

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E**  
**AMBIENTAL**

**METODOLOGIA PARA ELABORAR BIBLIOTECAS**  
**PARAMÉTRICAS DE PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS**  
**COM USO DO PROCESSO BIM**

**DANIEL ALVES MOURA**  
**JAIRE BEZERRA DA SILVA**

**ORIENTADOR: EVANGELOS DIMITRIOS CHISTAKOU**

**COORIENTADOR: CLAUDIA MARCIA COUTINHO**  
**GURJÃO**

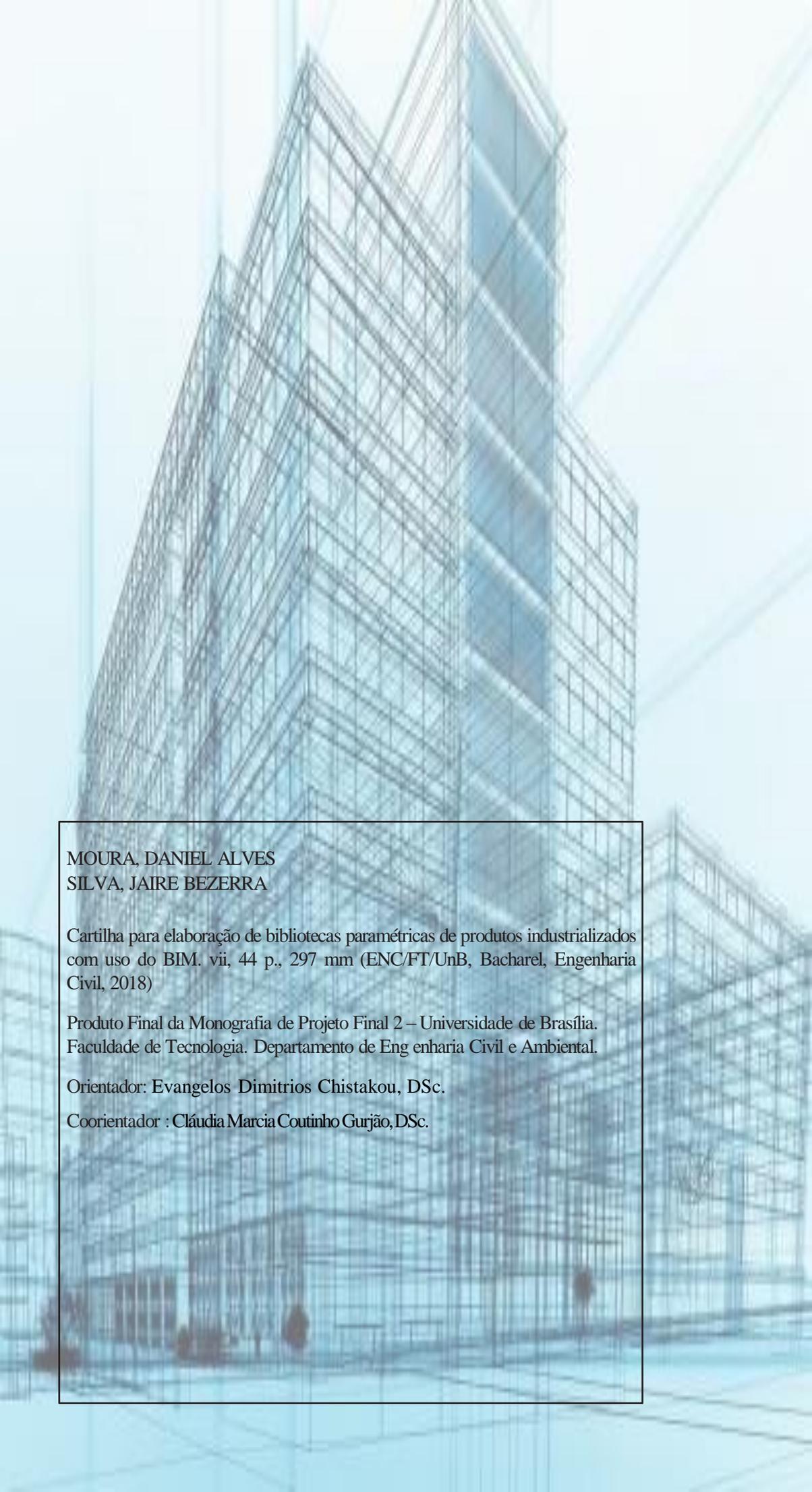
**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 2 EM**  
**ENGENHARIA CIVIL**

**BRASÍLIA / DF: 10 DE JULHO/ 2018**

# CARTILHA

Elaboração de  
bibliotecas paramétricas  
de produtos industrializados  
com uso do BIM





MOURA, DANIEL ALVES  
SILVA, JAIRE BEZERRA

Cartilha para elaboração de bibliotecas paramétricas de produtos industrializados com uso do BIM. vii, 44 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2018)

Produto Final da Monografia de Projeto Final 2 – Universidade de Brasília.  
Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

Orientador: Evangelos Dimitrios Chistakou, DSc.

Coorientador : Cláudia Marcia Coutinho Gurjão, DSc.

<b>Introdução .....</b>	<b>02</b>
<b>Telha termoacustica .....</b>	<b>03</b>
Definição .....	03
Fornecedores .....	03
Modelagem .....	04
<b>Laje Nervurada .....</b>	<b>13</b>
Definição .....	13
Fornecedores .....	13
Modelagem .....	14
<b>Piso Elevado .....</b>	<b>23</b>
Definição .....	24
Fornecedores .....	24
Modelagem .....	25
<b>Calha .....</b>	<b>32</b>
Definição .....	33
Fornecedores .....	33
Modelagem .....	34
<b>Conclusão .....</b>	<b>39</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>40</b>

# Lista de Figuras

Figura 1: Telha Metálica Termoacústica. Fonte: (RTS, 2017) .....	03
Figura 2: Criar família. Fonte: (Autores, 2018) .....	04
Figura 3: Configuração da unidades. Fonte: (Autores, 2018). .....	05
Figura 4: Planos de Referência em planta e em corte. Fonte: (Autores, 2018)....	05
Figura 5: Planos de Referência topo da telha. Fonte: (Autores, 2018). .....	05
Figura 6: Contorno da extrusão do Revestimento externo, e 3D gerado pala mesma. Fonte: (Autores, 2018). .....	06
Figura 7: Contorno da extrusão do Isolante, e 3D gerado pala mesma. Fonte: (Autores, 2018). .....	06
Figura 8: Contorno da extrusão Revestimento interno, e 3D gerado pala mesma. Fonte: (Autores, 2018). .....	07
Figura 9: Procedimentos para criação do parâmetro que controla a espessura do isolante Fonte: (Autores, 2018) .....	07
Figura 10: Parâmetro de comprimento da telha. Fonte: (Autores, 2018).....	08
Figura 11: Procedimentos para fixar o elemento a um plano de referência. Fonte: (Autores, 2018). .....	08
Figura 12: Configuração do material do revestimento externo da telha. Fonte: (Autores, 2018). .....	09
Figura 13: Revestimento interno, e material isolante, respectivamente. Fonte: (Autores, 2018). .....	09
Figura 14: Definição do parâmetro material. Fonte: (Autores, 2018).....	10
Figura 15: Verificação dos parâmetros criados. Fonte: (Autores, 2018).....	05
Figura 16: Criação de opções de telha. Fonte: (Autores, 2018). .....	11
Figura 17: (a) Telha Fabricada pela Isoeste. (b) Família modelada no Revit. Fonte: (Autores, 2018). .....	12
Figura 18: Detalhe da laje nervurada. Fonte: (AECWEB, 2018). .....	13
Figura 19: Detalhes dimensionais para a modelagem. Fonte: (ATEX DO BRASIL, 2018). .....	14
Figura 20: Criar família. Fonte: (Autores, 2018). .....	14
Figura 21: Escolha do template para modelagem. Fonte: (AECWEB, 2018). ....	15
Figura 22: (a) Plano de referência em planta. (b) Plano de referência em corte. Fonte: (Autores, 2018). .....	15
Figura 23: (a) Contorno da base da forma. (b) Contorno do topo da forma. Fonte: (Autores, 2018). .....	16

# Lista de Figuras

Figura 24: Vista da forma em corte, e definição do parâmetro de altura. Fonte: (Autores, 2018). .....	16
Figura 25: Vista tridimensional da forma: Fonte: (Autores, 2018).....	17
Figura 26: Criação de opções de Fôrmas. Fonte: (Autores, 2018) .....	17
Figura 27: Planos de referência e modelo da meia fôrma. Fonte: (Autores, 2018). .....	17
Figura 28: Vista tridimensional da meia fôrma: Fonte: (Autores, 2018) .....	18
Figura 29: Definição dos planos de referência: Fonte: (Autores, 2018).....	18
Figura 30: Planos de referência para inserir as fôrmas. Fonte: (Autores, 2018). .....	19
Figura 31: Locação das Fôrmas na laje. Fonte: (Autores, 2018). .....	19
Figura 32: Escolha da referência. Fonte: (Autores, 2018). .....	21
Figura 33: Configuração do material da Laje. Fonte: (Autores, 2018). .....	22
Figura 34: Verificação dos parâmetros. Fonte: (Autores, 2018). .....	22
Figura 35: (a) Laje Nervurada com fôrma ATEX. (b) Família modelada no Revit. Fonte: (Autores, 2018). .....	23
Figura 36: Família de laje Nervurada com meia fôrma ATEX. Fonte: (Autores, 2018). .....	23
Figura 37: Piso elevado externo. Fonte: (Ramaster, 2018). .....	24
Figura 38: Especificações técnicas. Fonte: (ASTRA/PORTOBELLO, 2016).....	24
Figura 39: Resistência mecânica e resistência à carga sobre os pedais. Fonte: (ASTRA/PORTOBELLO, 2016). .....	25
Figura 40: Criar família. Fonte: (Autores, 2018) .....	25
Figura 41: Escolha do modelo da família. Fonte: (Autores, 2018).....	25
Figura 42: Configuração das unidades. Fonte: (Autores, 2018). .....	25
Figura 43: Planos de Referência em planta e em corte, respectivamente. Fonte: (Autores, 2018). .....	26
Figura 44: Seleção do plano de referência . Fonte: (Autores, 2018).....	26
Figura 45: Desenho da base circular do pedestal e sua vista em 3D. Fonte: (Autores, 2018). .....	27
Figura 46: Desenho do detalhe da base circular do pedestal e sua vista em 3D. Fonte: (Autores, 2018). .....	27
Figura 47: Desenho da linha que define a varredura. Fonte: (Autores, 2018). .....	27

# Lista de Figuras

Figura 48: Configuração para o desenho dos extremos da varredura. Fonte: (Autores, 2018). .....	28
Figura 49: Desenho dos extremos da varredura e o 3D resultado da mescla com varredura. Fonte: (Autores, 2018) .....	28
Figura 50: 3D da base do pedestal. Fonte: (Autores, 2018).....	28
Figura 51: Círculos para criação da altura do pedestal. Fonte: (Autores, 2018). .....	29
Figura 52: Base superior do pedestal. Fonte: (Autores, 2018). .....	29
Figura 53: 3D do Pedestal. Fonte: (Autores, 2018). .....	29
Figura 54: Desenho do contorno da placa e sua vista em 3D. Fonte: (Autores, 2018). .....	30
Figura 55: Detalhe circular da base. Fonte: (Autores, 2018). .....	30
Figura 56: Reprodução do detalhe circular da base. Fonte: (Autores, 2018). .....	30
Figura 57: Detalhe circular central da base. Fonte: (Autores, 2018).....	31
Figura 58: Definição do parâmetro material. Fonte: (Autores, 2018).....	31
Figura 59: Configuração do material do pedestal e da placa de suporte. Fonte: (Autores, 2018). .....	32
Figura 60: (a) Piso Elevado pela ASTRA. (b) Família modelada no Revit. Fonte: (Autores, 2018). .....	32
Figura 61: Calha em telhado com beiral. Fonte: (TIGRE, 2016) .....	33
Figura 62: Escolha do modelo da família de Calha. Fonte: (Autores, 2018). .....	34
Figura 63: Configuração das unidades. Fonte: (Autores, 2018). .....	35
Figura 64: Planos de Referência em planta e em corte. Fonte: (Autores, 2018). .....	35
Figura 65: Criação de plano de referência. Fonte: (Autores, 2018). .....	35
Figura 66: Etapas para inserir imagem no comando Extrusão. Fonte: (Autores, 2018). .....	36
Figura 67: Seleção do plano de referência. Fonte: (Autores, 2018). .....	36
Figura 68: Contorno da imagem inserida. Fonte: (Autores, 2018). .....	36
Figura 69: Criação do parâmetro comprimento da Calha. Fonte: (Autores, 2018). .....	37
Figura 70: Definição do parâmetro material. Fonte: (Autores, 2018).....	37
Figura 71: Configuração do material do pedestal e da placa de suporte. Fonte: (Autores, 2018). .....	38
Figura 72: (a) Calha pela TIGRE. (b) Família modelada no Revit. Fonte: (Autores, 2018). .....	38

# Lista de Tabelas

Tabela 1: Fabricante e Certificações de Telhas Termoacústicas. ....	03
Tabela 2: Fabricante e Certificações de Laje Nervurada. ....	13
Tabela 3: Fabricante e Certificações de Piso Elevado. ....	24
Tabela 4: Fabricante e Certificações de Calha. ....	33
Tabela 5: Dimensões do perfil da Calha Aquapluv Style. ....	34



Esta cartilha é um instrumento desenvolvido para auxiliar na criação de bibliotecas paramétricas de sistemas construtivos industrializados, com foco na modelagem usando o software Revit da Autodesk, que faz uso do processo BIM. A apresentação é feita através de enumeração de procedimentos que abordam vários aspectos relativos às características, requisitos técnicos, modelagem e criação de parâmetros para quatro sistemas construtivos (Telha termo acústica, Laje nervurada, Piso elevado e sistema de instalação PEX).

É de conhecimento da grande maioria dos profissionais de engenharia e demais áreas relacionadas que o BIM significa uma mudança de paradigma na medida em que passa a utilizar ferramentas 3D orientadas a objetos, onde cada componente construtivo inserido no modelo contém semântica (o computador identifica o que é o objeto), relacionados com os demais objetos e outras informações ligadas a componentes reais. Dessa forma, a disponibilidade de um modelo de componente construtivo tridimensional e rico em dados, facilita a execução de simulações e análises, o que afirma a premissa da modelagem paramétrica proposta pela cartilha.

O uso de parâmetros (dimensionais, de posição e de materiais) para descrição das características geométricas do objeto, de caráter variacional ou não, bem como o estabelecimento de vínculos e restrições geométricas dinâmicas aliadas a outras características comportamentais do objeto, permitem obter grande flexibilidade de configuração, quando inseridos em um projeto. Além das características meramente geométricas, a criação das famílias propostas pela cartilha codifica especificações técnicas, funcionais e semânticas dos componentes de acordo com o modelo escolhido para a modelagem.

É importante citar que quando se cria parâmetros é necessário indicar se serão Parâmetros de Tipo (Type) ou de Instância (Instance). Quando os parâmetros são de instância eles são modificáveis quando a instância de família for colocada em um projeto, já quando o parâmetro é de tipo significa que todos os objetos deste tipo, independentemente de estarem selecionados ou não, serão alterados.

Sendo um novo processo, diferente do tradicional e com grande abrangência, a implementação do BIM juntamente com a industrialização da construção civil requer alterações nas formas de trabalho habituais praticadas. Portanto, a proposta da cartilha em orientar a criação de bibliotecas paramétricas com auxílio do Revit, tem como principal objetivo fomentar e facilitar a aplicação de sistemas construtivos industrializados em projetos, frente aos sistemas convencionais.

A presente cartilha pode ser utilizada pelos profissionais de engenharia e áreas relacionadas, bem como pelas próprias empresas fornecedoras de sistemas construtivos, com o objetivo de fomentar a construção industrializada, juntamente com o processo BIM frente a novas necessidades do mercado. A seguir são apresentados os procedimentos para a modelagem das famílias abordadas no trabalho

## 1. DEFINIÇÃO

As telhas termoacústicas buscam propiciar isolamento térmico e acústico, minimizando gastos com energia, refrigeração e controle de emissões sonoras externas em processos produtivos. Além disso objetivam promover ambientes com condições mais agradáveis.

Podem ser compostas por duas telhas trapezoidais formando um “sanduíche” com o núcleo em poliestireno (isopor) ou poliuretano, que se expandem e aderem perfeitamente ao aço, criando um produto novo, dotado de grande rigidez, resistência térmica e isolamento de ruídos externos. Também podem ser compostas por uma telha trapezoidal e uma chapa de aço ou filme PVC, com núcleo em poliuretano ou poliestireno (EPS), buscando maior conforto térmico, vencendo vão maiores que as telhas metálicas comuns.



Figura 1: Telha Metálica Termoacústica.

Fonte: (RTS, 2017).

## 2. FORNECEDORES

Atualmente existem vários fornecedores desse tipo de sistema construtivo no mercado. Na Tabela 1 a seguir pode-se verificar alguns fornecedores e algumas das suas certificações de qualidade que abrangem o PBQPH (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat).

Tabela 1: Fabricante e Certificações de Telhas Termoacústicas.

TECNOLOGIA	FABRICANTES	CERTIFICAÇÕES/NORMAS
TELHAS TERMOACÚSTICAS	ISOESTE	ABNT NBR 11949-9.
	BRASILIT	ISO 9001 (Gestão da Qualidade), ISO 14001 (Gestão Ambiental) e OHSAS 18001 (Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional).
	ANFER FERRO E AÇO	ISO 9001: 2008

Fonte: (Autores, 2018)

Nesta cartilha será apresentado o processo de modelagem da telha termoacústica produzida pela ISOESTE, cujos parâmetros técnicos e desempenho são citados a seguir de acordo com o catálogo do fabricante.

### 1. PARÂMETROS TÉCNICOS E DE DESEMPENHO:

- Tensão de Compressão
- Estabilidade dimensional < 1%
- Resistência ao Fogo PIR II A
- Condutividade Térmica 0,020 W/m.K

## 3. MODELAGEM

A modelagem consiste na criação de uma biblioteca paramétrica do sistema construtivo industrializado de telhas termoacústicas, visto que não existe famílias paramétricas de tal sistema para a aplicação em projetos que utilizam o processo BIM, no Revit.

Para a criação da família escolheu-se um fabricante de telhas que atende o centro-oeste (ISOESTE), e um tipo de telha utilizada para fins residencial e industrial (ISOTELHA TRAPEZOIDAL), cujas características são descritas a seguir.

- Largura útil 1000 mm;
- Espessura de 20, 30, 50, 70 e 100 mm;
- Revestimento externo em aço pré-pintado, aço galvanizado ou alumínio pré-pintado com chapa de 0,43 mm ou 0,50 mm;
- Revestimento interno em aço pré-pintado chapa de 0,43 mm ou 0,50 mm ou filme de alumínio branco chapa de 0,04 mm;
- Núcleo em PUR (Poliuretano) ou PIR (Poliisocianurato) com chapa de 70 mm e 100 mm apenas sob consulta.

A modelagem da família foi realizada no Revit, software CAD pertencente a Autodesk. A seguir está descrito o passo a passo para a criação de tal família.

### 1. Primeiro passo para criar a Família paramétrica.

Com o software Revit aberto clique no menu  > Nova > Família.

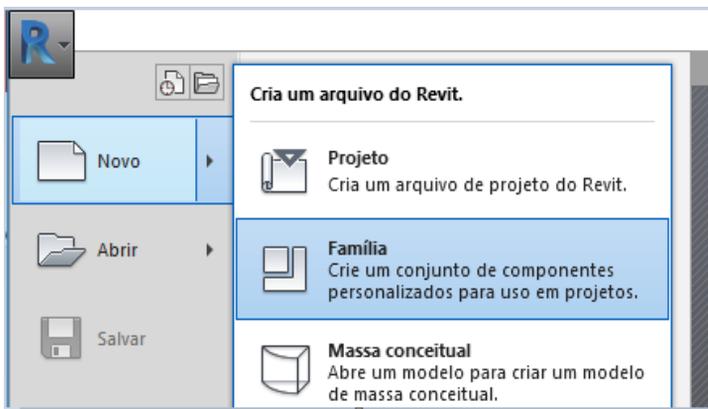


Figura 2: Criar família. Fonte: (Autores, 2018)

Depois de executados os passos da Figura 2 acima abre-se uma janela onde pode-se escolher vários templates de famílias para modelar de acordo com as características, e parâmetros que se deseja modelar, tal como descrito a seguir.

### 2. Selecionar o tipo de Template para a modelagem da família.

Na caixa de diálogo Nova família - Selecionar arquivo do modelo, “Modelo genérico métrico” clique em Abrir. Para a escolha do tipo de template usado na modelagem, deve-se ter em mente como esse elemento irá se comportar dentro de um projeto, dessa forma utilizou-se o template mais geral que abrange diferentes tipos de famílias, o Modelo Genérico métrico.

No caso da criação de mobiliários e perfis metálicos poderia ser escolhido outros tipos de templates, tais como mobiliário métrico e coluna estrutural métrica respectivamente.

### 3. Formatação inicial do editor de famílias: Definir Unidades de medida, e planos de Referência .

Para a escolha da unidade de medida digite UN no teclado e irá aparecer uma caixa de diálogo onde é possível configurar todos os tipos de unidades (Figura 3). Para a modelagem da telha opte por medidas em centímetros visto que algumas dimensões são muito pequenas o que causaria desconforto no processo de modelagem.

Quanto aos planos de referência, eles devem ser baseados nas principais dimensões da família, pois os mesmo servem para a criação dos parâmetros de modelagem. Na janela de modelagem os planos aparecem com linhas pontilhadas que não serão representados quando a família for aplicada em um projeto (Figura 4).

Para a criação da família da telha termoacústica os planos forma criados com base nos parâmetros de comprimento, e espessura do isolante, visto que a largura é uma dimensão fixada pelo fabricante.

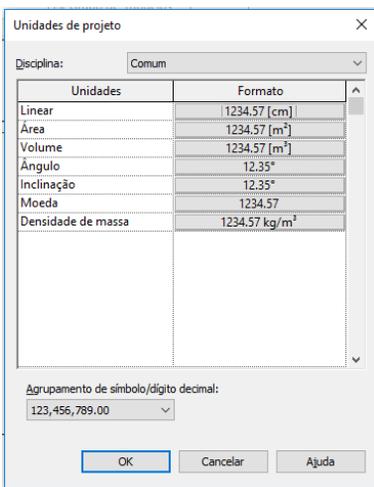


Figura 3: Configuração da unidades.  
Fonte: (Autores, 2018).

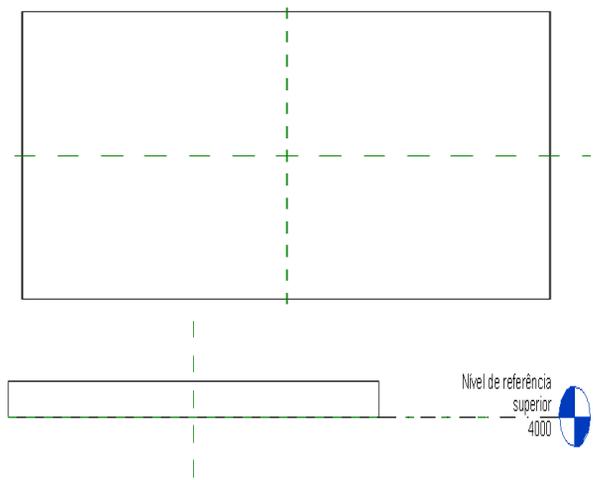


Figura 4: Planos de Referência em planta e em corte.  
Fonte: (Autores, 2018)

### 4. Escolha do plano de referência para iniciar a modelagem da telha.

Para iniciar a criação da família deve-se criar o primeiro plano de referência. Na aba Navegador de projeto clique em Elevações > Esquerda. Em seguida no menu criar > Plano de Referência  que se refere a altura da onde da telha modelada (Figura 5).

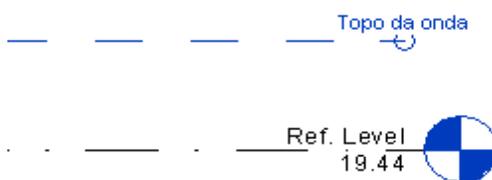


Figura 5: Planos de Referência topo da telha.  
Fonte: (Autores, 2018).

## 4. Extrusão das formas geométricas que compõe a família da telha termoacústica.

Para criar as formas geométricas das partes que compõe a telha, tais como revestimento externo em chapa trapezoidal de aço pintado,; material isolante (Poliuretano); e o revestimento interno em chapa de aço ou filme PVC deve-se prosseguir da seguinte forma: Menu criar >  Extrusão > Linha, e desenhar o contorno da onda da telha com uma espessura de 5 mm. Após o contorno estar pronto é só confirmar  e a extrusão da geometria estará pronta.

A Figura 6, a seguir mostra o contorno e a forma extrudada do revestimento externo da telha em questão.

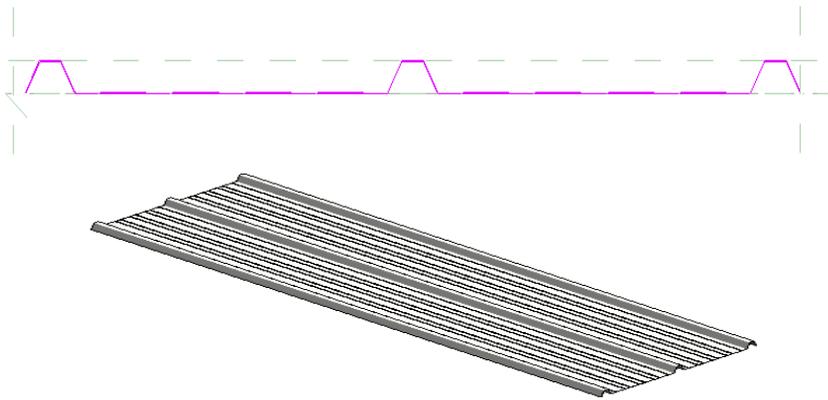


Figura 6: Contorno da extrusão do Revestimento externo, e 3D gerado pela mesma.

Fonte: (Autores, 2018).

Percebe-se que o contorno de desenho bem como o formato 3D estão restritos aos planos de referência, visto que ainda não se estabeleceu parâmetros para as dimensões da família de telha.

A seguir, nas Figuras 7 e 8 é possível verificar o contorno, e a forma extrudada das demais partes da telha bem com sua composição final formada pelos três componentes.

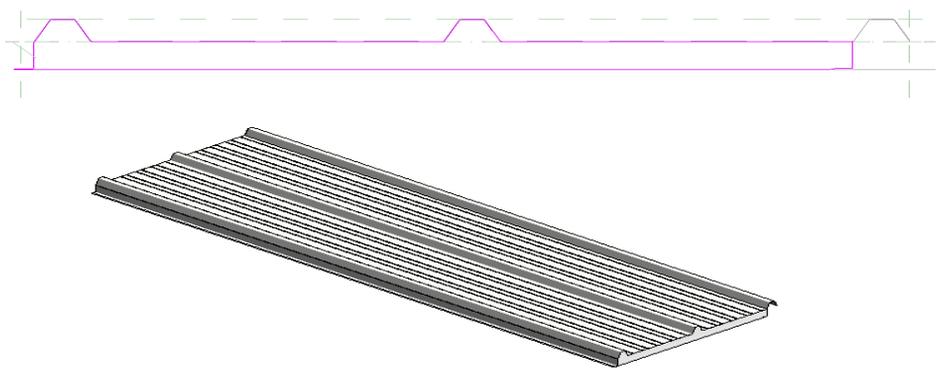


Figura 7: Contorno da extrusão do Isolante, e 3D gerado pela mesma.

Fonte: (Autores, 2018).

A geometria do isolante foi inicialmente modelada com 5 cm, posteriormente serão impostas restrições e parâmetros que controlam as dimensões da família como um todo.

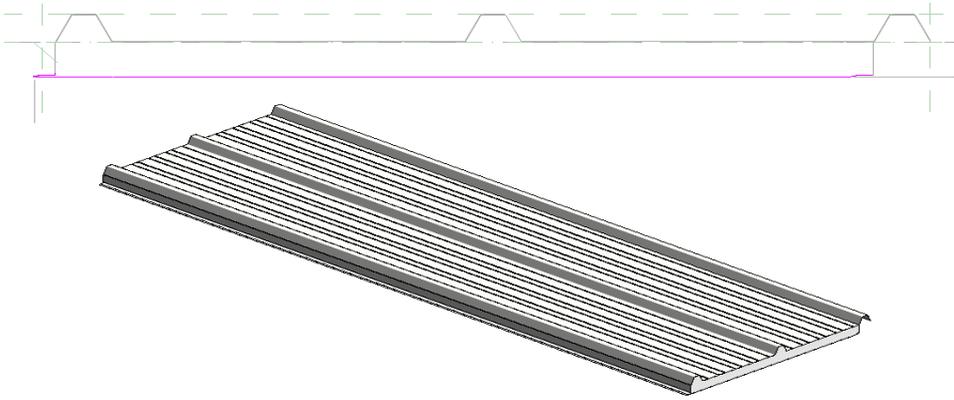


Figura 8: Contorno da extrusão Revestimento interno, e 3D gerado pala mesma.

Fonte: (Autores, 2018).

Pode-se notar que ao final da extrusão do revestimento interno, a geometria da telha já está completa.

## 5. Definição dos parâmetros dimensionais da família.

A geometria da família tem dimensões fixas e paramétricas que se alteram de acordo com a necessidade do projeto. Observando a catálogo do fabricante é possível verificar que a largura da telha modelada é sempre igual a 1 metro o que a torna uma dimensão fixa. Já o comprimento e a espessura do isolante se alteram apresentando várias possibilidades dimensionais, tornando-as aplicáveis a várias situações.

Para determinar o parâmetro de espessura do isolante deve-se proceder da seguinte maneira: Na aba navegador de projeto > Elevações > esquerda. No menu anotar é possível inserir uma cota que abrange a espessura do isolante modelado, selecionado essa cota é possível acessar o menu cota da legenda  onde é possível criar um parâmetro de dimensão “Espessura do Isolante”. O Procedimento está descrito na Figura 9 a seguir.

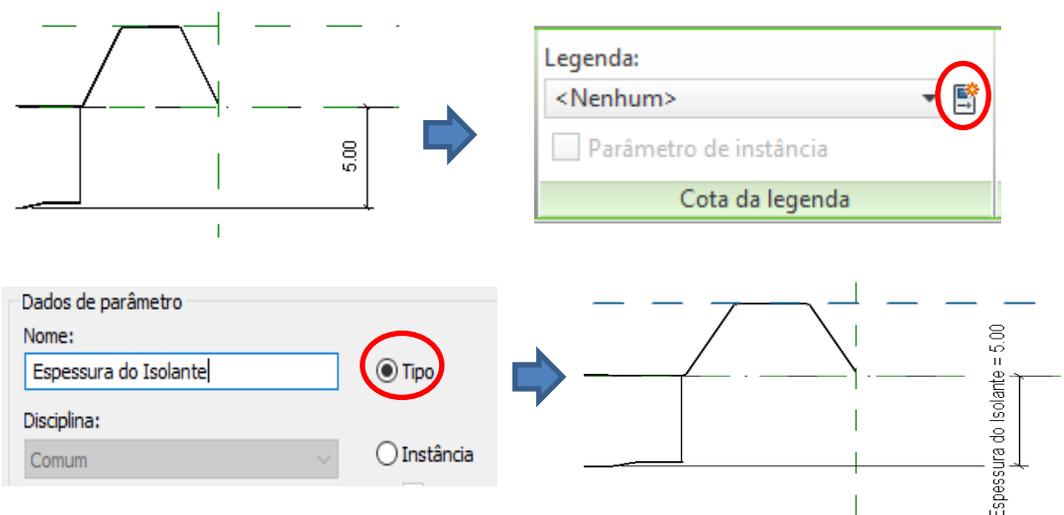


Figura 9: Procedimentos para criação do parâmetro que controla a espessura do isolante

Fonte: (Autores, 2018)

# Telhas Termoacústica

Observe na Figura 9, que quando se cria um novo parâmetro, tem-se a opção de escolher entre parâmetro de tipo e de instância. O parâmetro de tipo significa que todos os objetos deste tipo, independente de estarem selecionados ou não, serão alterados dentro de um projeto, já quando o parâmetro é de instância mesmo que os objetos sejam da mesma família e do mesmo tipo, as alterações feitas não serão refletidas nos objetos que não estão selecionados em um projeto.

O Parâmetro criado para a espessura do isolante é de “Tipo”, visto que é uma dimensão uniforme para todas as telhas aplicadas eu em determinado local. Para determinar o parâmetro de comprimento da telha deve-se proceder da seguinte maneira: Na aba navegador de projeto > Plantas de piso > Nível de Referência. No menu anotar é possível inserir uma cota que abrange o comprimento da telha modelada, selecionado essa cota é possível acessar o menu cota da legenda onde é possível criar um parâmetro de dimensão “Comprimento Telha”.

O Procedimento é o mesmo descrito na Figura 9, sendo que o parâmetro também será de tipo. Na Figura 10 é possível visualizar o parâmetro depois que o mesmo foi criado.



Figura 10: Parâmetro de comprimento da telha. Fonte: (Autores, 2018).

Após a criação dos parâmetros é necessário fixar o componentes (revestimento externo da telha, isolante, e revestimento interno) em um mesmo plano de referência, visto que eles devem se comportar como um único elemento quando seus parâmetros forem alterados. Deve-se escolher um plano de referência comum a todos os elementos, em seguida digitar no teclado “AL”, e clicar na linha do elemento e em seguida no plano de referência, um cadeado aberto irá seguir então é necessário clicar para fechar e restringir o elemento com o plano selecionado. O procedimento é descrito na Figura 11 a seguir.

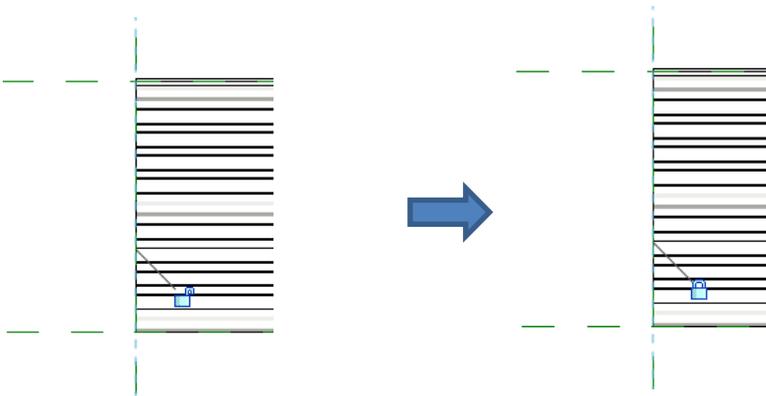


Figura 11: Procedimentos para fixar o elemento a um plano de referência.

Fonte: (Autores, 2018).

## 6. Determinação dos materiais e texturas de renderização.

Após definir os parâmetros que irão atuar na família, é possível configurar o tipo de material pra cada elemento. Selecione o elemento, na aba propriedades > Materiais e acabamentos > Por categoria, em seguida abre uma caixa de diálogo, onde se pode criar um novo material e atribuir uma textura ao elemento. Na Figura 12 a seguir é possível visualizar os procedimentos para configurar o material do revestimento externo da telha no Revit.

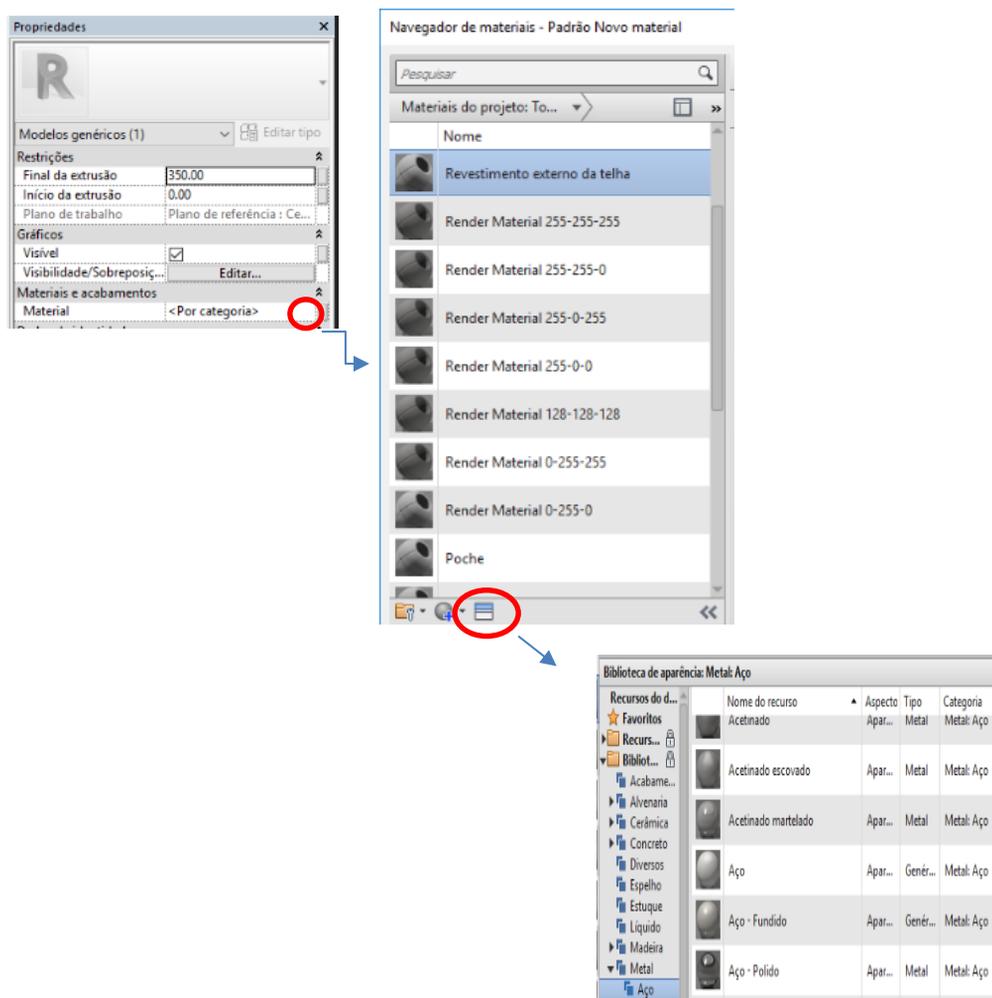


Figura 12: Configuração do material do revestimento externo da telha.

Fonte: (Autores, 2018).

O procedimento para configurar o material do revestimento externo, vale para os demais componentes, observe a Figura 13.

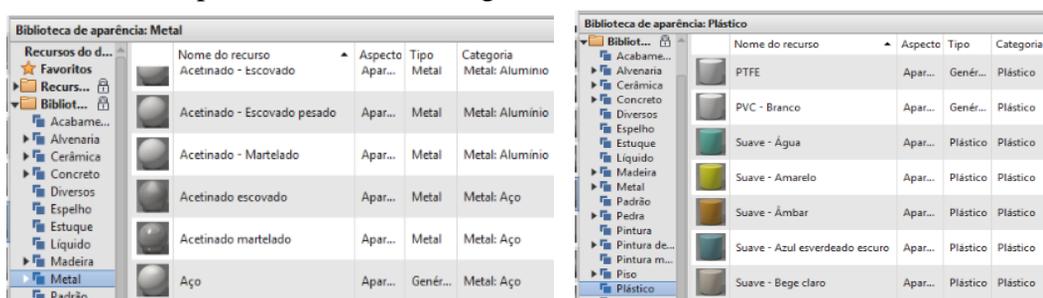


Figura 13: Revestimento interno, e material isolante, respectivamente.

Fonte: (Autores, 2018)

# Telhas Termoacústica

Vale a pena ressaltar que o material dos revestimento interno e externo podem ser em aço, eo isolante em plástico/ Poliuretano. Além de definir o material é necessário criar um parâmetro que permite alterar o tipo de material quando a família está em uso no projeto, para isso é necessário configurar a família da telha com tais parâmetros.

Depois de definidos os materiais no Revit, na aba propriedades > Materiais e acabamentos, é possível identificar que o material está de acordo com o definido pra cada elemento, clicando-se no botão logo a frente do material, abre-se uma caixa de diálogo onde é possível criar um parâmetro para o material, observe os procedimentos descritos na Figura 14 abaixo.

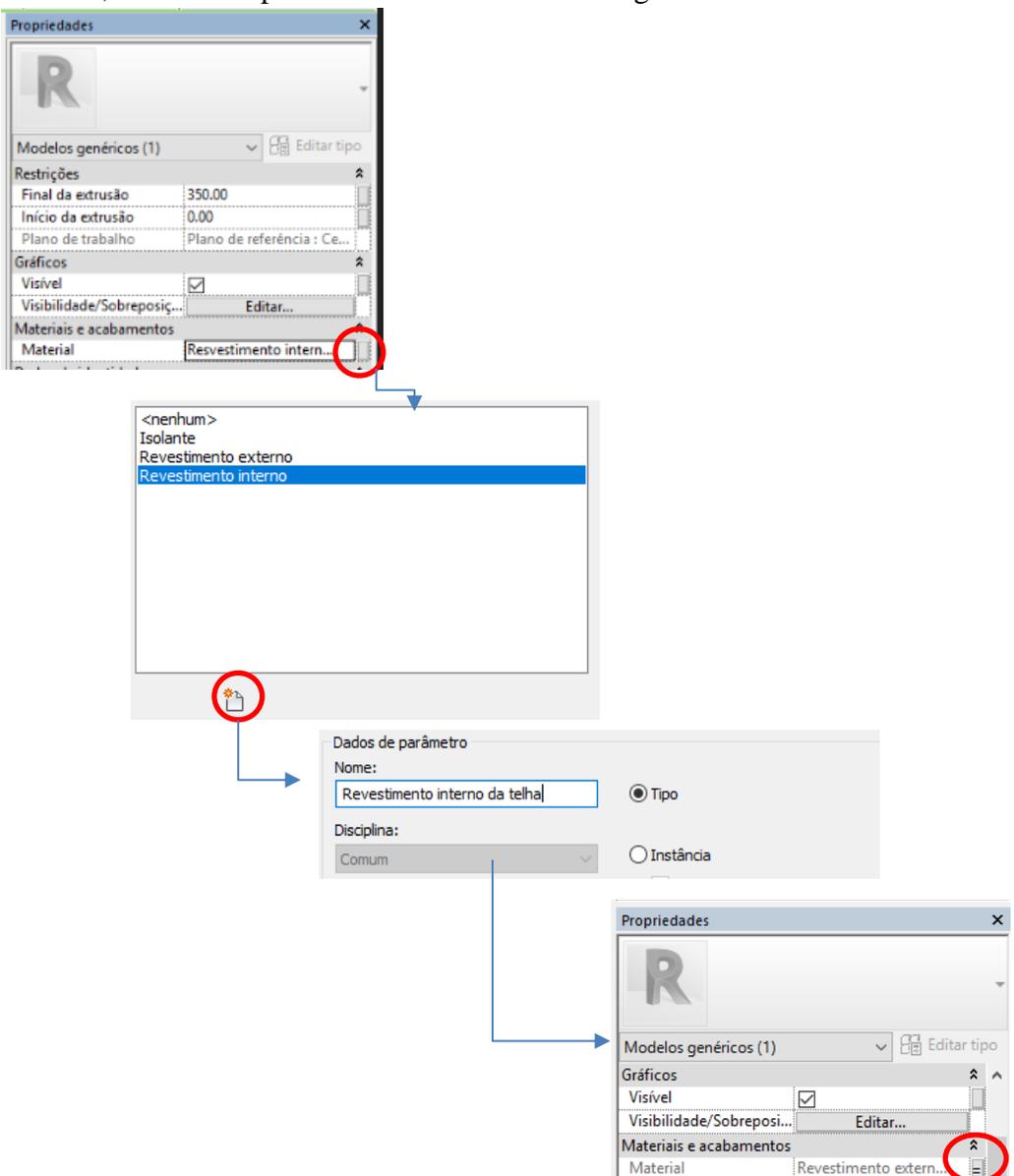


Figura 14: Definição do parâmetro material. Fonte: (Autores, 2018).

Observe na imagem que o parâmetro de material, também é de "tipo" assim como os parâmetros de dimensão definido anteriormente. Ao final dos procedimentos o item material fica desabilitado e para alterar o mesmo é necessário clicar no botão de (=), e definir um novo material. Vale lembrar que o procedimento é o mesmo para todos os elementos que compõe a telha, e material definido no momento da criação da família será carregado quando a mesma for inserida em um projeto, cabendo ao usuário alterar.

## 7. Verificação dos Parâmetros.

Ao final dos procedimentos descritos anteriormente no item 5, é possível verificar que os parâmetros foram inseridos, e as dimensões da telha se ajustam de acordo com as necessidades do projeto.

Para verificar se os Parâmetros estão funcionando de acordo com o esperado, deve-se proceder da seguinte forma: Na barra de ferramentas clique em “Tipos de família” , em seguida abrirá uma caixa de diálogo, onde é possível editar as dimensões de todos os parâmetros criados, de acordo com a Figura 15 a seguir.

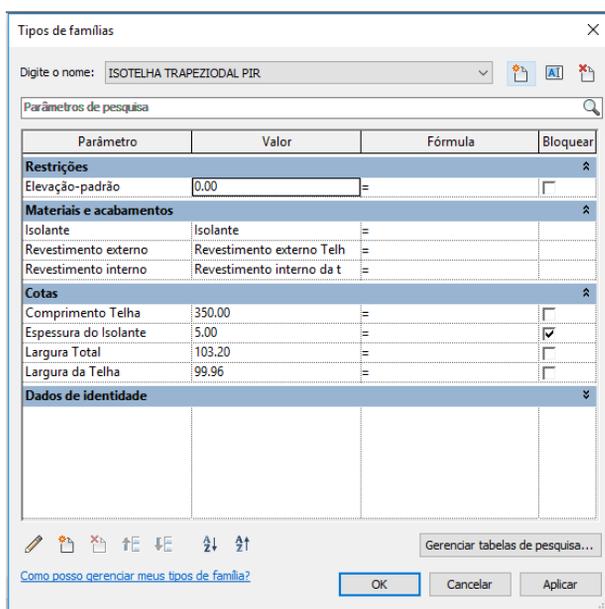


Figura 15: Verificação dos parâmetros criados. Fonte: (Autores, 2018)

Assim é possível alterar as dimensões dos parâmetros “Comprimento telha”, “Espessura do Isolante”, e o tipo de material em “Materiais e acabamentos”. Dessa forma é possível verificar se os mesmos funcionam de acordo com o esperado.

Antes de carregar a família em um projeto, é possível criar várias opções paramétricas de acordo com as limitações do fabricante, fazendo as alterações dos parâmetros. Quando a família for carregada no projeto as opções paramétricas serão carregadas automaticamente possibilitando maior flexibilidade na modelagem do projeto (Figura 16).

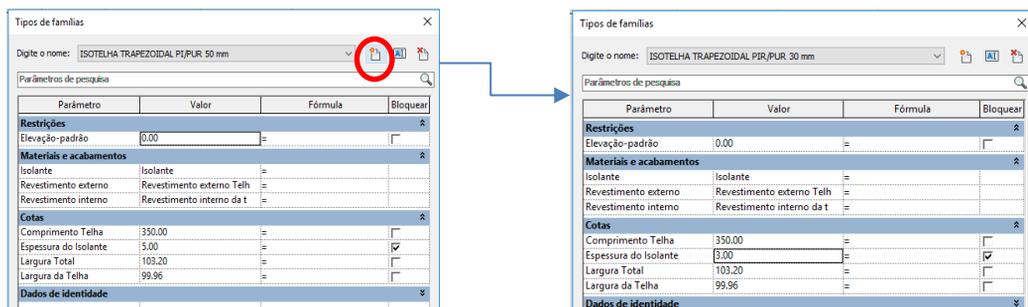


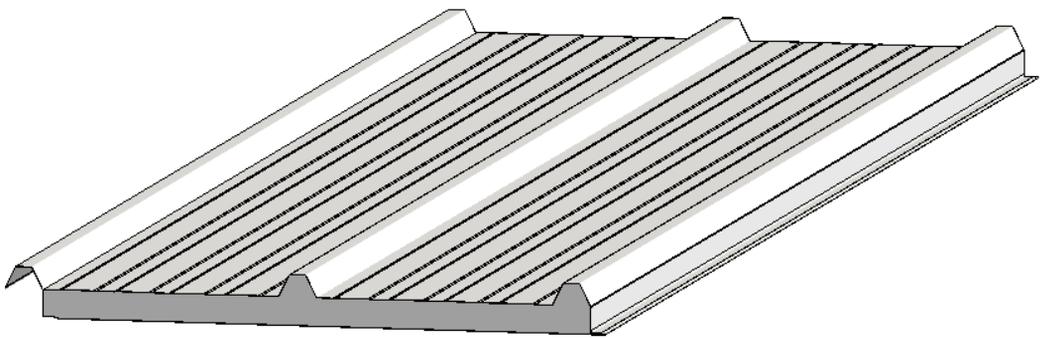
Figura 16: Criação de opções de telha. Fonte: (Autores, 2018).

## 8. Carregar família no projeto.

Depois de realizados todos os procedimentos anteriores, tem-se a nova família de telha “ISOTELHA TRAPEZOIDAL PUR/PIR”, da Isoeste. Abaixo na Figura 17 é possível comparar o modelo de família criado no Revit e a telha fabricada



(a)



(b)

Figura 17: (a) Telha Fabricada pela Isoeste. (b) Família modelada no Revit.

Fonte: (Autores, 2018).

Finalizada a modelagem o próximo passo é carregar a família no projeto, onde é possível e alterar os parâmetros de acordo com as diretrizes e necessidades do mesmo. Para carregar no projeto basta clicar no ícone “Carregar no projeto” presente na barra de ferramentas.



Muito além das características geométricas, objetos BIM tais como a família de telhas criada, codificam especificações técnicas funcionais e semânticas dos componentes que representam. Assim, atributos como material, acabamento, isolamento acústico, entre outros podem ser codificados e fazer parte do conteúdo do componente BIM, neste caso o processo BIM foi aplicado por meio do Software Revit da Autodesk.

Segundo PRATINI (2012), tais parâmetros são essenciais em etapas posteriores do ciclo de vida de uma edificação, tornando possível a quantificação, simulação, e verificação de conformidade a normas e regulamentos. Cada categoria de componente ou família tem um elenco de especificações típicas que devem ser atendidas e respeitadas.

## 1. DEFINIÇÃO

De acordo com a NBR 6118:2003, lajes nervuradas são "lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração é constituída por nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte."

As lajes nervuradas moldadas no local tem todas as etapas de execução realizadas "in loco". Portanto, é necessário o uso de fôrmas e de escoramentos, além do material de enchimento. Pode-se utilizar fôrmas para substituir os materiais inertes (EPS). Essas fôrmas são encontradas em polipropileno ou em metal, com dimensões moduladas, sendo necessário utilizar desmoldantes.

Admite-se que as lajes nervuradas, por apresentarem maior altura útil, resiste melhor à flexão, sendo capazes de admitir maiores vãos, com um menor consumo de materiais e conseqüente diminuição do peso, visto que o concreto que seria tracionado na parte inferior é substituído por um material inerte ou é simplesmente deixado um espaço vazio. Observa-se também que quando a laje é simplesmente apoiada não se tem momentos nos apoios diferentemente de quando se tem engaste no contorno, fazendo com que haja momentos negativos, observe a Figura 18. (PINI 2009).

Quanto as formas, o projeto se limita a modulação proposta pelas dimensões disponíveis no mercado.

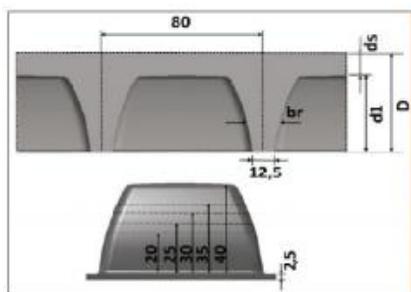


Figura 18: Detalhe da laje nervurada.

Fonte: (AECWEB, 2018).

## 2. FORNECEDORES

Alguns dos fornecedores das formas para lajes nervuradas são descritos a seguir na Tabela 2, onde é também possível verificar algumas das suas certificações de qualidade.

Tabela 2: Fabricante e Certificações de Laje Nervurada.

TECNOLOGIA	FABRICANTES	CERTIFICAÇÕES/NORMAS
LAJE NERVURADA	ATEX DO BRASIL	ISO 9001: 2008
	ULMA	AENOR UNE-EN 12810-1:2005; ULMA C y E, S.Coop.98/37/CE; UNE-EN 13155 UNE-EN ISO 9001:2008; OHSAS 18001:2007
	ANFER FERRO E AÇO	NBR 6118 (2014)

Fonte: (Autores, 2018).

# Laje Nervurada

Nesta cartilha será apresentado o processo de modelagem da laje nervurada com base nas formas produzidas pela ATEX DO BRASIL, cujos parâmetros técnicos e desempenho são citados a seguir, de acordo com o catálogo do fabricante.

## Parâmetros técnicos e de desempenho:

- Desempenho acústico NBR 15575-3 (2013);
- Resistência e rigidez NBR 14860-1 (2001)
- Resistência ao Fogo NBR 14432 (2001)

Na Tabela 3 a seguir é possível visualizar os critérios e níveis de pressão sonora de impacto padrão.

Tabela 3: Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado.

Elemento	$L'_{nT,w}$ dB
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	$\leq 80$
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	$\leq 55$

Fonte: (NBR 15575 – 3 : 2013).

## 3. MODELAGEM

Para a criação da família escolheu-se o fabricante de formas para lajes nervuradas (ATEX DO BRASIL), a forma considerada é a ATEX, cujas características dimensionais são descritas na Figura 19, a seguir.

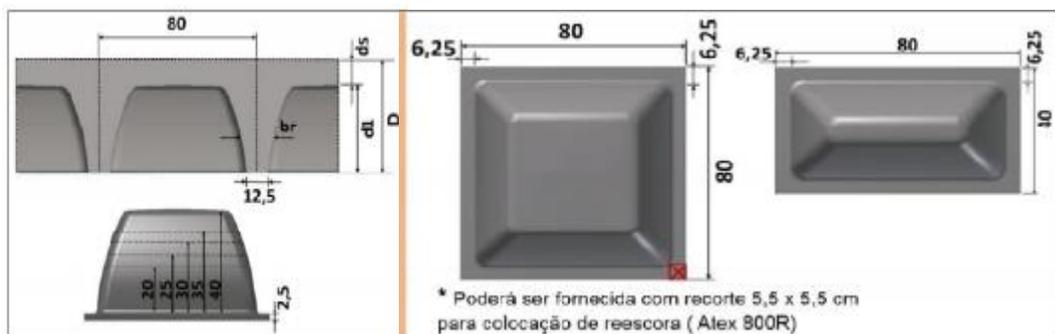


Figura 19: Detalhes dimensionais para a modelagem. Fonte: (ATEX DO BRASIL, 2018).

A modelagem da família foi realizada no Revit, software CAD pertencente a Autodesk. A seguir está descrito o passo a passo para a criação de tal família.

### 1. Com o software Revit aberto, clique no menu > Novo > Família

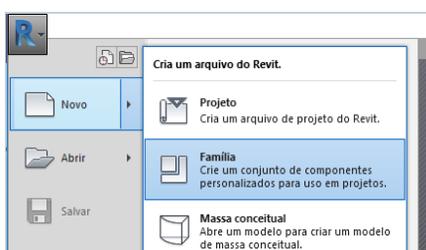


Figura 20: Criar família. Fonte: (Autores, 2018).

## 2. Selecionar o tipo de Template para a modelagem da família.

Em seguida, abre-se uma caixa de diálogo Nova família. Selecione o arquivo do modelo “Modelo genérico com na base na face” e clique em Abrir (Figura 21). Para a escolha do tipo de template usado na modelagem, deve-se ter em mente como esse elemento irá se comportar dentro de um projeto.

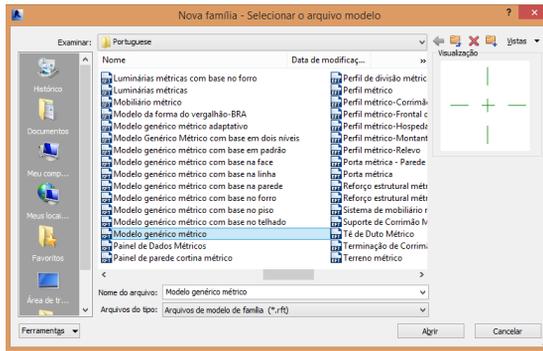


Figura 21: Escolha do template para modelagem. Fonte: (AECWEB, 2018).

## 3. Formatação inicial do editor de famílias: Definir Unidades de medida, e planos de Referência .

**3.1 Unidade:** Digite UN no teclado e aparecerá uma caixa de diálogo, onde é possível configurar todos os tipos de unidades.

Para a modelagem da laje opte por medidas em centímetros visto que algumas dimensões são muito pequenas o que causaria desconforto no processo de modelagem.

**3.2 Planos de referência:** Clique em Criar ➤  Plano de Referência (RP)

Quanto aos planos de referência, eles devem ser baseados nas principais dimensões da família, pois os mesmo servem para a criação dos parâmetros de modelagem Na família de laje nervurada, os planos foram criados com base nos parâmetros, largura da base e do topo da forma, espessura das nervura e altura dos vazios (formas), conforme Figura 22.

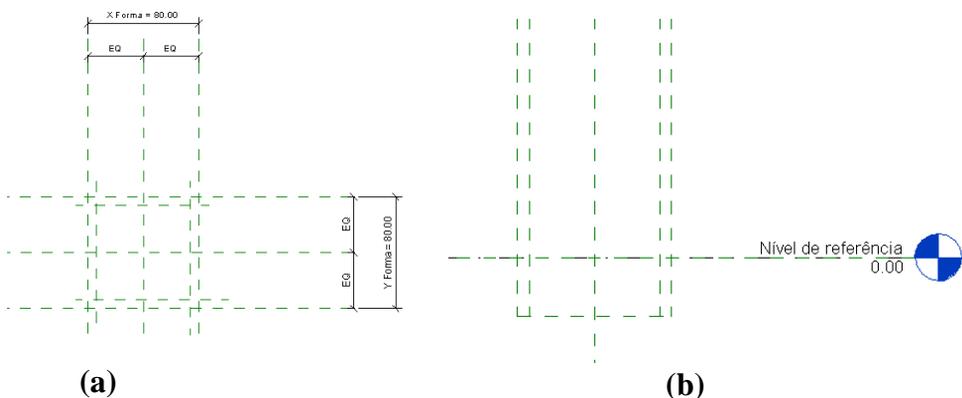
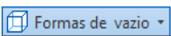


Figura 22: (a) Plano de referência em planta. (b) Plano de referência em corte.

Fonte: (Autores, 2018).

## 4. Criação da forma (Cubeta).

Depois de criados os planos de referência e os parâmetros com a geometria da forma 80 x 80, descritos na Figura 22, abra o navegador de projetos aberto na planta de piso:

4.1 Clique em Criar  >  Mesccla de vazio .

4.2 Abrirá uma janela de edição de formas de vazio. Com o comando linha desenhe o contorno da base da forma.

4.3 Clique em editar topo, para editar o topo da forma. Com o comando linha desenhe o contorno do topo da forma.

4.4. Clique em finalizar  . (Figura 23)

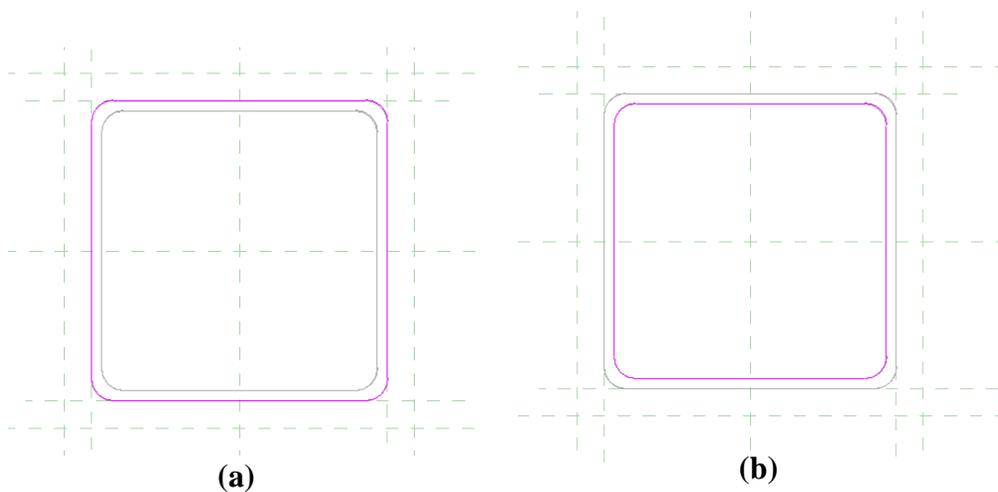


Figura 23: (a) Contorno da base da forma. (b) Contorno do topo da forma.

Fonte: (Autores, 2018).

Com o navegador de projetos aberto na elevação frontal:

4.5 Clique em Criar > Plano de referência, e crie um plano que define a base da forma.

4.6 Ajuste a posição da forma de acordo com o desejado, localizando-a na parte inferior, do bloco de edição (piso).

4.7 Crie uma cota de altura da forma e a defina como parâmetro. Observe a Figura 24.

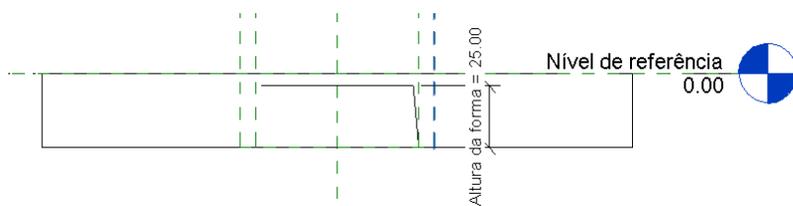


Figura 24: Vista da forma em corte, e definição do parâmetro de altura.

Fonte: (Autores, 2018).

Com o navegador de projetos aberto na vista 3D:

4.8 Selecione a forma geométrica de piso >  Cortar > Selecione a forma de vazio criada (Forma) > Enter. O vazio criado irá ser subtraído da geometria de piso do editor de família aparecendo a cubeta (Forma), observe a Figura 25 a seguir.

# Laje Nervurada

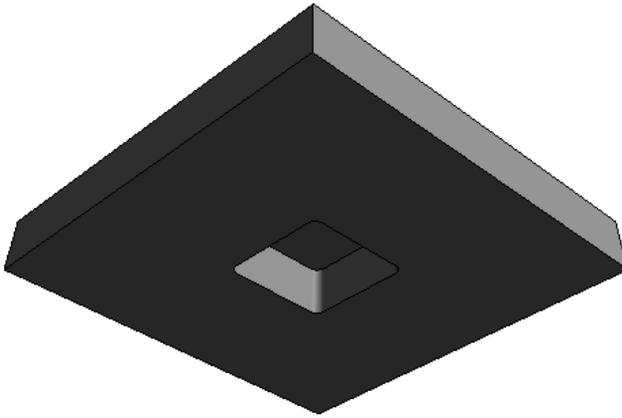


Figura 25: Vista tridimensional da forma: Fonte: (Autores, 2018).

Com a fôrma (cubeta) modelada, é necessário salvar o arquivo, como família, criando várias opções paramétricas de acordo com as limitações do fabricante, fazendo as alterações dos parâmetros. Quando a família for carregada no projeto as opções paramétricas serão carregadas automaticamente (Figura 26).

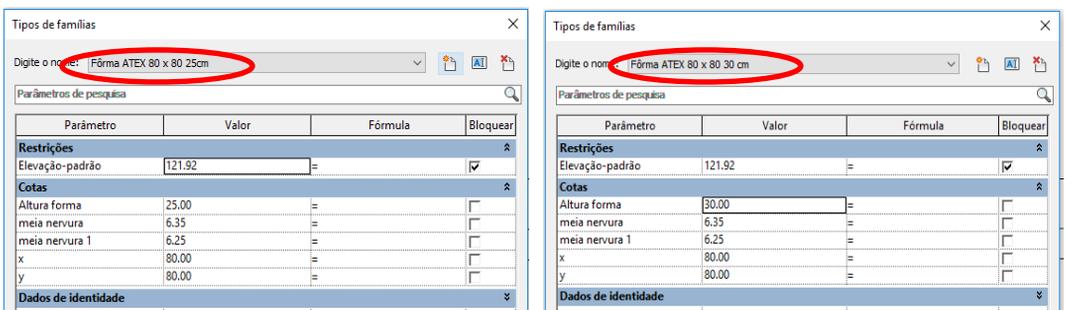


Figura 26: Criação de opções de Fôrmas. Fonte: (Autores, 2018).

Além da fôrma completa, faz-se uso da meia fôrma, que consiste na forma pela metade utilizada para proporcionar uma melhor paginação das nervuras na laje de acordo com a arquitetura. A modelagem da meia fôrma segue os mesmos procedimentos descritos nos itens 1, 2, 3 e 4 anteriormente, mudando apenas as dimensões dos planos de referência e da própria forma. Observe a Figura 27 a seguir.

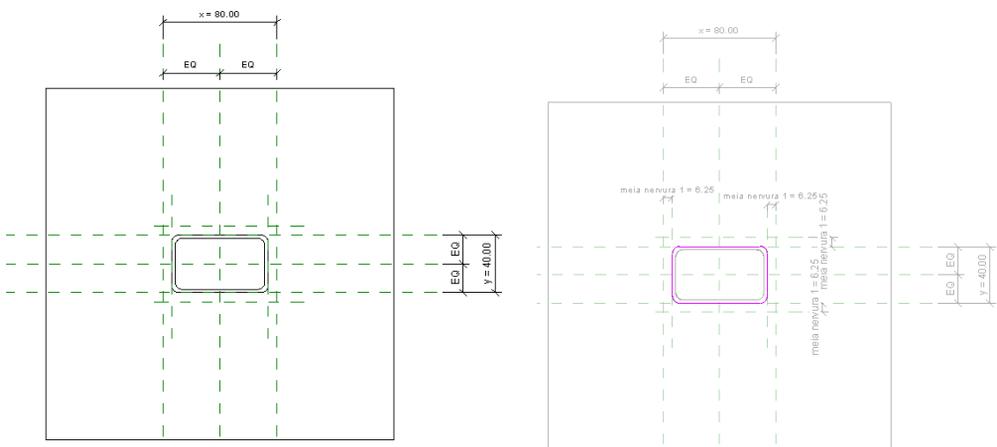


Figura 27: Planos de referência e modelo da meia fôrma.  
Fonte: (Autores, 2018).

# Laje Nervurada

4.9 Depois de criados os planos de referência e os parâmetros que regem as dimensões da meia fôrma, largura da base e do topo, espessura das nervuras e altura, é possível subtrair o vazio da meia forma no modelo, criando a parametrização geométrica da meia fôrma. Observe a Figura 28.

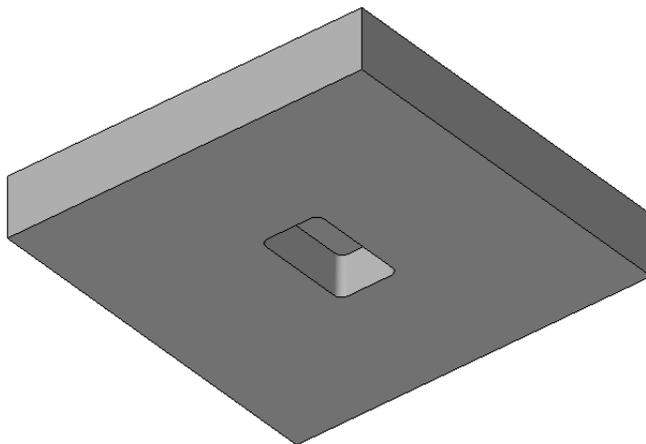


Figura 28: Vista tridimensional da meia fôrma: Fonte: (Autores, 2018).

Com a meia fôrma (cubeta) modelada, é necessário salvar o arquivo, como família, criando várias opções paramétricas de acordo com as limitações do fabricante, fazendo as alterações dos parâmetros. Quando a família for carregada no projeto as opções paramétricas serão carregadas automaticamente assim como para a fôrma (Figura 25).

## 5. Criação da família de laje.

Com as fôrmas modeladas como famílias e com seus respectivos parâmetros definidos, o próximo passo é a criação de uma laje nervurada como família. Os procedimentos iniciais se repetem como nas demais famílias.

5.1 Com o software Revit aberto, clique no menu  > Novo > Família

5.2 Em seguida, abre-se uma caixa de diálogo Nova família. Selecione o arquivo do modelo “Modelo genérico com na base no piso” e clique em abrir.

5.3 Defina as unidades de medida para centímetros, digitando “UN” no teclado e depois “OK”.

5.4. Em seguida na aba criar > planos de Referência, crie planos com as dimensões onde as fôrmas irão se encaixar. Se atente para o fato de que a laje tem dimensões maiores que as definidas pelo plano (Figura 29).

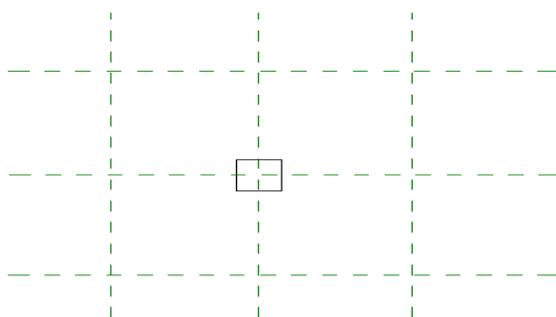


Figura 29: Definição dos planos de referência: Fonte: (Autores, 2018).

# Laje Nervurada

5.5 Depois de criados os planos de referência crie parâmetros de comprimento (XL) e largura (YL) para a laje.

5.6 Em seguida clique duas vezes na geometria de referência (piso) e edite as dimensões para o tamanho da laje desejada, para a modelagem considerou-se uma laje de ( 6.30 x 3.60 m).

5.7 Crie novos planos de referência formando uma malha de 80 x 80, indicando onde as formas modeladas serão localizadas. Observe a Figura 30 a seguir.

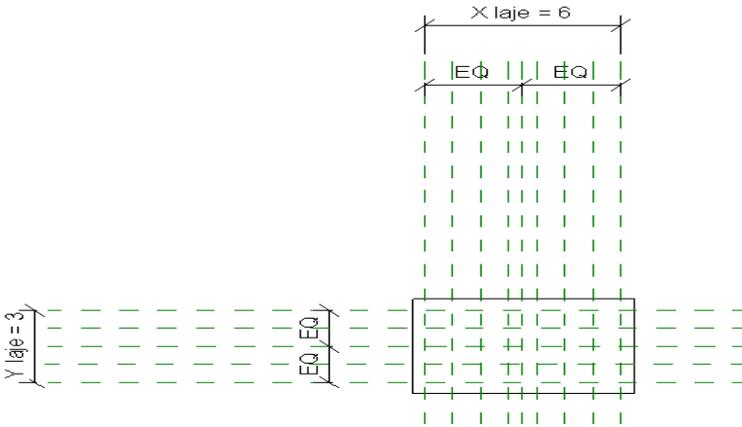


Figura 30: Planos de referência para inserir as fôrmas. Fonte: (Autores, 2018).

Depois de criados os planos de referência é necessário carregar a família da fôrma criada no item 4. Pra isso proceda da seguinte maneira:

5.8 Em seguida no menu *inserir* > *Carregar família*, procure a família de forma padrão 80 x 80 (criada anteriormente), e finalize clicando em abrir.

5.9 Agora na aba *navegador de projeto* clique em vistas 3D, e em seguida no menu *criar* >  **Componente**, e clique na face inferior da geometria de edição. Note que se abrirá um vazio onde a fôrma foi inserida.

5.10 Com a planta de piso aberta centralize a fôrma inserida na malha criada no item “4.7”. Com o comando copiar e espelhar preencha toda a laje com as fôrmas. A Figura 31 abaixo mostra o resultado dos procedimentos descritos.

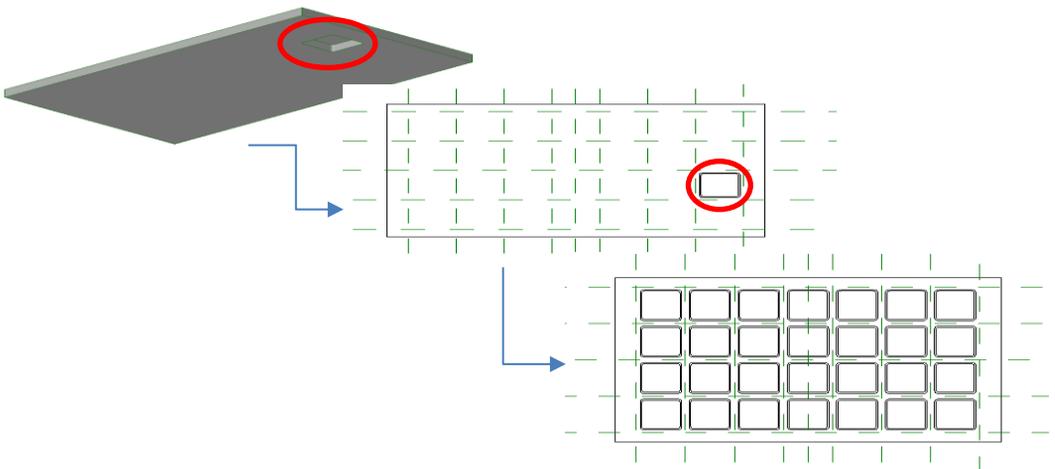


Figura 31: Localização das Fôrmas na laje. Fonte: (Autores, 2018).

# Laje Nervurada

Defina os planos de referência das extremidades da laje como “*referência forte*”, pois dessa forma quando a família for carregada em um projeto a mesma tem a mais alta prioridade para cotar e efetuar o snap forçando as cotas temporárias do projeto a se adequarem a referência forte da família. Dessa forma a laje pode ser inserida de maneira mais eficiente em uma estrutura.

5.11 Com a planta de piso aberta, selecione os planos de referência das extremidades da laje.

5.12 Em seguida na aba “*propriedades*” no ícone “*É referência*” selecione “*referência forte*”. Observe a Figura 32 a seguir.

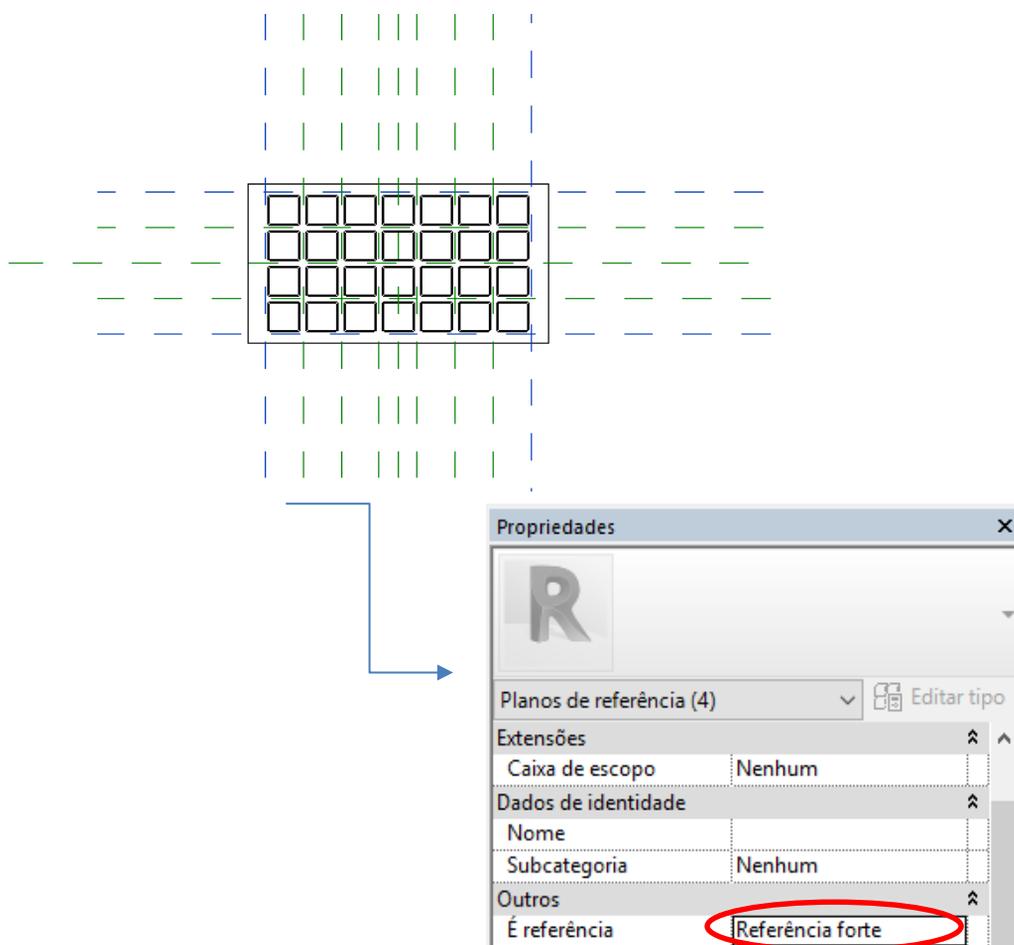
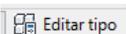


Figura 32: Escolha da referência. Fonte: (Autores, 2018).

Definidos os parâmetros dimensionais com as fôrmas locadas, é necessário criar o parâmetro de material da laje.

5.13 Na aba propriedades, clique no menu  Editar tipo.

5.14 Em seguida, abre-se uma caixa de diálogo, selecione *editar* por categoria. Então crie um novo material, e escolha o tipo de concreto para a laje, atribua a aparência de renderização e finalize clicando em “OK”. A Figura 33 a seguir, mostra os procedimentos descritos.

# Laje Nervurada

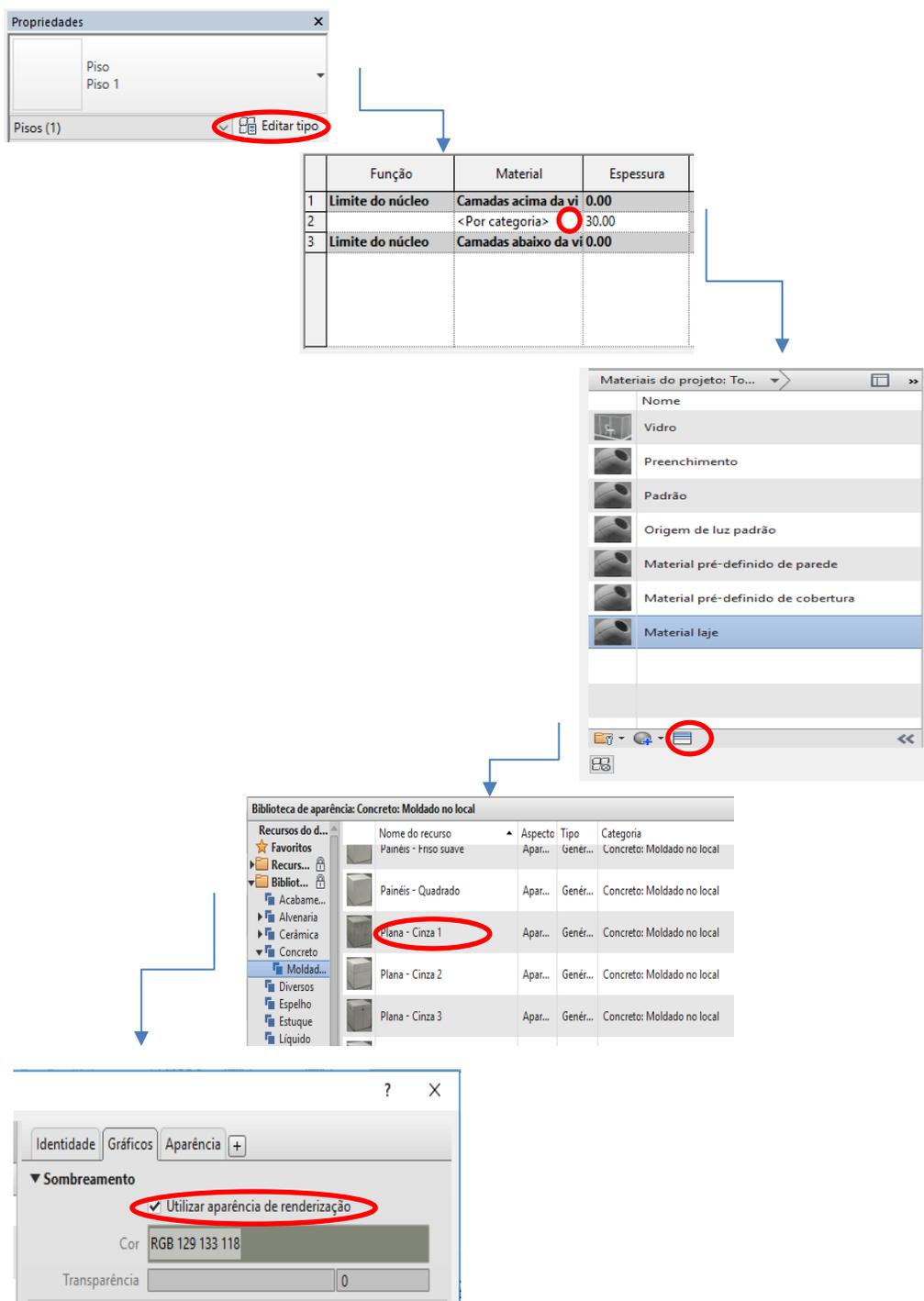


Figura 33: Configuração do material da Laje. Fonte: (Autores, 2018).

Vale a pena ressaltar que o material da laje é em concreto. Além disso o parâmetro permite alterar o tipo de material quando a família está em uso no projeto.

## 6. Verificação dos Parâmetros.

Ao final dos procedimentos descritos anteriormente, é necessário verificar que os parâmetros foram inseridos, e as dimensões da laje se ajustam de acordo com as necessidades do projeto.

Para verificar se os Parâmetros estão funcionando de acordo com o esperado, deve-se proceder da seguinte forma:

# Laje Nervurada

6.1 Na barra de ferramentas clique em “Tipos de família” , em seguida abrirá uma caixa de diálogo, onde é possível editar as dimensões de todos os parâmetros criados, de acordo com a Figura 34 a seguir.

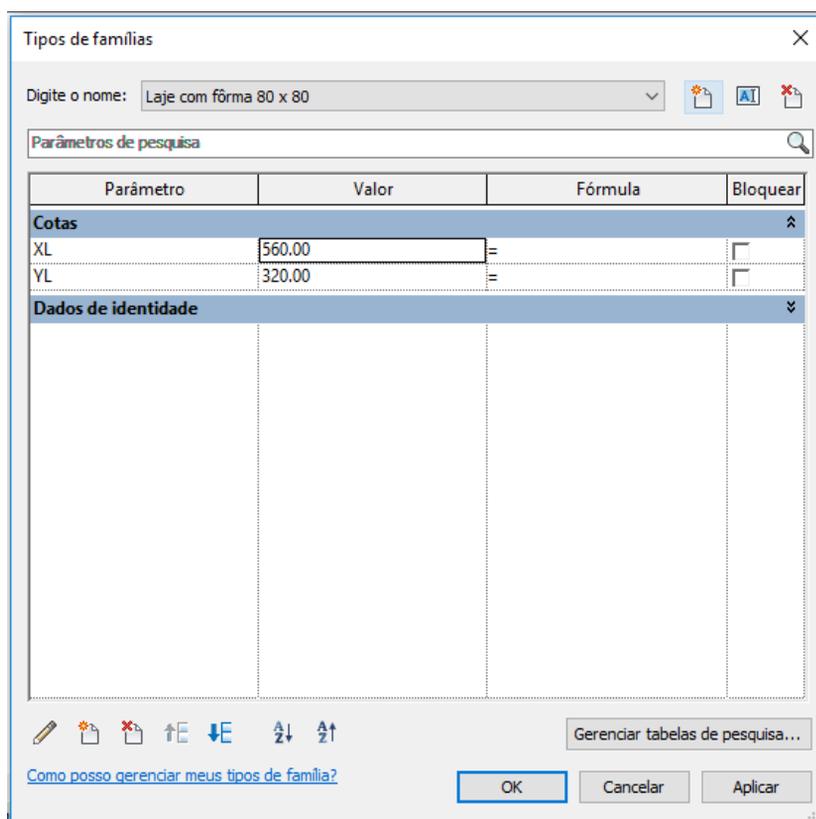


Figura 34: Verificação dos parâmetros. Fonte: (Autores, 2018).

6.2 Antes de carregar a família em um projeto, é possível criar várias opções paramétricas de acordo com as limitações do fabricante, fazendo as alterações dos parâmetros. Quando a família for carregada no projeto as opções paramétricas serão carregadas automaticamente possibilitando maior flexibilidade na modelagem do projeto.

## 7. Carregar família no projeto.

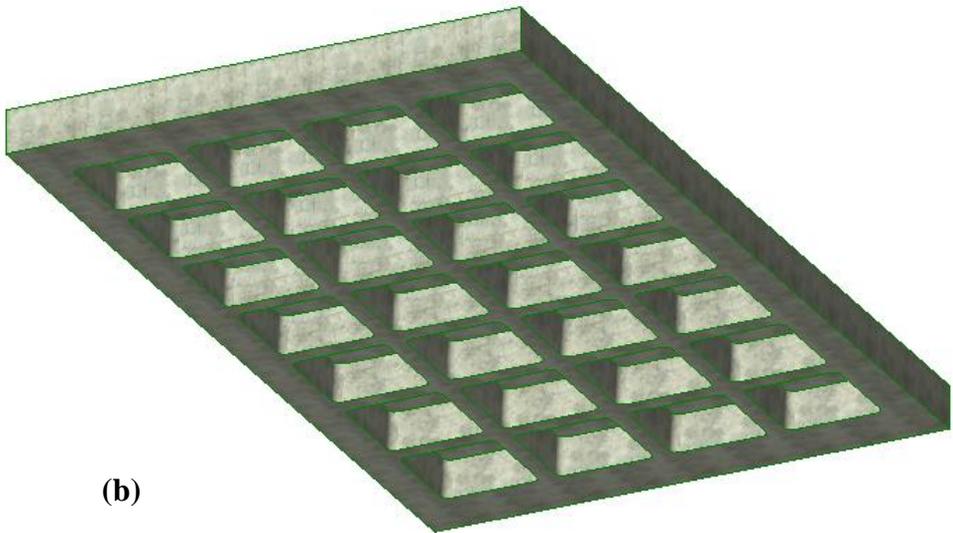
Depois de realizados todos os procedimentos anteriores, tem-se a nova família de Laje Nervurada usando as fôrmas ATEXA. Abaixo na Figura 35 é possível comparar o modelo de família criado no Revit e o piso elevado fabricado.

Finalizada a modelagem o próximo passo é carregar a família de laje em um projeto, onde é possível e alterar os parâmetros de acordo com as diretrizes e necessidades do mesmo. Para carregar no projeto basta clicar no ícone “Carregar no projeto”  presente na barra de ferramentas.

# Laje Nervurada



(a)



(b)

Figura 35: (a) Laje Nervurada com fôrma ATEX. (b) Família modelada no Revit.

Fonte: (Autores, 2018).

A modelagem paramétrica da laje, corresponde a um modelo hipotético, com dimensões ajustadas para a família de fôrmas, entretanto existem situações onde é necessário aplicar meia forma, principalmente nas bordas, para otimizar a distribuição da nervuras nas lajes (Figura 36).

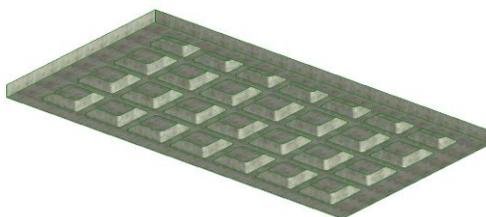


Figura 36: Família de laje Nervurada com meia fôrma ATEX.

Fonte: (Autores, 2018).

## 1. DEFINIÇÃO

O Piso Elevado é composto basicamente por placas modulares de diferentes materiais e estruturas de apoio também modulares que, acopladas diretamente sobre o substrato, criam vãos livres para a passagem de cabos elétricos, de dados e de telecomunicações, tubulações e até mesmo instalações de ar-condicionado.

A uso desse sistema construtivo proporciona ao ambiente um espaço limpo e organizado, longe das interferências de cabos e dutos entre o piso e as mobílias. Proporcionam, também, flexibilidade no layout do ambiente de forma rápida e econômica, além de garantir acesso rápido às instalações elétricas e uma logística para manutenção ou alteração dessas.



Figura 37: Piso elevado externo.  
Fonte: (Ramaster, 2018).

## 2. FORNECEDORES

Alguns dos principais fornecedores do Piso Elevado estão listados na Tabela 3, abaixo, com suas respectivas certificações de qualidade.

Tabela 3: Fabricante e Certificações de Piso Elevado.

TECNOLOGIA	FABRICANTES	CERTIFICAÇÕES/ NORMAS
PISO ELEVADO	ASTRA/PORTOBELLO	ABNT NBR 15.805 – ANEXO A, B e C ABNT 15.575 ASTM D 648 ASTM D1525-4
	PISOAG	ISO 9001: 2008 ABNT NBR 11802:1991
	AXXIO	ISO 9001: 2008 ABNT NBR 11802:1991

Nesta cartilha será apresentado o processo de modelagem do Piso Elevado produzido pela ASTRA/PORTOBELLO, cujos parâmetros técnicos e desempenho são citados a seguir, de acordo com o catálogo do fabricante.

### 2.1 PARÂMETROS TÉCNICOS E DE DESEMPENHO

Placa		Pedestal
<p>Regulado de acordo com o calibre do porcelanato. Fabricado em polipropileno.</p>		<p>Medida de altura referente ao piso acabado com o porcelanato. Fabricado em polipropileno.</p>
Abas móveis	Arruela de retenção	
Fabricado em nylon.	Aço SAE 1070 com acabamento GEOMET	

Figura 38: Especificações técnicas. Fonte: (ASTRA/PORTOBELLO, 2016).

Ensaio	Carga aplicada / Deformação máx.	Desempenho	Normas
Carga vertical concentrada	1,5 kN = 1,4 mm	Carga máxima = 500 kgf	NBR 12048 / NBR 11802. Deformação aceitável = 2,0 mm
	4,4 kN = 3,1 mm		NBR 12048 / NBR 11802. Deformação aceitável = 3,6 mm
Carga vertical distribuída	4,5 kPa = 1,6 mm	Carga máxima = 1200 kgf/m <sup>2</sup>	NBR 12048 / NBR 11802. Deformação placa de concreto = 1,0 mm
	12 kPa = 3,1 mm		NBR 12048 / NBR 11802. Deformação placa de concreto = 1,8 mm
Impacto de corpo duro	30 Joules e 50 Joules	Fragmentação da placa de porcelanato, porém, sem o transpasse ou perda de estabilidade	NBR 15805 anexo "A"
Impacto de corpo mole	400 Joules e 900 Joules	Não apresentou danos visualmente perceptíveis	NBR 15805 anexo "B"
Resistência à carga vertical sobre os pedestais	5 kN e 10 kN	Não apresentou deformações visualmente perceptíveis	NBR 15805 anexo "C". Carga mínima excêntrica de 5kN Carga mínima distribuída de 10kN

Figura 39: Resistência mecânica e resistência à carga sobre os pedais.  
Fonte: (ASTRA/PORTOBELLO, 2016).

## 3. MODELAGEM

1. Com o software Revit aberto, clique no menu  **Novo** **Família**

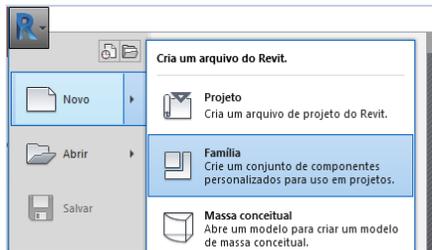


Figura 40: Criar família. Fonte: (Autores, 2018).

2. Em seguida, abre-se uma caixa de diálogo Nova família. Selecione o arquivo do modelo **“Modelo genérico métrico”** e clique em **Abrir**.

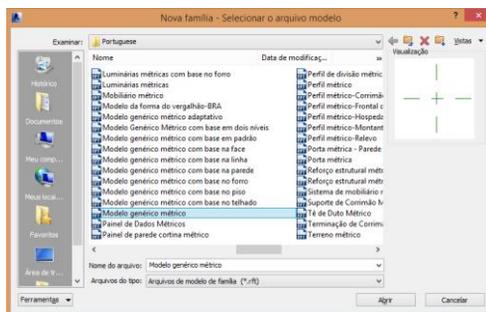


Figura 41: Escolha do modelo da família. Fonte: (Autores, 2018).

3. Com o editor de família aberto, deve-se atentar para alguns detalhes, tais como a **unidade de mediada** e os **planos de referência** nos quais irão se basear o modelo.

**3.1 Unidade:** digite UN no teclado e aparecerá uma caixa de diálogo, onde é possível configurar todos os tipos de unidades, conforme Figura 42.

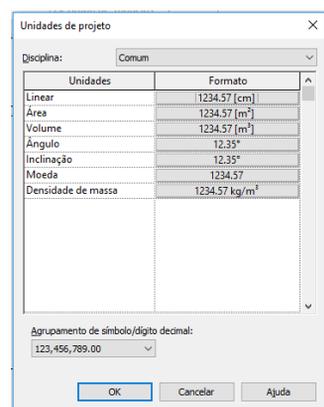


Figura 42: Configuração das unidades.  
Fonte: (Autores, 2018).

## 3.2 Planos de referência: Clique em *Criar* ➤ *Plano de Referência (RP)*

Na família de piso elevado, os planos foram criados com base nos parâmetros de comprimento, largura e espessura da placa de suporte e altura dos pedestais.

Com os planos de referência definidos, crie os parâmetros:

Clique *Anotar*  *Cota*  . Cote os comprimentos que deseja parametrizar. Selecione as cotas criadas, clique em *Legenda* ➤ < *Adicionar parâmetro...*>. Veja Figura 43.

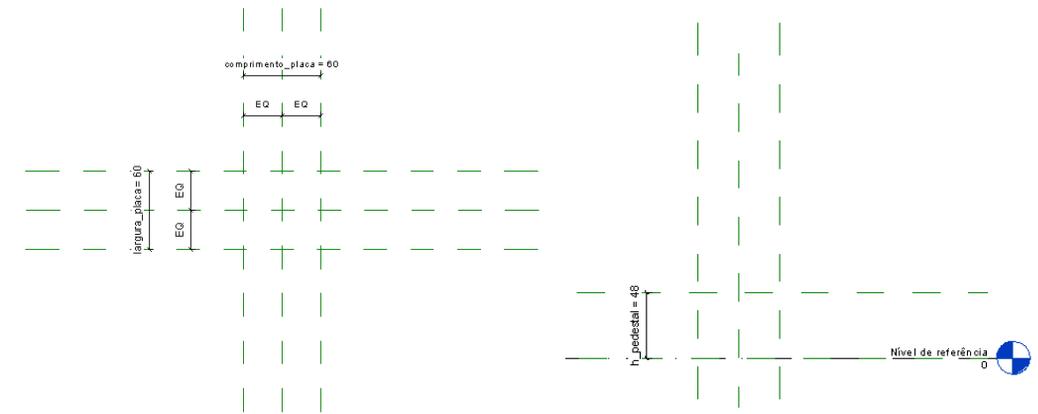


Figura 43: Planos de Referência em planta e em corte, respectivamente.  
Fonte: (Autores, 2018).

## 4. Criação dos Pedestais

4.1 Clique em *Criar*

4.2 Abrirá uma janela de edição de Extrusão. Selecione *Definir Plano de Trabalho*.

4.3 A janela Plano de trabalho será aberta. Selecione o *Nível de Referência* e clique em *OK*.

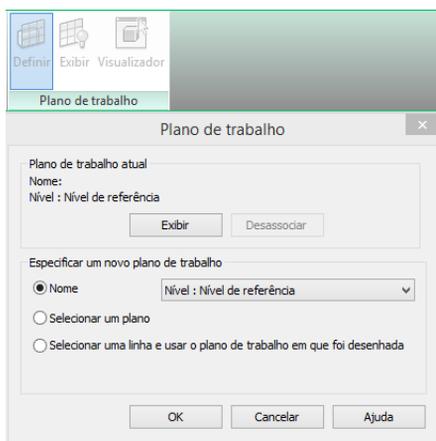


Figura 44: Seleção do plano de referência . Fonte: (Autores, 2018).

4.4 **Base inferior do Pedestal.** Na barra de ferramenta *Desenhar*, selecione *Círculo*. Desenhe um círculo, no encontro entre os planos de referência da esquerda e frontal, de raio 10 cm e espessura 0,5 cm, conforme Figura 9.

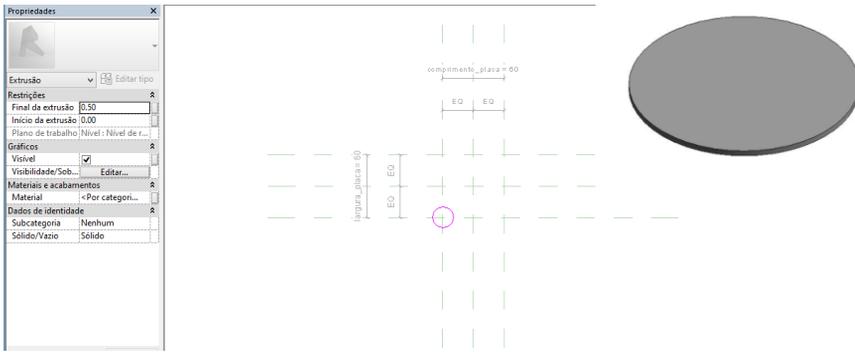


Figura 45: Desenho da base circular do pedestal e sua vista em 3D.  
Fonte: (Autores, 2018).

4.5 Repita os comandos dos itens 4.1 ao 4.3. Em seguida, desenhe dois círculos de mesmo centro e sobrepostos ao círculo do item 4.4, com raios 4 cm e 3,8 cm. Em propriedades, preencha Fim da extrusão e Início da extrusão com 13 cm e 0,5 cm, respectivamente, conforme Figura 46. Clique em *Concluir modo de edição*.

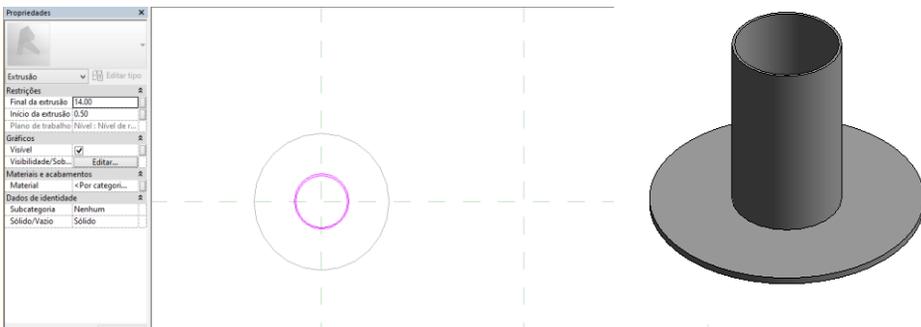


Figura 46: Desenho do detalhe da base circular do pedestal e sua vista em 3D.  
Fonte: (Autores, 2018).

4.6 Em seguida, clique em Criar ➤  Mescla com varredura

4.7 Abrirá a janela de edição da Mescla com varredura. Clique em  Definir *Definir Plano de Trabalho* e selecione a opção 'Selecionar um plano'. Selecione o plano que contém os círculos desenhados em 4.5.

4.8 Ainda na janela de Mescla com varredura, clique em  Caminho do croqui e a partir do círculo de raio 4 cm, do passo 4.5, desenhe uma linha de 5,5 cm de comprimento (Figura 47) e clique em *Concluir modo de edição* .

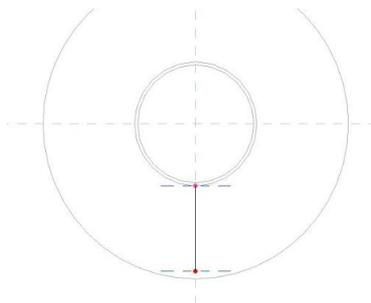


Figura 47: Desenho da linha que define a varredura.  
Fonte: (Autores, 2018).

4.9 Uma segunda janela de edição se abrirá. Na aba *Mescla Varrida*, selecione 'Selecionar o perfil 1' e clique em 'Editar perfil'. Abrirá a janela 'Ir para vista'. Selecione a Elevação frontal e confirme em *Abrir vista*.

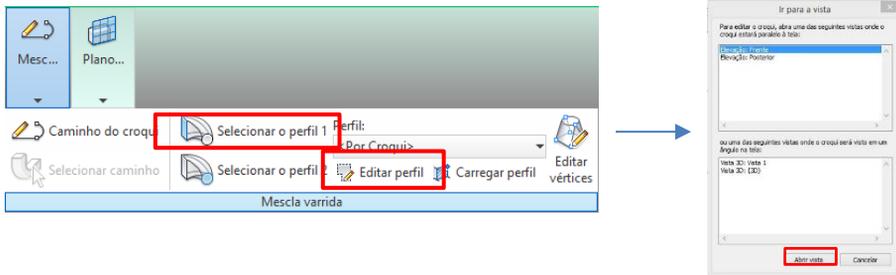


Figura 48: Configuração para o desenho dos extremos da varredura.

Fonte: (Autores, 2018).

4.10 Na aba desenhar, selecione o retângulo e desenhe-o com dimensões (12,5 x 0,6) cm, conforme Figura 47. Clique em *Concluir modo de edição*.

4.11 Repita o item 4.9, selecionando agora 'Selecionar o perfil 2'. Em seguida, desenhe um retângulo de (1,0 x 0,6) cm, ver Figura 49. Clique em *Concluir modo de edição*.

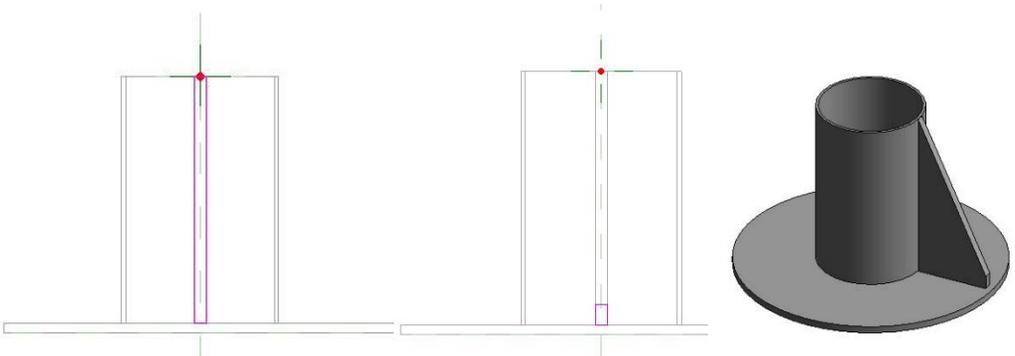


Figura 49: Desenho dos extremos da varredura e o 3D resultado da mescla com varredura.

Fonte: (Autores, 2018).

4.12 Selecione o detalhe feito com a ferramenta *Mescla com varredura* e na aba *Modificar*, clique em  *Matriz* (AR). Crie uma matriz radial de número 8 e espaçadas em 45°.

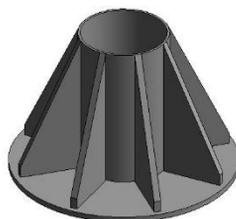


Figura 50: 3D da base do pedestal. Fonte: (Autores, 2018).

4.13 Repita os passos 4.1 e 4.2. A janela Plano de trabalho será aberta. Selecione o *Nível de Referência: Base* e clique em *OK*.

4.14 **Altura do Pedestal.** Na barra de ferramenta *Desenhar*, selecione *Círculo*. Desenhe dois círculos de mesmo centro, com raios 3,6 cm e 3,8 cm. Em propriedades, preencha Fim da extrusão e Início da extrusão com 48,0 cm e 0,0 cm, respectivamente, conforme Figura 51. Clique em *Concluir modo de edição*.

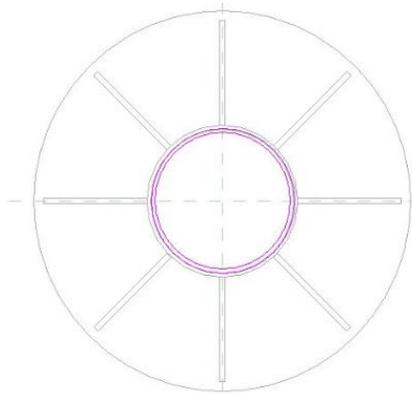


Figura 51: Círculos para criação da altura do pedestal.  
Fonte: (Autores, 2018).

4.15 **Base superior do Pedestal.** Refaça o passo 4.13 e, na barra de ferramenta *Desenhar*, selecione *Círculo*. Desenhe um círculo de raio 6,0 cm. Em propriedades, preencha Fim da extrusão e Início da extrusão com 0,0 cm e -0,5 cm, respectivamente, conforme Figura 52. Clique em *Concluir modo de edição*.

Ao lado, na Figura 53, encontra-se o resultado da extrusão do pedestal, em 3D.

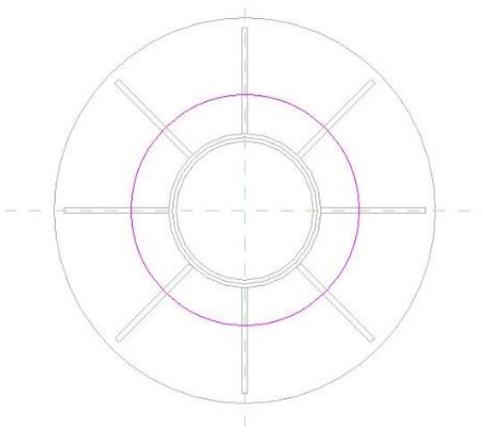


Figura 52: Base superior do pedestal.

Fonte: (Autores, 2018).

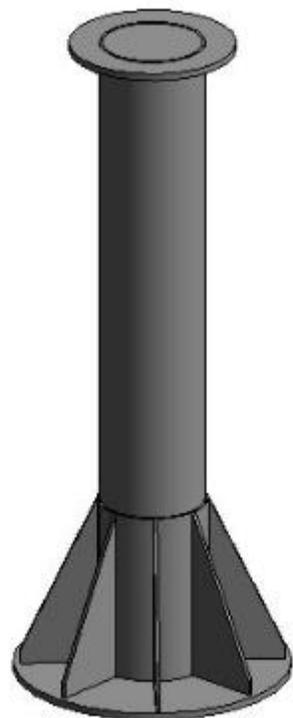


Figura 53: 3D do Pedestal.

Fonte: (Autores, 2018).

## 5. Criação da Placa de suporte

5.1 Repita os passos 4.1 e 4.2. A janela Plano de trabalho será aberta. Selecione o *Nível de Referência: Base* e clique em *OK*.

5.2 Na barra de ferramenta *Desenhar*, selecione *retângulo*. Desenhe um retângulo de (60 x 60) cm nos limites dos Planos de Referência, em planta, criados. Em seguida, ainda com o *retângulo* selecionado, use o comando  deslocamento (OF) e insira um segundo retângulo distanciado 5,25 cm do retângulo anterior. Crie arcos de raio 2,75 cm nos cantos desse segundo retângulo, usando o comando  *Arco em Concordância*. Em propriedades, preencha Fim da extrusão e Início da extrusão com 1,0 cm e 0,0 cm, respectivamente, e clique em *Concluir modo de edição*. Veja a Figura 54.

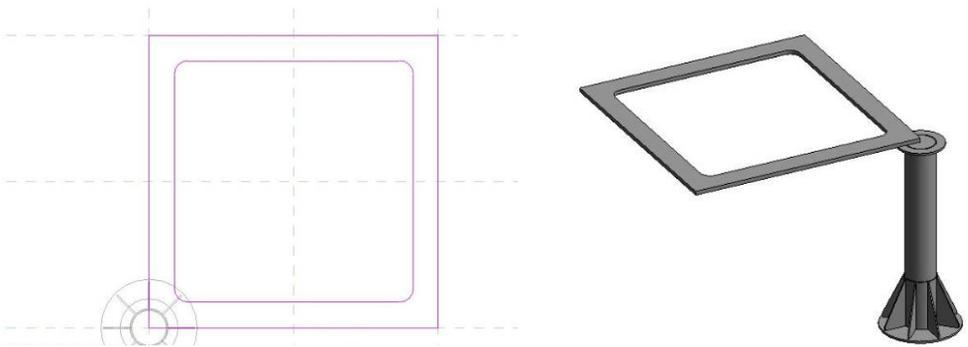


Figura 54: Desenho do contorno da placa e sua vista em 3D. Fonte: (Autores, 2018).

5.3 Repita os passos 4.1 e 4.2. A janela Plano de trabalho será aberta. Selecione o *Nível de Referência: Base* e clique em *OK*.

5.4 Na barra de ferramenta *Desenhar*, selecione *círculo*. Desenhe dois círculos de mesmo centro, com raios 2,5 cm e 2,75 cm, esse segundo tangenciando o arco criado em 5.2. Em propriedades, preencha Fim da extrusão e Início da extrusão com 0,1 cm e 0,0 cm, respectivamente, e clique em *Concluir modo de edição* (Figura 55).

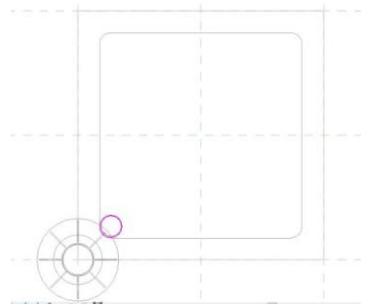


Figura 55: Detalhe circular da base. Fonte: (Autores, 2018).

5.5 Selecione os círculos feitos no passo anterior e, na aba *Modificar*, clique em  *Matriz* (AR). Crie uma matriz linear de número 9 de modo a obter círculos tangenciais, conforme Figura 56.

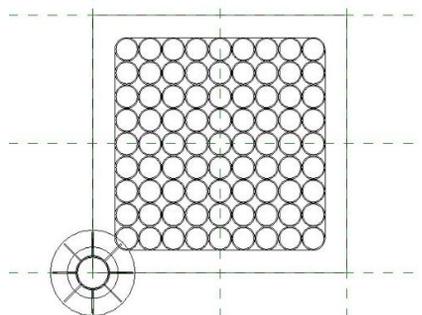


Figura 56: Reprodução do detalhe circular da base.

Fonte: (Autores, 2018).

5.6 Repita os passos 4.1 e 4.2. A janela Plano de trabalho será aberta. Selecione o *Nível de Referência: Base* e clique em *OK*.

5.7 Na barra de ferramenta *Desenhar*, selecione *círculo*. Desenhe um círculo de raio 8,25 com centro entre os Planos de Referência centrais, em planta. Em propriedades, preencha Fim da extrusão e Início da extrusão com 1,0 cm e 0,0 cm, respectivamente, e clique em *Concluir modo de edição*. Em seguida, remova os círculos internos a esse. Veja a Figura 57.

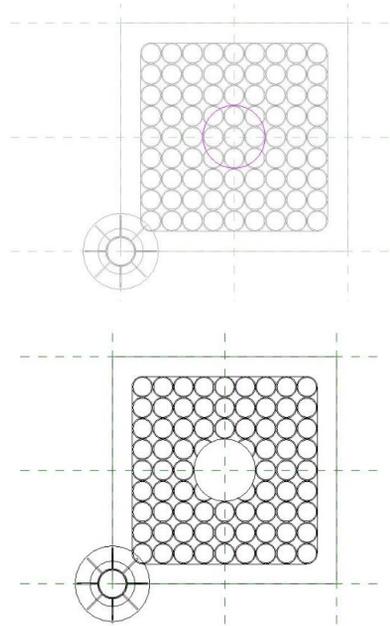


Figura 57: Detalhe circular central da base. Fonte: (Autores, 2018).

## 6. Parâmetro Materiais e texturas de redenzização.

Para criar um parâmetro que permita alterar o tipo de material, selecione o elemento e na aba propriedades, clique no botão esquerdo de *Materiais e acabamento*. Abrirá a janela *Parâmetro de família associado*. Selecione *Adicionar parâmetro...* Digite o nome *material\_pedestal* e clique em *OK*. Repita o mesmo procedimento para criação do parâmetro *material\_placa*.

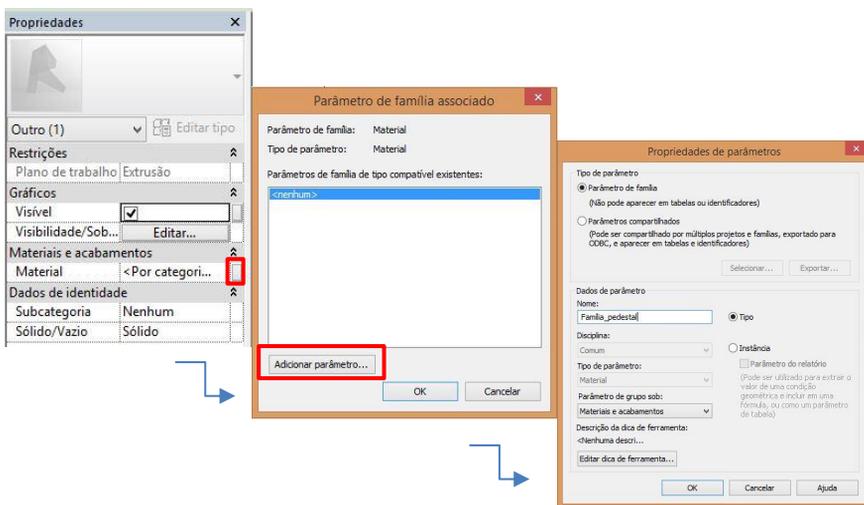


Figura 58: Definição do parâmetro material. Fonte: (Autores, 2018).

Para configurar o tipo de material para o elemento pedestal e placa, basta ir na aba *propriedades* > *materiais e acabamentos* > *Por categoria*. Abrirá a janela *Navegador de materiais*, onde se pode criar um novo material e atribuir uma textura ao elemento, conforme Figura 14. Aplicou-se o material Polipropileno para o pedestal e placa de suporte, conforme indicado no catálogo do fornecedor usado.

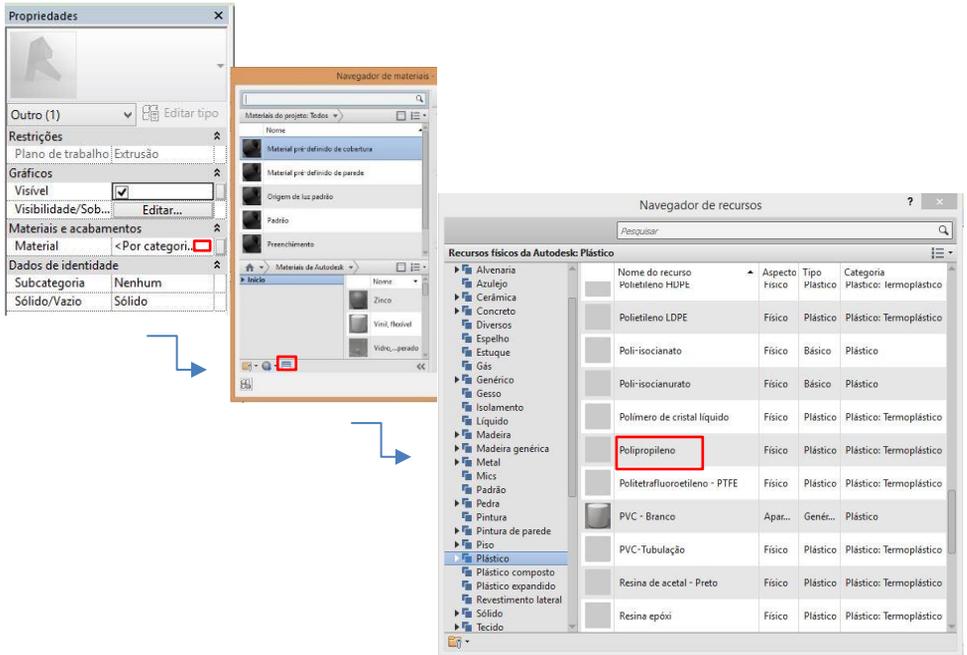


Figura 59: Configuração do material do pedestal e da placa de suporte.

Fonte: (Autores, 2018).

## 6. Carregar família no projeto.

Depois de realizados todos os procedimentos anteriores, tem-se a nova família de piso elevado externo da ASTRA/Portobello. Abaixo na figura 60 é possível comparar o modelo de família criado no Revit e o piso elevado fabricado.



(a)



(b)

Figura 60: (a) Piso Elevado pela ASTRA. (b) Família modelada no Revit.

Fonte: (Autores, 2018).

## 1. DEFINIÇÃO

As calhas são os canais responsáveis pela coleta das águas da chuva e que correm pelo telhado ou terraços das construções. Em geral, esses elementos de captação e condução são executados em chapas de ferro galvanizado, mas podem ser de PVC rígido, fibrocimento ou concreto armado impermeabilizado.

As calhas podem variar conforme as características da edificação, e servem principalmente para evitar danos, como alagamentos, excesso de umidade e apodrecimento.



Figura 61: Calha em telhado com beiral.  
Fonte: (TIGRE, 2016)

## 2. FORNECEDORES

Alguns dos principais fornecedores de Calha estão listados na Tabela 4, abaixo, com suas respectivas certificações de qualidade.

Tabela 4: Fabricante e Certificações de Calha.

TECNOLOGIA	FABRICANTES	CERTIFICAÇÕES/NORMAS
CALHA	CALHAS KENNEDY	ISO 9001 – QUALIDADE ISO 14001 – GESTÃO AMBIENTAL OHSAS 18001 – GESTÃO DE SEGURANÇA E DA SAÚDE
	TIGRE	ISO 9001: 2008 ISO 14001: 2004
	AMANCO	ISO 9001 – QUALIDADE ISO 14001 – GESTÃO AMBIENTAL OHSAS 18001 – GESTÃO DE SEGURANÇA E DA SAÚDE

Fonte: (MOURA; SILVA, 2018).

Nesta cartilha será apresentado o processo de modelagem de uma Calha fornecida pela TIGRE, cujos parâmetros técnicos e desempenho são citados a seguir, de acordo com o catálogo do fabricante.

### 2.1 PARÂMETROS TÉCNICOS E DE DESEMPENHO

A Calha Aquapluv Style, segundo o catálogo do Fabricante, é fabricada em PVC, apresentando como função a coleta e condução de águas pluviais de telhados residenciais. Sua aplicação se dá em obras residenciais com telhados com beiral.

As peças são fornecidas com comprimento e dimensões do perfil, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Dimensões do perfil da Calha Aquapluv Style.

DIMENSÕES (mm)	
Cotas	-
A	132
B	90
H	89
L	300
Código Bege	13029350
Código Branco	13029377

Fonte: (TIGRE, 2016)

### 3. MODELAGEM

1. Abra o Revit e comece uma nova família com o template “Modelo genérico métrico com base no telhado”. (Figuar 62)

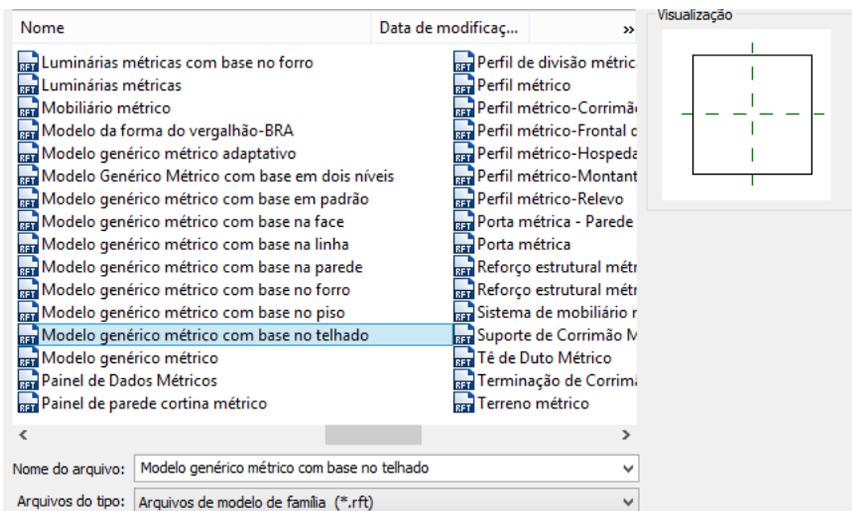


Figura 62: Escolha do modelo da família de Calha.

Fonte: (Autores, 2018).

#### 2. Formatação inicial do editor de famílias: Definir Unidades de medida e planos de Referência .

Para a escolha da unidade de medida digite UN no teclado e irá aparecer uma caixa de diálogo onde é possível configurar todos os tipos de unidades (figura 62). Para a modelagem da calha opte por medidas em milímetros, atendendo ao padrão do catálogo do fornecedor.

Quanto aos planos de referência, eles devem ser baseados nas principais dimensões da família, pois os mesmos servem para a criação dos parâmetros de modelagem. Na janela de modelagem os planos aparecem com linhas pontilhadas que não serão representados quando a família for aplicada em um projeto (Figura 63).

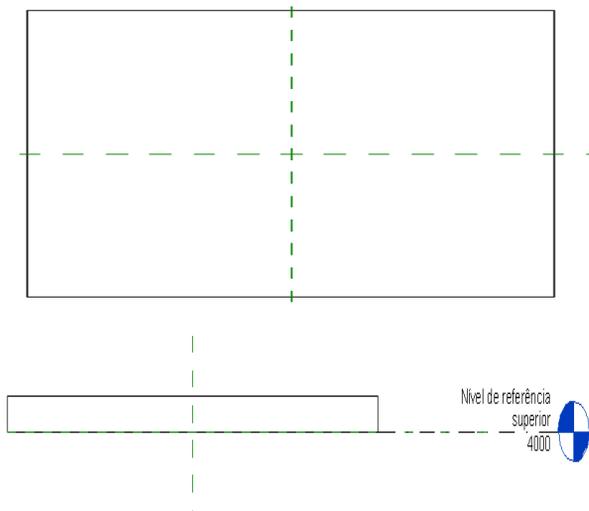
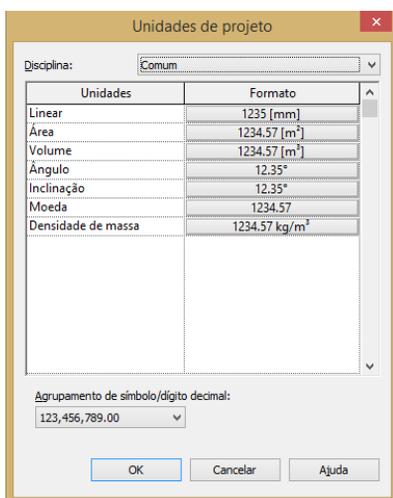


Figura 63: Configuração das unidades.

Figura 64: Planos de Referência em planta e em corte.

Fonte: (Autores, 2018).

Fonte: (Autores, 2018).

### 3. Planos de referência: Clique em *Criar* ➤ *Plano de Referência (RP)*

Com a Vista Planta de piso – Nível de referência superior selecionada, insira um plano de referência paralelo a face indicada na Figura 65 e, logo após, feche o cadeado. Atribua para esse plano de referência o nome “Frente”.

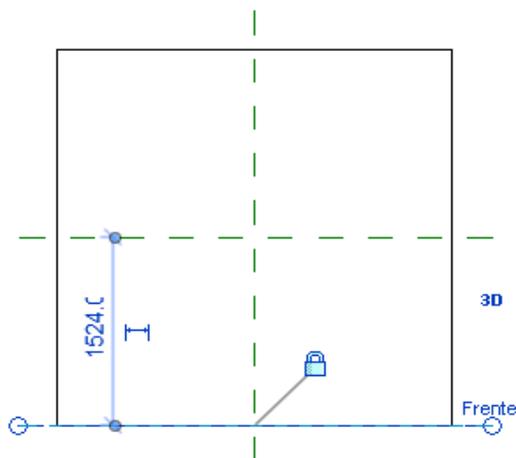


Figura 65: Criação de plano de referência.

Fonte: (Autores, 2018).

#### 4. Na aba *Criar*, entre no comando *Extrusão*.

Com o comando *Extrusão* aberto, selecione a aba *Inserir* e importe uma imagem com o perfil da calha conforme catálogo do fornecedor. Siga os passos da Figura 66.

4. Na aba **Criar**, entre no comando **Extrusão**.

Com o comando **Extrusão** aberto, selecione a aba **Inserir** e importe uma imagem com o perfil da calha conforme catálogo do fornecedor. Siga os passos da Figura 66.

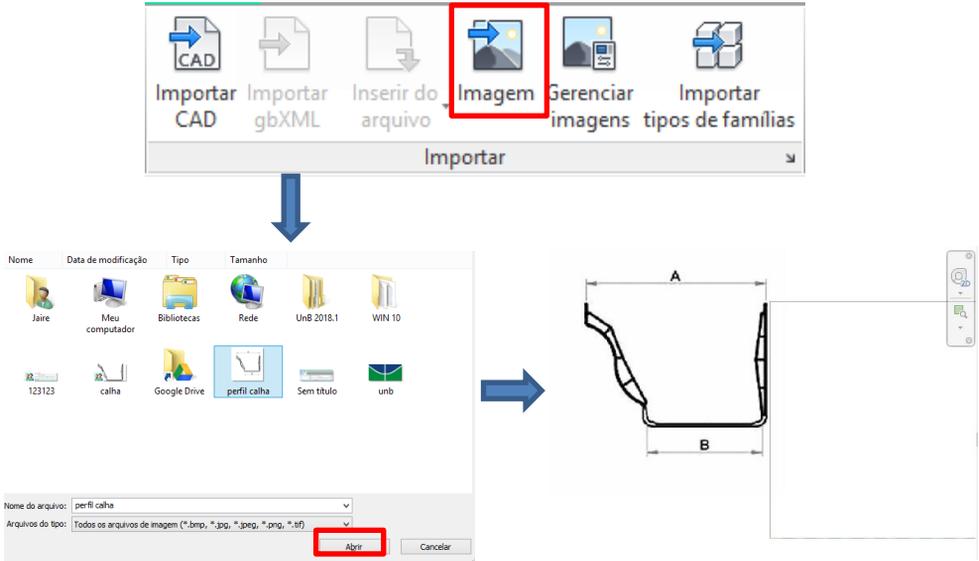


Figura 66: Etapas para inserir imagem no comando Extrusão.

Fonte: (Autores, 2018).

5. Com a imagem já posicionada, paralela ao canto esquerdo do telhado, defina o Plano de trabalho.

Clique em **Definir Plano de Trabalho** e a uma janela será aberta. Escolha **Plano de Referência: Frente** e clique em **OK**. (Figura 67)

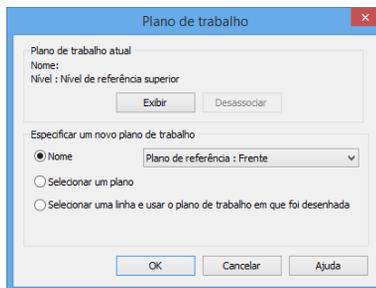


Figura 67: Seleção do plano de referência.

Fonte: (Autores, 2018).

6. Na barra de ferramenta **Desenhar**, selecione a **Linha** e contorne a imagem que foi importada. Finalizado o contorno, delete a imagem. Clique em **Concluir modo de edição** (Figura 68).

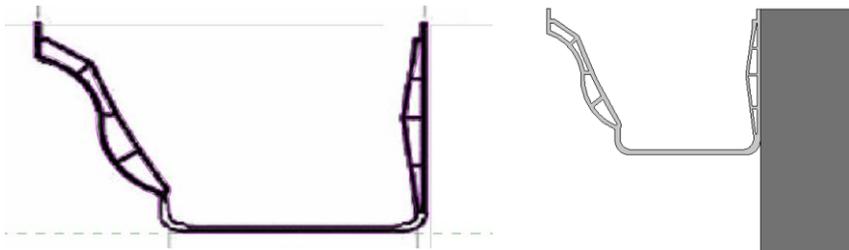


Figura 68: Contorno da imagem inserida. Fonte: (Autores, 2018).

7. Crie um parâmetro para o comprimento da Calha. Para isso, dê duplo clique no perfil criado ou clique em **Editar extrusão**. Com a janela do editor de extrusão aberta, siga os passos da Figura 69.

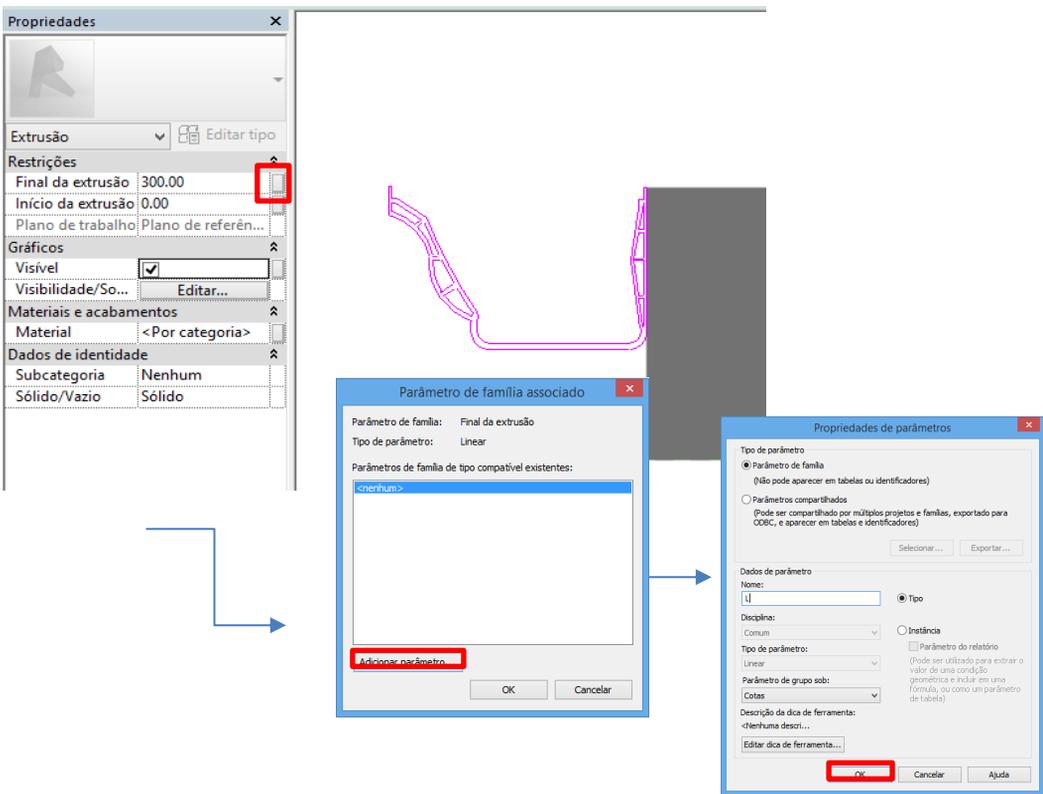


Figura 69: Criação do parâmetro comprimento da Calha. Fonte: (Autores, 2018).

## 8. Parâmetro Materiais e texturas de redenrizaçãõ.

Para criar um parâmetro que permita alterar o tipo de material, selecione o elemento e na aba propriedades, clique no botão esquerdo de **Materiais e acabamento**. Abrirá a janela **Parâmetro de família associado**. Selecione **Adicionar parâmetro...** Digite o nome **material\_Calha** e clique em **OK**. (Figura 70).

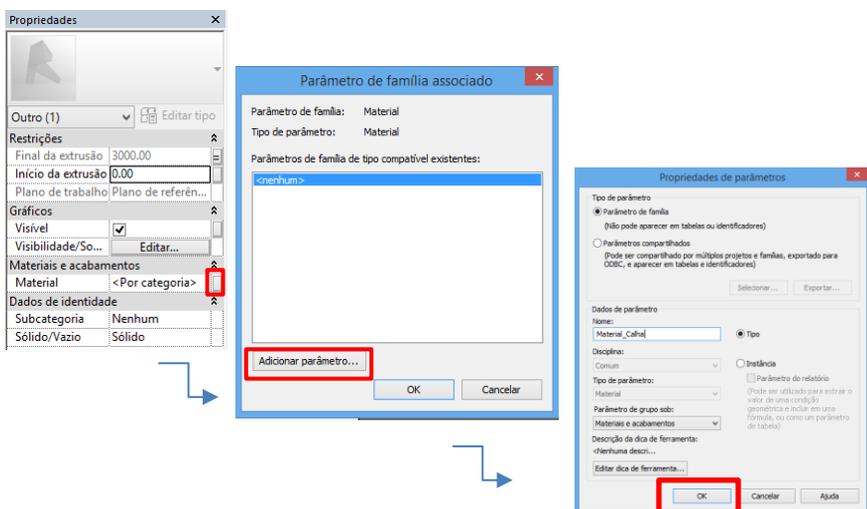


Figura 70: Definição do parâmetro material. Fonte: (Autores, 2018).

# CALHA

Para configurar o tipo de material para o elemento pedestal e placa, basta ir na aba *propriedades > materiais e acabamentos > Por categoria*. Abrirá a janela *Navegador de materiais*, onde se pode criar um novo material e atribuir uma textura ao elemento, conforme Figura 71. Aplicou-se o material Cloreto de Polivinilo (PVC) rígido para a Calha, conforme indicado no catálogo do fornecedor usado.

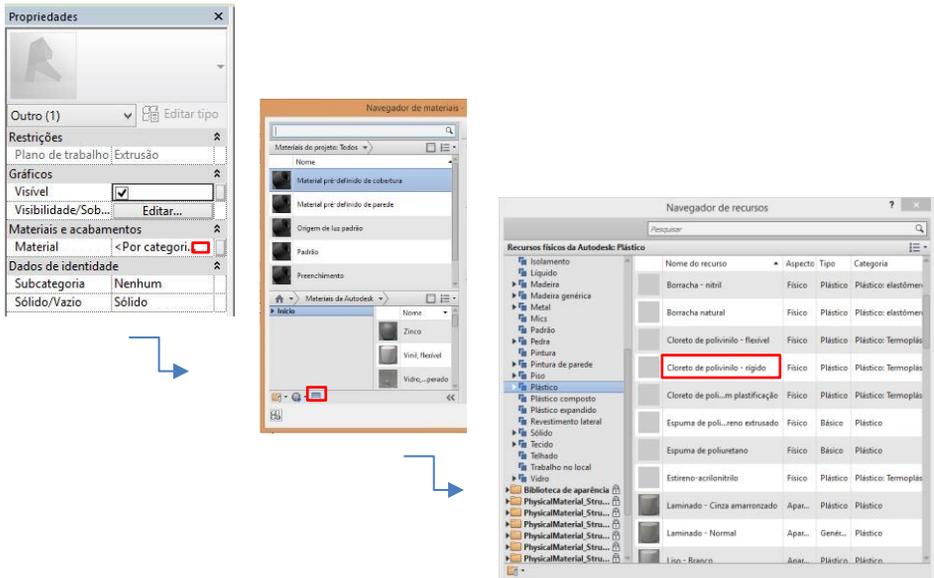


Figura 71: Configuração do material do pedestal e da placa de suporte.

Fonte: (Autores, 2018).

## 6. Carregar família no projeto.

Depois de realizados todos os procedimentos anteriores, tem-se a nova família de Calha Aquapluv da empresa TIGRE. Abaixo na Figura 71 é possível comparar o modelo de família criado no Revit e a calha fabricada.

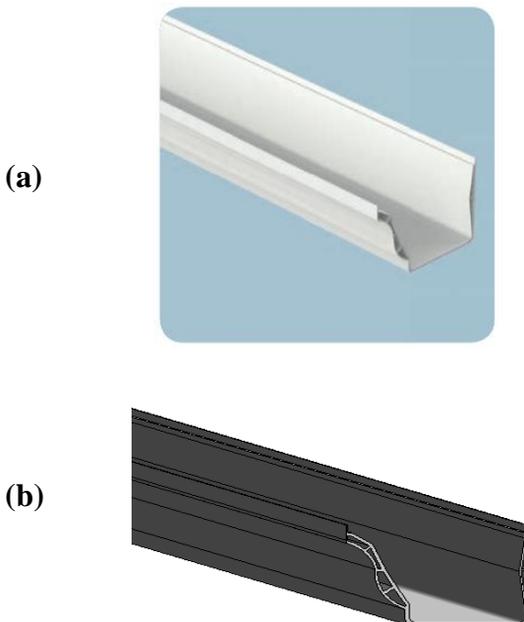


Figura 72: (a) Calha pela TIGRE. (b) Família modelada no Revit.

Fonte: (Autores, 2018).

A cartilha apresentada evidencia que com a plataforma BIM é possível atribuir informações aos diferentes sistemas construtivos e confrontando os mesmos, têm-se como resultado o que só poderiam ser vistos em obra, onde os elementos atuam em conjunto na estrutura.

De fato, em alguns casos com a modelagem de projetos, o processo de modelagem consiste quase que totalmente na instanciação de objetos disponíveis em bibliotecas de componentes. Desta forma, verificou-se que as utilizações dos softwares de computação gráfica que aplicam o processo BIM, tal como o Revit, são indispensáveis na concepção de projetos com precisão, agilidade e facilidade, contribuindo com a utilização de sistemas industrializados na construção.

A anatomia de um componente BIM é um dos principais aspectos que evidenciam como o uso de parâmetros dimensionais, materiais e texturas, aliados a outras características comportamentais de componentes, permitem obter grande flexibilidade de configuração ao mesmo tempo que embutem nos componentes a intenção de Projeto.

Dessa forma, a modelagem das famílias apresentadas na cartilha contribui com o viés da industrialização aliada ao processo BIM (Revit), fomentando a utilização de sistemas construtivos industrializados. Por fim, esta cartilha confirma a premissa apresentada, mostrando que com o uso da tecnologia, do processo BIM para a concepção de componentes construtivos é possível antecipar erros, parametrizar características geométricas, de acordo com as especificações de conformidade do componente modelado. É possível verificar como a modelagem paramétrica variacional é responsável pela “inteligência dos componentes tornando-os capazes de se ajustar ou reagir a mudanças no modelo.

# Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118: 2014: Projeto de Estruturas de Concreto- Procedimentos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. ABNT NBR 15575-1:2013 Edificações habitacionais — Desempenho.

CALHA PVC. Disponível em: <https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-drenagem.pdf>. Acesso em 15 de junho de 2018.

FUNDAMENTOS BIM- PARTE 1: Implantação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção- Brasília: CBIC, 2016.

MODELAGEM PARAMÉTRICA. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Model/files/GUID-54EDD889-9AEA-40B5-BD60-FC2F860DF95D-htm.html>. Acesso em 16 de junho de 2018.

PISO ELEVADO. Disponível em: <http://www.astrasa.com.br/arquivos/pdf/folder-do-piso-elevado-01.pdf>. Acesso em 15 de junho de 2018.

PRATINI. E.F; JUNIOR. E.E.A.S. Criação, Representação e Visualização digitais. Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2012.

TELHA TERMOACÚSTICA. Disponível em: [http://www.isoeste.com.br/catalogos/lamina\\_agro.pdf](http://www.isoeste.com.br/catalogos/lamina_agro.pdf). Acesso em 16 de junho de 2018.

TELHA TERMOACÚSTICA. Disponível em: [http://www.brasilit.com.br/sites/default/files/catalogos\\_folhetos/Catalogo\\_Topsteel\\_Brasilit.pdf](http://www.brasilit.com.br/sites/default/files/catalogos_folhetos/Catalogo_Topsteel_Brasilit.pdf). Acesso em 15 de junho de 2018.

LAJE NERVURADA. Disponível em: <http://www.atex.com.br/pt/formas/laje-nergurada/>. Acesso em 16 de junho de 2018.





**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
AMBIENTAL**

**METODOLOGIA PARA ELABORAR BIBLIOTECAS  
PARAMÉTRICAS DE PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS  
COM USO DO BIM**

**DANIEL ALVES MOURA  
JAIRE BEZERRA DA SILVA**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

**APROVADA POR:**

---

**EVANGELOS DIMITRIOS CHISTAKOU, DSc. (UnB)  
(ORIENTADOR)**

---

**CLAUDIA MARCIA COUTINHO GURJÃO, DSc. (USP)  
(COORIENTADORA)**

---

**LENILDO SANTOS DA SILVA, DSc. (UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**THYALA ANARELLI CUNHA E SANTOS, MSc. (UnB)  
(EXAMINADORA EXTERNA)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, 10 de JULHO de 2018.**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

MOURA, DANIEL ALVES	
SILVA, JAIRE BEZERRA	
Metodologia para elaborar Bibliotecas Paramétricas de produtos Industrializados com uso do BIM. [Distrito Federal] 2018.	
viii, 70 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2018)	
Monografia de Projeto Final 2- Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.	
1. Revestimentos de Pisos	2. Instalações
3. Forros e telhados	4. Cartilha com BIM.
I. ENC/FT/UnB	II. Título (série)

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

MOURA, D.A., SILVA, J.B (2018). Metodologia para Elaborar Bibliotecas Paramétricas de Produtos Industrializados com uso do BIM. Monografia de Projeto Final. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 67 p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: Daniel Alves Moura, Jaire Bezerra da Silva

TÍTULO: Metodologia para Elaborar Bibliotecas Paramétricas de Produtos Industrializados com uso do BIM.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2018

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Daniel Alves Moura

Quadra 07, lote 1275, apartamento 201 Setor de Indústrias, Gama  
72445-070 – Brasília/ DF – Brasil

---

Jaire Bezerra da Silva

Casa do Estudante Universitário, Bloco A, Apart. 212 – Asa Norte  
70908-021 - Brasília/DF - Brasil

## RESUMO

Neste trabalho propõe-se um estudo sobre sistemas construtivos industrializados e racionalizados, de modo a enfatizar sua importância frente às necessidades e cobranças que surgem no mercado consumidor da construção civil, que anseia pela redução de custos, tempo e desperdício, combinado com o aumento da produtividade e qualidade da construção.

Para tanto, foram levantados exemplos de sistemas industrializados de revestimentos de piso, telha, laje e instalações que foram modelados por meio do processo BIM, com uso do software Revit. Dessa forma, criando famílias paramétricas para cada sistema proposto.

Para tal, realizou-se pesquisas sobre o assunto em Manuais, guias profissionais, trabalhos acadêmicos e legislações, além de procedimentos de coletas de dados envolvendo consultas diretas ao fabricante dos sistemas em estudo.

Com isso, verificou-se a viabilidade do uso dos sistemas construtivos industrializados, bem como a criação de uma cartilha para orientar na criação das famílias e componentes levantados com uso do software Revit. Além disso, pretende-se levantar o perfil dos principais fabricantes desses sistemas e aplicar, para estudo de caso, as famílias criadas em um projeto de edifício unifamiliar.

**Palavras-chave:** Sistemas industrializados e racionalizados, modelagem, Cartilha com BIM.

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVOS .....	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 REVISÃO TEÓRICA .....	4
3.1 SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS.....	4
3.1.1 Definição e Classificação.....	4
3.1.2 Sistemas Racionalizados.....	6
3.2 SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS DE COBERTURA, LAJE, PISO E CALHA .....	7
3.2.1 Sistemas de Cobertura .....	7
3.2.2 Sistemas de Lajes .....	8
3.2.3 Sistemas de Piso .....	10
3.2.4 Sistemas de Águas Pluviais.....	11
3.3 NORMAS E CERTIFICAÇÕES DE QUALIDADE.....	12
3.3.1 SiMaC .....	13
3.3.2 PBAC .....	13
3.4 PROCESSO BIM.....	14
3.4.1 Interoperabilidade.....	17
3.4.1.1 <i>Industry Foundation Classes – IFC</i> .....	19
3.4.1.2 <i>Information Delivery Manual – IDM</i> .....	20
3.4.1.3 <i>Model View Definition – MVD</i> .....	21
3.4.2 Parametrização de Objetos BIM.....	22
3.5 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE INFORMAÇÃO .....	25
4 METODOLOGIA .....	28
4.1 LEVANTAMENTO DE FORNECEDORES, CERTIFICAÇÕES E REQUISITOS TÉCNICOS .....	30
4.2 MODELAGEM E CRIAÇÃO DE FAMÍLIAS COM USO DO REVIT .....	31
4.2.1 Sistema de Cobertura (Telha Termoacústica).....	33
4.2.2 Sistema de Vedação e Estrutura (Laje Nervurada).....	35
4.2.3 Sistema de Revestimento (Piso Elevado) .....	37
4.2.4 Sistema Pluvial (Calha) .....	41
4.2.5 Projeto Arquitetônico Residencial.....	43

4.3 ELABORAÇÃO DA CARTILHA .....	48
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	49
5.1 LEVANTAMENTO DE FORNECEDORES E VERIFICAÇÃO DAS CERTIFICAÇÕES.....	49
5.2 MODELAGEM E CRIAÇÃO DE FAMÍLIAS PARAMÉTRICAS COM USO DO REVIT.....	52
5.2.1 Sistema de Cobertura (Telha Termoacústica) .....	52
5.2.2 Sistema de Vedação e Estrutura (Laje Nervurada).....	52
5.2.3 Sistema de Revestimento (Piso Elevado) .....	53
5.2.4 Sistema Pluvial (Calha) .....	53
5.3 ESTUDO DE CASO .....	54
5.4 CARTILHA PARA A CRIAÇÃO DE BIBLIOTECAS PARAMÉTRICAS COM USO DO BIM .....	59
6 CONCLUSÃO .....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	63
ANEXO A .....	70

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas do processo construtivo industrializado. Fonte: (BLUMENSCHEIN, 2015). .....	5
Figura 2: Telha Metálica Termoacústica. Fonte: (RTC, 2017) .....	7
Figura 3: Detalhe da laje nervurada (Fonte: AECWEB, 2018). .....	8
Figura 4: Piso elevado para áreas internas. Fonte: (CARENA, 2017). .....	10
Figura 5: Calha em telhado com beiral. (Fonte: TIGRE, 2016). .....	12
Figura 6: Ciclo de Projeto em BIM (Fonte: <a href="https://bim4brasil.files.wordpress.com">https://bim4brasil.files.wordpress.com</a> ). ...	15
Figura 7: Pirâmide com os três conceitos básicos do OPEN BIM. Fonte: adaptado de buildingSMART (2017). .....	18
Figura 8: Propriedades de parâmetros. Fonte: (AUTODESK, 2018). .....	24
Figura 9: Modelagem Bim com uso do Revit (Fonte: COSTA, 2013). .....	26
Figura 10: Modelo Compatibilizado com uso do Revit (Fonte: COSTA, 2013). .....	27
Figura 11: Esquema metodológico para o trabalho (MOURA;SILVA,2018) .....	29
Figura 12: Escolha do Template (Autores, 2018). .....	33
Figura 13: Níveis de Referência (AUTODESK, 2018). .....	34
Figura 14: Fôrma (cubeta) para laje nervurada (Autores, 2018). .....	36
Figura 15: Parâmetros da laje nervurada (Autores, 2018). .....	37
Figura 16: Escolha do Template (Autores, 2018). .....	38
Figura 17: Planos de Referência (Autores, 2018). .....	39
Figura 18: Pedestal para Piso Elevado (Autores, 2018). .....	40
Figura 19: Base para Piso Elevado (Autores, 2018). .....	40
Figura 20: Escolha do Template (Autores, 2018). .....	42
Figura 21: Planos de Referência (Autores, 2018). .....	42
Figura 22: Fachada Frontal do edifício (ADAPTADO DO PROJETO ORIGINAL, 2018). .....	44
Figura 23: Fachada lateral direita do edifício (ADAPTADO DO PROJETO ORIGINAL, 2018). .....	44
Figura 24: Planta baixa do térreo (ADAPTADO DO PROJETO ORIGINAL, 2018). ..	45
Figura 25: Planta baixa do Pavimento Superior (ADAPTADO DO PROJETO ORIGINAL, 2018). .....	45

Figura 26: Ferramentas para o design arquitetônico. (ADAPTADO REVIT, 2018). ....	46
Figura 27: Janela de Propriedades. (ADAPTADO REVIT, 2018).....	47
Figura 28: Navegador de materiais. (ADAPTADO REVIT, 2018). ....	48
<i>Figura 29:</i> Família paramétrica de telha (Autores, 2018). ....	52
Figura 30: Família paramétrica de laje nervurada (Autores, 2018).....	53
Figura 31: Família paramétrica do Piso Elevado (Autores, 2018). ....	53
Figura 32: Modelagem da Calha PVC (Autores, 2018).....	54
<i>Figura 33:</i> (a) Planta Baixa arquitetônica do térreo, (b) Planta Baixa arquitetônica do Pavimento Superior. (Autores, 2018). ....	55
Figura 34: (a) Vista Leste, (b) Vista Oeste, (c) Vista Norte, (d) Vista Sul. (Autores, 2018). ....	56
Figura 35: Vistas 3D através do Recurso câmera (Autores, 2018).....	57
<i>Figura 36:</i> Vista geral do modelo arquitetônico, vista realista (Autores, 2018).....	57
<i>Figura 37:</i> Vista renderizada do edifício (Autores, 2018).....	57
Figura 38: Vista do edifício com as famílias inseridas (Autores, 2018).....	58
Figura 39: Famílias paramétricas inseridas no projeto (Autores, 2018). ....	59

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Principais Softwares que usam o BIM.....	15
Tabela 2: Fornecedores e certificações dos sistemas construtivos. ....	50

## LISTA DE SIGLAS

- ABDI** – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- BIM** – Building Information Modeling
- CBIC** – Câmara Brasileira da Indústria da Construção
- CPIC** – Cadeia Produtiva da Indústria da Construção
- IAI** – *International Alliance for Interoperability*
- INMETRO** – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- ISO** – *International Organization for Standardization*
- LSF** – *Light Steel Framing*
- PBAC** – Programa Brasileiro de Avaliação da Conformidade
- PBQP-H** – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
- PSQS** – Programas Setoriais da Qualidade
- PVC** – Policloreto de Vinil
- SBAC** – Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade
- SiAC** – Sistema de Avaliação da Conformidade
- SiMaC** – Sistema de Qualidade de Empresas de Materiais, componentes e Sistemas Construtivos
- SINDUSCON** – Sindicato das Industrias de Construção
- UnB** – Universidade de Brasília

# 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a construção civil tem enfrentado uma série de desafios, resultado de um mesmo fator comum: seu processo de produção artesanal. O uso de técnicas construtivas defasadas não só prejudicam o tempo de execução das obras, gerando atrasos, como também comprometem o planejamento, o orçamento e a qualidade do produto final. A concepção de planejamento está fundamentada na fase inicial de projeto, logo as práticas empíricas de engenharia, ou a falta de comunicação entre as partes executantes de um projeto podem impedir que o mesmo obtenha êxito no cumprimento dos prazos e custos.

Dessa forma, a industrialização, agregada à racionalização, surge para otimizar o processo de concepção de projeto, execução, e para evitar que desperdícios tanto de recursos materiais como humanos, provoquem atividades de retrabalho. O uso de tecnologias e softwares de gestão, que proporcionam a interoperabilidade entre as equipes e uma visão geral do projeto, tornam-se fundamentais na construção industrializada.

Segundo Blachere (1977), a industrialização da construção pode ser equacionada como sendo a soma da racionalização com a mecanização, ou seja, as ações caracterizadas como artesanais são substituídas por uma certa uniformidade e continuidade de execução com predominância de ação gerencial sobre a normativa vigente.

Também segundo Gehbauer et al. (2008), a racionalização é um processo contínuo de otimização dos recursos e processos, disponíveis para a execução de um empreendimento, seja ele a execução de uma parede ou de um edifício. No entanto, na construção civil frequentemente é evidenciada a opinião de que cada obra é diferente e, portanto, não é acessível a métodos formais de racionalização, prevalecendo ainda a improvisação.

Diante da tendência da industrialização e dos atuais paradigmas da produtividade na construção civil, a utilização de revestimentos, instalações, estruturas e sistemas de vedação industrializadas torna-se uma alternativa eficiente para o planejamento e execução global da construção.

A improvisação cedeu lugar ao projeto de engenharia, integrando o de instalações aos de arquitetura e de estrutura (MACINTYRE, 1996). Os requisitos técnicos e de desempenho passaram a ter uma importância maior, visto que o mercado aumentou o nível de exigência quanto ao conforto global e a durabilidade da construção.

Dessa forma, a definição de industrialização na construção civil nada mais é que a relação de planejamento, organização e ação contínua, repetitiva e eficiente para todos os processos de execução de um edifício. Dentro desse contexto está inserida a necessidade de compatibilizar essas tecnologias, por meio da compatibilização dos projetos (Arquitetônico, Estrutural, Instalações, revestimentos, luminotécnico, alvenaria etc) para que as mesmas possam ser utilizadas em conjunto da melhor forma possível.

Diante disso, este trabalho se insere na linha de pesquisa de sistemas construtivos e materiais, que abrangem gestão e tecnologia para a qualidade e a sustentabilidade no processo de produção de edificações, e tem como principal contribuição o viés da industrialização, racionalização, de sistemas construtivos, com a utilização do processo BIM para a criação de bibliotecas paramétricas aplicáveis a tais sistemas.

A escolha dos sistemas construtivos levantados se justifica com base nas necessidades verificadas, principalmente no que diz respeito a utilização do processo BIM nos projetos de engenharia. Tais necessidades são observadas quando se percebe a dificuldade da utilização de alguns sistemas construtivos, devido a inexistência de modelos paramétricos aplicáveis em projetos eletrônicos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Apresentar uma cartilha contendo um passo a passo para modelagem de famílias de telha termoacústico, laje nervurada, piso elevado e calha PVC com utilização do Revit e do processo BIM, considerando aspectos de certificações, requisitos técnicos e de desempenho.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Visando atingir o objetivo principal, alguns objetivos específicos são requeridos, entre eles:

- Modelar no software Revit a família de telha termoacústico, laje nervurada, piso elevado e calha PVC;
- Realizar o levantamento dos principais fornecedores de cada sistema construtivo analisado;
- Levantar a existência ou não de certificações dos fornecedores em estudo;
- Aplicar as famílias dos sistemas construtivos modelados em um projeto de edifício unifamiliar para estudo de caso.

## 3 REVISÃO TEÓRICA

### 3.1 SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS

#### 3.1.1 Definição e Classificação

Os processos construtivos podem ser classificados primariamente como: tradicional (uso de técnicas artesanais), convencional (caracterizado por tecnologias normalmente utilizadas no mercado, com maior tempo de execução), racionalizado (caracterizado pela melhoria gradativa dos processos convencionais) e industrializado ou pré-fabricado (BLUMENSCHNEIN, 2015).

Na ABNT NBR 9062/2001 são apresentados os conceitos de pré-fabricado e de pré-moldado:

- **Elemento pré-fabricado** – é em geral, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações da empresa ou escritório destinada a esse fim que atende aos requisitos mínimos de mão de obra qualificada (como o Sistema construtivo em light steel framing; e o Sistema construtivo em pré-fabricados em concreto aplicados no segmento habitacional), (BLUMENSCHNEIN, 2015).

- **Elemento pré-moldado** – é executado fora do local de uso definitivo, com menor rigor nos padrões de controle de qualidade (tais componentes podem ser inspecionados individualmente in loco ou em lotes, dispensando-se a existência de laboratório), (BLUMENSCHNEIN, 2015).

Os sistemas construtivos como se conhece atualmente são produtos de um processo cuja a sua inserção no contexto da cadeia produtiva da indústria da construção (CPIC), tem uma aplicação recente e pouco difundida no mercado. Isso implica em uma produção e aplicação um pouco limitada, por falta de conhecimento ou mão de obra qualificada, dificultando a aplicabilidade de tais inovações.

Segundo (BLUMENSCHNEIN, 2015), o processo construtivo que utiliza sistemas industrializados pode ser estruturado de maneira a permitir que as vantagens da

tecnologia industrializada sejam alcançadas, implicando um método composto de 7 etapas principais: planejamento preliminar, contratação e planejamento executivo, que engloba projeto, fabricação, montagem, monitoramento e recebimento (Figura 1).

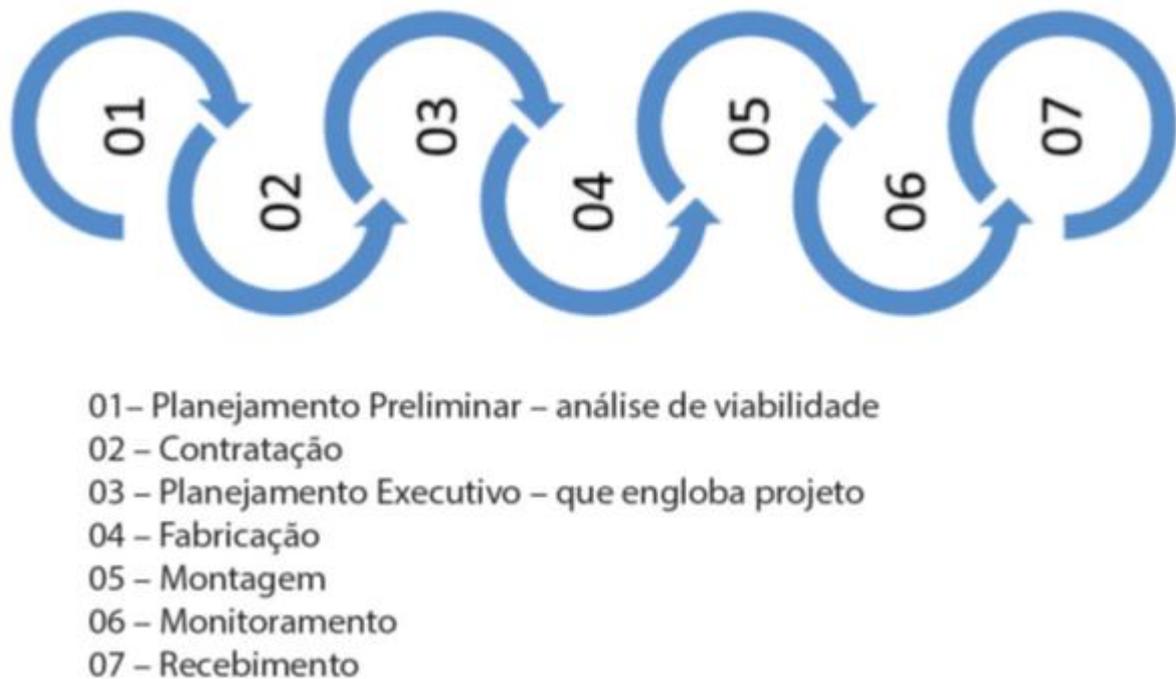


Figura 1: Etapas do processo construtivo industrializado. Fonte: (BLUMENSCHNEIN, 2015).

Também segundo a NBR 13531:1995 as etapas das atividades técnicas do projeto de edificações e componentes subdividem-se em:

- a) Levantamento;
- b) Programa de necessidades;
- c) Estudo de Viabilidade;
- d) Estudo Preliminar;
- e) Anteprojeto e/ou pré-execução;
- f) Projeto Legal;
- g) Projeto básico;
- h) Projeto de execução.

Dessa forma isto nos leva a identificar um Ciclo de Vida para os projetos: eles iniciam com poucos esforços em sua estruturação; esses esforços crescem à medida que as

ideias são amadurecidas e as ações passam a ser mais efetivas, diminuindo à medida que os objetivos do projeto começam a ser atingidos (BLUMENSCHHEIN, 2015).

O ciclo de vida de um projeto é composto por 4 etapas: Concepção; Planejamento, Execução e Fechamento, onde a concepção corresponde ao equacionamento e definição do problema. Segundo Blumenschein (2015), é com base nesse conceito de concepção de construção industrializada que se define o processo decisório na contratação de elementos e sistemas construtivos industrializados para obras públicas e privadas, recomendando requisitos que podem assegurar alguns benefícios.

Assim enquanto em um sistema convencional existem dois tipos de contrato, um para o projeto e outro para a execução, na construção industrializada o contrato é realizado englobando essas duas etapas; além disso, também é necessário realizar um contrato para a montagem dos elementos. Essa contratação deve ser compatibilizada de forma que não afete o processo de produção da edificação.

### **3.1.2 Sistemas Racionalizados**

Segundo Ceragioli (1993), a evolução da construção civil através da racionalização depende, sobretudo, da melhoria das fases de desenvolvimento de projetos. Para o autor, também é necessário aumentar o nível de organização dos processos, determinando-se previamente as operações, procedimentos e formas de controle nas diferentes atividades.

O conceito de racionalização é entendido como mais uma ferramenta para promover a melhoria no processo produtivo da construção civil. Mais especificamente, Sabbatini (1989) separa a racionalização na construção em dois níveis: para os setores (racionalização da construção) e para as técnicas construtivas (racionalização construtiva).

Para Barros (1997), a estratégia de implementação na qual se insere essa ação está fundamentada no princípio de possibilitar a aplicação da tecnologia construtiva racionalizada como uma forma de impulsionar a melhoria contínua dos recursos tecnológicos organizacionais empregados no processo construtivo tradicional de produção de edifícios com vistas à sua máxima racionalização e conseqüente evolução tecnológica e organizacional.

Ainda sobre organização de processos, Romano (2003) mostra que a organização dos processos de desenvolvimento de projetos se faz necessária em todos os segmentos da construção civil. A coordenação deve estabelecer com clareza o fluxo de informações, a uniformização da linguagem e dos projetistas, bem como proporcionar profunda interação com os métodos e processos construtivos e a devida consideração de todos os parâmetros que norteiam o desenvolvimento do projeto.

Dessa forma a industrialização atua simultaneamente com a racionalização, onde os processos de planejamento, coordenação, e execução de um projeto passam por uma melhoria contínua através da aplicação de softwares facilitadores do controle, e compatibilização de projetos. A racionalização possibilita também, um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, como a qualidade na estrutura organizacional envolvida, inovações tecnológicas e produtivas, e diversidade dos conceitos relativos aos produtos e ao seu processo de finalização.

## 3.2 SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS DE COBERTURA, LAJE, PISO E CALHA

### 3.2.1 Sistemas de Cobertura

#### 3.2.1.1 *Telhas Metálicas Termoacústicas*

As telhas metálicas termoacústicas (Figura 2), também conhecidas como telhas duplas ou painel sanduíche, são produtos que possuem a capacidade não só de cobertura dos empreendimentos, como também de redução da passagem de calor e ruído para o ambiente interno. Basicamente, elas são formadas por materiais isolantes que dão um melhor conforto térmico e acústico, como o poliuretano, o poliestireno, as lãs de vidro ou de rocha, e que são colocados entre duas telhas metálicas feitas, na maioria dos casos, de aço ou alumínio (ROCHA, 2009).

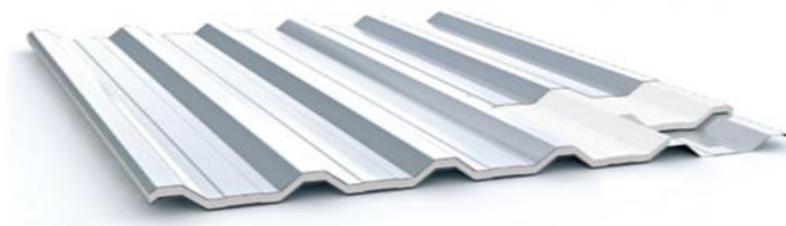


Figura 2: Telha Metálica Termoacústica. Fonte: (RTC, 2017)

Ainda não existem normas técnicas específicas que orientem a fabricação, transporte e instalação de telhas metálicas termoacústicas. No entanto, alguns materiais que compõem o sistema são normatizados. Como é o caso do alumínio que, quando usado como telha, seja termoacústica ou não, obedece a NBR 7823:2015, que determina as propriedades mecânicas das chapas. As telhas de aço revestido com seção ondulada e seção trapezoidal também possuem legislação própria e atendem às normas NBR 14513:2002 e NBR 14514:2008, respectivamente. Cada isolante também possui uma legislação específica para a sua utilização. (ROCHA, 2009)

Elas ainda devem atender aos requisitos da NBR 16373:2015 (Telhas e Painéis termoacústicos- requisitos e desempenho).

### **3.2.2 Sistemas de Lajes**

#### **3.2.2.1 Laje Nervurada**

De acordo com a NBR 6118:2014, lajes nervuradas (Figura 3) são lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração é constituída por nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte.



Figura 3: Detalhe da laje nervurada (Fonte: AECWEB, 2018).

Nas lajes nervuradas, segundo Bonafé (2018), a armadura que resiste aos momentos positivos (nos vãos) encontra-se na nervura, onde está o concreto. A resistência à compressão se dá pela capa de concreto maciço, que age em conjunto com o aço.

Porém, as nervuras comprimidas apresentam baixa resistência à flexão para os momentos negativos (nos apoios).

Admite-se que as lajes nervuradas, por apresentarem maior altura útil, resiste melhor à flexão, sendo capazes de admitir maiores vãos, com um menor consumo de materiais e conseqüente diminuição do peso, visto que o concreto que seria tracionado na parte inferior é substituído por um material inerte ou é simplesmente deixado um espaço vazio. Observa-se também que quando a laje é simplesmente apoiada não se tem momentos nos apoios (diferentemente de quando se tem engaste no contorno, fazendo com que haja momentos negativos) (SILVA, 2010).

As lajes nervuradas podem ser moldadas no local ou podem ser executadas com nervuras pré-moldadas.

**a) Laje moldada no local**

Todas as etapas de execução são realizadas "in loco". Portanto, é necessário o uso de fôrmas e de escoramentos, além do material de enchimento. Pode-se utilizar fôrmas para substituir os materiais inertes (EPS). Essas fôrmas já são encontradas em polipropileno ou em metal, com dimensões moduladas, sendo necessário utilizar desmoldantes.

**b) Laje com nervuras pré-moldadas**

Nessa alternativa, as nervuras são compostas de vigotas pré-moldadas, que dispensam o uso do tabuleiro da fôrma tradicional. Essas vigotas são capazes de suportar seu peso próprio e as ações de construção, necessitando apenas de cimbramentos intermediários.

De acordo com a NBR 6118- 2014 (Projeto de Estruturas de Concreto- Procedimento) para analisar o desempenho da laje são necessárias as seguintes verificações: flexão nas nervuras, cisalhamento nas nervuras, flexão na mesa, cisalhamento na mesa e flecha da laje.

### 3.2.3 Sistemas de Piso

#### 3.2.3.1 Piso Elevado

Sistema que surgiu há mais de 20 anos no Brasil, o piso elevado conquistou um importante espaço em áreas internas de empreendimentos corporativos, laboratórios e centros de tecnologia, devida a sua capacidade de acomodar sistemas de cabeamentos elétricos, comunicação, dados e até climatização.

O piso elevado (Figura 4) é definido, de acordo com a ABNT e citado por Figuerola (2004), como um componente modulado, com estrutura autoportante, de fácil acesso ao entrepiso e com baixo peso próprio. É constituído de placas modulares justapostas, apoiadas em estrutura própria, também modulada, composta de suportes telescópicos com ou sem longarinas de contraventamento. As placas modulares podem ser de aço, madeira aglomerada ou outros materiais, revestidas adequadamente.



Figura 4: Piso elevado para áreas internas. Fonte: (CARENA, 2017).

O uso do piso elevado proporciona ao ambiente um espaço limpo e organizado, longe das interferências de cabos e dutos entre o piso e as mobílias. Proporcionam, também, flexibilidade no layout do ambiente de forma rápida e econômica, além de garantir acesso rápido às instalações elétricas e uma logística para manutenção ou alteração dessas.

Segundo KNAUF (2008), citado por KINZEL (2015), o piso elevado contribui para o isolamento acústico, impedindo a propagação de sons de passos ao pavimento inferior e

protege contra a ação do fogo. Com esta solução é possível realizar reformas sem a necessidade de novos materiais, pois pode-se reaproveitar o piso existente. Em contrapartida, a edificação deve apresentar requisitos mínimos para permitir a instalação das peças como altura mínima entre pavimentos (pé direito) e estrutura capaz de resistir aos esforços devido ao peso do conjunto. Além disso, a instalação pode causar danos ao piso original da edificação.

A ABNT estabelece normas prescritivas para métodos de ensaios de pisos elevados, com os valores admissíveis expressos na norma NBR 11802:1991 - Pisos Elevados - Especificação.

A norma técnica ABNT NBR 15805:2014 – Pisos elevados de placas de concreto – Requisitos e Procedimentos, estabelece os requisitos, os métodos de ensaio e as condições de recepção das placas planas de concretos destinadas à execução de pisos elevados.

As normas técnicas brasileiras prescrevem os seguintes ensaios para pisos elevados:

- a) Resistência à carga horizontal concentrada (NBR 12047:1991);
- b) Resistência às cargas verticais concentradas (NBR 12048:1991);
- c) Resistência à carga vertical uniformemente distribuída (NBR 12049:1991);
- d) Resistência ao impacto de corpo duro (NBR 12050:1991).

Entretanto, no Brasil, não existem normas que avaliam o desempenho do sistema piso elevado, independente do material.

### **3.2.4 Sistemas de Águas Pluviais**

#### **3.2.4.1 Calha**

A norma NBR 10844:89 define calha (Figura 5) como um canal que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a conduz a um ponto de destino.

Entre outras funções cumpridas pelas calhas, Júnior (2018) salienta que esse elemento de captação favorece a proteção do reboco externo da edificação, evita rachaduras e

corrosões nas fundações – já que encaminham a água para a captação da rua – e impede a umidade nas paredes, o que causa estragos e bolhas na pintura.



Figura 5: Calha em telhado com beiral. (Fonte: TIGRE, 2016).

No projeto arquitetônico, destacam-se as calhas tipo beiral e de platibanda. Quanto às seções, as calhas possuem as mais variadas formas, dependendo das condições impostas pelo projeto e dos materiais empregados em sua confecção. O projeto arquitetônico também definirá a escolha dos materiais das calhas, dentre as quais se destacam as calhas de PVC rígido, fibrocimento ou concreto armado impermeabilizado.

As calhas e condutores verticais deverão obedecer a NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais.

### 3.3 NORMAS E CERTIFICAÇÕES DE QUALIDADE

A seguir, são apresentadas algumas normas e certificações aplicadas ao objeto de estudo deste projeto, os componentes de revestimento e instalações, e outros componentes da construção. Tais normas e certificações avaliam e certificam algumas construções industrializadas.

### **3.3.1 SiMaC**

Conforme o PBQP-H (2017), o Sistema de Qualidade de Empresas de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos (SiMaC) surge com o intuito de transformar o cenário caótico gerado pela não-conformidade técnica de materiais e componentes da construção civil, marcado por habitações e obras civis de baixa qualidade, desperdício, baixa produtividade, poluição urbana e déficit habitacional, trazendo danos ao cidadão, empresas e o habitat urbano como um todo.

Os resultados com a aplicação do SiMaC são bastantes notórios. Antes da implantação do Sistema, o percentual médio de não-conformidade dos materiais e componentes da construção civil habitacional estava em torno de 50%. Com a implementação dos Programas Setoriais da Qualidade (PSQs), conseguiu-se reduzir este percentual para aproximadamente 20%, sendo que alguns segmentos já atingiram níveis próximos a 100% de conformidade. (PBQP-H, 2017).

### **3.3.2 PBAC**

Conforme CEPEL (2003), o Programa Brasileiro de Avaliação da Conformidade - PBAC é um documento plurianual, de caráter estratégico, que reúne as principais diretrizes para o desenvolvimento e consolidação do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade - SBAC, aprovado pelo Conmetro.

Entende-se por Avaliação da Conformidade, segundo CEPEL(2003), o processo sistematizado, com regras pré-definidas, devidamente acompanhado e avaliado, de forma a propiciar adequado grau de confiança de que um produto, processo ou serviço, ou ainda um profissional, atende a requisitos pré-estabelecidos em normas ou regulamentos.

A Avaliação da Conformidade é um poderoso instrumento para o desenvolvimento industrial e para a proteção do consumidor. Entre os benefícios que gera para todos os segmentos da sociedade, podemos destacar o estímulo à concorrência justa e à melhoria contínua da qualidade, o incremento das exportações e o fortalecimento do mercado interno. (INMETRO, 2017)

### 3.4 PROCESSO BIM

A gestão do processo de projeto pode ser citada como uma das mais importantes dentro da gestão de um empreendimento como um todo. No Brasil, os esforços nesse sentido ainda têm sido modestos, embora a melhoria da qualidade dos produtos, e a aplicação de softwares e programas de gestão, juntamente com o processo BIM, possibilitam um aproveitamento maior dos insumos e atividades (PENTTILÄ, 2007).

Como os edifícios da era atual estão cada vez mais complexos que os da era da Revolução Industrial e do Modernismo, os projetos estão exigindo novas tecnologias que podem gerenciar um grande número de informações dos projetos com geometrias mais complexas (FLORIO, 2007).

Robinson (2007), define o BIM como uma ferramenta colaborativa que é usada por qualquer um dos profissionais da indústria da construção baseando-se em uma quantidade de soluções de software. O BIM incorpora todos os componentes ou objetos de uma edificação, incluindo sua geometria, propriedades e quantidades, todas as informações dos serviços e equipamentos necessários e utilizados em todo o ciclo de vida da edificação, inclusive a demolição.

Segundo Santos (2012) o *Building Information Modeling* – BIM (ou Modelagem da Informação da Construção) é um processo de produção, uso e atualização de uma edificação modelada com informações durante todo o seu ciclo de vida. “*Building Information Modeling* (BIM) é uma metodologia para gerenciar a base do projeto de construção e os dados do projeto em formato digital ao longo do ciclo de vida, da construção” (PENTTILÄ, 2007).

Estes softwares que incorporam o processo conhecido como BIM (*Building Information Modeling*), ou modelagem de informações para a construção, permite organizar, em um mesmo arquivo eletrônico, um banco de dados de toda a obra, acessível a todas as equipes de engenharia e arquitetura (Figura 6).



Figura 6: Ciclo de Projeto em BIM (Fonte: <https://bim4brasil.files.wordpress.com>).

Segundo CROTTY (2012, *apud* MASOTTI, 2014), a modelagem BIM permite ao projetista construir o empreendimento em um mundo virtual antes deste ser construído no mundo real. Ele o cria utilizando componentes virtuais inteligentes, cada um deles sendo perfeitamente análogo a um componente real no mundo físico.

Ao contrário dos tradicionais desenhos CADs, onde uma parede é representada apenas por um conjunto de linhas, nos softwares com o uso do BIM, ao desenhar uma parede, o projetista deve atribuir propriedades (tipo de blocos, dimensões, tipo de revestimento, e fabricantes) que serão armazenadas no banco de dados.

Muitos softwares empregam o processo BIM para a melhoria do processo de projeto, o que possibilita uma interoperabilidade entre as diversas interfaces empregadas na sua elaboração, dessa forma a compatibilização dos diversos projetos ocorre simultaneamente com a elaboração do mesmo. Esses softwares estão elencados com seus respectivos fabricantes, na Tabela 1, distribuídos em dois grupos, softwares de modelagem e softwares gerenciador, como segue:

Tabela 1: Principais Softwares que usam o BIM.

	<b>Software</b>	<b>Fabricantes</b>
	Revit	Autodesk
	Solibri	Solibri

<b>Modelagem</b>	Edificius	ACCA Software
	Home Designer Suite	Home Design Software
	Tekla Structures	Tekla
<b>Gerenciador</b>	Vectorworks Architect	Nemetschek
	ArchiCAD	Graphisoft
	Nemetschek	Nemetschek
	DDS CAD Viewer	Data Design Systems
	Navisworks	Autodesk
	AECOSim	Bentley
	Bentley	Bentley

Fonte: (Autores, 2018).

Kymmell (2008) afirma que a conexão de informações que fazem parte do projeto, conhecidos como dimensões do modelo BIM, e a sua disponibilidade é uma das características do modelo BIM. Quanto mais dimensões tiver o modelo, maiores serão os tipos de informações possíveis de serem modeladas a partir deles, tornando as tomadas de decisão mais complexas e acertadas.

O BIM 3D é um modelo computacional que possui as informações espaciais e informações do conteúdo e o que são os elementos do projeto, como lajes, vigas, pilares, paredes, portas, janelas, telhados, etc. A partir desse modelo será possível extrair informações sobre a compatibilidade espacial do projeto, quantitativos de materiais, soluções para revestimentos em locais específicos, especificações de materiais, dentre outros dados (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).

O BIM 4D é o modelo integrado ao BIM 3D, programado para receber informações do cronograma da obra, como mostrado na Figura 3.4, ou seja, as informações de prazo como a sequência executiva, o número de equipes de produção necessárias e a produtividade dessas equipes. A partir desse modelo serão retiradas as informações como o início e término de cada atividade da obra, ritmo de produção e o arranjo espacial a cada etapa da construção, por exemplo (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).

Já o BIM 5D é definido quando um modelo BIM é programado para conseguir e incorporar dados de custos dos serviços como custos de materiais, mão de obra e

equipamentos, despesas indiretas, dentre outros custos pertinentes à obra. Com base nesse modelo, são extraídas diversas informações como as curvas ABC e o custo das atividades da obra (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).

O BIM 6D é definido quando as informações sobre o uso da edificação como os ciclos de manutenção, o consumo de água e energia elétrica, a validade dos materiais utilizados, dentre outros dados, é necessária para a obtenção de informações sobre os custos de operação e periodicidade da manutenção da edificação (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).

Por fim, o BIM 7D é caracterizado pela inclusão de informações que se referem a análises de impacto ambiental e eficiência energética das edificações. Para a realização dessas análises, é necessário a utilização de ferramentas BIM específicas. Essas análises são capazes de fornecer dados sobre a ventilação, iluminação natural, acústica e outras informações que podem facilitar a obtenção de certificações de eficiência energética para a edificação (RIBEIRO, 2015).

### **3.4.1 Interoperabilidade**

A interoperabilidade visa facilitar a criação de padrões que permitam a permuta de dados entre diferentes aplicativos, mantendo a integridade das informações. Quando se trabalha com diferentes aplicativos, não é viável nem desejável que somente uma solução suporte todas as questões ao longo do ciclo vital da edificação (CHECCUCCI, 2011).

A Autodesk, em 1995, junto com mais onze empresas organizou uma aliança privada para promover os benefícios da interoperabilidade, ou do intercâmbio completo de informações entre os diversos softwares utilizados na indústria AEC, aliança essa chamada de *International Alliance for Interoperability* – IAI (FREIRE, 2015).

Após um ano de pesquisa, os membros da IAI concluíram que além da viabilidade da interoperabilidade, existia também um grande potencial comercial. Além do mais, percebeu-se que os padrões tinham que ser internacionais, em formato aberto e que a

Aliança deveria deixar de ser privada e aceitar novos membros interessados na colaboração (FREIRE, 2015).

Em 2008, a IAI mudou seu nome para *building SMART*, uma instituição não lucrativa, com a participação de dezessete países e que tem como principal finalidade auxiliar a indústria AEC a se tornar mais eficiente, por meio do desenvolvimento de normas para dados com formato livre (Industry Foundation Classes – IFC), processos (Information Delivery Manual – IDM) e terminologias (International Framework of Dictionaries - IFD), permitindo que os projetos sejam produzidos, antes da sua construção física, digitalmente (FERNANDES, 2013). A Figura 7 ilustra os três conceitos básicos e as normas ISO que são responsáveis por definirem os padrões que formam o BIM, enfatizando os modelos IFC, IFM e IFD.

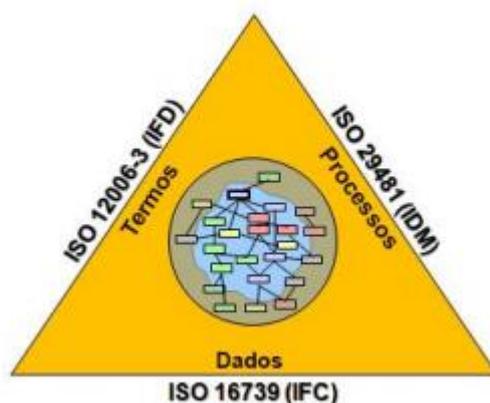


Figura 7: Pirâmide com os três conceitos básicos do OPEN BIM. Fonte: adaptado de buildingSMART (2017).

Dessa forma, escolheu-se para o estudo de caso o software Revit®, da Autodesk. Essa versão apresenta a vantagem de compilar as três suítes de aplicativos (arquitetura, estrutura e instalações) em um único programa. Além disso, é compatível com o AutoCad®, o programa mais utilizado pelos profissionais da área de construção civil atualmente, ou seja, possui uma interoperabilidade entre tais softwares.

Segundo o site da Autodesk® (2018), AutoCad® é um software gráfico de CAD (desenho com auxílio do computador). Sendo que dentro da evolução do AutoCAD® um dos passos mais transcendentais é a constante atualização e aperfeiçoamento das versões, buscando com isto facilitar a vida dos usuários.

Também de acordo com o site Autodesk® (2018), Revit® é um único arquivo de dados que pode ser compartilhado entre vários usuários. Planos, seções, elevações e legendas, são todos interligados, e se, um usuário faz uma mudança de um ponto de vista, são atualizadas no modelo inteiro automaticamente.

A base do edifício é traçada utilizando objetos 3D para criar paredes, pavimentos, tetos, estrutura, janelas, portas e outros objetos, conforme necessário. Geralmente, quando um componente do projeto vai ser visto em mais de um ponto de vista, ele será criado usando um objeto 3D. Os usuários podem criar seus próprios objetos 2D e 3D para modelagem e elaboração de projetos ou importá-los de uma outra plataforma CAD.

#### ***3.4.1.1 Industry Foundation Classes – IFC***

O Industry Foundation Classes (IFC) especifica como a informação deve ser trocada (SANTOS, 2009). Eastman et al. (2014) afirmam que o IFC é um dos poucos padrões públicos e que são reconhecidos internacionalmente (ISO 16739: 2005) para a troca de informações no domínio da indústria AEC. Segundo Nascimento (2004), o IFC é um modelo de dados aberto para a indústria AEC, sendo a proposta da buildingSMART para os problemas de interoperabilidade com o objetivo principal de padronizar as classes utilizadas para que diferentes aplicativos possam compartilhar os mesmos dados nos sistemas que são orientados a objetos baseados nos modelos do projeto.

O IFC é constituído em um modelo central, orientado a objeto que interfere diretamente em quatro áreas iniciais: arquitetura, serviços da construção, gerenciamento de obras e ferramentas gerenciais (JACOSKI, 2003). Ayres Filho (2009) afirma que o desenvolvimento do IFC aborda a numerosa quantidade de dados e informações que podem ser inseridas em um modelo de edifício em quatro eixos de informação: ciclo de vida, disciplina, nível de detalhe e softwares.

Assim, propondo não criar uma representação específica para cada elemento encontrado na construção, mas sim uma representação por classes genéricas, com informações

suficientes para que as suas características principais sejam descritas. O formato IFC tem a linguagem e conceitos ISO-STEP1 EXPRESS como base para a sua definição. A linguagem EXPRESS, que é desenvolvida para definir qualquer produto durante todo o seu ciclo de vida, possui algumas restrições nessa utilização (FREIRE et al., 2015). Em 1994 iniciou-se o desenvolvimento do IFC, e é um formato que está em constante evolução. De acordo com Ayres Filho (2009), a arquitetura do modelo de dados IFC é dividida em quatro níveis ou camadas básicas: *domain*, *interoperability*, *core* e *resource*.

A CBIC (2016) traduz as camadas como domínios específicos, elementos compartilhados, núcleo e entidades de bases, respectivamente. A camada *domain*, ou de domínios específicos, trata das informações descritivas do modelo e é o nível mais específico. A troca de informações dentro dos domínios é permitida pela camada de elementos compartilhados. As informações comuns a todos os domínios são descritas na camada do núcleo. E, a camada de entidades de base possui a descrição dos conceitos básicos que serão utilizados nas camadas superiores (AYRES FILHO, 2009). O conhecimento sobre os requisitos do fluxo de trabalho e das tarefas em questão é um fator crucial para o êxito do intercâmbio de informação entre os diferentes profissionais envolvidos no projeto. Devem ser determinados subconjuntos dentro da estrutura geral do banco de dados IFC com o propósito de realizar troca de informações associadas à tarefa. O fluxo de trabalho que envolve o intercâmbio de dados entre o engenheiro estrutural e o arquiteto, onde o engenheiro não precisa receber todos os dados referentes a arquitetura, mas sim, a parte que é necessária para a análise da estrutura, por exemplo (FREIRE, 2015).

#### ***3.4.1.2 Information Delivery Manual – IDM***

O Information Delivery Manual (IDM) é basicamente uma metodologia para identificar e descrever os processos e informações relacionadas em um projeto de construção. Também, indica as informações que precisam ser trocadas usando IFC (SANTOS, 2009). Segundo Carvalho (2012), o IDM descreve algumas informações que são necessárias para o desempenho dos processos da construção e, também, representa o manual do usuário.

O IDM promove o intercâmbio de informações e características entre os profissionais interessados, padronizando os procedimentos que desenvolve e documenta as necessidades dos utilizadores. Para tornar um IDM operacional, este deve ser corretamente suportado pelo software que será utilizado. Assegurar que os dados relevantes estão sendo transferidos de forma precisa e suficiente para as atividades que serão realizadas é o principal propósito do IDM (FREIRE, 2015).

De acordo com Freire (2015), a descrição dos processos do empreendimento com a especificação das informações dentro do ciclo de vida de um projeto da indústria AEC é o que se espera do IDM para que seja possível se beneficiar de uma melhora no processo e compartilhamento de informações de forma completa. 3.3.3. International Framework of Dictionaries – IFD O International Framework of Dictionaries (IFD) é outro padrão ISO (ISO 12006- 3:2007) que especifica o que a informação trocada significa (SANTOS, 2009). O IFD é uma biblioteca aberta, onde conceitos e termos são semanticamente descritos e um número de identificação único lhes são dados. Isso permite que toda a informação contida no formato IFC seja marcado e registrado com um Globally Unique ID (GUID), ou seja, parte da informação presente em um modelo BIM pode ser compreendida e processada independentemente da língua e nacionalidade (BELL e BJØRKHAUG, 2006).

#### ***3.4.1.3 Model View Definition – MVD***

O Model View Definition (MVD) é uma metodologia utilizada, principalmente, para especificar como a informação que é indicada pelo IDM é mapeada para as classes IFC (SANTOS, 2009). O MVD caracteriza a informação que será trocada e, também, define quais os objetos do padrão IFC que são fundamentais para a troca ser realizada (CHECCUCCI et al., 2011).

O primeiro Model View Definition (MVD) desenvolvido pela buildingSMART foi o Coordination View e, é o esquema IFC de visão mais extensamente implantado na atualidade (CBIC, 2016). Segundo Freire (2015), o principal objetivo do Coordination View é possibilitar o compartilhamento de modelos de informação de uma construção entre as disciplinas de arquitetura, engenharia estrutural e serviços da construção, como

as instalações mecânicas. Além do Coordination View, existem outros MVDs que são especificados por equipes de desenvolvimento ou organizações que não são ligados ao buildingSMART (CBIC, 2016b).

### 3.4.2 Parametrização de Objetos BIM

De acordo com a CBIC (2016), um objeto BIM é um repositório de dados não apenas sobre a geometria de um componente ou produto, tanto em 3D quanto em 2D, mas que também pode incluir informações como código EAN (Código de Barras), marcas, modelos (inclusive famílias de produtos), normas atendidas, materiais componentes. Além disso, permite links para bases de dados externas, como documentações complementares como manuais específicos para manutenção, ou até mesmo manuais de montagem.

Os objetos BIM variam muito tanto em complexidade quanto em comportamento e uso. Como referência geral, eles podem incorporar quatro classes de informações:

**Informações geométricas:** Nível de detalhamento; geometria; nível de precisão; unidade de medida; ponto de inserção; renderização;

**Informações paramétricas:** Dimensionamento e posicionamento paramétrico, variacional; Determinação de vínculos e restrições geométricas dinâmicas; Objetos ‘inteligentes’ possuem regras de adaptação ou reação mudanças de outros objetos vinculados.

**Especificações:** Especificações técnicas, funcionais e semânticas; Parâmetros essenciais para simulações e análises de engenharia; Parâmetros essenciais para orçamentação; Normas técnicas e padrões atendidos

.

**Representações Bidimensionais (2D - plantas, vistas e cortes):** diversas resoluções bidimensionais (2D); essencial para geração da documentação do projeto; em alguns casos, devem seguir normas específicas e representações não realistas.

Ainda segundo a CBIC (2016), os objetos BIM podem ser fixos, semiparamétricos ou paramétricos. Quando são fixos, não é possível ajustar medidas totais ou de seus

componentes constituintes. Nos objetos semiparamétricos, algumas dimensões podem ser ajustadas, mas existem grandes limitações de variabilidade. Mas naqueles totalmente paramétricos, a maioria das dimensões podem ser mudadas e ajustadas, inclusive da configuração dos principais componentes, bem como dos correspondentes materiais constituintes. As modelagens propostas apresentam objetos paramétricos onde são criados parâmetros que permitem alterar várias especificações dos elementos.

A modelagem paramétrica é uma representação computacional orientada a objetos na qual são inseridos atributos fixos e variáveis aos mesmos. Estes atributos são informações relativas às diversas características dos objetos. Os atributos fixos são definidos a partir de propriedades como forma, desempenho, custo, construtibilidade, entre outros, e os atributos variáveis são estabelecidos a partir de parâmetros e regras de forma que os objetos possam ser automaticamente ajustados conforme o controle do usuário ou mudança de contexto (EASTMAN et al, 2008).

Família é o componente utilizado pelo Revit para inúmeros casos, elementos como portas, mobiliário, janelas, mas também pode ser o carimbo de folhas, o elemento de um detalhe. Segundo a Autodesk, família é um grupo de elementos com um conjunto comum de propriedades chamado de parâmetros e uma representação gráfica relacionada.

A capacidade das famílias sofrerem alterações rápidas e a produção disto através de condições simples é uma das grandes vantagens do Revit, isso permite a adaptação e personalização que agregam a produtividade do projeto. Não apenas em fórmulas, mas caixas de “sim” e “não”, visibilidade, textos e outros elementos que não necessariamente estão ligados a fórmulas matemáticas podem ser utilizadas, sempre a condição colocada acima para não exagerar (MAINARDI,2014).

As propriedades dos parâmetros (Figura 8), janela ativada no Revit pela aba Criar > Tipos de família > Adicionar Parâmetros, estão descritas a seguir (MAINARDI,2011):

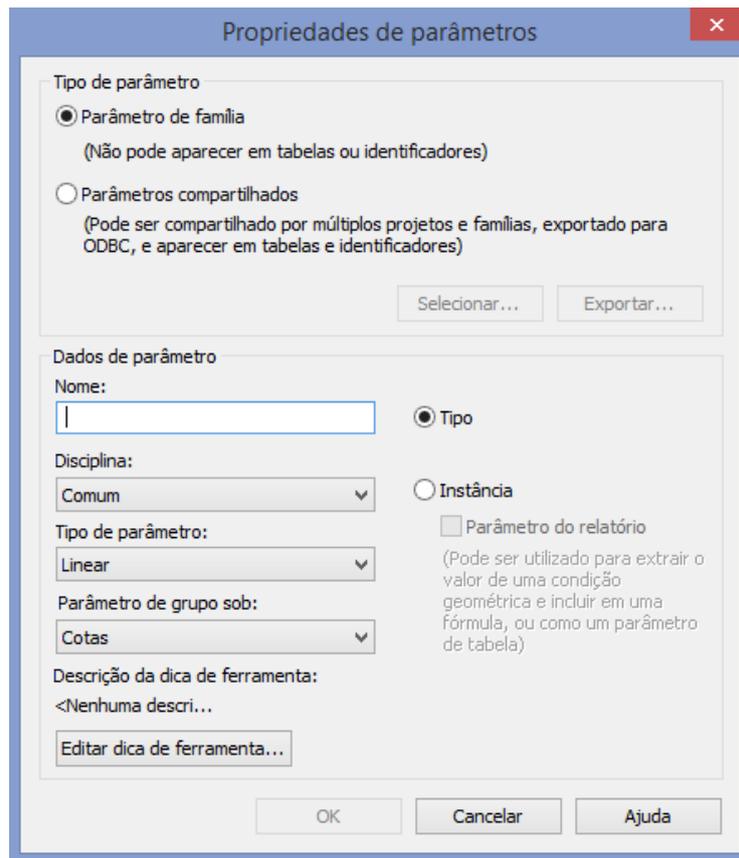


Figura 8: Propriedades de parâmetros. Fonte: (AUTODESK, 2018).

Quanto aos tipos de parâmetro:

- **Parâmetro de família:** utilizado quando o parâmetro só terá informações referentes a família como largura e altura de objetos;
- **Parâmetro compartilhado:** utilizado quando precisamos transpor informações entre famílias diferentes ou entre a família e o projeto como por exemplo o carimbo da folha que consta um parâmetro de revisão sendo que essa informação está no projeto.

Quanto aos dados de parâmetro:

- **Nome:** Indica o nome que o parâmetro terá;
- **Disciplina:** através dessa escolha as informações de Tipo de parâmetro serão alteradas. As opções são: Common (Comum), Structural (Estrutural) e Electrical (Elétrica);
- **Tipo de parâmetro:** Este campo definirá o que significa a informação contida no parâmetro, se é unidade de distância, número, número inteiro, material entre outros;

- **Parâmetro de grupo sob:** Escolha de qual grupo o parâmetro pertence. Este item tem o intuito de organizar os parâmetros na janela;
- **Tipo:** o parâmetro estará contido na janela de edição do tipo. Sendo assim, ao se alterar a informação de um tipo, todo o projeto que contenha este tipo será submetida às mesmas alterações;
- **Instância:** o parâmetro é definido a cada instância. São eles que surgem logo que a família no projeto é selecionada na janela de propriedades. Nesse caso, se o parâmetro fosse definido como Instância, faz-se necessário selecionar cada um individualmente para realizar alterações em suas propriedades;
- **Parâmetro do relatório:** são utilizados não para inserir informações, mas sim para reportar informações que serão utilizadas em outros casos, como por exemplo, a espessura da parede que é definida no projeto.

### 3.5 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE INFORMAÇÃO

O presente trabalho aplicará o processo BIM para o desenvolvimento de uma cartilha explicativa para a modelagem de famílias com uso do Revit, simulando a modelagem tridimensional de uma edificação levando em conta a arquitetura, estrutura e vedação, e projeto de instalações. A escolha dos sistemas mecânicos a serem modelados (com BIM) foi baseada no levantamento dos sistemas construtivos industrializados e nas necessidades observadas na pesquisa. Dessa forma, a cartilha contemplará as tecnologias que o mercado ainda não oferece famílias e componentes para serem utilizados na elaboração de projetos, conforme os requisitos técnicos e de desempenho, e a demanda dos fabricantes.

Segundo PRATINI (2012), muito além das características, objetos BIM codificam especificações técnicas, funcionais e semânticas dos componentes que representam. Assim, atributos como material, acabamento, densidade, parâmetros de resistência ao fogo, condutividade térmica e isolamento acústico, entre outros, podem ser codificados e eventualmente fazer parte do conteúdo dos componentes BIM. Cada categoria de componente tem um elenco de especificações típicas e paramétricas que se refere à capacidade destes sistemas de editar os valores dos parâmetros usados nas operações de construção do modelo, dessa forma os dados utilizados nas operações podem ser

alterados posteriormente editando-se o modelo.

Os sistemas BIM se utilizam de uma variante ainda mais moderna da modelagem paramétrica, denominada “variacional”. Com esse recurso é possível atribuir-se não só valores fixos aos parâmetros, mas equações também. Dessa forma, o Revit organiza-se através de famílias de objetos e tipos a que pertencem essas famílias. Famílias são os elementos construtivos (paredes, janelas, portas, lajes, pilares e vigas) e tipos são as variações desses elementos (parede interna ou externa, com ou sem revestimento).

O projeto a ser modelado deve ser elaborado em paralelo com a análise e criação das famílias aplicadas ao mesmo. Cada um desses modelos será desenvolvido com base em templates próprios de cada disciplina (estrutura e vedação), com as devidas famílias já disponíveis e modeladas no trabalho, posteriormente, reunidos em um único arquivo, como "vínculos de Revit" para visualização e análise do caso.

Os desenvolvimentos dos modelos serão realizados com base nos projetos bidimensionais originais em DWG, importados para o Revit no formato de "vínculo de CAD", para facilitar a modelagem tridimensional. O modelo abaixo (Figura 9) exemplifica a modelagem individual realizada no Revit, para a arquitetura, a estrutura, e para as instalações elétricas, antes da compatibilização, ou seja, da verificação de interferências entre os projetos.

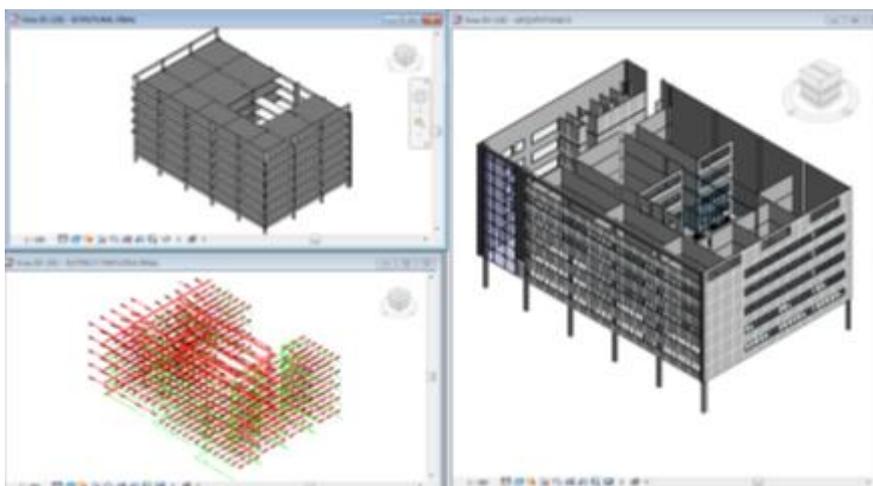


Figura 9: Modelagem Bim com uso do Revit (Fonte: COSTA, 2013).

Para este trabalho, a verificação da modelagem dos sistemas construtivos industrializados, objetiva criar uma cartilha que orienta a modelagem de novas famílias aplicáveis a diferentes projetos apresentando as possíveis combinações entre os sistemas analisados. O modelo, a seguir, exemplifica a compatibilização entre sistemas construtivos das diferentes disciplinas de um projeto (figura 10).

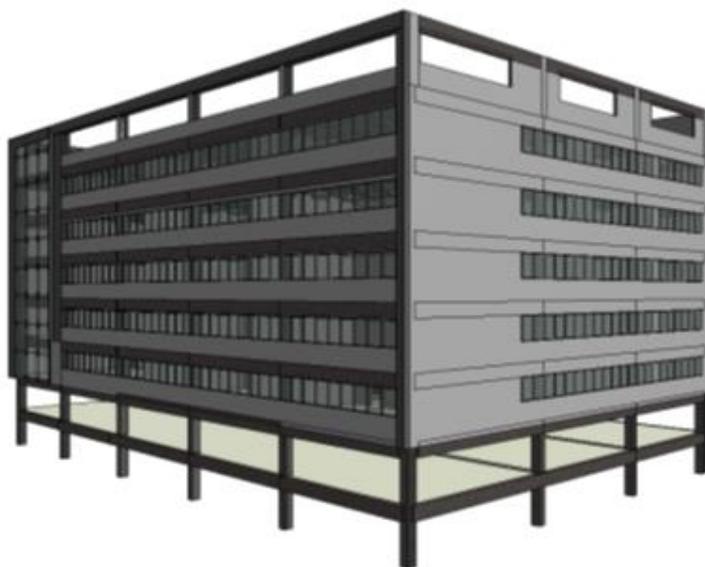


Figura 10: Modelo Compatibilizado com uso do Revit (Fonte: COSTA, 2013).

A ferramenta de criação de famílias está disponível no Revit no menu Novo> Família. A partir desse comando surge uma janela, que permite a escolha do tipo de componente e sua modelagem, com dimensões fixas ou paramétricas, de acordo com a necessidade e a flexibilidade de aplicação do mesmo.

Dentre os diversos softwares utilizados para compatibilização, o Navisworks, também da Autodesk, além de identificar conflitos, apresenta relatórios de erros e podem ser definidas as distâncias mínimas entre os elementos para que, sempre que a proximidade entre os elementos seja inferior à definida seja identificado como conflito (TARRAFA, 2012). Este software não será aplicado ao trabalho visto que a aplicação do mesmo é mais voltada para gestão e planejamento e não para a criação do projeto em si.

## **4 METODOLOGIA**

Para obter os resultados esperados, diferentes métodos de pesquisa e técnicas fazem parte da metodologia desse trabalho, que foram desenvolvidas em três etapas:

1. Levantamento de fornecedores dos sistemas construtivos aqui trabalhados e as suas certificações quanto à conformidade e aos requisitos técnicos;
2. Estudo de modelagem e criação de famílias dos sistemas construtivos;
3. Elaboração propriamente dita da cartilha.

A seguir, na Figura 11, está representada a esquematização da metodologia de cada etapa.

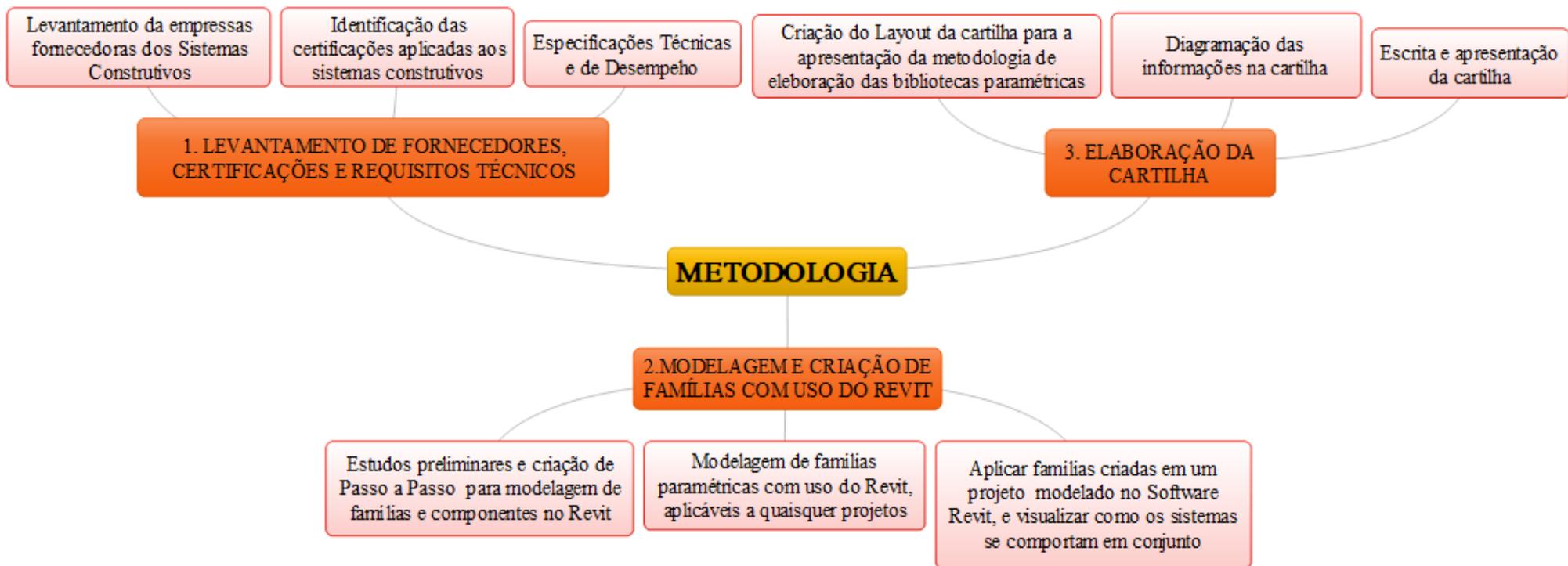


Figura 11: Esquema metodológico para o trabalho (MOURA;SILVA,2018)

#### 4.1 LEVANTAMENTO DE FORNECEDORES, CERTIFICAÇÕES E REQUISITOS TÉCNICOS

Com o levantamento dos sistemas construtivos de piso, laje, instalação e cobertura bem definida, realizou-se a busca dos seus principais fornecedores. Essa etapa é de extrema importância para continuidade do trabalho, visto que a modelagem das inovações tecnológicas e a criação das respectivas famílias no Revit se dá por meio de informações técnicas obtidas dos seus fabricantes.

O levantamento dos fornecedores dos sistemas construtivos em estudo foi realizado com base na revisão bibliográfica e por meio de pesquisas, de cunho consultivo, em revistas técnicas e em outros trabalhos, já mencionados anteriormente, que apontam a industrialização como o futuro da construção civil.

Não foram elaborados critérios técnicos ou análise quantitativa dos principais fabricantes de cada sistema considerado para o trabalho. Dessa forma, a seleção dos fornecedores se deu apenas de forma qualitativa e consultiva, em sites especializados.

Em seguida, foi consultado a existência ou não das certificações dos fornecedores levantados junto aos órgãos responsáveis pela avaliação da conformidade e da qualidade.

A implantação dos programas e certificações é importante na obtenção de um sistema e processos construtivos mais sustentáveis, pois a gestão da qualidade dos processos na construção civil implica na diminuição de erros, retrabalhos, menos desperdícios, mais qualidade, mais durabilidade e menos manutenção, resultando assim na menor utilização dos recursos naturais. Então, o levantamento executado buscou listar quais certificações cada fabricante possui, principalmente junto ao PBQP-H e ao PBAC.

Sabendo que existem basicamente três formas de promover uma mudança no comportamento das empresas (Mecanismos de Comando e Controle, Instrumentos Econômicos e Auto-regulação), fez-se uma avaliação deste último de maneira apenas consultiva junto a órgãos certificadores (PBQP-H e ABNT) a fim de verificar a

conformidade e o desempenho de cada sistema construtivo perante as exigências normativas do mercado.

A seguir, são apresentados os sistemas de avaliação da qualidade e conformidade considerados no trabalho.

- Sistema de Qualificação de Materiais; Componentes e Sistemas Construtivos (SiMaC);
- Programa Brasileiro de Avaliação da Conformidade (PBAC).

#### 4.2 MODELAGEM E CRIAÇÃO DE FAMÍLIAS COM USO DO REVIT

Esta etapa do trabalho tem caráter demonstrativo, cujo objetivo consiste em apresentar um conjunto de procedimentos, com as indicações para criação de uma forma genérica de família, que fique disponível para múltiplos elementos de construção no projeto, ou seja, componente paramétrico que pode ser utilizado em outros projetos. Suas intenções específicas de construção e de desenho podem ser diferentes, a seguir estão descritos de forma sucinta o passo-a-passo sugerido pela Autodesk para a criação de uma família no software Revit e adaptado para o trabalho em questão.

1. Clique em  > Nova > Família.
2. Na caixa de diálogo Nova família - Selecionar arquivo do modelo, selecione um modelo de perfil e clique em Abrir.
3. O Editor de família abre uma vista de planta que inclui dois planos de referência. Não há outras vistas disponíveis nas quais desenhar as linhas.
4. Se necessário, efetue o croqui de planos de referência para restringir as linhas no perfil.
5. Clique na guia Criar > painel Detalhe >  (Linha) e efetue o croqui do contorno do perfil.
6. Se necessário, clique na guia Criar > painel Detalhe >  (Componente de detalhe) para colocar um componente de detalhe na família de perfis.
7. **Dica:** Você pode alterar a ordem de classificação de quaisquer componentes de detalhe na família ao usar as ferramentas de ordem de desenho de componentes de detalhe.
8. Para especificar o detalhe no qual a família de perfis é exibida no projeto, selecione qualquer linha do croqui do perfil e clique na guia Modificar | Linhas > painel Visibilidade >  (Configurações de visibilidade).

9. Selecione os níveis de detalhe desejados (Alta, Média ou Baixa resolução) e clique em OK.
10. **Dica:** Você pode especificar o nível de detalhe para componentes de detalhe usando os mesmos métodos.
11. Na paleta Propriedades, em Outro, para Uso do perfil, clique no campo Valor e selecione o tipo de perfil.
12. Por exemplo, se estiver criando um perfil de montante, selecione Montante.
13. **Dica:** Esta configuração assegura que somente perfis relevantes sejam listados ao usar perfis em um projeto. Por exemplo, ao selecionar um perfil de montante, os perfis de bocel de escada não são exibidos.
14. Clique em Aplicar.
15. Adicione quaisquer cotas necessárias.
16. Salve a família.

Tais procedimentos, descritos acima, foram fundamentados em estudos teóricos baseados na revisão bibliográfica e na prática de utilização do próprio programa. Essa proposição será apresentada por meio de uma modelagem BIM usando o software Revit e uma análise dos procedimentos a serem seguidos para a criação da família do sistema construtivo. Nesse sentido, como forma representativa, será modelado um exemplo de cada sistema construtivo (piso, laje, instalação e coberturas), que oferecerá uma melhor visualização do processo de criação dos mesmos.

Alguns aspectos foram verificados antes de dar início a modelagem para que não houvesse problemas futuros, sendo eles:

- a) **Versão dos softwares:** a versão utilizada do software (Revit da Autodesk®) foi a 2017, no intuito de flexibilizar a aplicação futura das famílias modeladas em outros projetos;
- b) **Unidades de medida:** as unidades para a elaboração das famílias foram em centímetros visto que alguns componentes possuem dimensões muito pequenas, já para a modelagem do estudo de caso os projetos foram modelados em metros.

#### 4.2.1 Sistema de Cobertura (Telha Termoacústica)

Sabendo que os objetos paramétricos oferecem ao usuário a possibilidade da alteração das medidas e demais características das suas partes constituintes, a modelagem da família teve como princípio a utilização do Revit e a necessidade do mercado verificada durante os levantamentos das tecnologias construtivas e dos fornecedores.

A modelagem foi feita tomando como base os seguintes processos:

##### 1. Escolha do Template para modelagem

O início da parametrização se dá no momento em que se atribui o template do Revit para a modelagem, por exemplo, para as telhas, informações do tipo número de faces, composição, e tipos de materiais são importantes para a escolha do modelo com qual a família irá ser modelada. Além disso é necessário saber como a família irá se comportar quando carregada dentro de um projeto (Figura 12).

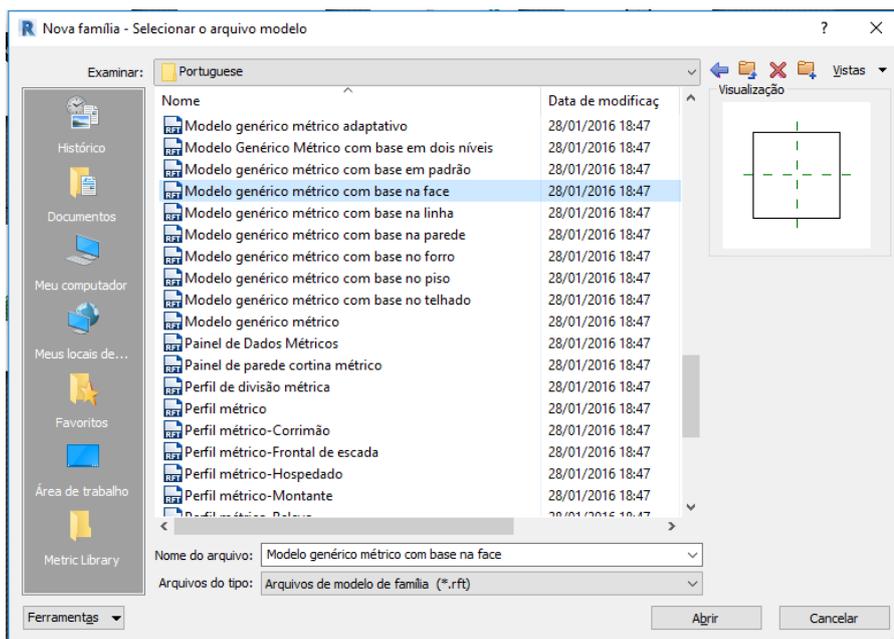


Figura 12: Escolha do Template (Autores, 2018).

##### 2. Seleção da Unidade de medida

Com o template de modelagem aberto foi necessário escolher a unidade de medida utilizada para a modelagem e a inserção de parâmetros do componente. Para tal fez-se a configuração do software Revit, aplicando a unidade em centímetros para componentes menores (caso da telha), e em metros para componentes maiores.

### 3. Níveis de Referência

Além de criar um nível para cada altura do elemento, a modelagem de bibliotecas paramétricas necessita de níveis de referência, os quais servem para determinação e criação dos parâmetros dimensionais da família de telha modelada tais como comprimento, largura e espessura. (Figura 13).

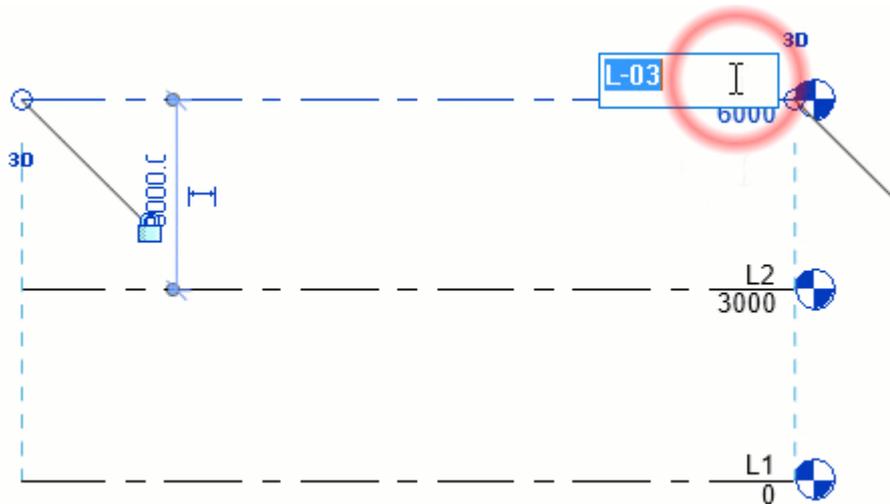


Figura 13: Níveis de Referência (AUTODESK, 2018).

### 4. Extrusão

Para criar as formas geométricas da telha, tais como revestimento externo em chapa trapezoidal de aço pintado,; material isolante (Poliuretano); e o revestimento interno em chapa de aço ou filme PVC fez –se uso do comando de extrusão que permite estrudar a forma geométrica da telha apenas com um desenho de contorno do componente.

### 5. Criação de Parâmetros dimensionais

A geometria da família tem dimensões fixas e paramétricas que se alteram de acordo com a necessidade do projeto. Observando a catálogo do fabricante é possível verificar que a largura da telha modelada é sempre igual a 1 metro o que a torna uma dimensão fixa. Já o comprimento e a espessura do isolante se alteram apresentando várias possibilidades dimensionais, tornando-as aplicáveis a várias situações. Dessa forma criou-se parâmetros dimensionais variacionais que permitem a família modelada se adaptar a qualquer projeto.

### 6. Criação de Parâmetros correspondente ao material e a textura do elemento

Após definir os parâmetros que irão atuar na família, fez-se a configuração tipo de material para cada elemento, e definiu o material da telha como parâmetro que pode ser alterado de acordo com a necessidade de um projeto, quando a família for carregada.

### **7. Verificação de funcionamento dos Parâmetros**

Ao final dos procedimentos descritos anteriormente, foi possível verificar que os parâmetros foram inseridos, e as dimensões da telha se ajustam de acordo com o esperado pela parametrização proposta.

#### **4.2.2 Sistema de Vedação e Estrutura (Laje Nervurada)**

A modelagem leva em consideração que objetos paramétricos modelados com o processo BIM são inteligentes, porque, além de conterem todas as informações importantes sobre si mesmos, podem ter informações sobre a sua relação com outros objetos e componentes. No caso da laje a mesma se comporta como um piso onde as fôrmas inseridas na face moldam vazios formando as nervuras. Assim entende-se como um “objeto inteligente” aquele que conhece a si mesmo, e suas próprias características.

A modelagem da família teve como princípio a utilização do Revit e a necessidade do mercado verificada durante os levantamentos das tecnologias construtivas e dos fornecedores.

Para o caso da laje nervurada o fornecedor em questão não atende diretamente com o produto final, mais sim com as fôrmas (cubetas) utilizadas para modelagem de mesma. A modelagem foi feita tomando como base os seguintes processos:

##### **1. Escolha do Template para modelagem**

A escolha do template tem como base o tipo de componente e como esse elemento irá se comportar dentro de um projeto. Dessa forma a modelagem da fôrma é com base na face, visto que a mesma subtrai um volume de concreto da laje, enquanto que a laje propriamente dita é modelada com base no piso visto que funciona como um substrato estrutural para acomodar o revestimento do piso.

##### **2. Unidades de medida e Níveis de Referência**

Antes de criar a família foi necessário definir previamente as configurações das unidades de medida que melhor se ajustavam ao objeto modelado. Para a laje trabalhou-se principalmente com centímetros.

Além das unidades foi necessário definir os níveis de referência, aos quais os parâmetros dimensionais se ajustariam, visto que tais níveis são inseridos com base na geometria do componente modelado, no caso a laje nervurada.

### **3. Extrusão da cubeta (fôrma)**

Depois de criados os planos de referência e os parâmetros com a geometria da forma 80 x 80 descritos anteriormente, foi necessário modelar a cubeta (fôrma) de acordo com as especificações do fabricante. Para isso fez-se uso de várias ferramentas do software Revit que permitem a subtração de volume e criação da fôrma que servirá de apio para a modelagem da laje paramétrica.

Nesse caso a cubeta também apresenta parametrização das dimensões de acordo com o oferecido pelo fornecedor. A figura 14 a seguir mostra o resultado da modelagem da fôrma.

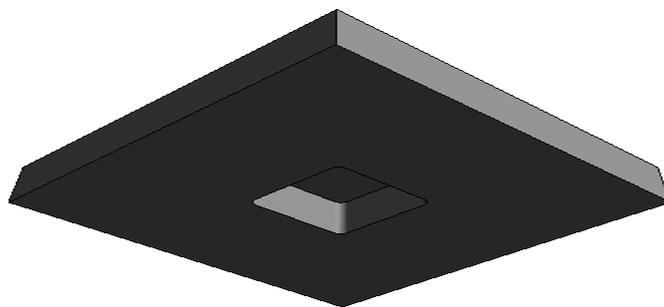


Figura 14: Fôrma (cubeta) para laje nervurada (Autores, 2018).

### **4. Modelagem da Laje Nervurada**

Com as fôrmas modeladas como famílias e com seus respectivos parâmetros definidos, procedeu-se com a criação de uma laje nervurada como família. Os procedimentos iniciais correspondem aos mesmos citados anteriormente.

Definidos os parâmetros e os níveis de referência foi necessário criar a extrusão com base nas dimensões da laje e em seguida carregar a família de fôrma na modelagem da família de laje inserindo as fôrmas na face da laje. Isso gera as nervuras e a consequente extrusão da laje nervurada.

Tal como para a família de telhas termoacústicas foi necessário criar parâmetros variacionais dimensionais e de texturas que no caso correspondem a espessura, comprimento, largura, e material. Na figura 15 a seguir pode-se verificar os parâmetros adotados para a laje nervurada.

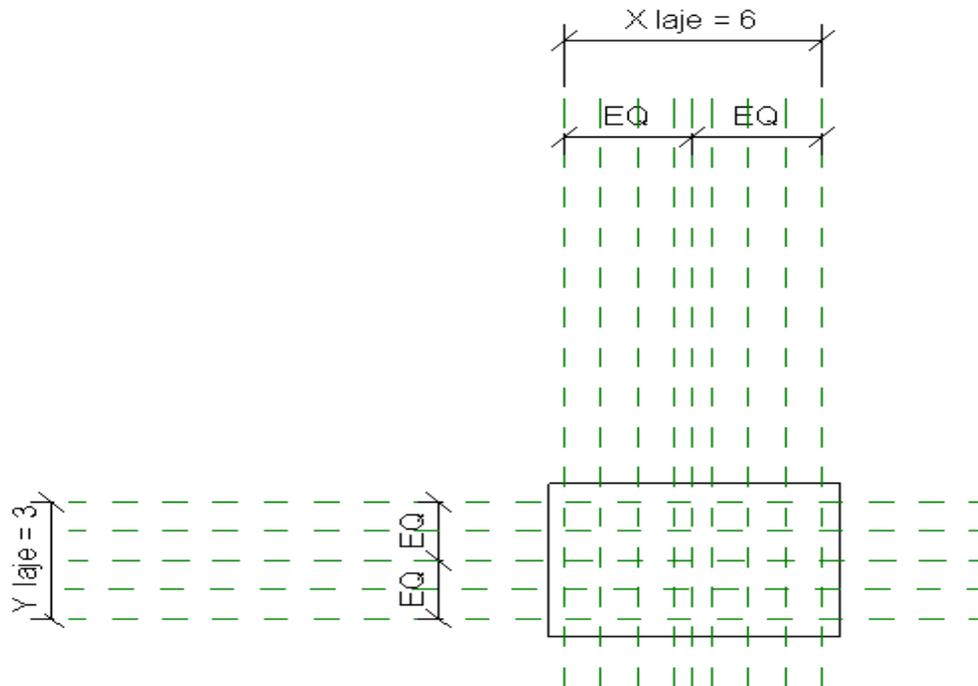


Figura 15: Parâmetros da laje nervurada (Autores, 2018).

## 5. Verificação de funcionamento dos Parâmetros

Ao final dos procedimentos de modelagem da família de laje, foi possível verificar que os parâmetros inseridos, e as dimensões da laje se ajustam de acordo com o esperado pela parametrização proposta, onde a família da fôrma trabalha dentro da família da laje nervurada.

### 4.2.3 Sistema de Revestimento (Piso Elevado)

A modelagem da família de Piso Elevado teve como princípio a utilização do software Revit e a necessidade do mercado, verificada durante o levantamento das tecnologias construtivas e dos fornecedores.

Os seguintes passos foram atendidos para a construção da família de Piso Elevado:

#### 1. Escolha do Template para modelagem

O início da parametrização se dá atribuindo um template do Revit à modelagem. No caso do Piso Elevado, como esta família não usa nenhum tipo de “hospedeiro”, escolheu-se o Modelo Genérico Métrico como Template. (Figura 16).

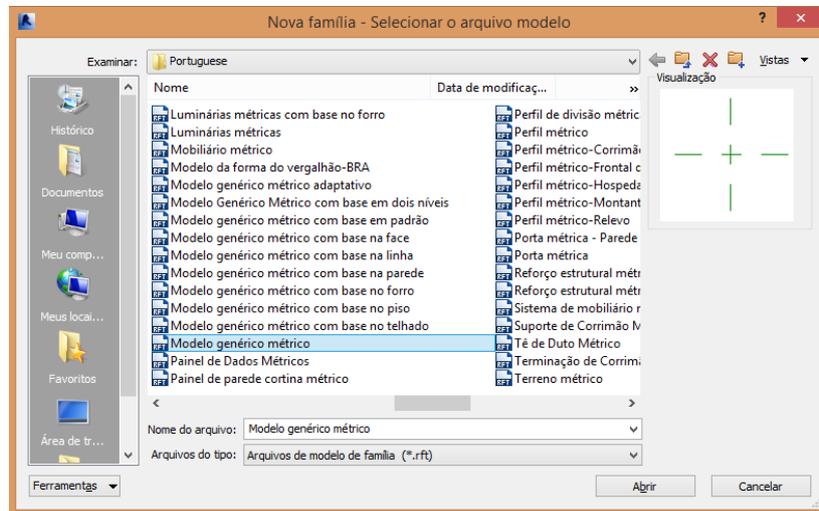


Figura 16: Escolha do Template (Autores, 2018).

## 2. Unidades de medida e Níveis de Referência

Antes de criar a família foi necessário definir as configurações das unidades de medida que melhor se ajustavam ao objeto modelado. Para o Piso Elevado, trabalhou-se com centímetros, por se tratar de dimensões pequenas e seguir em conformidade com o catálogo do fornecedor trabalhado.

Os níveis de referência são inseridos com base na geometria do componente modelado, servindo como base para a criação dos parâmetros. No caso do Piso Elevado, criou-se o parâmetro largura e comprimento da placa e altura do pedestal, construindo com os planos de referência a seguinte configuração (Figura 17).

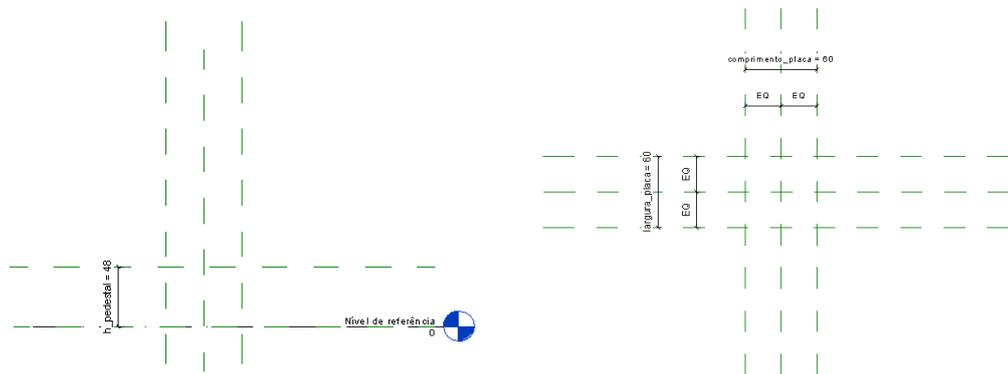


Figura 17: Planos de Referência (Autores, 2018).

### 3. Ferramentas de Modelagem

#### a) Pedestal

O pedestal do Piso Elevado foi criado em etapas usando duas principais ferramentas: Extrusão e Mescla com varredura.

O comando *extrusão* permitiu estrudar a forma geométrica das bases inferior e superior do pedestal, bem como o seu apoio regulável, usando apenas desenhos de contornos dos componentes.

Enquanto, a *mescla com varredura* foi aplicado para modelar um detalhe na base inferior do pedestal. Essa ferramenta apresenta a função de criar uma mescla, determinada pelas formas inicial e final, que é varrida ao longo de um caminho definido.

A Figura 18, a seguir, mostra o resultado da modelagem do pedestal do Piso Elevado.

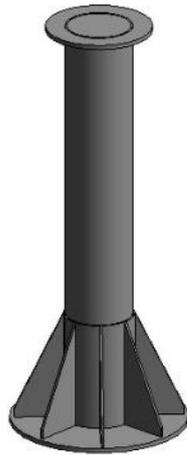


Figura 18: Pedestal para Piso Elevado (Autores, 2018).

#### **b) Placa**

A Placa, devido aos seus minuciosos detalhes, também foi modelada em etapas, por sucessivas extrusões. Assim, utilizou-se o comando Extrusão para modelar a borda da placa, em seguida os furos circulares e por fim, o detalhe preenchido no centro da placa, como apresentado na Figura 19.

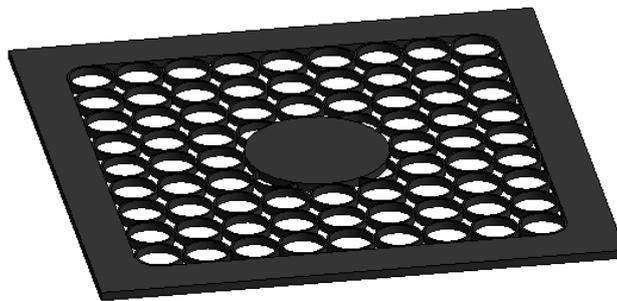


Figura 19: Base para Piso Elevado (Autores, 2018).

#### **4. Criação de Parâmetros dimensionais**

A geometria da família de Piso Elevado apresenta dimensões fixas e paramétricas que se alteram de acordo com a necessidade do projeto. De acordo com o catálogo do fabricante é possível verificar que as bases inferior e superior do pedestal possuem diâmetro, respectivamente, 20 cm e 12 cm e placa possui comprimento e largura igual a

60 cm e espessura de 1 cm. Já a altura do pedestal apresenta várias possibilidades dimensionais, tornando-a aplicável a várias situações. Assim, criou-se parâmetro dimensional para altura do pedestal, que permite à família modelada se adaptar a qualquer projeto.

#### **5. Criação de Parâmetros correspondente ao material e a textura do elemento**

Após definir os parâmetros dimensionais que irão atuar na família, fez-se a configuração tipo de material para cada elemento, configurando todos com material polipropileno, conforme catálogo do fabricante. Em seguida, definiu-se o material do Piso elevado como parâmetro que pode ser alterado de acordo com a necessidade de um projeto, quando a família for carregada.

#### **6. Verificação de funcionamento dos Parâmetros**

Ao final dos procedimentos descritos anteriormente, foi possível verificar que os parâmetros foram inseridos, e as dimensões do Piso Elevado se ajustam de acordo com o esperado pela parametrização proposta.

#### **4.2.4 Sistema Pluvial (Calha)**

A modelagem da família da Calha PVC teve como princípio a utilização do software Revit e a necessidade do mercado, verificada durante o levantamento das tecnologias construtivas e dos fornecedores.

Os seguintes passos foram seguidos para a construção da família de Calha PVC:

##### **1. Escolha do Template para modelagem**

O início da parametrização se dá atribuindo um template do Revit à modelagem. No caso da Calha PVC, escolheu-se o *Modelo genérico métrico com base no telhado* como Template (Figura 20), visto que essa família irá se posicionar junto ao telhado quando carregada dentro de um projeto.

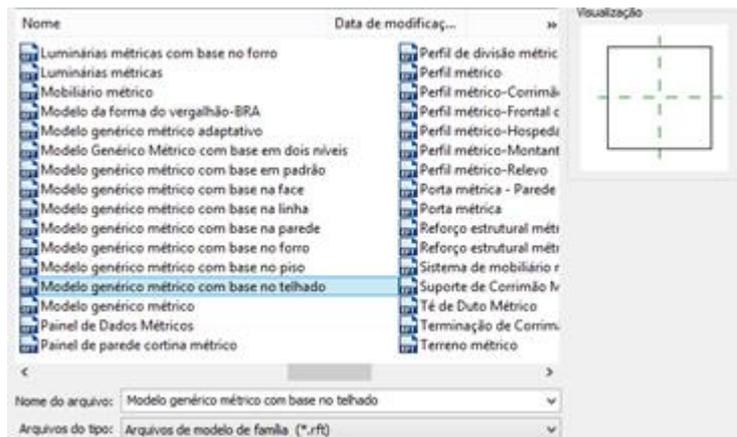


Figura 20: Escolha do Template (Autores, 2018).

## 2. Unidades de medida e Níveis de Referência

Antes de criar a família foi necessário definir as configurações das unidades de medida que melhor se ajustavam ao objeto modelado. Para a Calha, trabalhou-se com milímetros, por se tratar de dimensões bastante pequenas e seguir em conformidade com o catálogo do fornecedor trabalhado.

Os níveis de referência são inseridos com base na geometria do componente modelado, servindo como base para a criação dos parâmetros. No caso da Calha, a Figura 21 apresenta os planos de referência considerados..

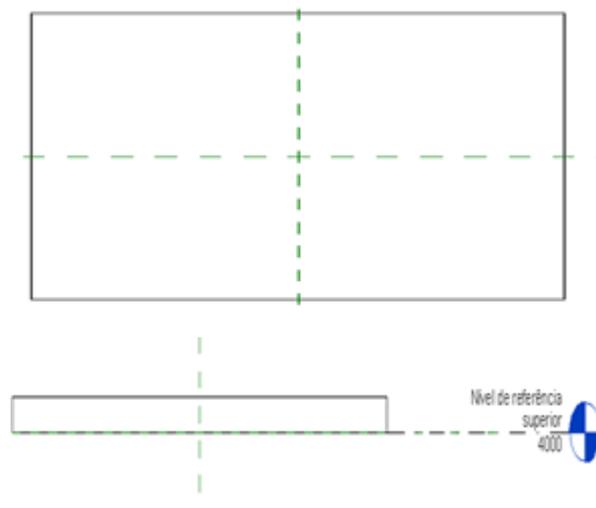


Figura 21: Planos de Referência (Autores, 2018).

## 3. Ferramentas de Modelagem

A Calha foi criada com o comando *extrusão*, que permitiu extrudar o seu perfil geométrico usando apenas desenhos de contornos dos componentes. Por se tratar de um perfil detalhista, inseriu uma imagem do mesmo para que se reproduzisse de modo fiel a sua forma, contornando-a.

#### **4. Criação de Parâmetros dimensionais**

A geometria da família da Calha apresenta dimensões fixas e paramétricas que se alteram de acordo com a necessidade do projeto. De acordo com o catálogo do fabricante é possível verificar que o perfil mantém o formato retangular de 132 x 89 mm. Já o comprimento da Calha apresenta algumas possibilidades dimensionais, tornando-a aplicável a várias situações. Assim, criou-se parâmetro dimensional para comprimento da calha, que permite à família modelada se adaptar a qualquer projeto.

#### **5. Criação de Parâmetros correspondente ao material e a textura do elemento**

Após definir os parâmetros dimensionais que irão atuar na família, fez-se a configuração tipo de material para cada elemento, configurando a Calha com material PVC, conforme catálogo do fabricante. Em seguida, definiu o material da Calha como parâmetro que pode ser alterado de acordo com a necessidade de um projeto, quando a família for carregada.

#### **6. Verificação de funcionamento dos Parâmetros**

Ao final dos procedimentos descritos anteriormente, foi possível verificar que os parâmetros foram inseridos, e as dimensões da Calha se ajustam de acordo com o esperado pela parametrização proposta.

#### **4.2.5 Projeto Arquitetônico Residencial**

Para se obter um estudo de caso com a aplicação dos sistemas construtivos modelados foi usado o projeto arquitetônico de um edifício unifamiliar de dois pavimentos. O empreendimento possui uma área total construída de 300 m<sup>2</sup> e está localizado no Gama/DF.

O edifício é composto de 2 pavimentos sendo o térreo composto por garagem, sala, cozinha, quartos e área de lazer. O pavimento superior possui sacada com churrasqueira. A ligação entre os pavimentos é feita somente através de uma escada principal, portanto, não possui elevador.

A estrutura do empreendimento é em concreto armado, apoiada sobre estacas pré-moldadas. O sistema de abastecimento de água prevê apenas reservatório superior, em concreto armado, não possuindo abastecimento de água quente. Na sequência, as figuras 22 e 23 mostram as fachadas principais que caracterizam o empreendimento.

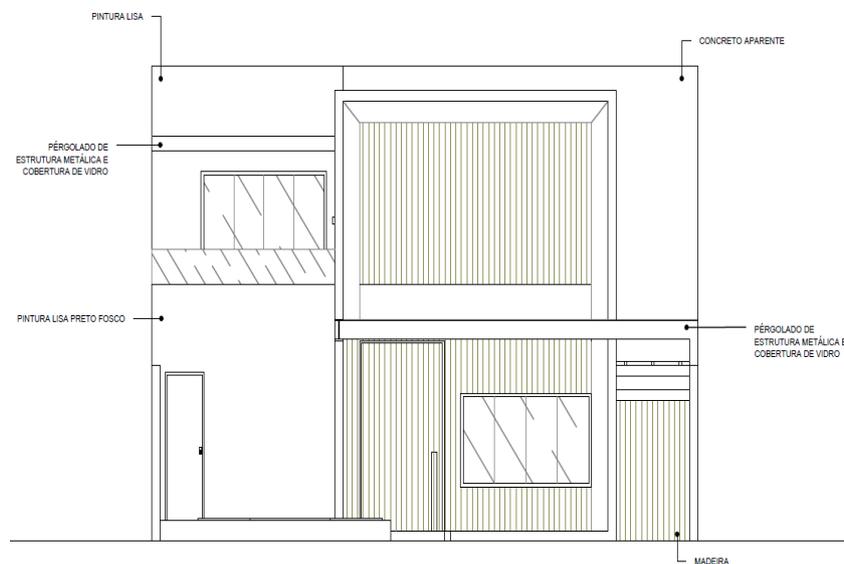


Figura 22: Fachada Frontal do edifício (ADAPTADO DO PROJETO ORIGINAL, 2018).

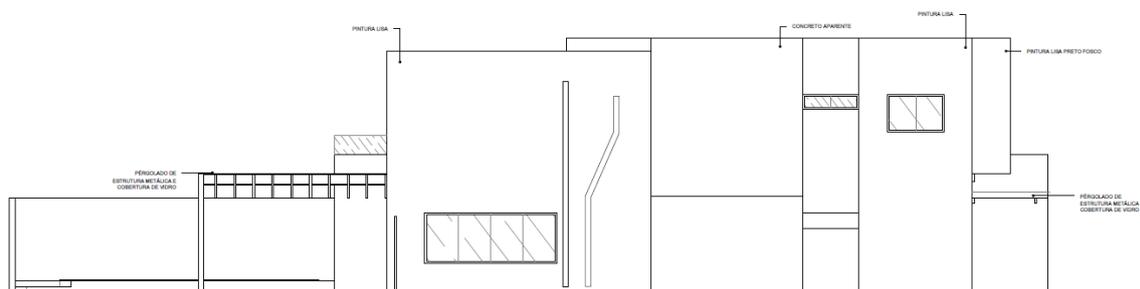


Figura 23: Fachada lateral direita do edifício (ADAPTADO DO PROJETO ORIGINAL, 2018).

Cada pavimento é composto por salas, quartos e áreas de lazer. A Figura 24 e 25 mostram as plantas baixa dos pavimentos.

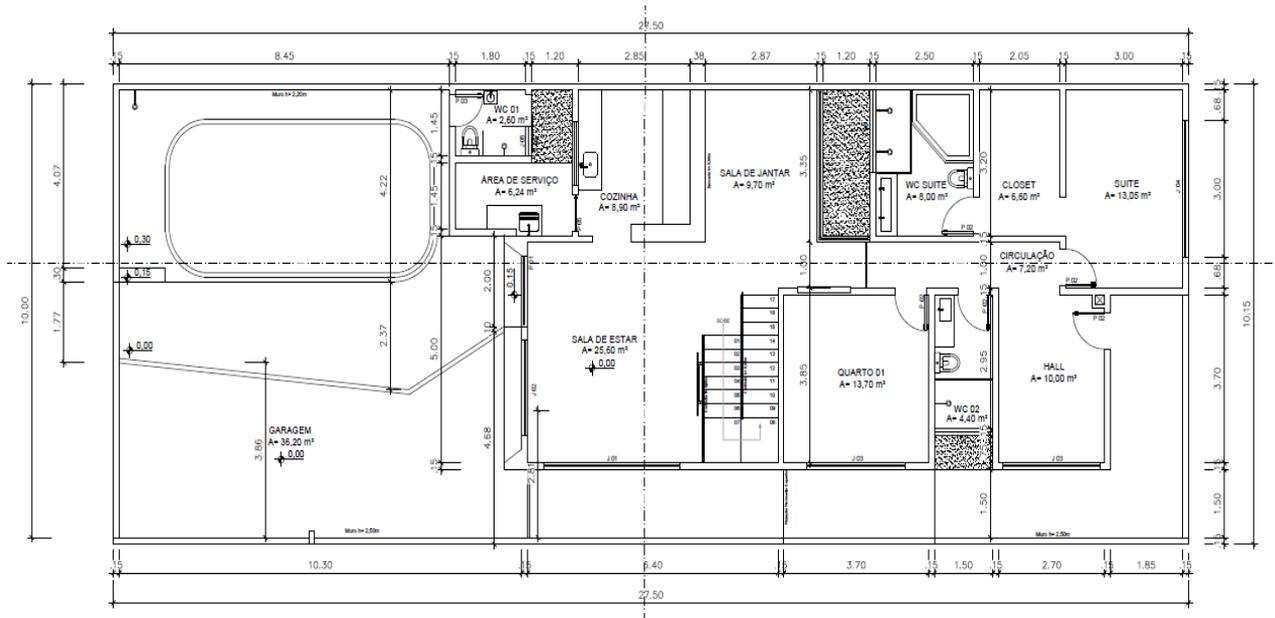


Figura 24: Planta baixa do térreo (ADAPTADO DO PROJETO ORIGINAL, 2018).

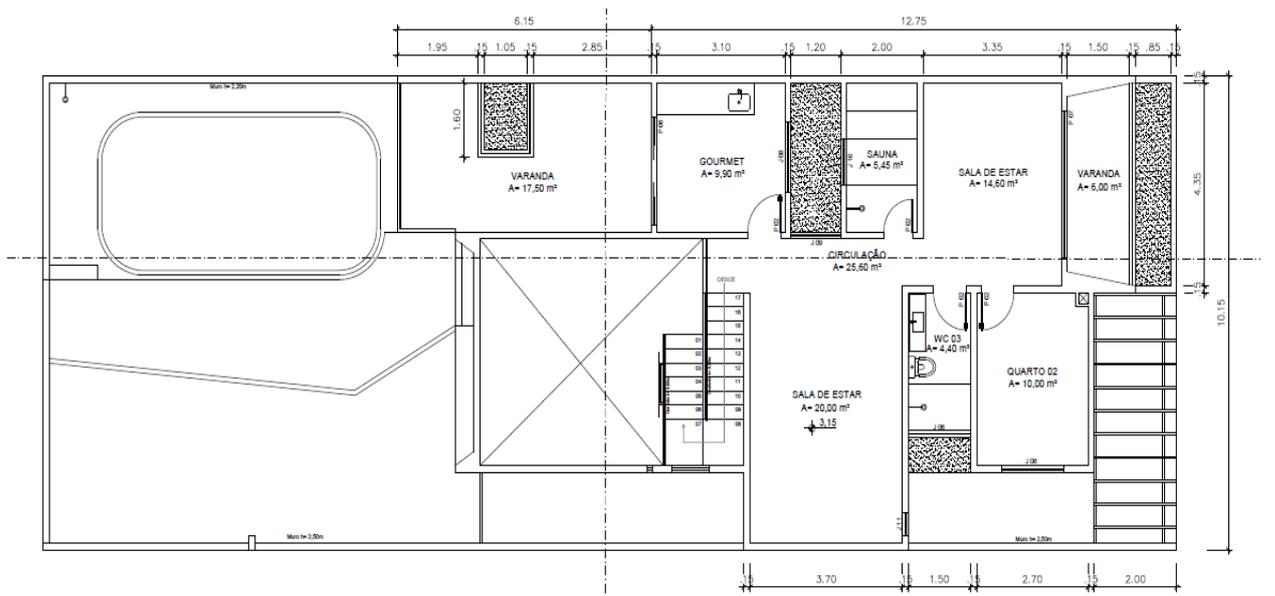


Figura 25: Planta baixa do Pavimento Superior (ADAPTADO DO PROJETO ORIGINAL, 2018).

Para iniciar a modelagem do projeto arquitetônico optou-se pela familiarização com a plataforma. Com o objetivo de agilizar o processo não foram incluídos todos os detalhes de acabamento no modelo, pois, os mesmos seriam irrelevantes, uma vez que o foco deste trabalho é a modelagem paramétrica de sistemas construtivos, a aplicação dos mesmos em um projeto e a criação da cartilha. As prioridades neste modelo foram as formas geométricas que iriam interferir e parâmetros dimensionais e texturas adotadas no modelo.

Nesta primeira fase, para entender o projeto em alguns aspectos, principalmente na planta de cobertura, onde alguns detalhes geram dúvidas de execução, mesmo com a existência de cortes e planta baixa, optou-se por uma análise mais detalhada e minuciosa, mas apenas qualitativa do ponto de vista do projeto.

Foram criadas famílias de telha, laje nervurada, piso elevado e calha de águas pluviais para este projeto, além das que já estavam disponíveis para o uso, embora os materiais não sejam exatamente os mesmos especificados no projeto (no caso das esquadrias, por exemplo), a geometria é exatamente igual as requeridas.

As principais ferramentas utilizadas foram os comandos para a construção e carregar as famílias criadas que estão representadas, na Figura 26, dos elementos básicos (paredes, portas, janelas, pisos, escadas, famílias criadas etc.) e a janela de propriedades dos objetos, representada na Figura 27. Para poder adaptá-los através dos parâmetros fornecidos da família a qual ele pertencia e também as diversas opções de visualizações, principalmente a 3D que permite a visualização de alguns erros.

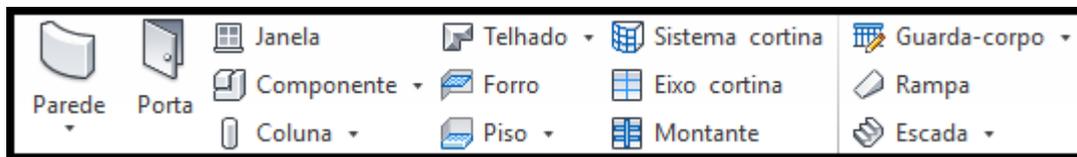


Figura 26: Ferramentas para o design arquitetônico. (ADAPTADO REVIT, 2018).

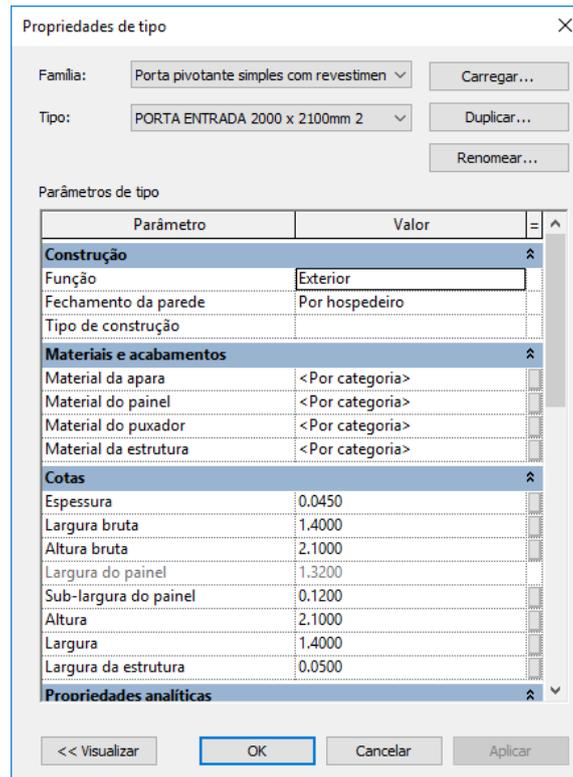


Figura 27: Janela de Propriedades. (ADAPTADO REVIT, 2018).

Depois de ajustar a geometria dos elementos como esquadrias e portas deu-se início a construção de todas as paredes do pavimento térreo, e, em seguida, a colocação das portas e esquadrias que foram adaptadas das bibliotecas já existentes. Posteriormente, os pisos internos e externos foram inseridos.

A partir desta etapa surgiu a necessidade de inserir novos materiais que pudessem representar o revestimento cerâmico, revestimento do piso externo, as soleiras, entre outros, uma vez que os mesmos não existiam na biblioteca de materiais do programa. Somente após a modelagem completa da arquitetura original do projeto é que as famílias modeladas foram carregadas e inseridas no mesmo.

Para a criação ou adaptação de materiais para as parede e pisos foi utilizado o recurso de gerenciamento de materiais (ver figura 28) onde é possível configurar as características que determinam a aparência para a renderização, bem como, informações sobre as propriedades físicas e térmicas que podem ser usadas na análise térmica e acústica da edificação.

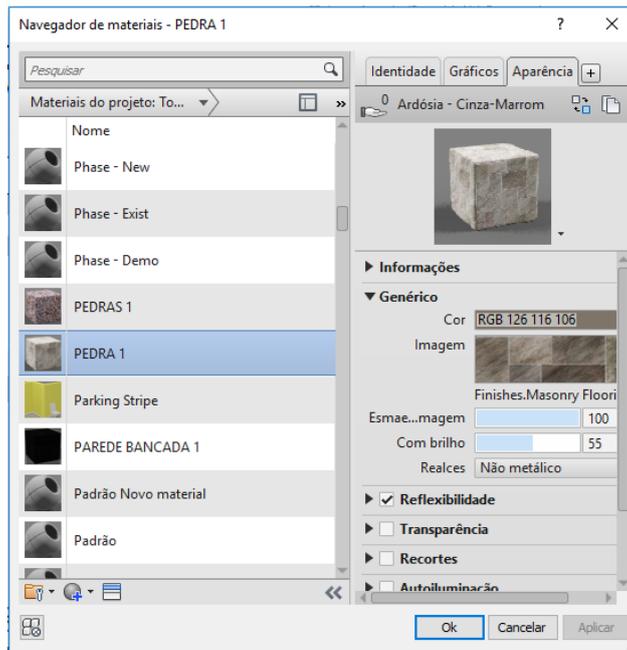


Figura 28: Navegador de materiais. (ADAPTADO REVIT, 2018).

#### 4.3 ELABORAÇÃO DA CARTILHA

Nesta etapa, reuniu-se todos os sistemas construtivos pesquisados (piso, lajes, instalações e cobertura), apresentando informações enxutas e seguras referentes ao tipo, especificações técnicas, normas, conformidade e os principais fabricantes. Objetiva-se com isso, criar uma cartilha informativa frente a tais inovações tecnológicas, mostrando como a utilização do processo BIM atua facilitando a criação de projetos, possibilitando o uso de novos sistemas construtivos industrializados.

Assim, por meio do software Revit e o processo BIM, será apresentada uma metodologia para elaboração de bibliotecas paramétricas das respectivas tecnologias estudadas. A parametrização dos elementos consiste na possibilidade de alteração das características da família de acordo com os produtos oferecidos e a necessidade do projeto.

A cartilha se baseia nos fabricantes das tecnologias construtivas estudadas. Dessa forma a mesma é constituída pelas características gerais e especificações e técnicas dos sistemas construtivos, bem como um check list das certificações de conformidade, e uma orientação para elaboração de famílias paramétricas tomando como base uma das tecnologias estudadas.

A escolha do fabricante e da tecnologia se deu por meio da necessidade de aplicação de alguns sistemas construtivos industrializados em modelos que utilizam o processo BIM, e a consequente inexistência de famílias que pudessem ser utilizadas em tais projetos e modelagem.

Por fim de acordo com os procedimentos de modelagem apresentados na cartilha realiza-se um estudo de caso onde é possível verificar a aplicação das famílias modeladas. Todas as informações necessárias para construir o edifício estão no modelo digital criado ao projetar com o conceito BIM. Os modelos criados para a confecção da cartilha tornam-se então um banco de dados que permite a simulação real de um protótipo da construção industrializada proposta durante o trabalho.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A seguir são apresentados e discutidos os resultados dos levantamentos, modelagem e da criação da cartilha dos sistemas construtivos industrializados.

### **5.1 LEVANTAMENTO DE FORNECEDORES E VERIFICAÇÃO DAS CERTIFICAÇÕES**

A gestão da qualidade busca verificar se os fornecedores estão atendendo as especificações técnicas de qualidade e desempenho, assim é possível realizar a seleção

mais apropriada de qual fornecedor possui qualificação de acordo com as prescrições normativas.

O levantamento de fornecedores dos sistemas construtivos tem como base os diversos tipos de sistemas construtivos industrializados e a aplicação dos mesmos na construção civil. Essa etapa teve como base literaturas e revistas da construção civil, que apresentam os principais fornecedores dos sistemas construtivos industrializados bem como as especificações técnicas dos mesmos. A Tabela 2, a seguir, resume o levantamento executado.

Tabela 2: Fornecedores e certificações dos sistemas construtivos.

(Continua)

TECNOLOGIA	FABRICANTES	ESPECIFICAÇÕES	CERTIFICAÇÕES/ NORMAS
TELHAS TERMOACÚSTICA S	ISOESTE	Largura útil 1000 mm; Comprimento máximo limitado pelo transporte ; Espessuras 20mm   30mm   50mm   70mm <sup>1</sup>   100mm <sup>1</sup> ; Revestimento externo Aço pré-pintado, aço galvalume ou alumínio pré-pintado <sup>2</sup> ; Revestimento interno Aço pré-pintado, filme de alumínio branco ou natural; Núcleo Isolante PUR (Poliuretano) ou PIR (Poliisocianurato).	ABNT NBR 11949-9.
	BRASILIT		ISO 9001 (Gestão da Qualidade), ISO 14001 (Gestão Ambiental) e OHSAS 18001 (Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional).
	ANFER FERRO E AÇO		ISO 9001: 2008
LAJE NERVURADA	ATEX DO BRASIL	Altura da Fôrma 20 - 40 cm; Espessura da lâmina 5cm   7.5cm   10cm ;Altura total 25 - 50 cm; Largura da nervura 12.5- 19.2 cm; Inércia 34444 - 306124 cm <sup>2</sup> aproximadamente; Volume de Concreto 0.114 -0.269 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ; Material Polietileno ou aço.	ISO 9001: 2008
	ULMA		AENOR UNE-EN 12810-1:2005; ULMA C y E, S.Coop.98/37/CE; UNE-EN 13155 UNE-EN ISO 9001:2008; OHSAS 18001:2007
	RO FÔRMAS		NBR 6118 (2014)

PISO ELEVADO	ASTRA/PORTOBE LLO	Placa Largura: 60 cm Comprimento: 60 cm Espessura: 1cm	ABNT NBR 15.805 – (ANEXO A, B e C) ABNT 15.575 ASTM D 648 ASTM D1525-4
	PISOAG	Pedestal Base circular inferior do pedestal: diâmetro de 20 cm Base circular superior do pedestal: diâmetro de 12 cm	ISO 9001: 2008  ABNT NBR 11802:1991
	AXXIO	Altura: 10 a 48 cm Material: Polipropileno	

(Conclusão)

TECNOLOGIA	FABRICANTES	ESPECIFICAÇÕES	CERTIFICAÇÕES/ NORMAS
CALHA	CALHAS KENNEDY	Fabricados de PVC com aditivo anti UV (ultravioleta); Calhas com formato retangular, 132 x 89 mm; Duas opções de cores: branca e bege; Superfície interna lisa; Duas opções de condutor: retangular e circular; Conexão com olhais para fixação direta nas testeiras e anéis de vedação já incorporados ao produto.	OHSAS 18001 – GESTÃO DE SEGURANÇA E DA SAÚDE
	TIGRE		ISO 9001: 2008
	AMANCO		ISO 14001: 2004 ISO 9001 – QUALIDADE ISO 14001 – GESTÃO AMBIENTAL
			OHSAS 18001 – GESTÃO DE SEGURANÇA E DA SAÚDE

Fonte: (MOURA; SILVA, 2018).

O levantamento foi executado com o intuito de apresentar sistemas construtivos industrializados que possuem certificações, visto que o presente trabalho busca apresentar alternativas para viabilizar a aplicação de sistemas industrializados na construção com a utilização do processo BIM. Logo, é de fundamental importância que os fabricantes estejam de acordo com as prescrições normativas e qualidade exigidas

pelo mercado. Na Tabela 2 é possível notar que muitos dos fornecedores considerados não possuem certificação perante ao PBQP-H, no entanto atende as normas ABNT que dizem respeito a regulamentação dos mesmos.

Como antecipado na metodologia, escolheu-se um fabricante de cada sistema construtivo para realizar a sua modelagem no Revit. Dessa forma, modelou-se a telha termoacústica PUR/ PIR da ISOESTE, a fôrma 800 da ATEX, o piso elevado da ASTRA/ PORTOBELO e a calha PVC Aquapluv da TIGRE. As informações técnicas para a modelagem foram verificadas nos catálogos de cada fabricante.

## 5.2 MODELAGEM E CRIAÇÃO DE FAMÍLIAS PARAMÉTRICAS COM USO DO REVIT

### 5.2.1 Sistema de Cobertura (Telha Termoacústica)

Depois de realizados todos os procedimentos descritos na metodologia, obteve-se a nova família de telha “ISOTELHA TRAPEZOIDAL. Dessa forma a mesma já está pronta para ser carregada e utilizada em um projeto. Abaixo, na Figura 29, é possível observar a família paramétrica de telha modelada no Revit

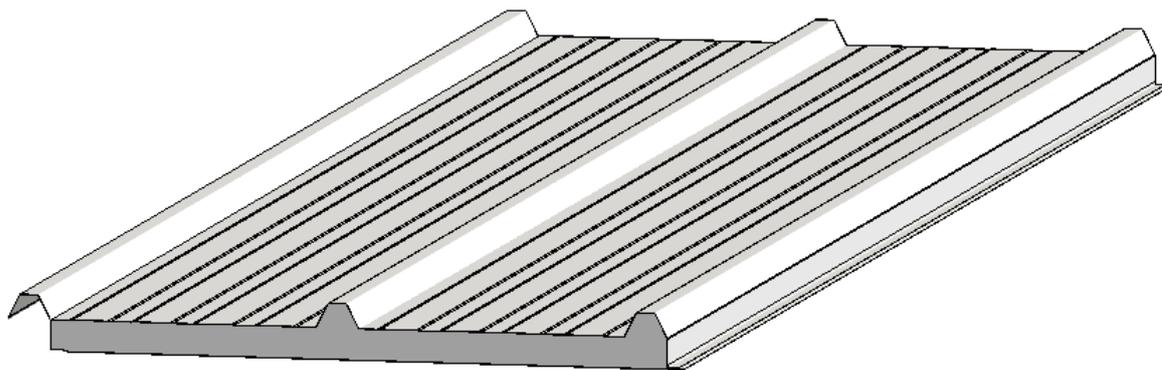


Figura 29: Família paramétrica de telha (Autores, 2018).

### 5.2.2 Sistema de Vedação e Estrutura (Laje Nervurada)

Finalizada a modelagem é possível carregar a família de laje em um projeto, onde pode-se alterar os parâmetros de acordo com as diretrizes e necessidades do mesmo. A seguir

na Figura 30 é possível visualizar o resultado final da modelagem com as dimensões da laje.

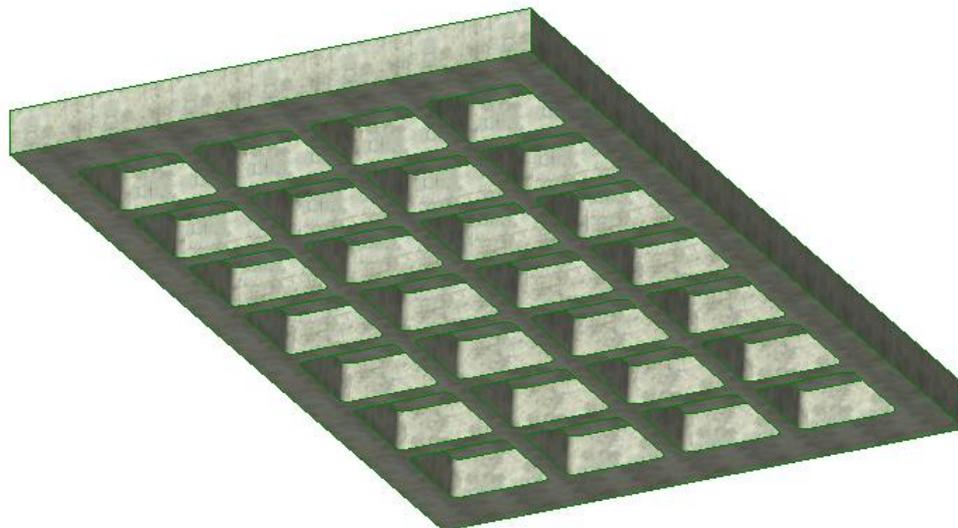


Figura 30: Família paramétrica de laje nervurada (Autores, 2018).

### 5.2.3 Sistema de Revestimento (Piso Elevado)

Depois de realizados todos os procedimentos descritos na metodologia, obteve-se a nova família de Piso Elevado Externo “ASTRA/PORTOBELLO”. Dessa forma a mesma já está pronta para ser carregada e utilizada em um projeto. Abaixo, na figura 31, é possível observar a família paramétrica de Piso Elevado modelada no Revit.



Figura 31: Família paramétrica do Piso Elevado (Autores, 2018).

### 4.2.4 Sistema Pluvial (Calha)

Depois de realizados todos os procedimentos, obteve-se a nova família da Calha “TIGRE”. Dessa forma, a mesma já está pronta para ser carregada e utilizada em um projeto. A Figura 32, a seguir, mostra o resultado da modelagem da Calha PVC.

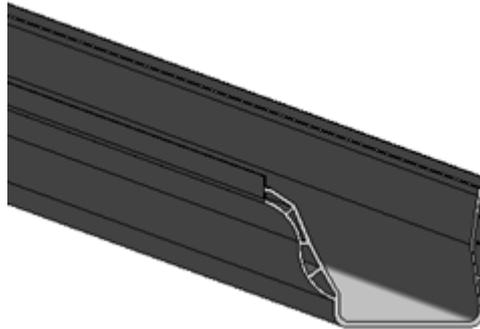


Figura 32: Modelagem da Calha PVC (Autores, 2018).

### 5.3 ESTUDO DE CASO

O processo de construção do modelo na plataforma é intuitivo depois de passada a fase de adaptação do usuário. O entendimento do projeto como um todo foi muito facilitado, principalmente, quando se trata das vistas do modelo, em que a troca entre uma vista 3D para uma representação 2D é simples, e contribui bastante para entender como os elementos se comportam em um projeto quando são inseridos.

A maneira pela qual os desenhos são gerados permite o detalhamento dos elementos de inúmeras formas. A exemplo disso é o fato de ser possível a mudança das propriedades, geometria e posição dos elementos em todas as vistas e, em caso de alteração desses quesitos, não existe retrabalho já que as representações gráficas são automaticamente atualizadas simultaneamente. A Figura 33, abaixo, mostra as plantas baixa do térreo e do pavimento superior modeladas no Revit.



a)



b)

*Figura 33: (a) Planta Baixa arquitetônica do térreo, (b) Planta Baixa arquitetônica do Pavimento Superior. (Autores, 2018).*

A Figura 34 a seguir apresenta as fachadas de todas as direções do empreendimento, diferentemente, de quando se realiza o projeto somente em 2D em que geralmente se opta pela representação somente das fachadas principais.



Figura 34: (a) Vista Leste, (b) Vista Oeste, (c) Vista Norte, (d) Vista Sul. (Autores, 2018).

O recurso disponível chamado de câmera é interessante para fornecer uma visão mais realista do produto final através da criação de uma vista 3D a partir da perspectiva de uma câmera. Esta ferramenta é interessante, visto que oferece mais informações sobre o design proposto. A figura 35 apresenta algumas imagens geradas através desta ferramenta.



Figura 35: Vistas 3D através do Recurso câmera (Autores, 2018).

As Figuras 36 e 37 mostram o resultado final da modelagem arquitetônica simplificada na plataforma Revit executada tomando como base um projeto em 2D.

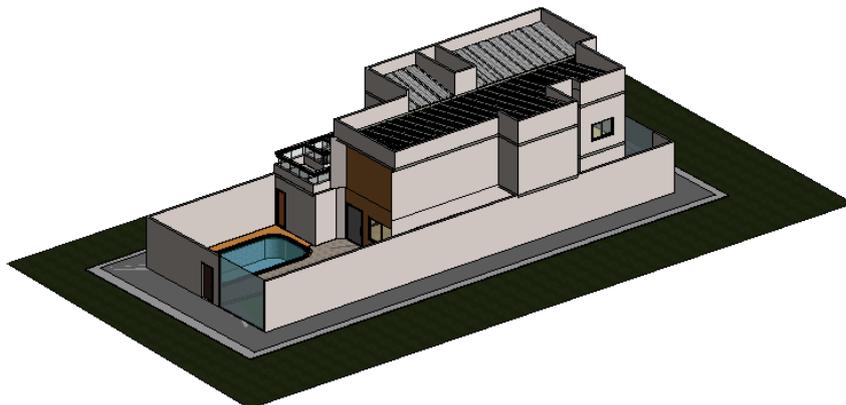


Figura 36: Vista geral do modelo arquitetônico, vista realista (Autores, 2018).

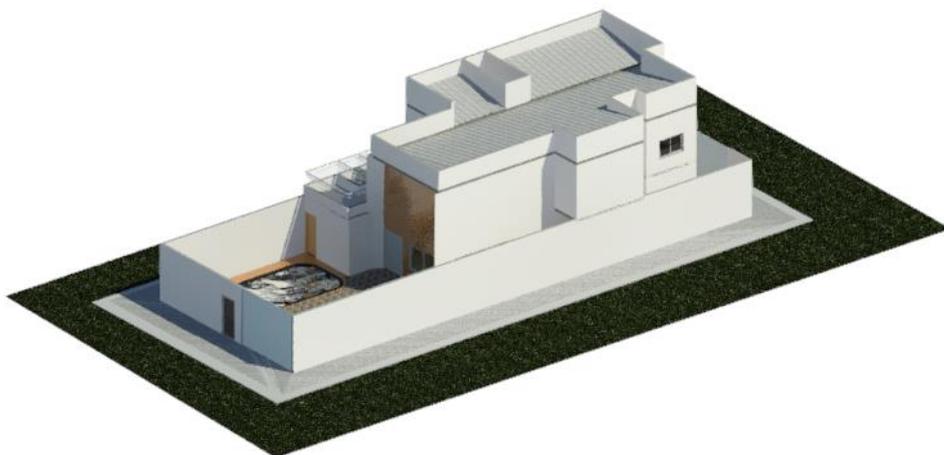


Figura 37: Vista renderizada do edifício (Autores, 2018).

Depois de finalizado o modelo arquitetônico inseriu-se as famílias paramétricas modeladas. Dessa forma foi necessário carregar cada família separadamente e inserir no projeto, a cobertura foi alterada para as telhas termoacústicas, a laje foi mudada para laje nervurada, o piso do deck da piscina foi modificado para ao piso elevado, e por último colocou-se a calha para a drenagem de águas pluviais.

Para cada família nova inserida tem-se uma maneira diferente de se configuram o componente visto que o mesmo tem comportamentos diferentes no projeto. A Figura 38 a seguir mostra o resultado final depois que as famílias foram inseridas.

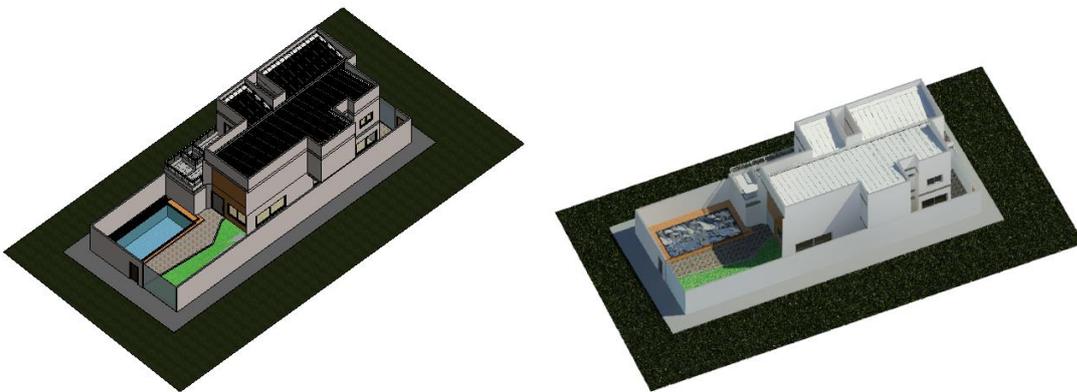


Figura 38: Vista do edifício com as famílias inseridas (Autores, 2018).

Considerando que nos processos BIM se realiza a construção virtual, isso significa que foram feitas diversas inserções de objetos, tantas quanto foram previstas para o projeto. Isto é importante por inúmeras razões, pois um único modelo BIM arquitetônico serviu como base para a realização de todos os fluxos de trabalho.

Dessa forma com o modelo foi possível verificar como as diferentes disciplinas de um projeto se comunicam entre si, mesmo que a modelagem tenha sido apenas arquitetônica. Portanto como se sabe o BIM pode ser utilizado durante todo o ciclo de vida de um empreendimento e os objetos 3D BIM podem ser utilizados para a realização de tarefas distintas. Especialmente quando é necessário decidir, por exemplo, se dois objetos que normalmente são utilizados em conjunto serão modelados como um único objeto ou como objetos distintos, isso foi possível perceber na laje nervurada e no piso elevado que tiveram modelagens mais complexas.

Quando observamos o modelo com um todo, em que todos os sistemas construtivos industrializados estão em conjunto, percebe-se que a industrialização e o BIM atuam como uma maneira de otimizar e flexibilizar construção civil, tornando-se indispensáveis para a engenharia moderna, que preza pela racionalização e diminuição dos custos e tempo.

A Figura 39, abaixo, contempla as famílias modeladas na cartilha, utilizadas no projeto. Dessa forma é possível observar como elas se comportam quando aplicados no projeto, fomentando a utilização de sistemas construtivos industrializados.

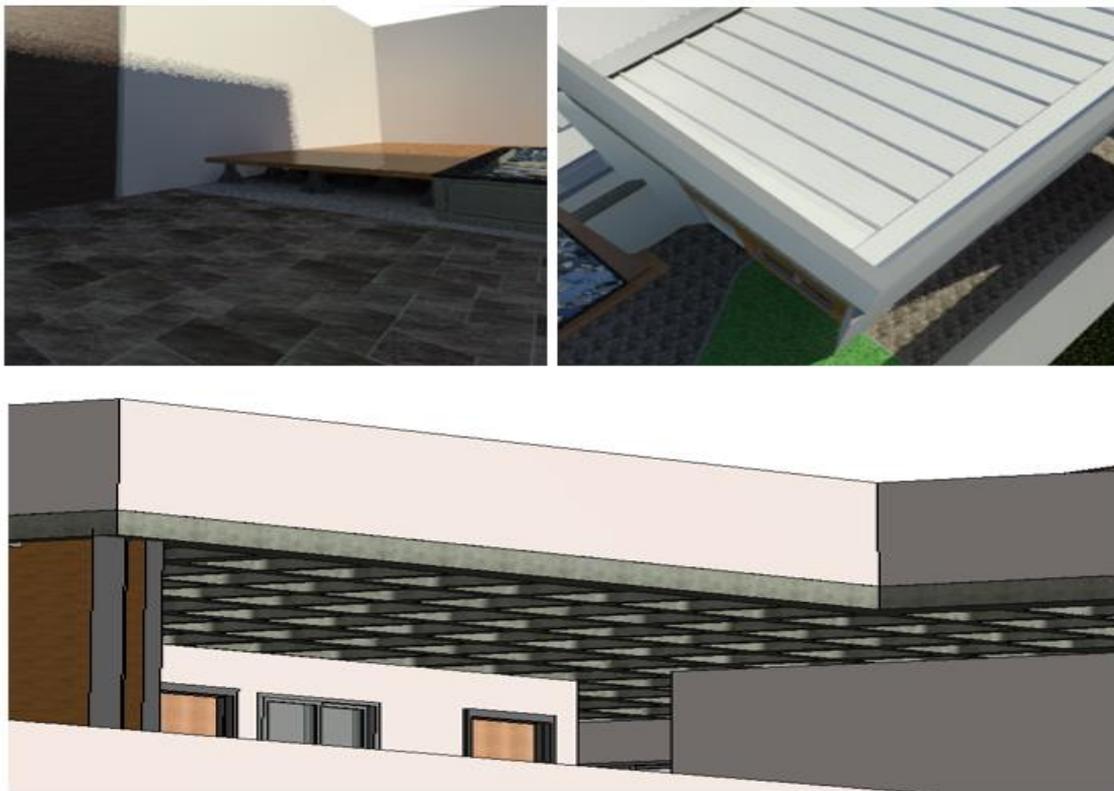


Figura 39: Famílias paramétricas inseridas no projeto (Autores, 2018).

#### 5.4 CARTILHA PARA A CRIAÇÃO DE BIBLIOTECAS PARAMÉTRICAS COM USO DO BIM

A partir das práticas propostas nos itens anteriores foi elaborada uma cartilha para auxiliar na criação de bibliotecas paramétricas utilizando o processo BIM, com foco na modelagem através do software Revit. A cartilha encontra-se no Anexo A.

A Cartilha foi elaborada para ser uma ferramenta de auxílio na criação e modelagem de famílias paramétricas dos sistemas construtivos industrializados. Portanto, mais do que apresentar informações ou especificações técnicas, sua função prioritária é orientar a modelagem paramétrica tomando como base os quatro sistemas construtivos levantados no item 5.1.1 e mostrar graficamente os procedimentos. A apresentação é feita através de enumeração de procedimentos que abordam vários aspectos relativos às características, requisitos técnicos, modelagem e criação de parâmetros para quatro sistemas construtivos (Telha termoacústica, Laje nervurada, Piso elevado e Calha).

Alguns procedimentos a respeito da modelagem no software Revit devem ser considerados, como:

1. Escolha do Template
2. Definição dos Planos de Referências
3. Extrusão da geometria
4. Escolha e criação dos Parâmetros (Dimensionais e de Material)
5. Teste dos parâmetros
6. Aplicação da família em um projeto

Tais procedimentos são a base de desenvolvimento da cartilha. Para cada sistema construtivo modelado, desenvolveu-se uma sequência lógica que orienta a criação da família, pois cada uma possui características de uso e comportamentos diferentes que são intrínsecos a cada um separadamente. Além das características meramente geométricas, a criação das famílias propostas pela cartilha codifica especificações técnicas, funcionais e semânticas dos componentes de acordo com o modelo escolhido para a modelagem.

O uso de parâmetros (dimensionais, de posição e de materiais) para descrição das características geométricas do objeto, de caráter variacional ou não, permitem obter grande flexibilidade de configuração, quando inseridos em um projeto. É importante ressaltar que quando se cria parâmetros é necessário indicar se serão Parâmetros de Tipo (Type) ou de Instância (Instance), configurando-os na janela Propriedades dos parâmetros.

Quando os parâmetros são de instância eles são modificáveis quando a instância de família for colocada em um projeto, já quando o parâmetro é de tipo significa que todos os objetos deste tipo, independentemente de estarem selecionados ou não, serão alterados. Dessa forma os parâmetros apresentados na cartilha foram definidos em sua maioria como de tipo, pois a aplicação das famílias preza pela possibilidade de replicar o modelo.

Portanto, a proposta da cartilha em orientar a criação de bibliotecas paramétricas com auxílio do Revit, tem como principal objetivo fomentar e facilitar a aplicação de sistemas construtivos industrializados em projetos, frente aos sistemas convencionais.

## **6 CONCLUSÃO**

Diante da grande participação do setor de construção civil na economia de um país, é imprescindível que esse setor seja propulsor de grandes transformações na direção do desenvolvimento industrial. É preciso aumentar a utilização de sistemas construtivos industrializados, bem com a utilização do processo BIM nos recursos tecnológicos que são indispensáveis para o desenvolvimento do setor. Na indústria da construção civil isso pode ser feito através de um planejamento que tem como objetivo otimizar o ciclo da vida de uma edificação durante toda a vida útil da mesma.

Este trabalho abordou a parametrização de bibliotecas de sistemas construtivos, através da modelagem das disciplinas e análise do comportamento global dos objetos modelados, com o uso de ferramentas BIM (Revit). No processo foi possível visualizar a modelagem individual de cada família e um projeto residencial de pequeno porte, onde os objetos modelados foram aplicados de forma diferente da convencional que utiliza somente vistas 2D.

As ferramentas utilizadas foram bastante úteis e cumpriram seu papel, embora não se tenha aproveitado todo o potencial que elas oferecem. A forma como se projeta através destas ferramentas auxilia muito a visualização do produto final e evita erros comuns que são cometidos em consequência da forma tradicional de representação. Utilizou-se

somente o aspecto 3D das ferramentas já que o objetivo era apenas a modelagem paramétrica dos sistemas construtivos.

A utilização do software Revit possibilitou a obtenção de diversos detalhes dos modelos construtivos e a parametrização (dimensional, de posição e do material) de cada objeto. Isso facilita a aplicação das famílias criadas em diferentes situações, pois a utilização das mesmas é comprometida inexistência de modelos aplicáveis a projetos em geral. Dessa forma, o levantamento dos sistemas construtivos industrializados juntamente com os respectivos fornecedores, possibilitou a verificação dos requisitos técnicos e certificações de cada uma das famílias criadas, o que torna as mesmas aptas para serem utilizadas.

A viabilidade de aplicação das famílias foi verificada com o estudo de caso aplicando os sistemas construtivos em um projeto real (unidade residencial unifamiliar de dois pavimentos). Dessa forma foi possível verificar que as bibliotecas modeladas funcionaram como o esperado, o piso foi se comportou com revestimento, a telha como cobertura, bem como a calha e a laje com suas respectivas funções. Além do mais, foi observado que as famílias são capazes de se instalarem e manterem o seu funcionamento em situações reais de projeto, podendo atender a várias situações de acordo com a necessidade de utilização.

A criação da cartilha para orientar na modelagem das famílias evidencia que com a plataforma BIM é possível atribuir informações aos diferentes sistemas construtivos e confrontando os mesmos, têm-se como resultado o que só poderiam ser vistos em obra, onde os elementos atuam em conjunto na estrutura. Portanto, a modelagem das famílias apresentadas na cartilha contribui com o viés da industrialização aliada ao processo BIM (Revit), fomentando a utilização de sistemas construtivos industrializados.

Como trabalhos futuros, propõe-se o desenvolvimento e a modelagem de outros sistemas que incorporam a construção industrializada e integram dentro do processo BIM, permitindo assim a continuação da cartilha com novas opções de sistemas construtivos industrializados. Sistemas propostos para a Cartilha Volume 2: Sistema Stell Frame (Laje Stell Deck), Instalação Hidráulica PEX, Sistema Drywall e Fachada de Vidro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (2001);
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7199 - Vidros na Construção cil- Projeto, execução e aplicações;
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7823 – Alumínio e suas ligas - Chapas - Propriedades mecânicas (2015);
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6118 - Projeto de Estrutura de Concreto - Procedimento (2014);
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: ABNT NBR 16373:2015 - Telhas e painéis termoacústico - Requisitos de desempenho;
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 16373 - Telhas e painéis termoacústico - Requisitos de desempenho. (2015);
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15805 – Piso elevados de placas de concreto. (2014);
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15575 - Desempenho de Edificações Habitacionais. (2013);
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15465 – Sistemas de Eletrodutos Plásticos para Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Requisitos de Desempenho (2007);
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15446: Painéis de chapas sólidas de Alumínio e Painéis de material composto de alumínio utilizados em fachadas e revestimentos arquitetônicos- Requisitos (2006);
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 14513 – Telhas de aço revestido de seção ondulada - Requisitos (2002);
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 14513 – Telhas de aço revestido de seção trapezoidal - Requisitos (2008);
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 13858-2 – Telha de concreto – Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio;
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 13531 – Elaboração de Projetos de Edificações – Atividades Técnicas (1995);
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12047 – Pisos elevados - Verificação da resistência à carga horizontal concentrada (1991);

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12048 – Pisos elevados - Verificação da resistência à carga vertical concentradas (1991);

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12049 – Pisos elevados - Verificação da resistência à carga vertical distribuída (1991);

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12050 – Pisos elevados - Verificação ao impacto de corpo duro (1991);

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 11802 - Piso elevado – Especificação (1991);

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 10844 - Instalações Prediais de Águas Pluviais (1989);

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR- 10735 Chapas de Aço de Alta Resistência Mecânica Zincadas;

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 8800 - Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios;

ACCETTI, K. M.. **Contribuições ao Projeto Estrutural de Edifícios em Alvenaria.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. São Carlos - SP, 1998;

ARAÚJO, W. M. S.; ROCHA, I. C.; DIAS, G. T.; SANTOS, R. M.; SILVA, H. N.. **Diretrizes Básicas para Elaboração de um Sistema de Gestão Ambiental – SGA** Construção Civil.Gestão Ambiental 4º Período;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL. Normas técnicas. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/index1.php/17/normas-tecnicas>>. Acesso em: 18 nov. 2017;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2002) . NBR 14859-1. Laje pré-fabricada – Requisitos – Parte 1: Lajes unidirecionais. Rio de Janeiro;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2001;

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE. Disponível em: <http://www.sgsgroup.com.br/pt-BR/Our-Company/About-SGS/SGS-in-Brief.aspx>. Acesso em 26 de outubro de 2017;

AYRES FILHO, C. G. **Acesso ao modelo integrado do edifício.** 2009. 254 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.

BALDINI, R. R.. **A Importância da Implantação do Sistema de Gestão da Qualidade na Construção Civil.** Revista On-Line IPOG. Ribeirão Preto, 2015;

BARROS, Mércia Maria Semensato Bottura de. **Implantação de Tecnologias Construtivas Racionalizadas no processo de produção de Edifícios – Proposição de um plano de ação**. USP, São Paulo, 1997;

BELL, H.; BJØRKHAUG, L. **A buildingSMART ontology**. Proceedings of the 2006 ECPPM Conference, 2006, sn. p.185-190.

BLACHÈRE, G. **Tecnologias de la construcción industrializada**. Barcelona: Gustavo Gili S.A, 1977;

BLUMENSCHNEIN, R. et al. **Manual da construção industrializada: Conceitos e Etapas**. Volume 1: Estrutura e Vedação. Brasília: ABDI, 2015. 208 p.

BONAFÉ, Gabriel. Lajes nervuradas garantem economia à construção. **AECweb**. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/lajes-nervuradas-garantem-economia-a-construcao\\_11026\\_0\\_1](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/lajes-nervuradas-garantem-economia-a-construcao_11026_0_1)>. Acesso em: 08 mai. 2018.

CAMPESTRINI, T. F. et al. **Entendendo BIM – Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. Curitiba - PR: 2015. 120 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília - DF, v. 1, 2016a. 124 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC. **Fundamentos BIM - Parte 3: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília - DF, v. 3, 2016. 132 p.

CEPEL/CERT - **Certificado de Produto e Serviços**. Disponível em: <<http://www.cert.cepel.br/termoreferencia.shtm#pbac>>. Acesso em: 14 nov 2017;

CERAGIOLI, M. M.; RABECHINI, R. **Construindo competências para gerenciar projetos: teoria e casos**. São Paulo: Atlas, 2006;

CHECCUCCI, E . D. S ; PEREIRA , A.P; AMORIM A. L.D. **Colaboração e Interoperabilidade no contexto da modelagem da Informação da Construção BIM**. In: SIGRADI, X.C,2011 Santa Fé, Argentina;

COSTA, E. N. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 2013. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013;

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R; LISTON, K. **BIMHandbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

ESTRUTURAS METÁLICAS. Disponível em: <http://www.metalica.com.br>. Acesso em 28 de outubro de 2017;

FIGUEROLA, Valentina. Projetos: pavimentos técnicos. **TÉCHNE**, out. 2004. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/91/artigo286319-1.aspx>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

FLORIO, W. **Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura**. III Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, v. 155, n. 3, 2007.

FRANCO, L. S. **Racionalização construtiva, inovação tecnológica e pesquisas**. Brasil – São Paulo, SP. 1996. In: Curso de Formação em Mutirão EPUSP. São Paulo, 1996;

FUNDAMENTOS BIM- PARTE 1: Implantação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção- Brasília: CBIC, 2016.

FREIRE, G. H. A. **Industry Foundation Classes (IFC) para Modelagem de Estruturas**. 2015. 141 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ.

FREIRE, G. H. A.; MARTHA, L. F.; SOTELINO, E. D. **Interoperabilidade entre Plataforma BIM e Ferramenta de Análise Estrutural Utilizando Industry Foundation Classes (IFC)**. In: DUMONT, N. A., XXXVI Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, 2015, Rio de Janeiro - RJ. p.18.

GEHBAUER, F. et al. **Racionalização do transporte de materiais em edificações**. **TÉCHNE**, [S.L], v. 139, p. 1-2, out./2008. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/139/artigo287588-2.aspx>>. Acesso em: 28 mai. 2018.

GROTTA, D. L. **Materiais e Técnicas Contemporâneas para Controle de Ruído Aéreo em Edifícios de Escritórios: Subsídios para Especificações**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. São Carlos – SP, 2009;

INMETRO. **Programa Brasileiro de Avaliação da Conformidade (PBAC)**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pbac.asp>>. Acesso em: 14 nov 2017;

JACOSKI, C. A. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações: uam implementação com IFC XML**. 2003. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC.

JÚNIOR, Roberto Carvalho. **Calhas e rufos podem evitar infiltrações** . 2018. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/calhas-e-rufos-podem-evitar-infiltracoes\\_8756\\_0\\_1](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/calhas-e-rufos-podem-evitar-infiltracoes_8756_0_1)>. Acesso em: 21 jun. 2018.

KYMMELL, W. **Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations**. New York: McGraw Hill, 2008. 270 p. ISBN 0071595457.

KINZEL, K.. **Medidas de Controle de Escoamento na Fonte: Estudo de Caso de Reservação sob Piso Elevado**. Porto Alegre (2015). Trabalho de Conclusão para o Curso de Engenharia Civil;

KITS ELÉTRICOS. Disponível em: [https://www.aecweb.com.br/prod/cont/m/kit-eletrico-industrializado-chicote-eletrico-\\_1845\\_32150\\_13844](https://www.aecweb.com.br/prod/cont/m/kit-eletrico-industrializado-chicote-eletrico-_1845_32150_13844). Acesso em 28 de outubro de 2017;

KITS HIDRÁULICOS INDUSTRIALIZADOS. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/183/artigo285939-1.aspx>. Acesso em 12 de novembro de 2017;

LAJE STEEL DECK. Disponível em: <http://www.mclean.ind.br>. Acesso em 05 de novembro de 2017;

LAJES BUBBLEDECK. Disponível em: <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/41/lajes-planas-com-esferas-plasticas-319513-1.aspx>. Acesso em 05 de novembro de 2017;

LAJES NERVURADAS. Disponível em: [https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/laje-nervurada-alivia-peso-de-estruturas-de-148m-de-extensao\\_3453\\_2350](https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/laje-nervurada-alivia-peso-de-estruturas-de-148m-de-extensao_3453_2350). Acesso em 26 de maio de 2018.

MACINTYRE, A. **Instalações Hidráulicas: Prediais e Industriais**. Rio de Janeiro: Ed. LTC. 1996.

MAINARDI, Antônio Ivo. **Revit: Famílias paramétricas**. 2011. Disponível em: <[http://aucache.autodesk.com/au2011/sessions/4411/nov29\\_virtual\\_handouts/v1\\_Ivo%20Mainardi\\_Handout\\_AU2011.pdf](http://aucache.autodesk.com/au2011/sessions/4411/nov29_virtual_handouts/v1_Ivo%20Mainardi_Handout_AU2011.pdf)>. Acesso em: 21 jun. 2018.

MAINARDI, Antônio Ivo. **Ferramentas e opções estratégicas para aumentar a produtividade de projetos no Revit**. 2014. Disponível em: <[http://damassets.autodesk.net/content/dam/au/Brasil-2014/documents/materialapoio/AUBR73\\_IvoMainardi.pdf](http://damassets.autodesk.net/content/dam/au/Brasil-2014/documents/materialapoio/AUBR73_IvoMainardi.pdf)>. Acesso em: 21 jun. 2018.

**Manual ProAcústica de recomendações básicas para contrapisos flutuantes**. 1. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2015;

MASOTTI, L. F. C.. **Análise da Implementação e do Impacto do BIM no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014;

MELHADO, S. B.. **Tendências de Evolução no Processo de Edifícios a partir da Introdução dos Sistemas de Gestão da Qualidade**. Escola Politécnica da USP. São Paulo –SP;

MICHALKA JR., C.; RIBEIRO, M. **A contribuição dos processos industriais de construção para a racionalização da construção civil**. Brasil - Florianópolis, SC.

2003. p. 59. In: I Congresso Brasileiro sobre Habitação Social – Ciência e Tecnologia Florianópolis, 27 a 29 de agosto 2003;

NASCIMENTO, L. F. M.; POLEDNA, S. R. C.. **O Processo de Implantação da ISSO 14000 em Empresas Brasileiras**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba – PR, 2002;

PRATINI. E.F; JUNIOR. E.E.A.S. Criação, Representação e Visualização digitais. Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2012.

PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS. Disponível em:  
[https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/paineis-pre-fabricados-de-concreto-produzidos-de-acordo-com-o-projeto\\_7573\\_15222](https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/paineis-pre-fabricados-de-concreto-produzidos-de-acordo-com-o-projeto_7573_15222) . Acesso em 28 de outubro de 2017;

PAINÉIS TERMOISOLANTES. Disponível em:  
[https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/painel-termoisolante-garantiu-uma-obra-limpa-rapida-e-de-bela-estetica\\_8490\\_1831](https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/painel-termoisolante-garantiu-uma-obra-limpa-rapida-e-de-bela-estetica_8490_1831). Acesso em 28 de outubro de 2017;

PBQP-H, 2017, **Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat, Ministério das Cidades**. Disponível em:<[www.cidades.gov.br/pbqp-h](http://www.cidades.gov.br/pbqp-h)>. Acesso em: out. 2017;

PENTTILÄ, H. **Early Architectural Design and BIM**. In: DONG, A.;MOERE, A. V., *et al* (Org.). Computer-Aided Architectural Design Futures (CAADFutures) 2007. Dordrecht: Springer Netherlands, 2007. p.291-302. ISBN 978-1-4020-6528-6.

PINI. **Telhas metálicas termoacústicas**. Disponível em:  
<<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/92/artigo299215-1.aspx>>. Acesso em: 18 nov. 2017;

PROJETOS HIDRÁULICOS. Disponível em:  
[www.aecweb.com.br/cont/m/rev/projeto-hidraulico-ou-a-busca-da-excelencia\\_1826\\_10\\_0](http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/projeto-hidraulico-ou-a-busca-da-excelencia_1826_10_0). Acesso em: 13 de outubro de 2017;

ROBINSON, C. **Structural BIM: discussion, case studies and latest developments**. The structural design of tall and special buildings, v. 16, n. 4, p. 519-533, 2007. ISSN 1541-7808.

ROCHA, Ana. Telhas metálicas termoacústicas. **Construção**, Ed. 92, mar. 2009. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/92/telhas-metalicas-termoacusticas-299215-1.aspx>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

ROMANO, Fabiane V. **Modelo de Referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações**. Teses (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003;

RIBEIRO, G. D. N. **Aplicação de ferramentas BIM em um projeto de cobertura do estádio Professor Dário Rodrigues Leite**. 2015. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá - SP.

RTC. **Cobertura em telhas termoacústica sanduíche**. Disponível em: <<http://www.rtcdecor.com.br/produtos/cobertura-em-telha-termoacustica-sanduiche/>>. Acesso em: 18 nov. 2017;

RUBIN, A. P.. **Argamassas Autonivelantes industrializadas para Contrapiso: Análise do Desempenho Físico-Mecânico Frente às Argamassas Dosadas em Obra**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, 2015;

SABBATINI, F. H. (1989). **Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos - Formulação e Aplicação de uma Metodologia**;

SALGADO, Julio. **Instalação Hidráulica Residencial: A Prática do dia a dia**. 1. ed. São Paulo: Erica, 2010;

SANTOS, E. T. **Building information modeling and interoperability**. XIII Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics-From Modern to Digital: The Challenges of a Transition Sao Paulo, Brazil, 2009.

SILVA, L. P. **Estudo comparativo entre lajes nervuradas e maciças em função dos vãos entre apoios**. 2010. 85 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TARRAFA, D. G. P. **Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas**. 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra –Portugal.

TÉCHNE (2004). **Pavimentos Técnicos**. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/91/artigo286319-1.aspx>>. Acesso em: 15 nov. 2017;

VASCONCELOS, A. C. (2002). **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo.

# ANEXO A

