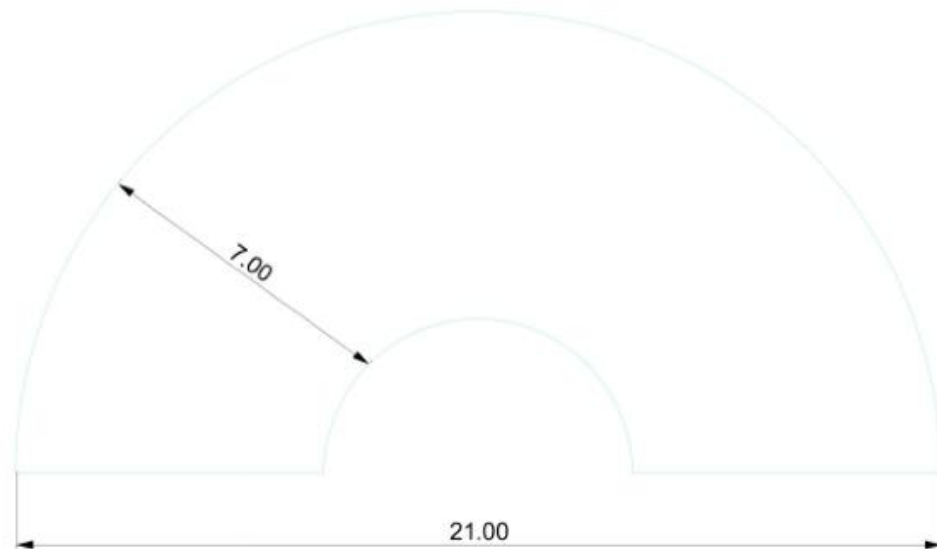
ABÓBADA TORAL



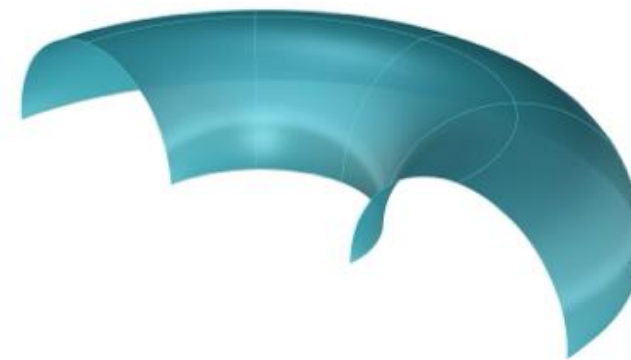
Alçado Frontal
Escala 1 : 1



Alçado Lateral
Escala 1 : 1



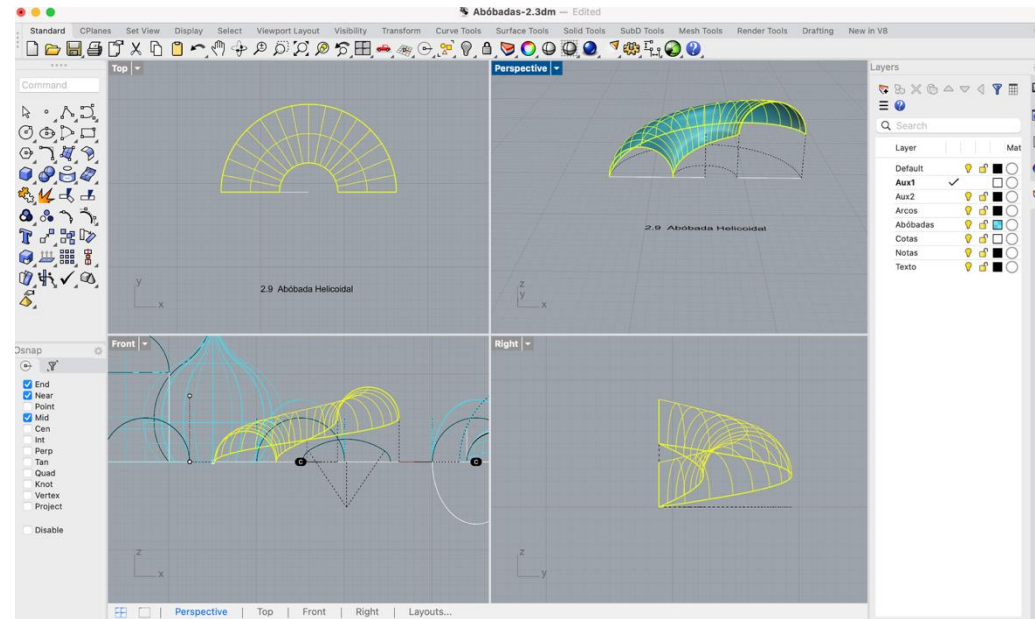
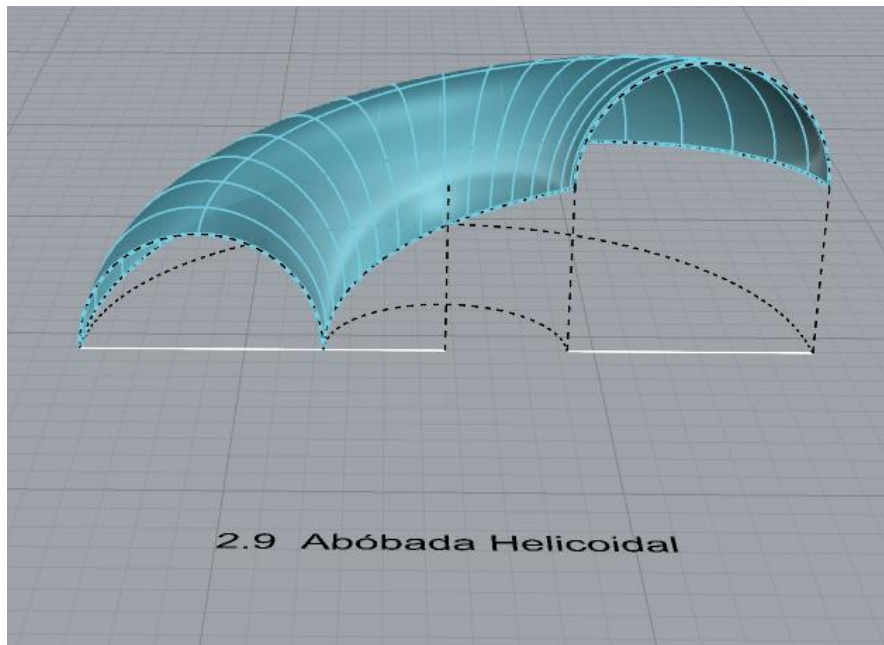
Planta
Escala 1 : 1



Modelo

3. ABÓBADA HELICOIDAL

A cisterna helicoidal é uma superfície de translação complexa, resultante do varrimento de um perfil ao longo de uma diretriz em hélice. Este elemento é frequentemente utilizado em estruturas de circulação ou armazenamento, contribuindo para o dinamismo e funcionalidade do percurso em espiral.



Guia de Modelação ABÓBADA HELICOIDAL :

1. Iniciamos o traçado no plano XY com o desenho de duas circunferências concêntricas (diâmetros de 5 e 15 unidades). Utilizando uma linha de diâmetro auxiliar e o comando Trim, isolamos as semicircunferências superiores e definimos o segmento de reta que delimita o vão.

Raciocínio: Ao contrário das abóbadas tóricas, a abóbada helicoidal desenvolve-se ao longo de um percurso circular em rampa ou inclinado. Esta base em planta serve de guia para a projeção da subida em espiral.

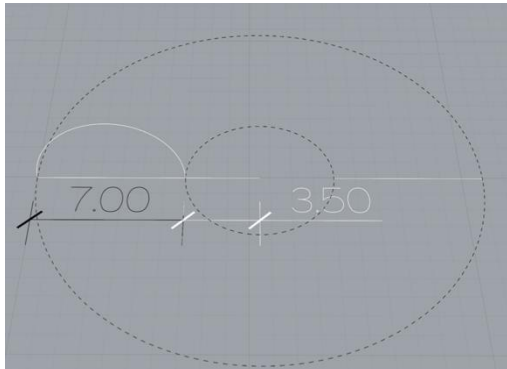
2. Criamos três segmentos de reta verticais (ex: 2,5 unidades de altura) localizados no centro e nas extremidades do vão. De seguida, desenha-se uma semicircunferência vertical (geratriz) que é copiada para os pontos de maior cota das extremidades verticais. Estes elementos verticais estabelecem a cota de subida da abóbada.

3. Utilizando o comando Helix, desenhamos duas linhas helicoidais que servirão de trilhos. Indicamos o eixo vertical central, definimos o número de voltas para 0.5 e, se necessário, acionamos a opção Reverse Twist para orientar o sentido da subida.

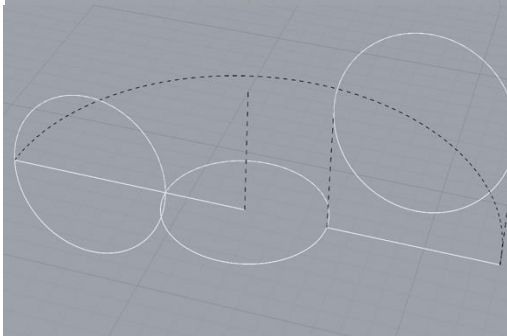
4. Com todos os traços auxiliares definidos, aplicamos o comando Sweep2. Seleccionamos as duas diretrizes helicoidais como caminhos e o arco vertical como perfil de secção.

FIM

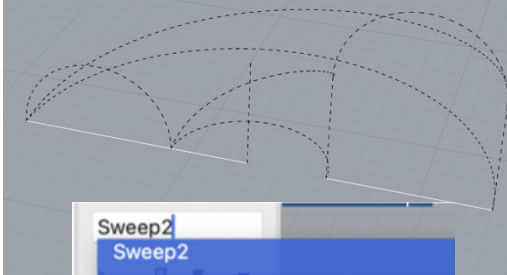
1.



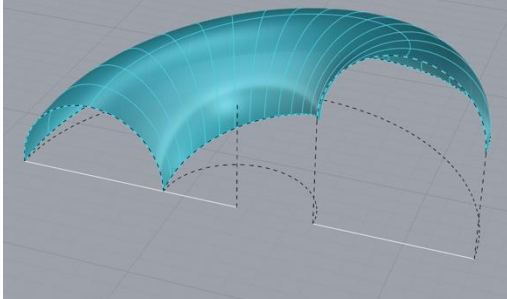
2.



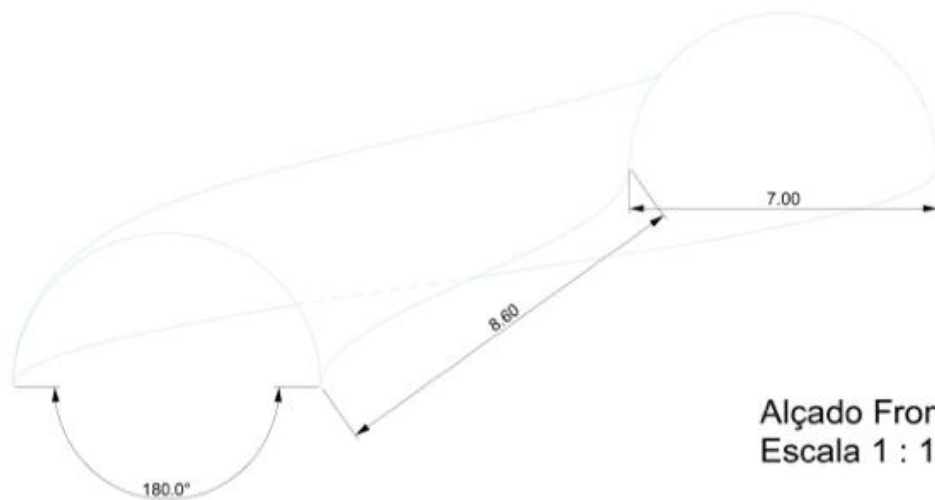
3.



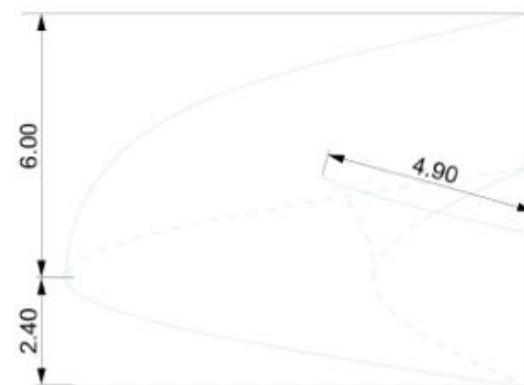
4.



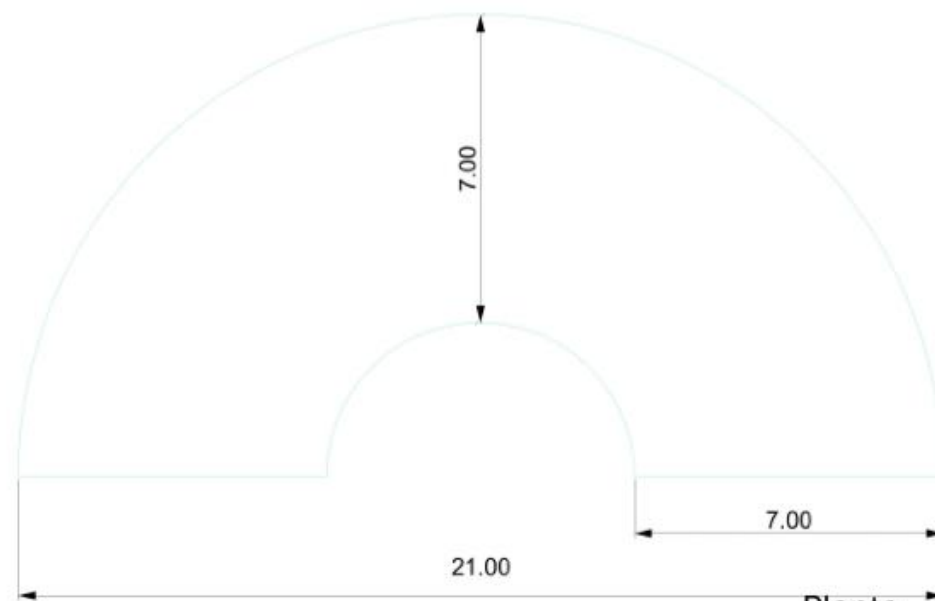
ABÓBADA HELICOIDAL



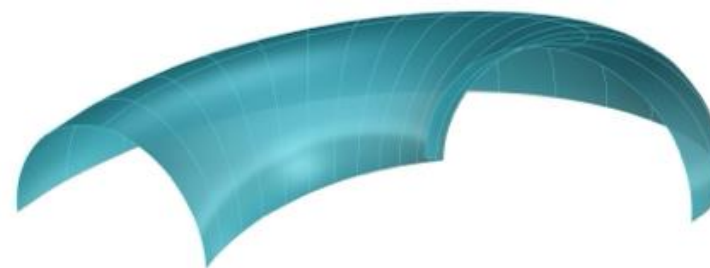
Alçado Frontal
Escala 1 : 1



Alçado Lateral
Escala 1 : 1



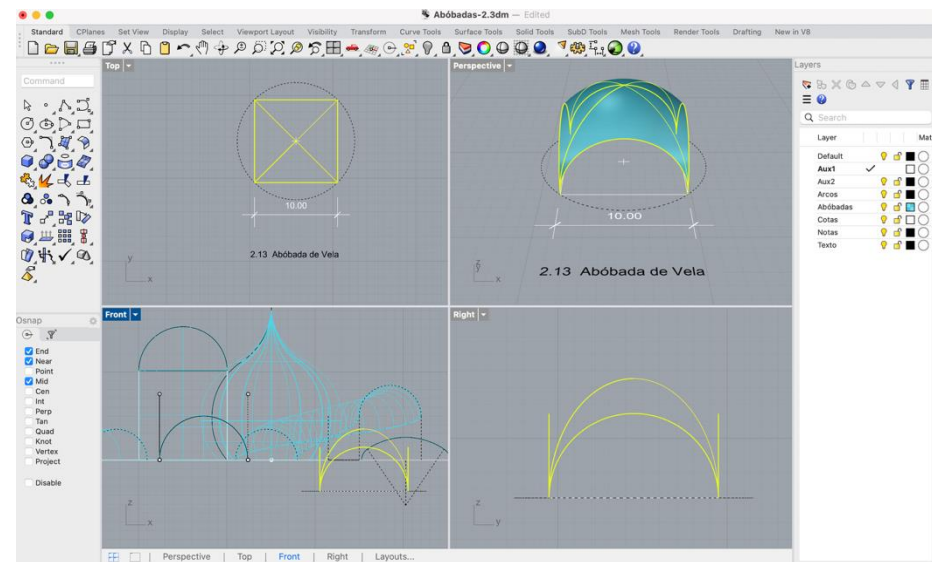
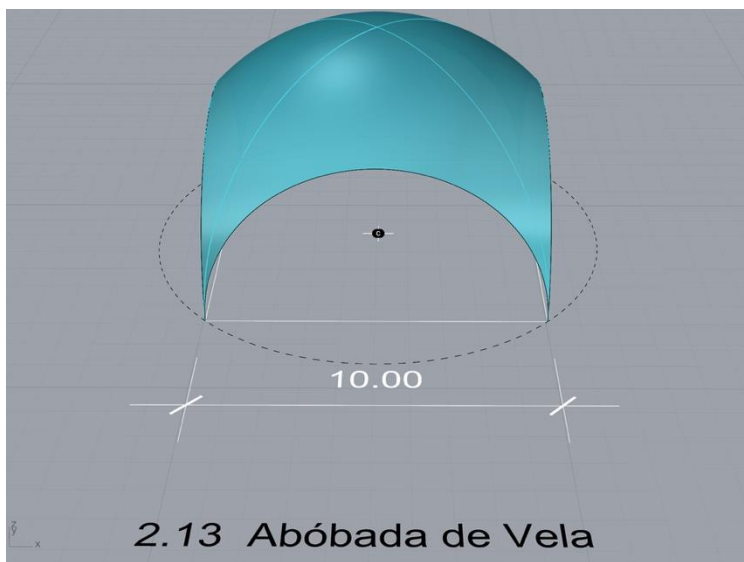
Planta
Escala 1 : 1



Modelo

4. ABÓBADA DE VELA

A abóbada de vela é uma superfície esférica, resultante da interseção de uma semiesfera com um prisma de base quadrada. Este elemento é frequentemente utilizado para cobrir espaços quadrangulares, contribuindo para uma sensação de leveza e fluidez espacial.



Guia de Modelação ABÓBADA DE VELA :

1. Geometria de Base e Equador: Iniciamos o processo desenhando no plano XY um quadrado auxiliar de 10 x 10 unidades com o comando Rectangle. De seguida, utilizamos o comando Circle para circunscrever uma circunferência a este quadrado, definindo assim o equador da abóbada.

2. Com o comando Sphere, criamos uma superfície esférica baseada na circunferência anteriormente desenhada. Imediatamente após, utilizamos o comando Trim, selecionando o círculo auxiliar para remover a metade inferior da esfera, mantendo apenas a calote superior.

3. Seleccionamos o quadrado base e utilizamos o comando Project para obter as projeções do quadrado auxiliar no sólido esférico.

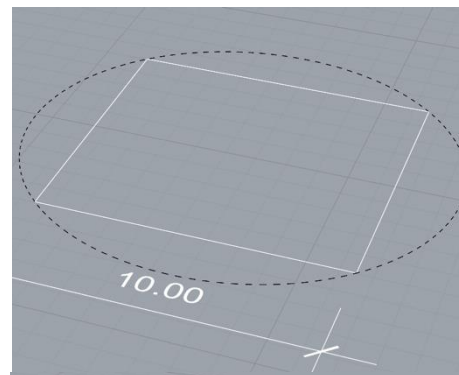
Este método permite criar linhas de interseção precisas na superfície curva sem a necessidade de criar planos secantes complexos. As curvas resultantes definem os limites exatos onde a esfera encontra os planos verticais das paredes.

4. Utilizando as linhas esféricas criadas pelo comando Project como guias, aplicamos o comando Trim para remover as secções da esfera que se encontram abaixo e fora dessas mesmas linhas.

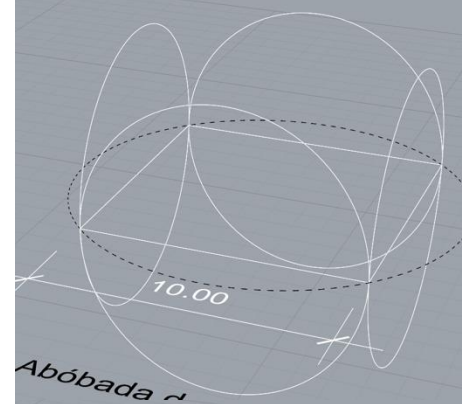
O resultado final é uma superfície esférica seccionada por quatro planos verticais que se interseitam segundo semi-circunferências iguais. Esta forma final proporciona a característica sensação de "vela" enfundada, apoiando-se estruturalmente apenas nos quatro vértices do quadrado base

FIM

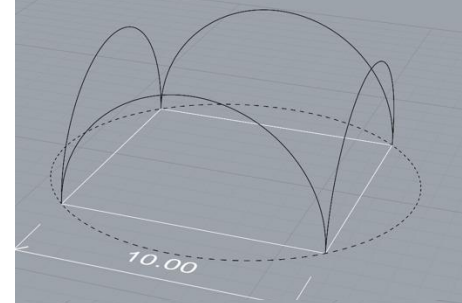
1.



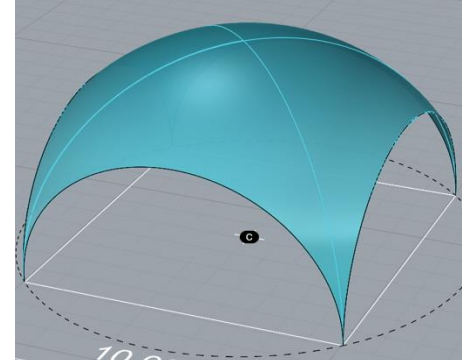
2.



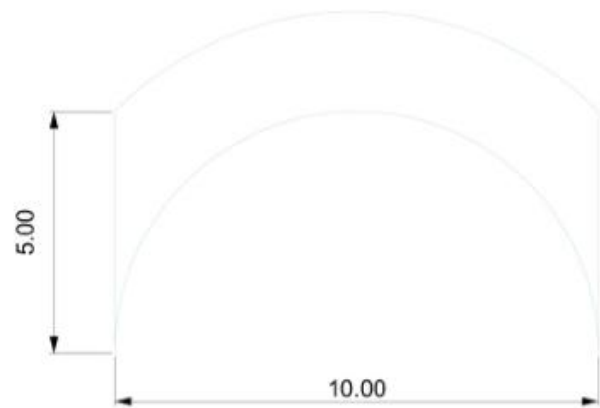
3.



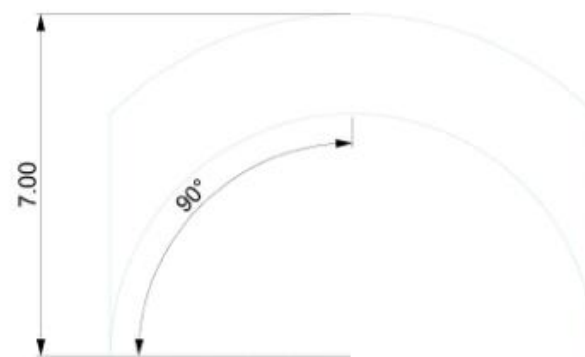
4.



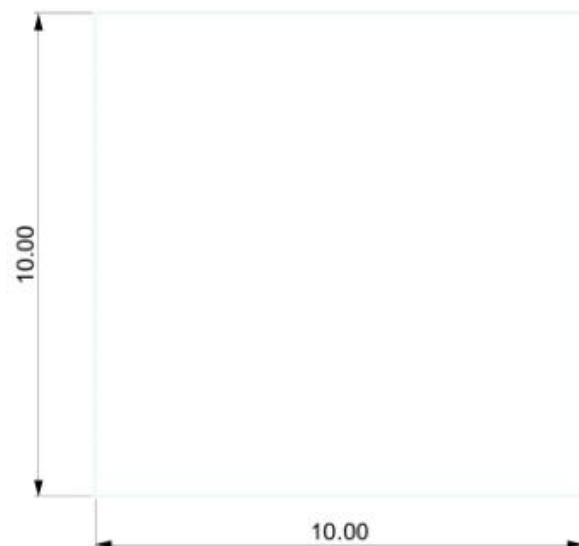
ABÓBADA DE VELA



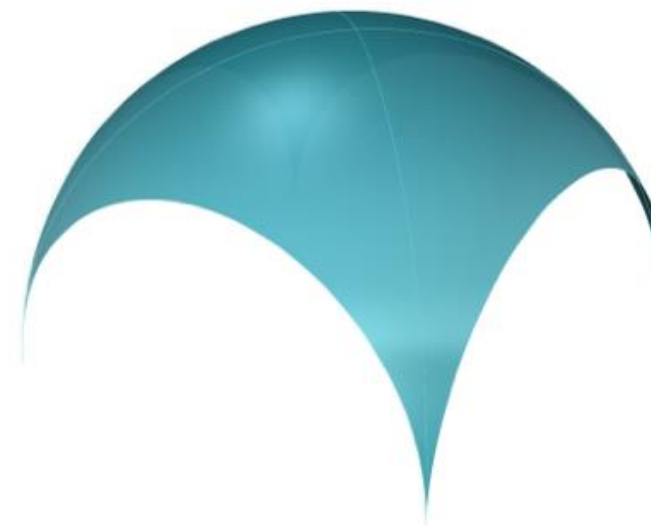
Alçado Frontal
Escala 1 : 1



Alçado Lateral
Escala 1 : 1



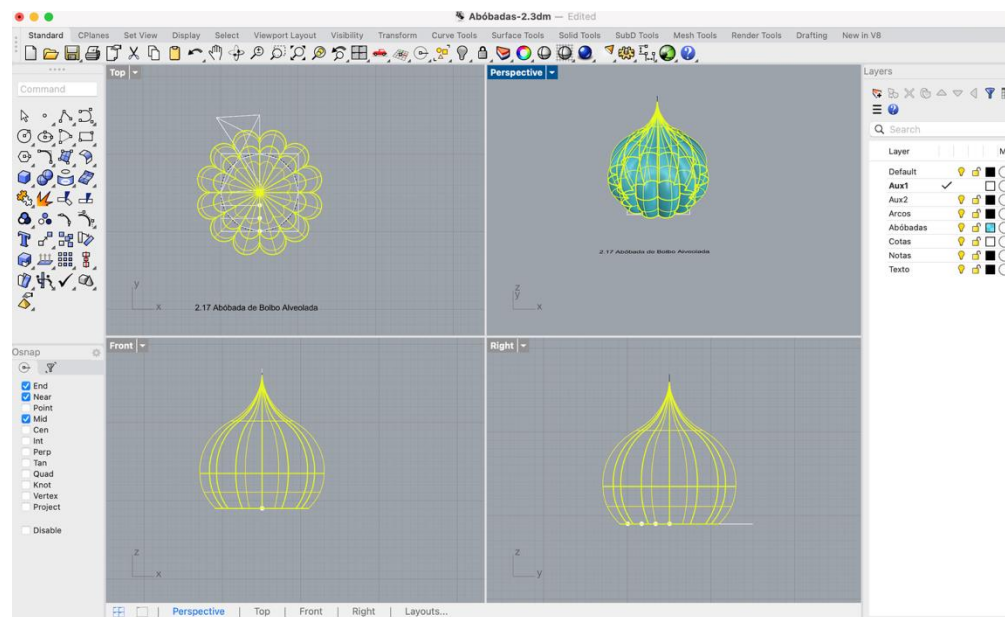
Planta
Escala 1 : 1



Modelo

5. ABÓBADA DE BOLBO ALVEOLADA

A abóbada de bolbo alveolada é uma superfície de revolução complexa, resultante da subdivisão algorítmica de uma malha em alvéolos. Este elemento é frequentemente utilizado para criar padrões geométricos densos, contribuindo para o ritmo e riqueza ornamental da cobertura.



Guia de Modelação ABÓBADA DE BOLBO ALVEOLADA:

Iniciamos o processo definindo a base da abóbada através do comando Polygon, configurado para 12 lados (Dodecágono). Traça-se uma semicircunferência sobre uma das arestas do polígono e utiliza-se o comando Array Polar com 12 repetições para distribuir a curva por todo o perímetro. Posteriormente, utiliza-se o comando Join para unir todas as curvas numa única diretriz ondulada.

2. A construção do perfil é realizada através de geometria auxiliar para garantir a curvatura correta: Constrói-se um triângulo na parte superior, prolongando uma linha de centro com altura 10. Divide-se o triângulo em duas partes e utiliza-se o comando Mirror para refletir a geometria para a base. Para a parte inferior, divide-se a linha de centro em 3 partes utilizando o comando Divide, criando os pontos de referência para a curva.

3. Utiliza-se o comando Arc (opção 3 pontos) acompanhando os lados dos triângulos e os pontos divididos para traçar os segmentos do perfil, unindo-os no final com o comando Join. Com o perfil (geratriz) concluído, aplica-se o comando Rotate3D para o colocar na posição vertical, rotacionando-o 180 graus em relação ao plano de construção. Move-se a curva para o centro da diretriz e, caso o extremo inferior não coincida exatamente com o vértice do dodecágono, utiliza-se o comando Scale para ajustar a escala do elemento.

4. Para obter a geometria final, utiliza-se o comando RailRevolve. Seleciona-se o perfil construído como Shape, a diretriz alveolada como Rail e a linha vertical central como eixo de revolução.

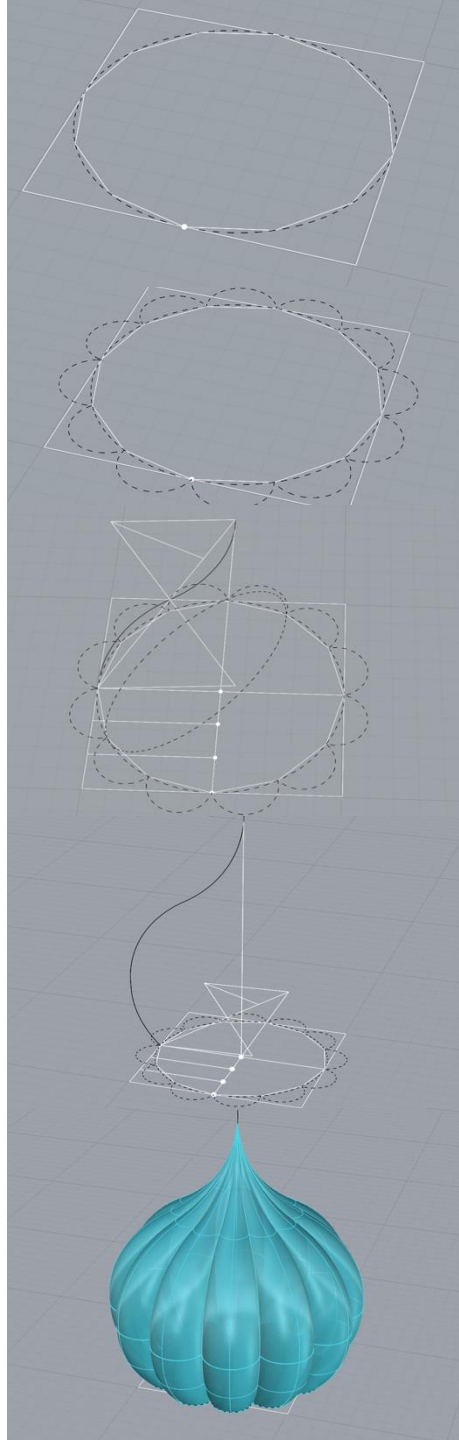
FIM

1.

2.

3.

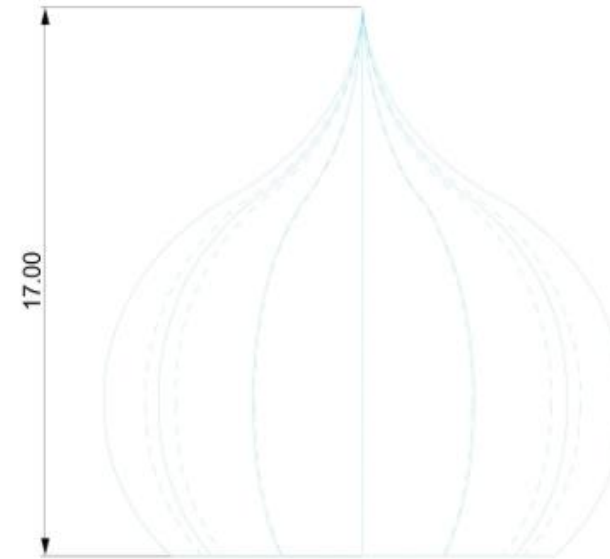
4.



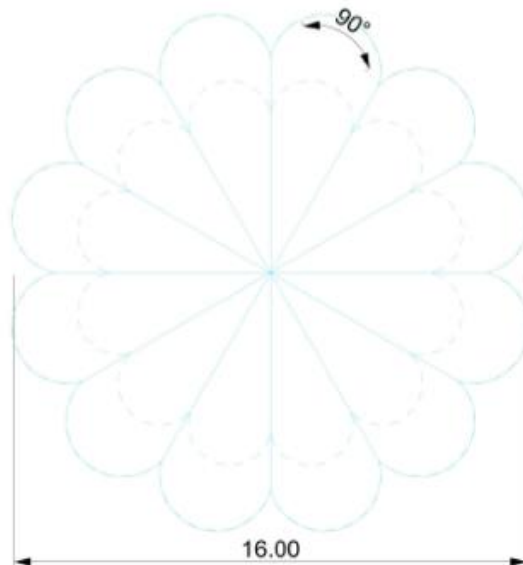
ABÓBADA DE BOLBO AVEOLADA



Alçado Frontal
Escala 1 : 1



Alçado Lateral
Escala 1 : 1



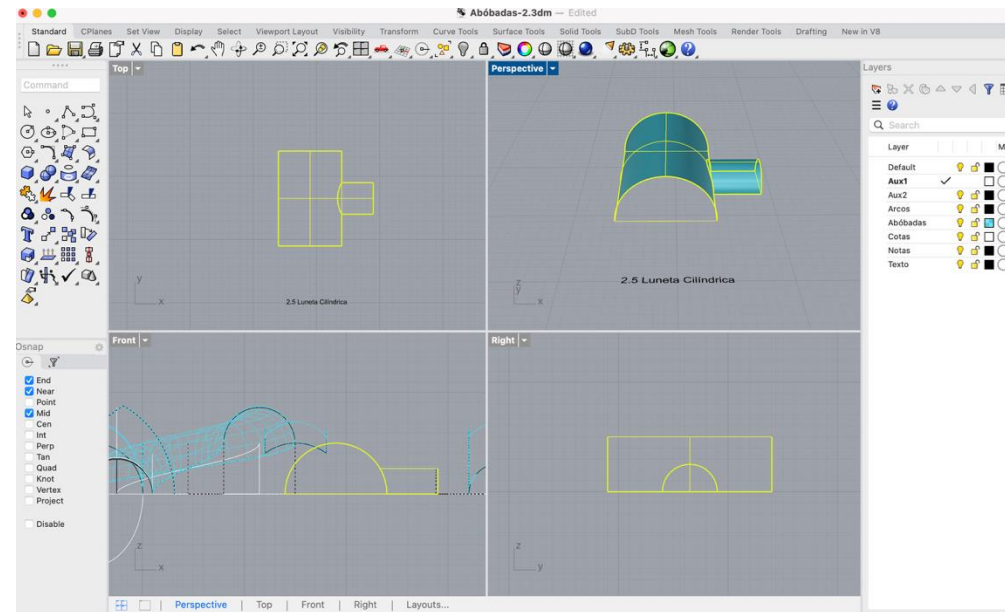
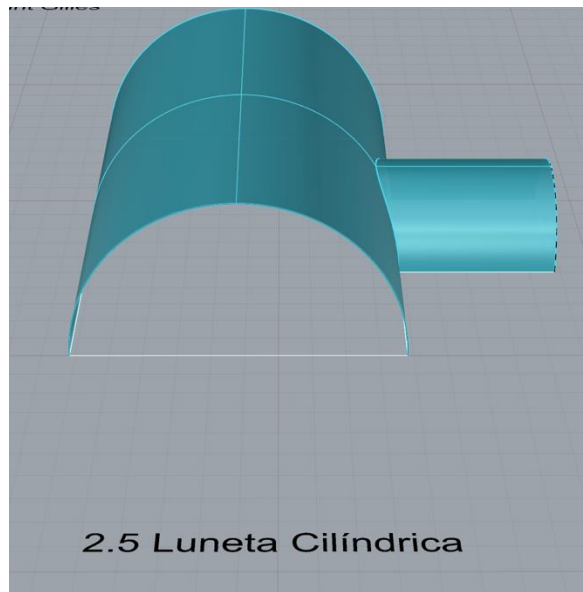
Planta
Escala 1 : 1



Modelo

6. ABÓBADA DE LUNETA CILÍNDRICA

A luneta cilíndrica é uma reentrância numa abóbada, resultante da interseção desta com uma superfície cilíndrica de menor raio. Este elemento é frequentemente utilizado para introduzir vãos, como janelas, contribuindo para a iluminação e para a composição arquitetónica.



Guia de Modelação ABÓBADA DE LUNETA CILÍNDRICA (GRASSHOPPER):

Iniciamos a construção da abóbada principal definindo um ponto de origem ligado a um XZ Plane. Criamos a geratriz através do comando Arc, onde o raio e o ângulo são controlados por Number Sliders, e geramos o volume com o componente Extrude orientado pelo vetor Unit Y.

Para a luneta, estabelecemos uma nova matriz de trabalho utilizando o plano YZ Plane. Criamos um segundo Arc (Abóbada de Berço pequena) com um raio inferior ao da estrutura principal, garantindo a escala necessária para a reentrância.

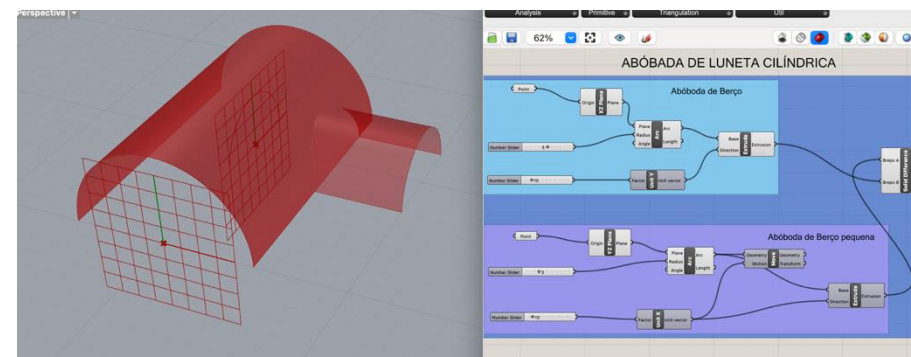
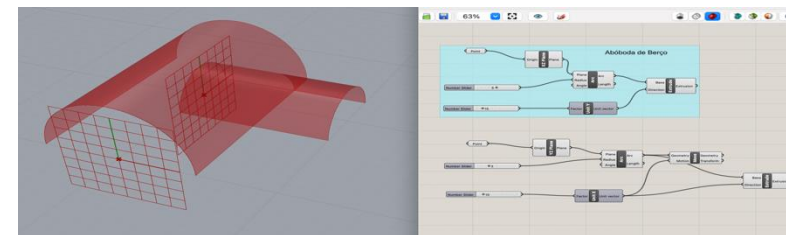
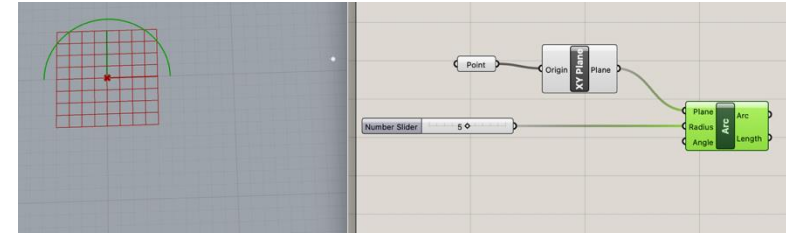
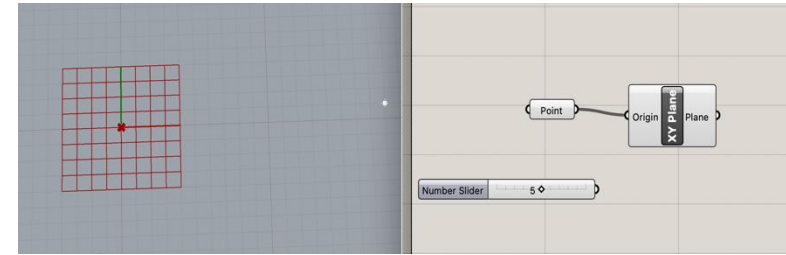
Utilizamos o componente Move para posicionar o perfil da luneta espacialmente. A translação é controlada por um vetor Unit X, permitindo ajustar parametricamente a profundidade e o local exato onde a luneta interseja a face lateral da abóbada base.

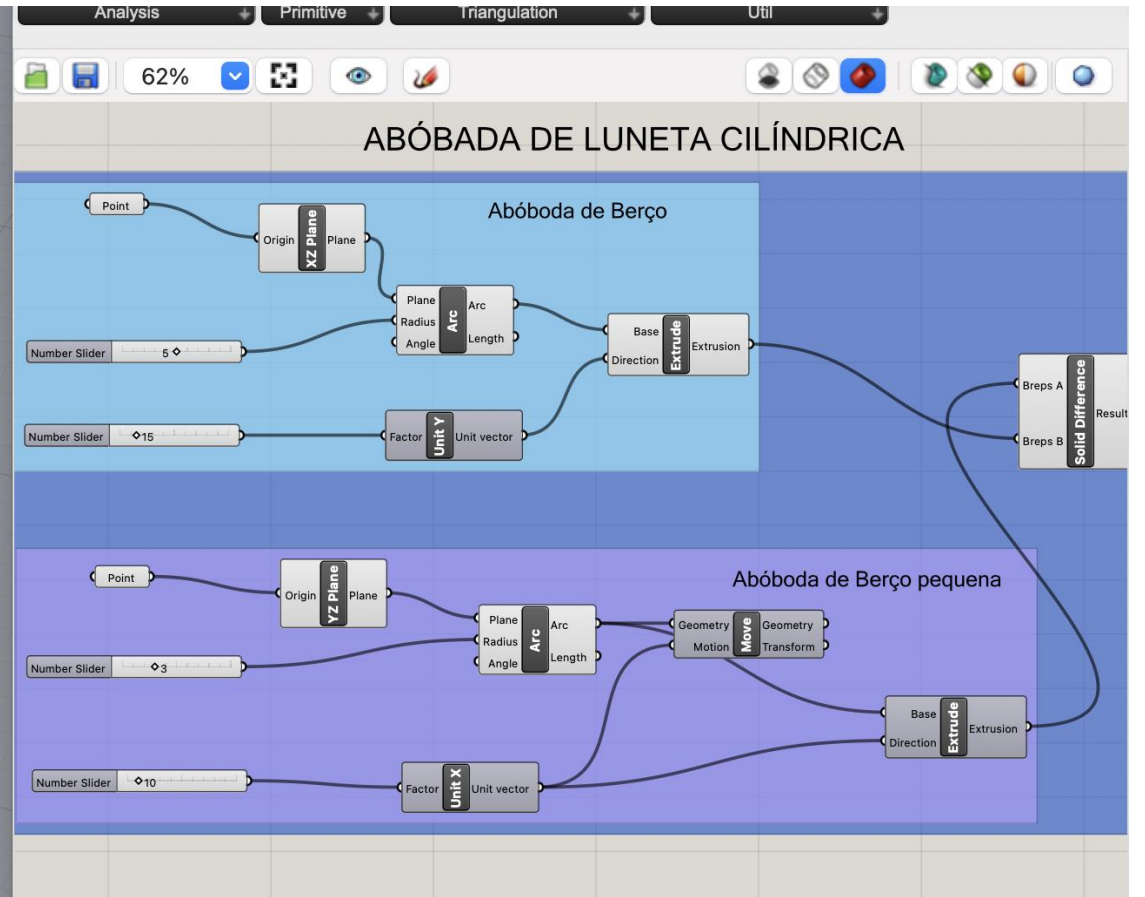
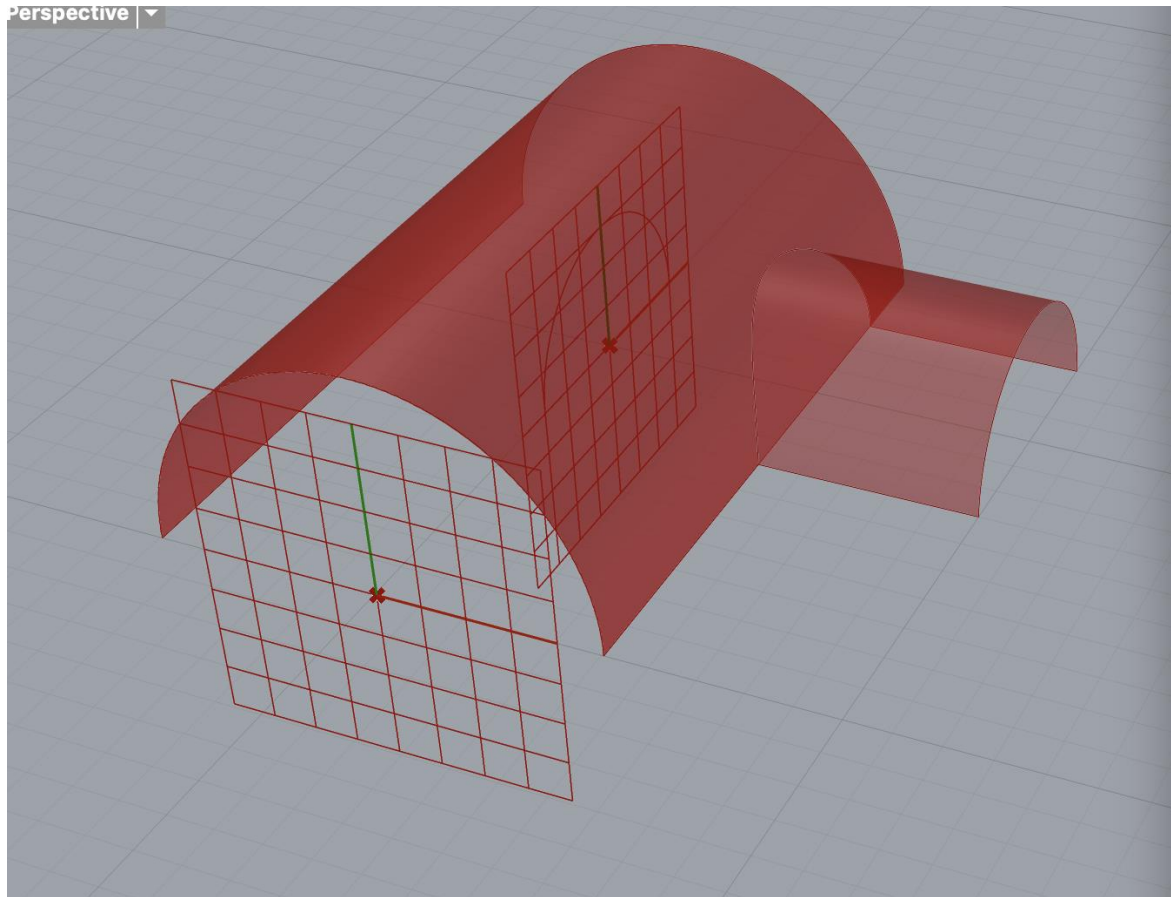
Geramos o volume da reentrância aplicando o comando Extrude à geometria movida, utilizando novamente o vetor Unit X como direção. Este sólido deve trespassar a superfície da abóbada principal para que a operação de corte seja eficaz.

Executamos a interseção geométrica através do componente Solid Difference (SDiff). Conectamos a extrusão da abóbada principal ao input Brep A e a extrusão da luneta ao Brep B, subtraindo o volume menor ao maior para criar o vão.

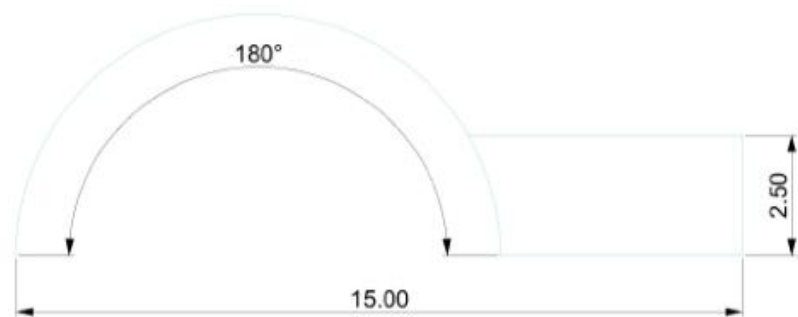
Para finalizar a visualização, desativamos o Preview de todos os componentes anteriores ao Solid Difference. Este passo limpa a geometria "fantasma" do Rhino, revelando apenas o modelo final com as curvas de concordância perfeitamente calculadas pelo algoritmo.

FIM





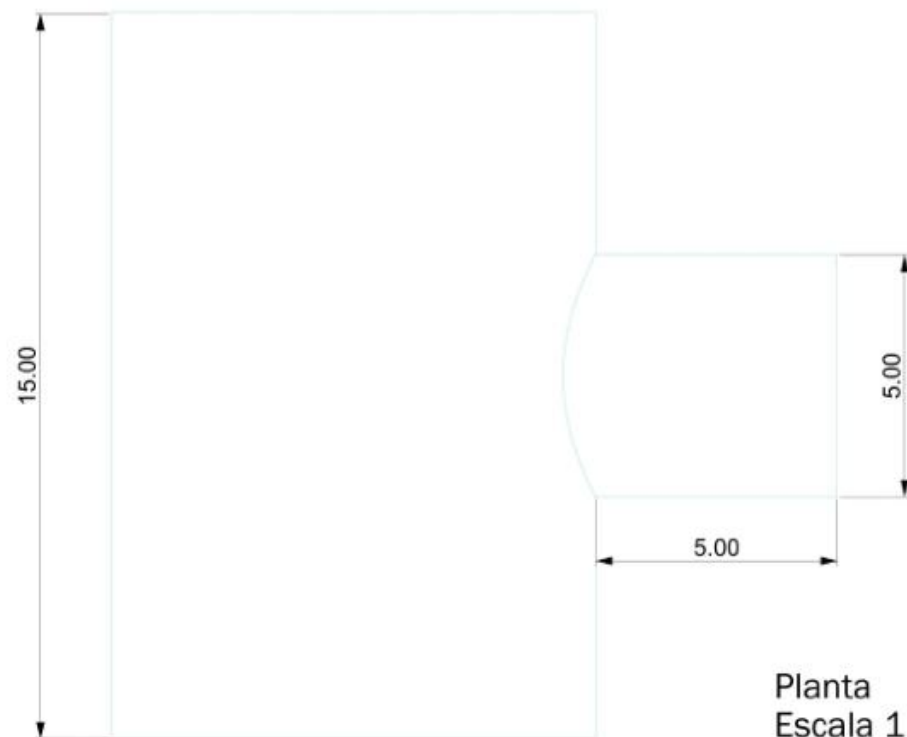
ABÓBADA DE LUNETA CILINDRICA



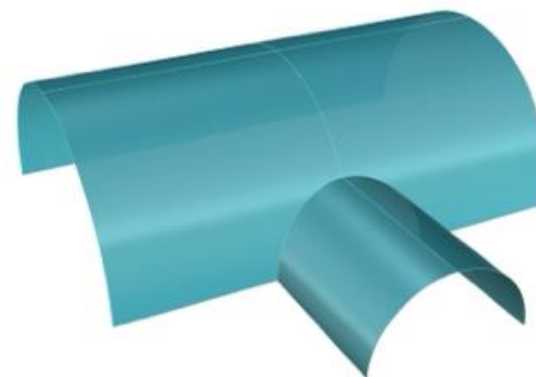
Alçado Frontal
Escala 1 : 1



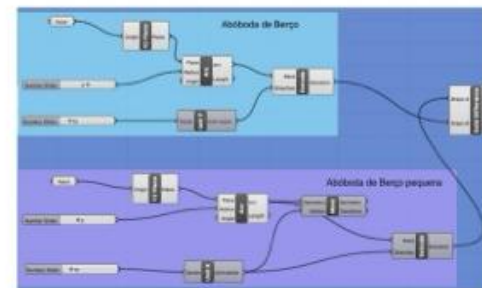
Alçado Lateral
Escala 1 : 1



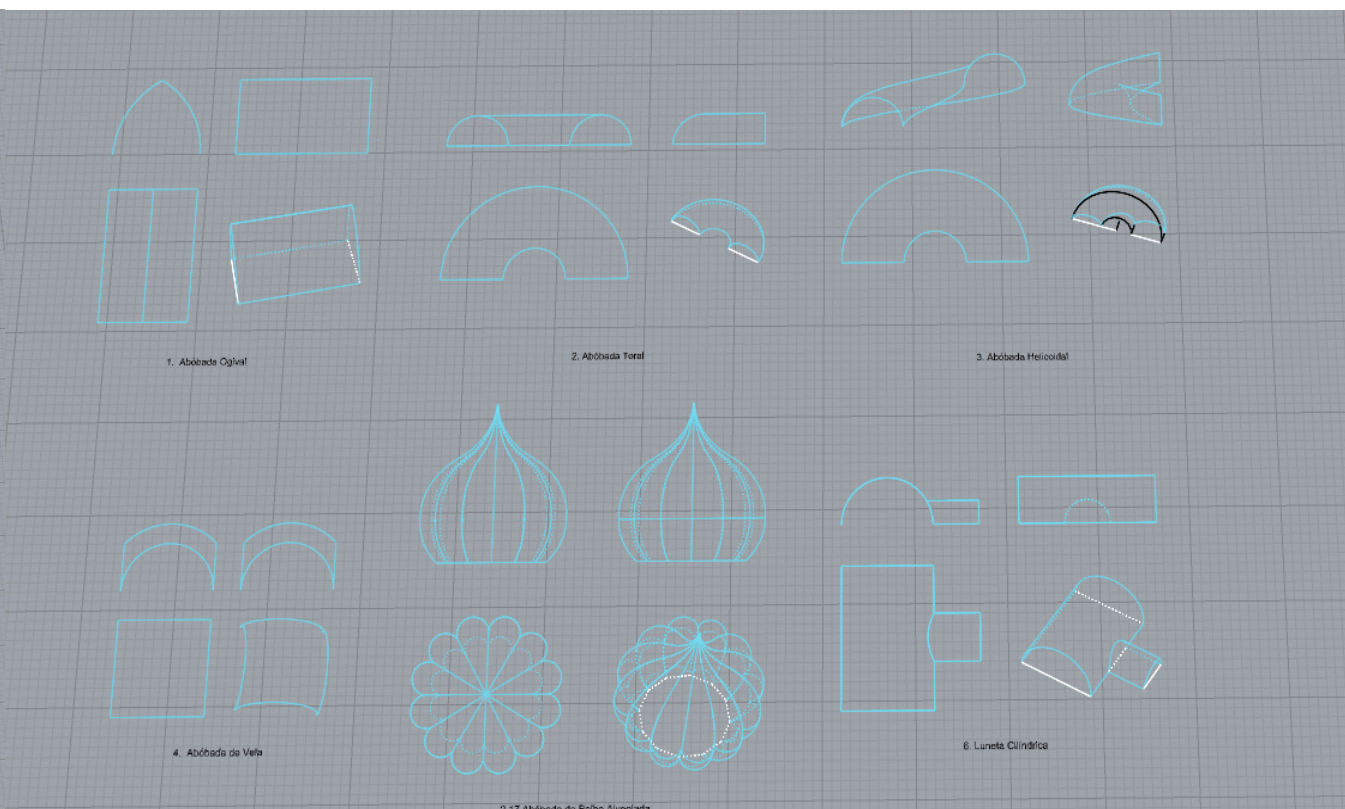
Planta
Escala 1 : 1



Modelo



Grasshopper



FIM DO TRABALHO