

Information Modelling: processos digitais de projeto e fabricação

IAU 2120 Trabalho de Graduação Integrado I

Estagiários PAE:
Isabella Eloy Cavalcanti
Lucas Edson de Chico
Docente responsável:
Anja Pratschke

Sumário

Parte 1: processos de levantamento

- 1.1 bases de dados digitais;
- 1.2 Atividade de campo: fotogrametria.

Parte 2: processos de modelagem

- 2.1 Modelando terrenos;
- 2.2 Concebendo formas;
- 2.3 Projeto de Arquitetura;
- 2.4 Projeto de Paisagismo;
- 2.5 Projeto urbano.

Parte 3: processos de fabricação digital

- 3.1 Cortadora à laser;
- 3.2 Impressão 3D.

Parte 1: processos de levantamento

1.1 bases de dados digitais

Estudos de caso

De acordo com a socióloga Odília Fachin, em seu livro **fundamentos de metodologia** o estudo de caso é caracterizado “por ser um estudo intensivo. No método do estudo de caso, leva-se em consideração, principalmente, a compreensão, como um todo, do assunto investigado. Todos os aspectos do caso são investigados. Quando o estudo é intensivo, podem até aparecer relações que, de outra forma, não seriam descobertas.” (2005, p. 45).

Algumas bases com projetos, fotografias e outros materiais são:

- JSTOR: <https://www.jstor.org/> - revista de arquitetura, artigos acadêmicos, etc. (acesso permitido pela USP)
- RIBApix: <https://www.ribapix.com/> - imagens, desenhos técnicos, etc
- Architectural Association: <https://photolibrary.aaschool.ac.uk/index.php?WINID=1661004295959> - fotografias
- Outras bases: <https://www.archdaily.com.br/br/793125/18-fontes-de-pesquisa-online-para-arquitetos> - projetos, revistas, fotografias, etc.

Parte 1: processos de levantamento

1.1 bases de dados digitais

Bases cartográficas e dados territoriais

As bases cartográficas são ferramentas essenciais para as análises urbanas e territoriais. Elas oferecem dados para a compreensão do local e impactos das intervenções que planejamos. Algumas delas são:

IBGE cidades: <https://cidades.ibge.gov.br/> - base com dados gerais sobre município e cartografias em pdf.

Google Earth pró: <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/versions/#earth-pro> - (link para download). Topografia, customização de mapas, visualização geomorfológica).

Google My maps: <https://www.google.com/maps/d/> - criação de mapas personalizados on-line, inserção de mídias, como fotografias, links, textos, atribuições qualitativas aos espaços geográficos.

Iniciativas municipais: cartografias desenvolvidas pelos próprios municípios, disponibilizadas em sites de prefeituras e etc. Abaixo alguns exemplos:

SigaSC: <http://geo.saocarlos.sp.gov.br/> - base de dados para São Carlos, incluindo topografia, bacias hidrográficas, etc.

Geosampa: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx - base de dados de São Paulo com informações ambientais, populacionais, geográficas, etc.

Parte 1: processos de levantamento

1.2 Atividade de campo: **fotogrametria**.

O que é fotogrametria?

Fotogrametria é a técnica que permite o estudo e a definição das formas, das dimensões e das posições de objetos no espaço, utilizando-se de medições obtidas a partir de fotografias ou imagens digitais. (FEC UNICAMP, 2022)

Para os arquitetos, a fotogrametria pode ser uma técnica importante para o levantamento de edificações pré-existentes, para a composição do cenário urbano de entorno, levantamento topográfico de lotes e territórios, gabaritos, além de ser essencial para o estudo detalhado de edificações patrimoniais, possibilitando a modelagem de ornamentos e estudos de patologias.

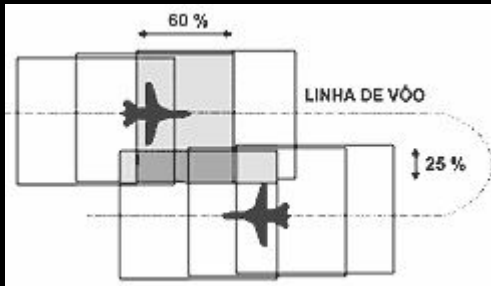
Há dois tipos utilizados por arquitetos que serão apresentados: **Aerofotogrametria** e **fotogrametria peatonal**.

Parte 1: processos de levantamento

1.2 Atividade de campo: **fotogrametria**.

Aerofotogrametria

Este tipo de fotogrametria é realizada com o auxílio de instrumento de voo, como aviões ou drones, por exemplo. As fotos são realizadas perpendicularmente ao terreno, captando suas variações, que processadas, geram a superfície topográfica e gabarito dos edifícios.



img 02: Esquema aerofotogrametria pro drone: perpendicularidade

img 01: Esquema aerofotogrametria por avião: sobreposição



Parte 1: processos de levantamento

1.2 Atividade de campo: **fotogrametria**.

Aerofotogrametria: passo à passo

1 - estudo preliminar da área: visitar o local para a verificação de algumas variáveis, como condições de voo (vento, visibilidade, presença de neblina, previsão de chuva, etc) e condições adversas do terreno (presença de barreiras, como árvores e telhados).

2 - Estabelecendo a altura de voo: para este parâmetro, é necessário considerar duas coisas: o nível de detalhamento e as barreiras. Maiores alturas resultam em processamentos menos detalhados, porém, é imprescindível verificar a segurança de voo, colocando o equipamento para voar em uma altura livre de barreiras.

Parte 1: processos de levantamento

1.2 Atividade de campo: **fotogrametria**.

Aerofotogrametria: passo à passo

3 - montagem do drone e escolha do local de partida: montar hélices, inserir baterias, desobstruir lente e verificar um local com solo estável para a partida do drone, livre de saliências, plantas, pedras e outros objetos que possam interferir no funcionamento das hélices.

4 - Parear drone com o aplicativo de voo: geralmente compatíveis com sistemas android e ios, os aplicativos de voo podem ser os mais diversos, vindo configurados especificamente para o equipamento, ou gerais, como o drone harmony.

5 - Calibrar o drone: executar manobra de calibragem do equipamento, definida pelo aplicativo.

6 - Memorizar o ponto inicial: esperar o drone memorizar o ponto de decolagem, e defini-lo como ponto de pouso, evitando que o equipamento pouse em qualquer lugar.

7 - Definir plano de voo: simular no aplicativo o plano de voo, a fim de verificar se há cobertura total da área, sobreposição adequada das fotos, altura, tempo de voo, e etc.

8 - Voar: autorizar a decolagem e ir acompanhando o voo com o aplicativo, certificando que está tudo correto.

Parte 1: processos de levantamento

1.2 Atividade de campo: **fotogrametria**.

Fotogrametria peatonal

A fotogrametria peatonal é aquela realizada a pé, segurando a câmera com as próprias mãos. É possível de ser feita com uma câmera do tipo dslr, não exigindo equipamentos especiais, apenas fotos de boa qualidade. Têm o objetivo de levantar objetos e arquitetura, como fachadas, interiores, esculturas, entre outras. Deve seguir as mesmas exigências da aerofotogrametria: estudo prévio do local, das condições climáticas, do nível de detalhe que se deseja, da sobreposição adequada, entre outros.

Parte 1: processos de levantamento

1.2 Atividade de campo: **fotogrametria**.

Fotogrametria peatonal: passo a passo

1 - estudo preliminar da área: visitar o local para a verificação de algumas variáveis, como condições climáticas (luminosidade e chuva) e condições adversas do terreno (presença de barreiras, como árvores, postes, etc).

2 - Realização de medidas prévias: realizar medidas de largura, altura e profundidade, com o auxílio de uma trena, de elementos do objeto em questão.

3 - planejar o roteiro de fotografias: o objeto deve ser fotografado de modo que as fotografias, tanto na horizontal, quanto na vertical, possuam sobreposição. Quanto mais detalhes têm o objeto, maior deve ser esta sobreposição. Verificar se a relação entre a distância da câmera ao objeto e entre posições de câmera se encontram entre 0,2 e 0,3.

4 - Verificar se há barreiras para o roteiro: verificar se é possível executar o roteiro de fotografias de maneira segura (presença de ruas movimentadas, buracos, desníveis, etc).



img 3. Aferindo medidas

Parte 1: processos de levantamento

1.2 Atividade de campo: **fotogrametria**.

Fotogrametria peatonal: passo a passo

5 - Configurar câmera: configurar câmera, como iso, foco automático, ausência de flash, etc.

6 - Realizar a captura: realizar a captura segurando o equipamento firmemente às mãos, e verificando a qualidade de cada imagem tirada antes de ir para a próxima, corrigindo fotos que porventura ficaram desfocadas, escuras, com alto contraste, etc.

Importante: caso o objeto seja muito uniforme, como, por exemplo, uma parede branca e lisa, é necessário adesivar alvos para que a fotogrametria funcione. Também é necessário verificar se, do ponto de vista do pedestre, há zonas de sombra no objeto que se está mapeando, como, por exemplo, a presença de balcões ou beirais. Nesse caso, recomenda-se utilizar outro ponto de vista mais alto, ou fazer um voo com o drone, de maneira perpendicular à fachada.



img 4. Fotografando

Parte 1: processos de levantamento

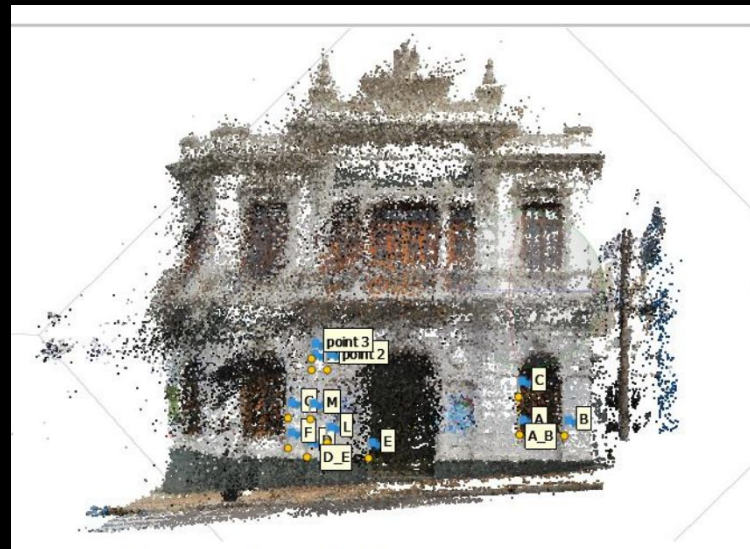
1.2 Atividade de campo: **fotogrametria**.

Fotogrametria: da fotografia à ortophoto

É possível, através das fotografias, criar uma nuvem de pontos do objeto em questão, que, devidamente trabalhada, pode gerar uma ortophoto, possibilitando a aferição de medidas e a elaboração de desenhos técnicos. Para isso, pode-se utilizar alguns softwares, incluindo Autodesk Recap Photo e Recap Pró e também o Agisoft Metashape.

Passo a passo:

- 1 - Inserir imagens no programa e verificar a qualidade das mesmas. Descartar aquelas de baixa qualidade;
- 2 - Adicionar medidas tiradas previamente em X,Y e Z nas fotos;
- 3 - Gerar a nuvem de pontos esparsos;



img 5. Nuvem de pontos esparsa

Parte 1: processos de levantamento

1.2 Atividade de campo: fotogrametria.

Fotogrametria: da fotografia à ortophoto

- 4 - Excluir pontos que estejam fora da área de interesse;
- 5 - Gerar nuvem de pontos denso;
- 6 - Aplicar texturas à foto;
- 7 - Gerar a ortophoto.

Importante: é possível exportar as orthophotos como imagens para serem inseridas em programas de modelagem, como Revit, etc, e servirem de base para a produção de famílias.



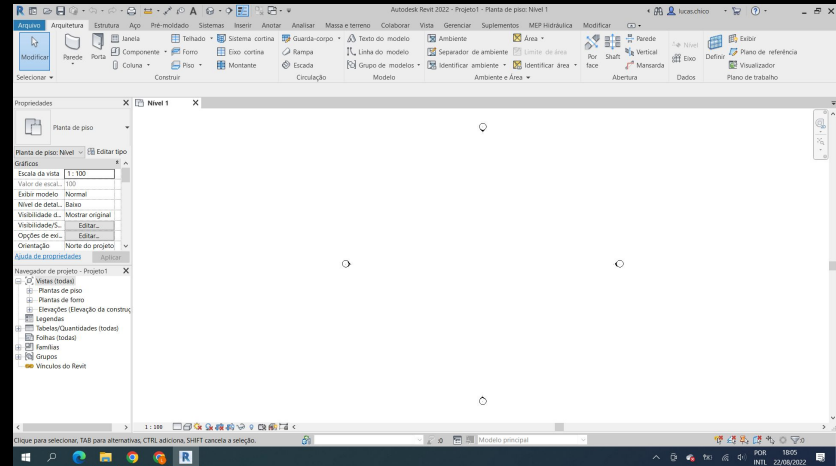
img 6. Ortophoto

Parte 2: processos de modelagem

1.1 Modelando terrenos.

Modelar o terreno é um dos primeiros passos para a elaboração de um projeto, seja ele de arquitetura, urbanismo ou paisagismo. No caso do uso da plataforma BIM Revit, é possível criar o terreno através de 2 métodos: a modelagem no local, e a importação de curvas de nível de um arquivo AutoCad. No site da empresa, há diversos guias rápidos, que podem ser acessados a partir do

<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit?p=RVT&sort=score&page=1&v=2022&s=TERRENO>



img 7. Tela inicial do Revit

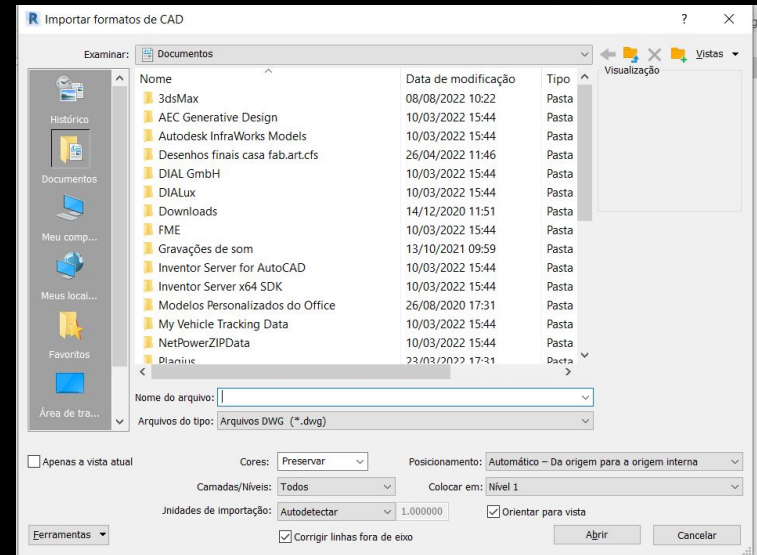
Parte 2: processos de modelagem

1.1 Modelando terrenos.

Modelar a partir da importação

Para modelar um terreno a partir de curvas de nível do Autocad, basta seguir o passo a passo:

- 1 - Ao abrir o programa, ir para inserir - importar cad;
- 2 - Ao abrir a janela de diálogo, escolha o arquivo desejado na extensão .cad, e atentar-se para as unidades de importação, origem e nível;
- 3 - Clicar em ok para que as curvas sejam importadas;
- 4 - Na vista de terreno, na aba Massa e terreno, clicar em Superfície topográfica;
- 5 - Em seguida, clicar em criar a partir da importação e selecionar Selecionar instância da importação;
- 6 - Por fim, percorrer o mouse até que esteja selecionado o arquivo .cad importado, clicar sobre ele e o terreno será gerado automaticamente



img 8. Janela de importação do arquivo CAD

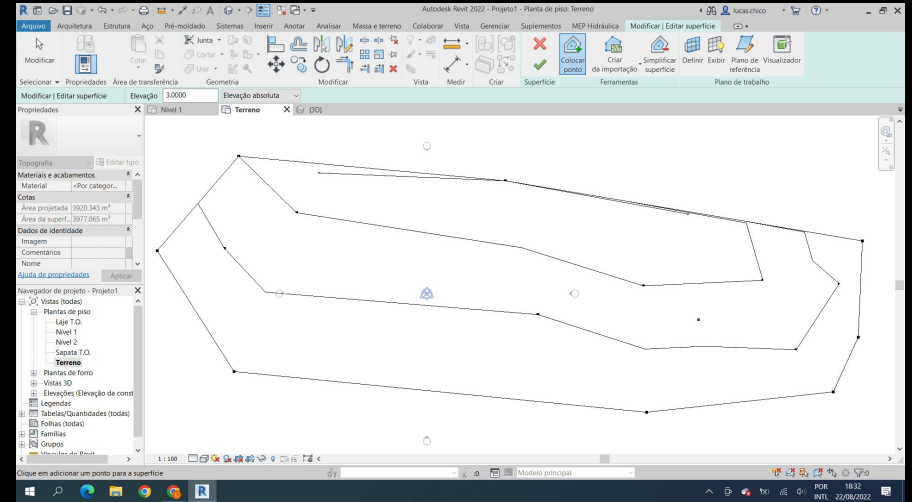
Parte 2: processos de modelagem

1.1 Modelando terrenos.

Modelar a partir de pontos internos

Para modelar um terreno a partir da criação de curvas de nível dentro do próprio Revit, é necessário

- 1 - Ao abrir o programa, ir para a aba Massa e Terreno;
- 2 - Clicar em Superfície Topográfica;
- 3 - No comando colocar ponto, escolher na barra modificar a elevação do mesmo, que pode assumir números positivos, zero ou negativos;
- 4 - Com o mouse, vá clicando e gerando os pontos da superfície topográfica conforme desejado;
- 5 - Para finalizar, clique no ícone verde ao lado do comando colocar ponto.



img 9. Terreno modelado

Parte 2: processos de modelagem

1.1 Concebendo formas.

O processo de concepção de formas pode seguir diversos métodos. O intuito é mostrar como ele pode ser auxiliado por computador, para manipulação de objetos 3D. No ambiente do Autodesk Revit, será mostrado 3 deles, sendo:

1 - Modelagem de Massas;

2 - Modelagem via Formit;

3 - Modelagem via Dynamo;

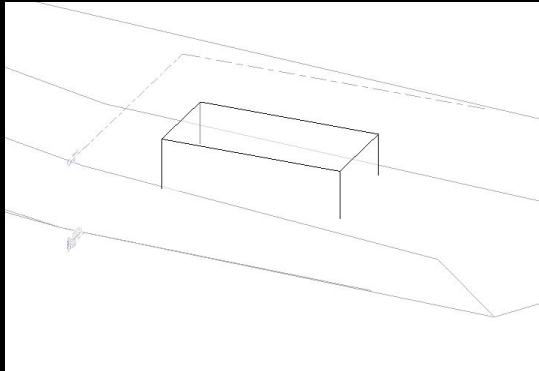
Parte 2: processos de modelagem

1.1 Concebendo **formas**.

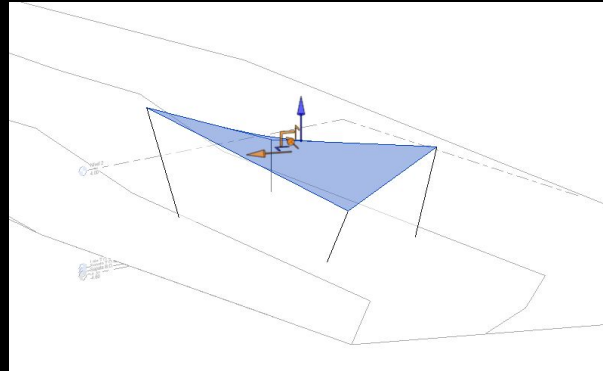
Utilizando o comando de massas

Esse comando permite criar formas 3D manipuláveis em suas faces, arestas e vértices. Na aba Massa e Terreno, podemos escolher a opção de massa no local, e a partir daí, traçar uma geometria plana de base. Com o comando Criar Forma, é possível extrudar essa geometria em um sólido, para então ser manipulado. Mais informações no link:

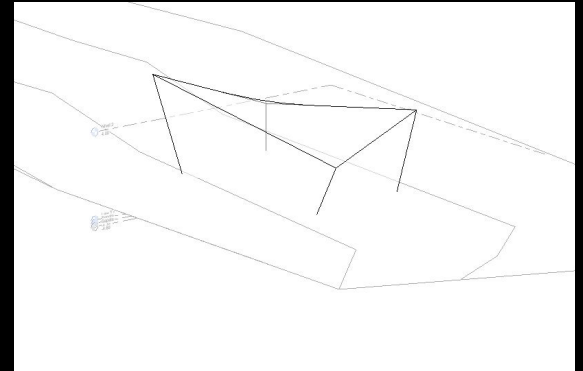
https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit?p=RVT&sort=score&page=1&v=2022&s=massa&p_di_sp=Revit



img 10. Geometria inicial



img 11. Manipulação da forma



img 12. Resultado

Parte 2: processos de modelagem

1.1 Concebendo **formas**.

Utilizando o Form iT

O Form iT é uma plataforma anexada ao Autodesk Revit que contém uma série de recursos para a modelagem 3D livre, permitindo estudos volumétricos, quantitativos de áreas, simulações solares, e etc.

Mais informações no link <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/formit/learn-explore/caas/simplecontent/content/form-it-and-revit-for-programming-studies.html>

Utilizando o Dynamo

O Dynamo é um programador visual que, semelhantemente ao grasshopper, permite a formação de rotinas para a exploração de geometrias complexas, como também automatização de tarefas. Mais

informações no link <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit?sort=score&s=dynamo&page=1>

Parte 2: processos de modelagem

Processos de modelagem

- No desenvolvimento do TGI, a escolha dos processos para materialização das ideias é fundamental para a construção do trabalho, bem como para a prática projetual na vida profissional.
- Alguns softwares são mais adequados para determinadas escalas de projeto e intenções do trabalho. É importante analisar os seus objetivos e necessidades.

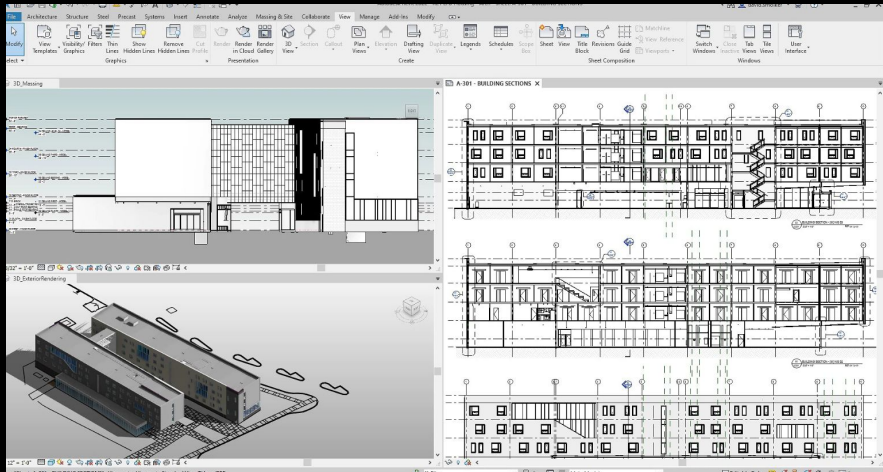
2.3 Projeto de **arquitetura**

2.4 Projeto de **paisagismo**

2.5 Projeto **urbano**

Parte 2: processos de modelagem

2.3 Projeto de arquitetura

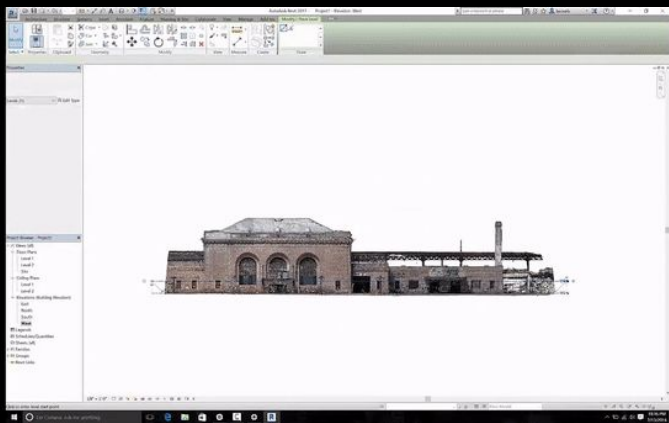


Revit (Autodesk)

Licença estudante

- Análise (custos e monitoramento de desempenho, por exemplo)
- Visualização (vistas mais realistas, cortes e possibilidade de estender a realidade virtual)
- Coordenação e colaboração (compartilhar e sincronizar processos).

<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>



Parte 2: processos de modelagem

2.3 Projeto de arquitetura

Revit (Autodesk)

Licença estudante

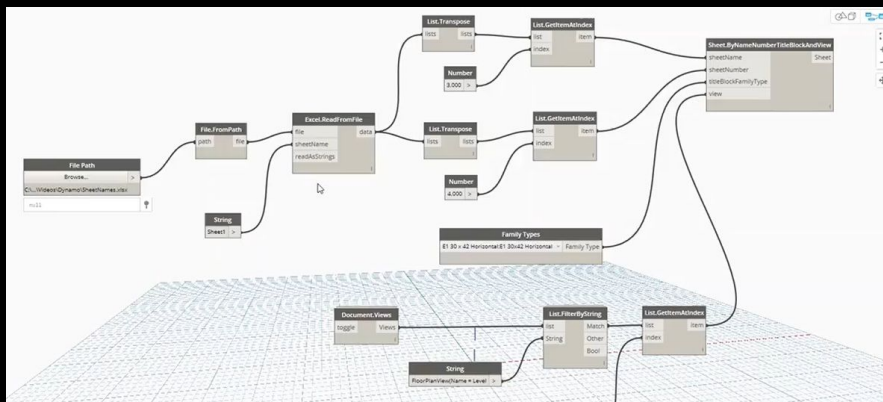
Revit + ReCap

Importar, visualizar e converter dados de pontos da nuvem.

Revit + Dynamo

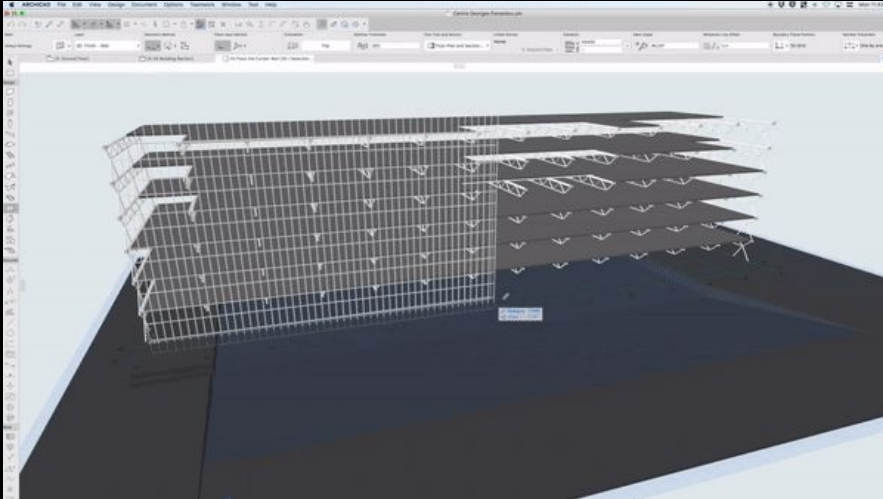
Automatizar fluxos de trabalho de rotina.

<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>



Parte 2: processos de modelagem

2.3 Projeto de arquitetura



Archicad (Graphisoft)

Licença estudante

- Modelagem
- Visualização
- Colaboração
- Documentação

<https://graphisoft.com/br/solucoes/archicad#design>

Parte 2: processos de modelagem

2.4 Projeto de paisagismo

Infraworks (Autodesk)

Licença estudante

- Agregar volumes de dados para gerar modelos de contexto associados a informações
- Simplificar processos com ferramentas de design que incorporam princípios de engenharia

<https://www.autodesk.com.br/products/infraworks/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>



Parte 2: processos de modelagem

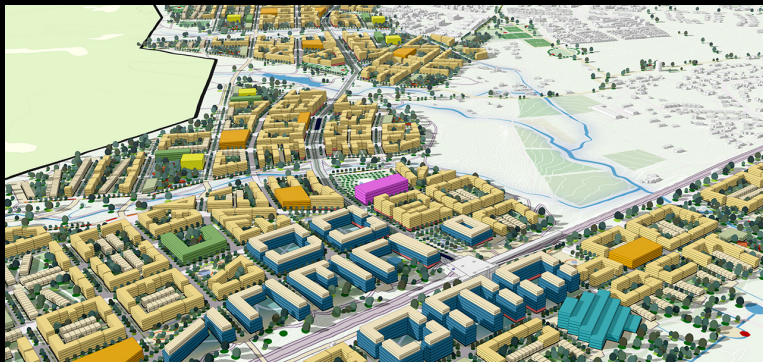
2.4 Projeto de paisagismo

City Engine (Esri)

pago | 21 dias trial grátis

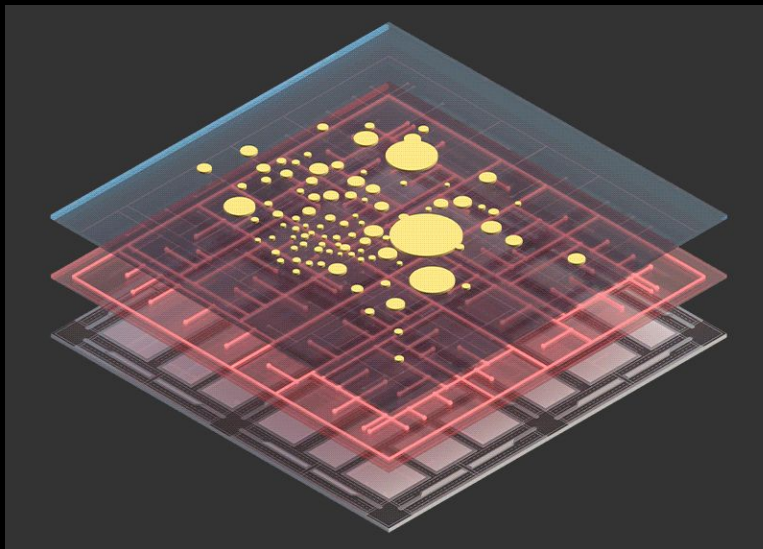
- Construir ambientes urbanos com modelagem procedural e scripts.
- Visualizar e avaliar cenários
- Integração com fluxos de trabalho atuais, exportando suas cenas CityEngine como formatos de dados 3D padrões.

<https://www.esri.com/pt-br/arcgis/products/arcgis-cityengine/overview>



Parte 2: processos de modelagem

2.5 Projeto urbano



ArcGIS Urban (Esri)

pago | 21 dias trial grátis

Com grande integração com o ArcGIS CityEngine, o ArcGIS Urban pode transformar estudos de massa em projetos urbanos detalhados para visualização e experiências de realidade virtual.

<https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-urban/overview>

Produto estudo HIDS| Curso 90E- FECFAU Unicamp 2020-2021



<https://sites.google.com/unicamp.br/especializacao/tauec/produtos>

Fonte: Ileri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA,

#1

Whole Plot

PLOT PARAMETERS	
Plot Area:	1676.14 m ²
Default Land Use:	Residential
GENERAL SITE LIMITS	
Maximum Permitted FAR:	1.00
Max. Permitted Site Coverage:	60 %
Max. Permitted Building Height:	25.00 m
MINIMUM DISTANCES	
Percentage of Building Height:	33.33 %
Min. Dist. Between Buildings:	4.00 m

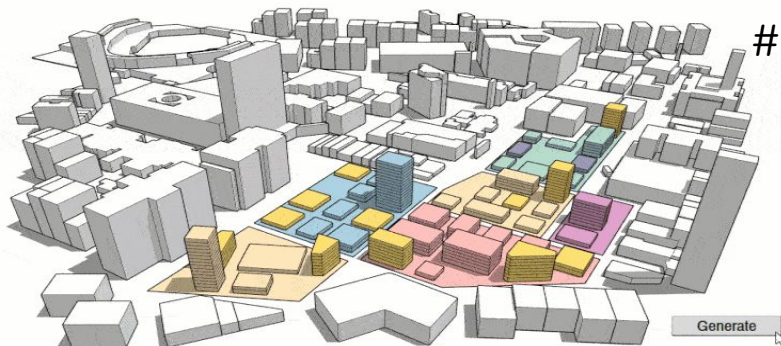
Parte 2: processos de modelagem

2.5 Projeto urbano

Modelur (AgiliCity d.o.o.)

Trial 14 dias | 14 euros (versão lite)

#2



Fornecer ferramentas para testar opções de ocupação urbana no ambiente de modelagem 3D (Rhinoceros3D ou Sketchup), sem ter que recalcular manualmente áreas e outros parâmetros no Excel.

<https://modelur.com/>

#3

BUILDING
 Gross Floor Area: 6,276.56 m²
 Built-up Area: 1,058.25 m²
 Building Height: 22.0 m
 Number of Storeys: 7

CITY BLOCK
 City Block Area: 8,236.41 m²
 Gross Floor Area: 11,132.38 m²
 Built-up Area: 2,260.7 m²
 Floor Area Ratio: 1.35
 Site Coverage: 27.45 %

WHOLE PLOT
 Whole Plot Area: 104,094.99 m²
 Gross Floor Area: 154,913.93 m²
 Built-up Area: 46,349.6 m²
 Floor Area Ratio: 1.49
 Site Coverage: 44.53 %

Parte 2: processos de modelagem

2.5 Projeto urbano

Modelur (AgiliCity d.o.o.)

Trial 14 dias | 14 euros (versão lite)

#4

Building name	Building ID	Gross Floor Area (% of GFA)	Gross Floor Area (m ²)	Built-up Area (m ²)	Building Height (m)	Number of Storeys	Required Green Area (m ²)	Required Parking Spaces
Complex Building 1	10018823	100%	5795.95	2285.97	9.8	3	10,862.24	1455.01

Building Use

- Shop: 20%
- Residential: 20%
- Office: 20%
- Service: 40%

Building Height (m)

0 to 12

0.0

#1 Definição de requisitos de design

#2 Geração de volumes de construção

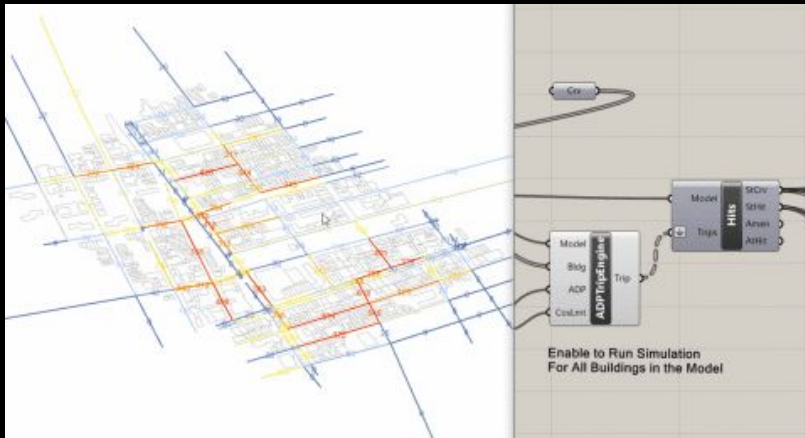
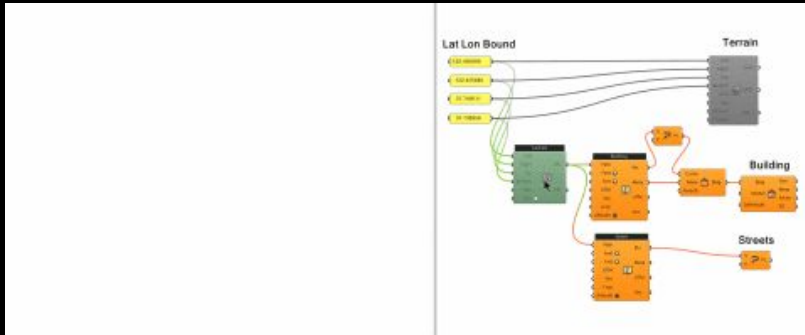
#3 Manipulação da forma, a partir das decisões projetuais

#4 Sincronização dos dados com planilhas do Excel

<https://modelur.com/>

Parte 2: processos de modelagem

2.5 Projeto urbano



Urbano (Timur)

grátis

Plug-in do Grasshopper

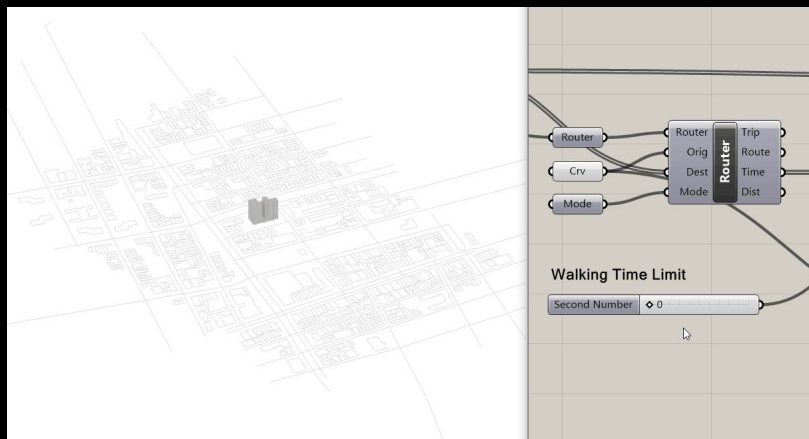
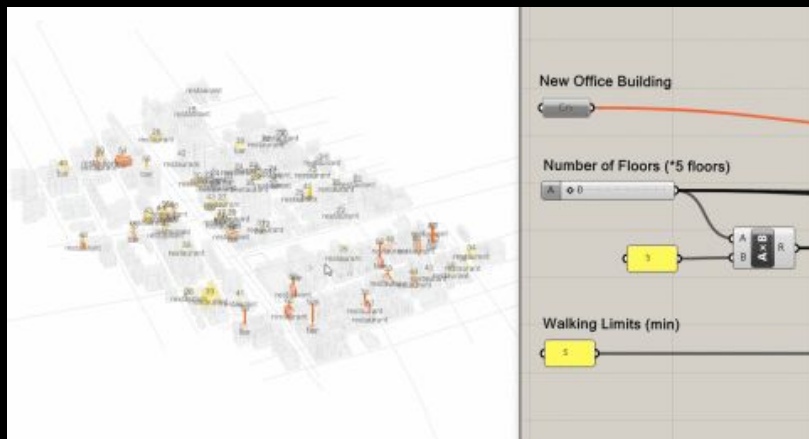
- Download de dados geoespaciais

- Importar e agregar dados

- Procurar e modificar metadados

- Pré-processamento e construção de um modelo de mobilidade

<https://urbano.io/>



Parte 2: processos de modelagem

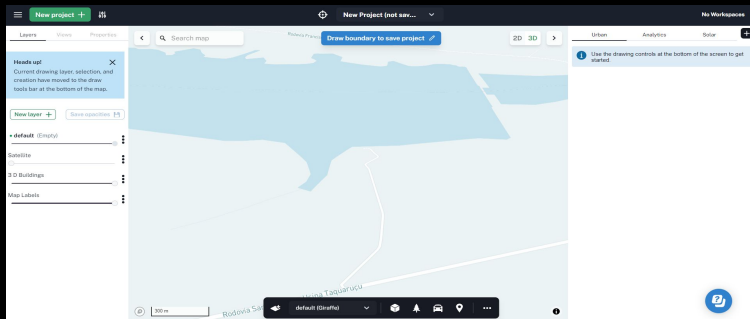
2.5 Projeto urbano

Urbano (plug-in grasshopper)

grátis

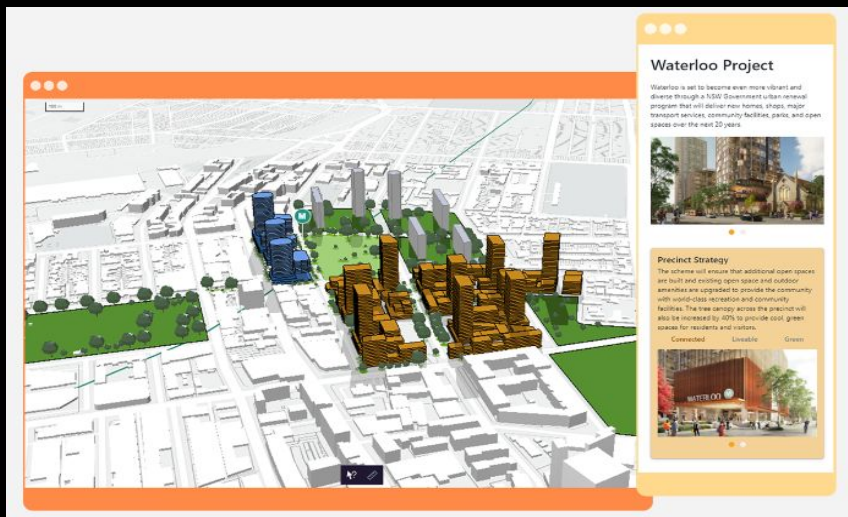
- Achar rotas entre pontos diferentes a partir de diferentes modais de transporte
- Simulação de diferentes rotas
- Análise de amenidades (*Streetscore*, *Amenityscore* e *Walkscore*)
- Fluxo integrado com CAD (bake da geometria para exportação)

<https://urbano.io/>



Parte 2: processos de modelagem

2.5 Projeto urbano



Giraffe

versão básica grátis | web

A partir da modelagem, Giraffe "lê" os dados, consulta o design e calcula uma série de dados de ocupação, incluindo índice de eficiência que combina uma série de parâmetros.

- Combinação de mapas shapefile ou pdf vetorial, criando camadas de informação e permitindo análise e classificação.
- Por ser em web, facilita o compartilhamento.

<https://www.giraffe.build/>



Parte 2: processos de modelagem

Extra

3D Cityplanner (StrateGis)

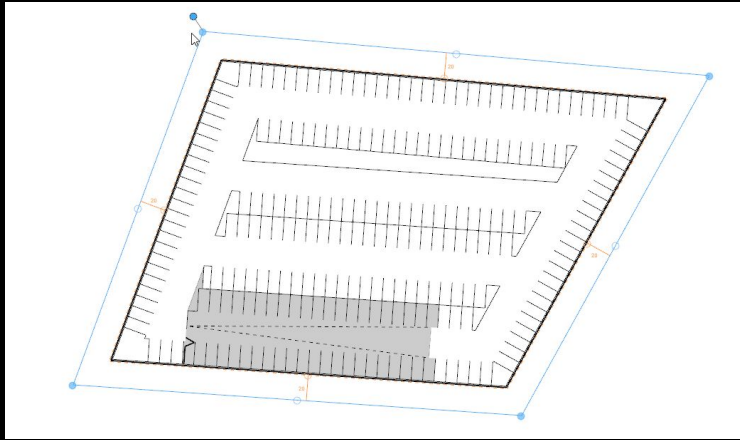
pago | trial 14 dias | € 750/mês

A nível de estudo de massas, o Cityplanner une configuração de projeto, masterplan, Digital Twin City.

-Possível de importar modelos BIM, IFC, SketchUp, 3d max ou citygml



<https://3dcityplanner.com/en/>



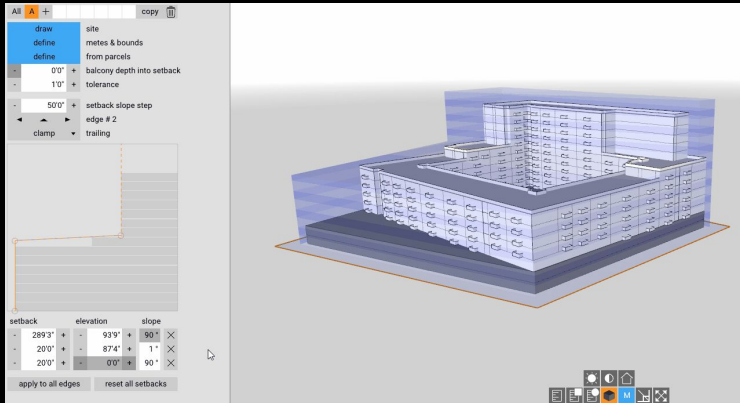
Parte 2: processos de modelagem

Extra

TestFit

free trial

- Software de viabilidade imobiliária com insights em tempo real para projetar, construtibilidade e custo para construção civil



<https://testfit.io/>

Parte 2: processos de modelagem

Extra



TestFit

free trial

- Geração de massa do edifício a partir de dados GIS
- Construção de estacionamento em segundos
- Mix de unidades e usos

<https://testfit.io/>

Parte 3: processos de fabricação digital

Breve introdução

Fabricação digital

Produção de objetos físicos a partir de modelos digitais

Existem dois métodos básicos de produção:

- Adicionando material (processo aditivo)
em que a máquina vai adicionando material, camada por camada, até formar a peça completa.
- Removendo material (processo subtrativo)
em que a máquina dá forma ao objeto final, retirando material em excesso até que só fique a forma desejada.



Imagem: Fernando
Albuquerque, UFPE, 2022

Parte 3: processos de fabricação digital

Breve introdução

Etapas do processo

dependendo do tipo de arquivo inicial e do equipamento que vai ser usado para o produzir, este processo pode ter algumas variações.

1. Modelar
2. Exportar
3. Validar
4. Converter em instruções de Fabricação (G -Code)
5. Fabricar



Imagem: Fernando
Albuquerque, UFPE, 2022

Parte 3: processos de fabricação digital

Breve introdução

1. Modelar

- Modelagem de Sólidos (Solid Modelling)

Objetos modelados preenchidos por dentro. Esse tipo permite cálculos e simulações (e.g. peso do objeto, condutividade térmica, etc).

- Modelagem de Superfícies (Surface Modelling)

O que modelamos são as “paredes” do modelo. Todos os modelos são vazios por dentro. A maior parte dos programas CAD livres ou abertos usam este princípio. Como modelos de superfície, é preciso algum cuidado para não deixar “buracos” nas superfícies.

Parte 3: processos de fabricação digital

Breve introdução

2. Exportar

Independentemente do tipo de fabricação, no final da modelagem deve-se ter um arquivo compatível, que muitas vezes é um arquivo .STL.

Um arquivo .STL é uma representação pura da geometria de um objeto. Não tem informação sobre cor, material, textura ou massa.



Imagem: Profa.Dra Leticia
Mendes , UFPE, 2022

Parte 3: processos de fabricação digital

Breve introdução

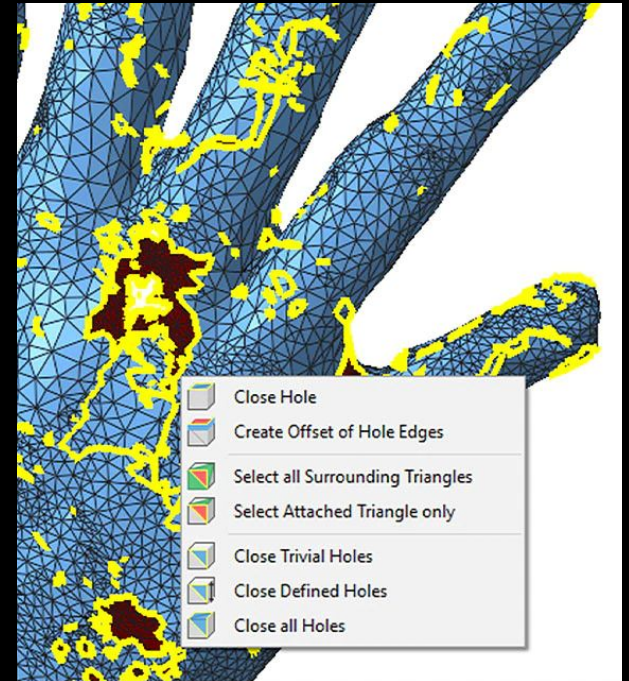
3. Validar

Verificar se não tem erros ou geometria ambígua e definir a escala e orientação da peça.

Isso permite fazer um melhor aproveitamento do volume de trabalho da máquina.

Programa gratuito e muito usado para reparar arquivos para impressão 3D é o **Netfabb** em sua versão Basic. Ele faz uma limpeza de polígonos (num arquivo .STL).

Imagem:
<https://www.autodesk.com/products/netfabb/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>



Parte 3: processos de fabricação digital

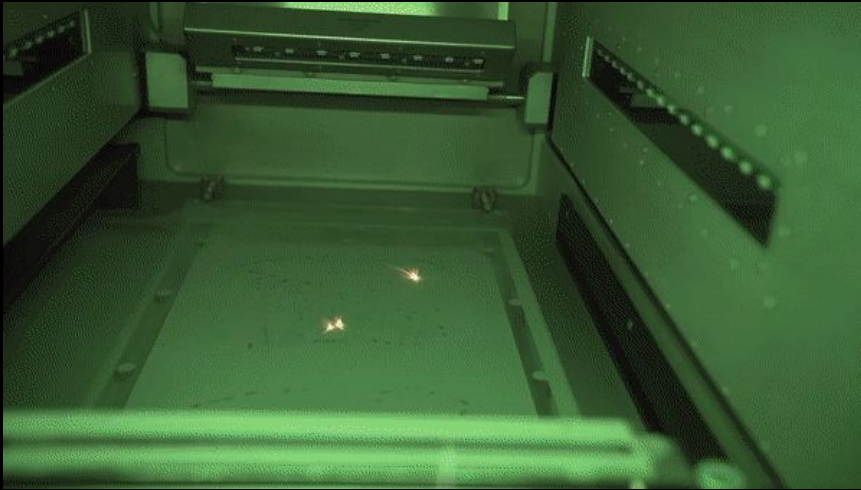
Breve introdução

4. Converter em Instruções de Fabricação (G -Code)

Com um arquivo de instrução de fabricação, a impressora 3D, por exemplo, pode determinar o conjunto de passos que deve executar para produzir o design.

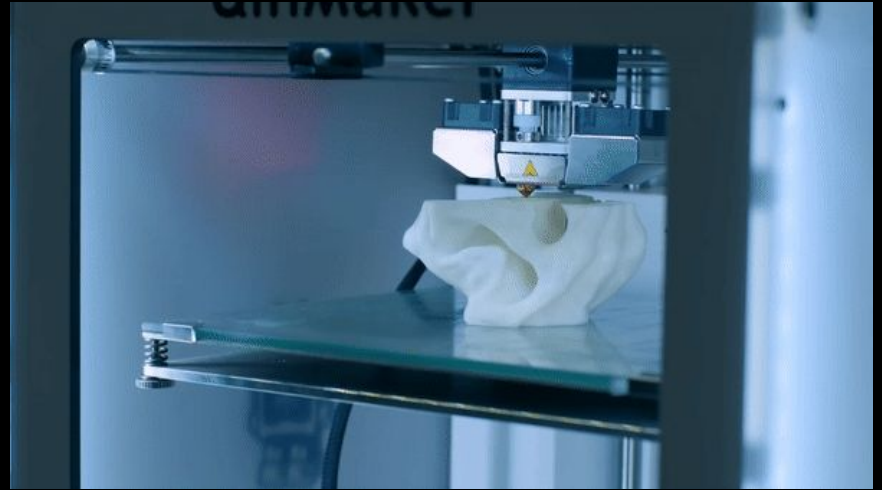
Parte 3: processos de fabricação digital

3.1 Cortadora à laser



Vídeo:
<https://www.autodesk.com/products/netfabb/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

3.2 Impressão 3D



Vídeo:
https://www.youtube.com/watch?v=gL_KuEu9ABQ&ab_channel=MassachusettsInstituteofTechnology%28MIT%29

Parte 3: processos de fabricação digital

Apresentação ou desenvolvimento

Seja qual for o processo, a fabricação digital em muito pode contribuir no projeto do TGI. Recomenda-se usar os recursos disponíveis para ilustrar a ideia final, como também apresentar detalhes e testar soluções no decorrer do processo.



Vídeo:
<https://www.youtube.com/watch?v=-UUM9YfOhXo&t=589s>