

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

GABRIEL ALTENHOFEN SILVERA

DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO PARA CONFECÇÃO DE MODELOS

Porto Alegre

2012

GABRIEL ALTENHOFEN SILVERA

DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO PARA CONFECÇÃO DE MODELOS

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Curso de Design de Produto,
da Faculdade de Arquitetura da UFRGS,
como quesito parcial para a obtenção do
título de Designer.

Orientador: Fábio Pinto da Silva

Porto Alegre

2012

GABRIEL ALTENHOFEN SILVERA

DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO PARA CONFECÇÃO DE MODELOS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura da UFRGS, como quesito parcial para a obtenção do título de Designer.

Banca Examinadora:

.....
Prof. Dr. Fábio Pinto da Silva - Orientador

.....
Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira - UFRGS

.....
Prof. Dr. Luís Henrique Alves Cândido - UFRGS

.....
Prof. Me. Mauro Erlei Schneider Martin - Externo

Conceito:.....

Porto Alegre, de de

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem como objetivo o projeto de um equipamento para a confecção de modelos físicos de representação para o uso no processo de desenvolvimento de produtos. Em um primeiro momento, a pesquisa de contextualização levou à identificação dos escritórios de design de produto como público-alvo principal. Foram levantadas as necessidades deste público, através de pesquisa bibliográfica, visitas técnicas, entrevistas com designers e um questionário online que, com a utilização de ferramentas do desdobramento da função qualidade (QFD), culminou no planejamento da qualidade desejada para o projeto. Então, selecionou-se uma das tecnologias existentes estudadas para a confecção de modelos - que fosse apropriada ao ambiente de escritórios -, no caso, o fresamento; a partir do qual desenvolve-se o projeto preliminar do produto em questão.

Leva-se em conta os requisitos do usuário no mesmo peso em que se considera o ambiente de inserção final do produto, como local de trabalho; os quais requerem diversos atributos ligados ao conforto e facilidade de uso.

A resolução do problema de projeto apresenta um equipamento de prototipagem por fresamento para uso em escritórios de design, que tenham por objetivo o uso de modelos de estudo formal e funcional, com o objetivo final de que essas ferramentas de projeto assegurem qualidade, fidelidade e racionalidade ao designer e ao usuário final.

Palavras-chave:

modelos - protótipos - design de produto - escritório de design - fresamento

ABSTRACT

This Course Graduation Project aims to design a prototype manufacturing apparatus for use in the product development process. In the first module, a contextualization research led to the identification of product design offices as primary target customers. We then gathered these customers' needs, through literature, technical visits, interviews with designers and an online survey, and then were used some tools from quality function deployment (QFD) to plan the desired quality for the project. After that, one of existing technology for making models was selected - which were considered appropriate to the office environment - in the case, milling, from which develops the preliminary design of this product.

It takes into account user requirements at the same weight when one considers the environment insertion of the final product, such as the workplace, requiring several attributes related to comfort and ease of use.

Solving the design problem presents a milling equipment for design offices, which use this technology to generate models to formal and functional studies, the ultimate goal of these design tools are to ensure quality, dependability and rationality to the designer and the end user.

Keywords:

prototypes - tridimensional models - product design - design office - milling

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVOS	9
1.1.1 Objetivo Geral	9
1.1.2 Objetivos Específicos	9
2 PLANEJAMENTO	10
2.1 ESCOPO DO PRODUTO	10
2.2 ESCOPO DO PROJETO	10
2.2.1 Metodologia	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1 CONCEITOS GERAIS EM MODELOS DE REPRESENTAÇÃO FÍSICA	13
3.1.1 Objetivo dos modelos	14
3.1.2 Formas de representações dos produtos	15
3.1.3 Técnicas de obtenção das representações físicas dos produtos	16
3.2 CONCEITOS GERAIS EM USINAGEM	17
3.3 CONCEITOS GERAIS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA	19
3.3.1 Processos baseados em líquido	22
3.3.2 Processos baseados em sólido	25
3.3.3 Processos baseados em pó	28
4 PROJETO INFORMACIONAL	33
4.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	33
4.2 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS	33
4.3 LEVANTAMENTO DE NECESSIDADES	35
4.3.1 Pesquisa em material publicado	35
4.3.2 Locais visitados	36
4.3.3 Entrevistas	48
4.3.4 Questionário	49
4.3.5 Resumo das necessidades e conversão em requisitos de usuários	54
4.3.6 Planejamento da qualidade desejada	55
4.4 AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS EXISTENTES	59
4.4.1 Levantamento de similares	63
4.5 SELEÇÃO DA TECNOLOGIA	75
4.5.1 Atendimento dos requisitos	77
4.6 ARQUITETURA DO PRODUTO	78
4.6.1 Avaliação comparativa dos produtos disponíveis - Fresadoras	80
5 PROJETO CONCEITUAL	90
5.1 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO	90

5.1.1 Estrutura	90
5.1.2 Acionamentos	92
5.1.3 Conversão e transmissão dos movimentos	93
5.1.4 <i>Spindle</i>	94
5.1.5 Dimensionamento	95
5.2 SEMÂNTICA DO PRODUTO	97
6 PROJETO PRELIMINAR	99
6.1 GERAÇÃO DE IDEIAS	99
6.2 MODELAGEM VIRTUAL	103
6.3 SOLUÇÃO ALCANÇADA	103
6.4 SIMULAÇÃO DIGITAL.....	112
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
REFERÊNCIAS	118
OBRAS CONSULTADAS	120
ANEXOS E APÊNDICES	121

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, indústria e consumidores têm esperado níveis cada vez mais altos de qualidade e confiabilidade dos produtos. Existe uma crescente pressão no ambiente empresarial para introduzir novos produtos em intervalos de tempo cada vez mais curtos e, ao mesmo tempo, oferecer desempenho superior (MCDONALD et al., 2001).

O processo de desenvolvimento de produtos (PDP) é uma atividade sistemática que abrange diversas etapas, desde a identificação da necessidade dos clientes, passando pela geração de possíveis soluções, planejamento do projeto produtivo, até o acompanhamento pós-venda do produto.

Uma das formas que se encontrou para enxugar esse processo é o andamento em paralelo de suas atividades, fazendo com que os diferentes setores de uma empresa trabalhem em conjunto. Desta forma, é possível que, ao mesmo tempo em que o conceito de um novo produto está sendo criado pelo setor de desenvolvimento, a engenharia de produção esteja pensando em como alocar recursos para sua futura manufatura, e o setor de marketing esteja testando a aceitação deste conceito com clientes potenciais (VOLPATO, FERREIRA e SANTOS, 2007).

A prototipagem física potencializa este processo em paralelo, possibilitando que toda a equipe consiga compreender a evolução do projeto independentemente de sua especialidade, fazendo com que o entendimento não dependa de conhecimentos específicos de representações bidimensionais, e sim de uma representação o mais próxima possível do produto final (VOLPATO, FERREIRA e SANTOS, 2007).

A qualidade tátil proporcionada pelo modelo físico é importante, tendo em vista que o ser humano tem um instinto natural de manusear os objetos para melhor entendê-los (BAIRSTOW et al., 1999), além de reduzir a possibilidade de falhas e de aumentar a qualidade do produto final (VOLPATO, FERREIRA e SANTOS, 2007). Estes modelos – em comparação aos modelos virtuais ou representações bidimensionais – são capazes de passar a real sensação do tamanho e proporção de um design, assim como possibilitam testes ergonômicos e verificação da qualidade formal do objeto.

Além disso, existem outras diversas vantagens no uso de modelos físicos durante o PDP, um dos pontos mais interessantes do uso de protótipos físicos é detecção de fenômenos inesperados no uso de produtos em desenvolvimento. Diferentemente dos modelos analíticos, num objeto tangível todas as leis da física estão agindo simultaneamente, podendo assim ser previstos, por exemplo, comportamentos térmicos ou óticos que dificilmente seriam identificados com prototipagem virtual (ULRICH e EPPINGER, 2008).

Por outro lado, segundo Baxter (1998), para que no decorrer do desenvolvimento de um produto seja mantida a ênfase no projeto, é necessário que as atividades

do PDP sejam ágeis e confiáveis para que não se tornem empecilhos na busca de melhores resultados finais. O tempo é um dos condicionantes mais relevantes quanto aos resultados obtidos no desenvolvimento de novos produtos, assim como a necessidade de verificação das escolhas de projeto. Devido ao consumo de tempo e desvio de atenção da equipe de projeto, o desenvolvimento de modelos pode trazer alguns problemas ao andamento do projeto, estes recursos poderiam ser mais bem aproveitados se estivessem focados em atividades que adicionem mais valor ao produto. Baxter (1998) sugere que só se construam protótipos quando se esgotarem todas as demais fontes de informação, além de tentar substituí-los por esboços ou desenhos de apresentação sempre que possível.

Neste contexto, o constante desenvolvimento de tecnologias de prototipagem virtual e física assume grande relevância no PDP, possibilitando o melhor aproveitamento do tempo e recursos disponíveis, fazendo com que verificações e alterações possam ser feitas o quanto antes, diminuindo o investimento necessário (BAXTER, 1998). Com o advento dos processos de fabricação por controle numérico computadorizado (CNC) e, posteriormente, das tecnologias de prototipagem rápida, é possível hoje criar protótipos funcionais em questão de horas. Segundo Chua, Leong e Lim (2010) e Wohlers (2011), desde a década de 80, já surgiram mais de 30 tecnologias de prototipagem rápida, assim como outras técnicas já consagradas para confecção de peças físicas com precisão e alta velocidade – como a usinagem CNC.

A utilização das tecnologias supracitadas ainda hoje depende de recursos que, geralmente, escritórios de design e profissionais autônomos, não têm condições de manter, como, por exemplo: mão-de-obra técnica qualificada e dedicada à operação, treinamento e conhecimento detalhado da tecnologia envolvida. Por se tratarem de equipamentos importados, a assistência técnica, assim como a manutenção de forma geral, é um fator coibitivo na hora da adoção da tecnologia.

Embora exista uma tendência de diminuição do investimento inicial requerido para a aquisição deste tipo de equipamento, a matéria prima utilizada no processo de prototipagem rápida é, na maioria dos casos, restrita ao material fornecido pelo próprio desenvolvedor da tecnologia e é bastante onerosa.

Existem ainda características intrínsecas aos processos de prototipagem que perturbam o fluxo normal de trabalho em escritórios de criação. Dependendo do equipamento adotado, durante a utilização destas máquinas podem ser gerados odores, ruídos e sujeira, que prejudicam a concentração e bem-estar da equipe.

Percebe-se, então, a necessidade de desenvolvimento de um equipamento, que possibilite a confecção de modelos físicos, com características de funcionamento compatíveis com o ambiente de trabalho dos escritórios de design ou arquitetura, que atendam as reais necessidades dos usuários em questão, e proporcione as vantagens das tecnologias existentes para confecção de modelos e protótipos de forma rápida e

eficiente.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho visou desenvolver um equipamento que facilite a criação de modelos de representação física de produtos, atendendo às necessidades identificadas. O projeto considerou as tecnologias existentes, as motivações e limitações dos usuários, além do ambiente onde o produto será inserido.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral descrito acima, durante o primeiro módulo do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC I), foram abordados os seguintes tópicos:

- a) Conhecer o público-alvo;
- b) Avaliar os métodos existentes para confecção de modelos físicos;
- c) Conhecer os equipamentos existentes e suas tecnologias;
- d) Qualificar, quantificar e analisar as necessidades dos usuários deste tipo de equipamento;
- e) Definir parâmetros de projeto baseados nos requisitos dos usuários e nas tecnologias existentes;

O segundo módulo deste trabalho (TCC II) teve os seguintes tópicos como objetivos específicos:

- a) Definir o conceito do produto;
- b) Gerar diferentes alternativas de solução.
- c) Revisão e ampliação do conjunto de soluções geradas;
- d) Seleção da alternativa que melhor atender aos requisitos de projeto;
- e) Detalhamento técnico da solução selecionada;
- f) Validação do resultado obtido.

2 PLANEJAMENTO

A seguir, são apresentadas as etapas do projeto relativas ao escopo do produto, escopo do projeto e método utilizado no presente trabalho, estas são etapas descritas por Back et al. (2008) como integrantes do planejamento do projeto.

2.1 ESCOPO DO PRODUTO

O objeto resultante do presente trabalho consiste em um equipamento para confecção de modelos físicos, destinado ao uso em escritórios de desenvolvimento de projetos (principalmente design de produto), oferecendo facilidade de uso e segurança a quem opera. O produto deve atender às necessidades identificadas dos usuários e às restrições do ambiente no qual será inserido.

2.2 ESCOPO DO PROJETO

Este projeto contempla a pesquisa de soluções existentes para situações similares, uma revisão bibliográfica dos conhecimentos envolvidos no desenvolvimento do produto proposto, além da análise das atividades envolvidas na confecção de modelos físicos. Para atingir o objetivo geral do projeto, o trabalho foi dividido em três grandes etapas apresentadas por Back et al. (2008): planejamento do projeto; projeto informacional; e projeto conceitual. Cada uma destas etapas requer atividades específicas e suas respectivas validações, abaixo são comentados os principais pontos de cada uma das etapas:

- a) Planejamento do Projeto: etapa de definição de conceitos, metodologia a ser seguida e ferramentas para auxiliar no desenvolvimento das futuras etapas;
- b) Projeto Informacional: etapa que consiste na pesquisa teórica dos conhecimentos relativos ao tema do projeto, na definição do problema de projeto, na identificação e caracterização do público-alvo a ser atendido, e no processo de levantamento das necessidades deste público e sua conversão em especificações de projeto para a etapa de projeto conceitual;
- c) Projeto Conceitual: etapa de desenvolvimento do produto em si, através da geração de alternativas de solução ao problema, sua seleção embasada nos conhecimentos adquiridos na etapa anterior, e no refinamento da solução escolhida.

2.2.1 Metodologia

Para o desenvolvimento das etapas citadas, foi utilizado o processo de desenvolvimento de produto apresentado por Back et al. (2008), de forma adaptada às necessidades específicas do projeto em desenvolvimento. Serviram de apoio os métodos e ferramentas apresentados por Baxter (1998) e por Ulrich e Eppinger (2008).

Abaixo são listadas as principais atividades do projeto:

- a) Planejamento do Projeto
 - Pesquisa bibliográfica/contextualização
 - Delimitação do tema
 - Elaboração do cronograma
- b) Projeto Informativo
 - Revisão bibliográfica
 - Problematização
 - Identificação e caracterização dos usuários
 - Seleção de mercado-alvo
- c) Análise dos concorrentes
 - Pesquisa em material publicado
- d) Obtenção das necessidades dos usuários
- e) Identificação das necessidades dos usuários
 - Entrevistas
 - Observação de uso
 - Pesquisa em material publicado
 - Pesquisa das necessidades de mercado
 - Qualitativa: Usuários de equipamentos de prototipagem e nicho pretendido
 - Quantitativa: Idem ao anterior e estudantes e demais profissionais da área (usuários de protótipos).
- f) Avaliação comparativa dos produtos disponíveis
 - Benchmarking
 - Levantamento de similares
- g) QFD
 - Transformação das necessidades em requisitos de usuários
 - Planejamento da qualidade desejada
 - Peso da qualidade demandada
 - Seleção da tecnologia
- h) Estudo da arquitetura do produto
- i) Avaliação comparativa dos produtos disponíveis - Fresadoras
- j) Projeto Conceitual

- Análise dos princípios de funcionamento
 - Seleção dos subsistemas
 - Semântica do produto
- k) Desenvolvimento
- Geração de ideias
 - Volumetria
 - Arranjo
 - Detalhamento

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 CONCEITOS GERAIS EM MODELOS DE REPRESENTAÇÃO FÍSICA

Segundo o dicionário Houaiss, modelo é “representação, em escala reduzida, de objeto, obra de arquitetura etc. a ser reproduzida em dimensões normais”. No presente trabalho, será utilizado, de forma genérica, o termo “modelo” para denominar todo artefato criado com o objetivo de ser uma aproximação de um produto (ou sistema), ou seus componentes, em uma ou mais dimensões de interesse (ULRICH e EPPINGER, 2008; CHUA, LEONG e LIM, 2010).

Para Ulrich e Eppinger (2008), existem duas dimensões nas quais os modelos podem ser classificados. A primeira delas é a diferenciação de um modelo físico frente a um modelo analítico. Modelos físicos são artefatos tangíveis, criados para se aproximar, em um ou mais aspectos, do produto final. É exemplo de modelo físico uma prova-de-conceito utilizada para testar rapidamente a forma e proporção de uma ideia, ou um protótipo funcional de um componente que será utilizado para teste de uso antes que o projeto seja submetido à produção. Modelo analítico é uma forma de representação intangível, geralmente matemática, de um produto ou componente, que é utilizado para verificar alguma característica de interesse de forma mais rápida, ou de menor custo, sem a necessidade de se construir um modelo físico. Simulações tridimensionais em computador e planilhas de equações matemáticas de um sistema são exemplos de modelos analíticos de representação.

A segunda dimensão apresentada por Ulrich e Eppinger (2008) é o grau em que um modelo é abrangente ou focado. Modelos abrangentes são utilizados para representar a maioria, senão todos, os atributos de um produto. Este tipo de modelo geralmente é empregado em testes com consumidores, ou algum outro tipo de grupo de interesse (como um focus group), para uma revisão final do projeto antes que este seja lançado à produção. Por outro lado, um modelo focado serve para analisar algum aspecto específico de interesse em uma determinada etapa do desenvolvimento de um produto. Um modelo volumétrico de espuma é exemplo de modelo focado, o qual está sendo analisada sua forma ou proporção. É bastante comum o uso de dois modelos focados, um para verificar qualidades visuais e outro funcional, ao invés de um modelo abrangente mais complexo, fazendo com que algumas respostas sobre o projeto possam ser respondidas mais rapidamente no PDP.

Existe ainda um terceiro aspecto dos modelos, apresentado por Chua, Leong e Lim (2010), que é o grau de aproximação com o produto final. Analisado sob este aspecto, o modelo pode ser bastante grosseiro, como um modelo volumétrico sem qualquer tipo de acabamento superficial, empregado apenas para, num estágio inicial do desenvolvimento, comparar as dimensões de um conceito com seus concorrentes

de mercado. No extremo oposto, o modelo pode simular perfeitamente a textura e cor do produto final, este tipo de representação é comumente usada para apresentação em feiras ou para ensaios fotográficos para divulgação.

3.1.1 Objetivo dos modelos

O processo de desenvolvimento de produtos pode ser entendido como um conjunto de procedimentos sistematizados que, por sua natureza multi e interdisciplinar, envolve diversas áreas de conhecimento que possuem restrições, limitações, recomendações, imposições e aspectos bastante distintos. Para atender estas características distintas, devem ser empregadas as ferramentas adequadas (VOLPATO, FERREIRA e SANTOS, 2007).

Os modelos de representação tridimensional de produtos podem ser utilizados para os mais diversos objetivos durante este processo. Os objetivos que aparecem em comum na literatura (ULRICH e EPPINGER, 2008; BAXTER, 1998; VOLPATO, FERREIRA e SANTOS, 2007; CHUA, LEONG e LIM, 2010) são listados abaixo:

- a) **Aprendizado:** O uso de modelos físicos auxilia a identificação e resolução de questões envolvendo as necessidades, requisitos e restrições do projeto, fazendo com que a tomada de decisão seja mais fundamentada e criteriosa;
- b) **Comunicação:** As representações físicas de produtos enriquecem a comunicação entre os envolvidos no PDP por possuírem características visuais, táteis e tridimensionais que são de mais fácil e rápido entendimento do que representações bidimensionais, como desenhos técnicos e renderings. É preciso lembrar a dificuldade apresentada por pessoas leigas à área técnica de projeto para “ler” uma representação planificada, tornando a representação física fundamental;
- c) **Integração:** A utilização de modelos tridimensionais pode melhorar a integração de uma organização multicultural no desenvolvimento de um projeto. Estas representações físicas dos produtos podem ser usadas para verificar se montagens e encaixes vão funcionar, reunindo as diferentes áreas envolvidas no processo, servindo também para integrar diferentes pontos-de-vista no desenvolvimento. Um modelo físico pode ser utilizado de meio através do qual os setores de marketing, design e produção poderão chegar a um acordo sobre alguma decisão básica do projeto;
- d) **Metas:** Os modelos tangíveis possibilitam a demonstração do avanço do projeto, demonstrando que já se alcançou algum nível desejado de progresso no desenvolvimento, podendo, às vezes, servir para aprovação de um produto para “seguir adiante”. Cronogramas que preveem modelos

servem como determinadores de passo das atividades e para coordenar as etapas.

3.1.2 Formas de representações dos produtos

Dependendo dos objetivos buscados com o modelo e do estágio do desenvolvimento do projeto, recorre-se a diferentes formas de representações dos produtos para auxiliar no processo.

Não existindo consenso na literatura consultada sobre a nomenclatura destas representações, optou-se aqui por apresentar terminologia utilizada por Volpato, Ferreira e Santos (2007):

- a) Maquetes: São uma ferramenta básica para o trabalho arquitetônico de visualização volumétrica. As maquetes facilitam o entendimento da variabilidade que o desenho insinua, podendo ser classificadas como: experimentais (para simulações reduzidas), analógicas (analogias de fenômenos) e didáticas (para ensino de arquitetura e engenharia);
- b) Modelos volumétricos: São os primeiros estudos de uma proposta e visa avaliar sua ocupação do espaço através da redução das formas a suas dimensões básicas. Podendo ser utilizados diversos materiais (cartão, poliuretano, isopor, etc.), geralmente de menor custo, são executados principalmente nas fases iniciais de projeto e possuem cores neutras para verificação de delineamento formal;
- c) Mock-ups: Normalmente utilizados para estudos ergonômicos iniciais ou reavaliação do produto, sem que haja um custo elevado, os mock-ups são representações físicas, geralmente em escala natural, que imitam o produto final, posterior ao modelo volumétrico. Muitas vezes criados com os mesmos materiais utilizados nos modelos volumétricos, mas com um acabamento de qualidade um pouco superior;
- d) Modelos de apresentação: Utilizados para apresentações em eventos (exposições, feiras, etc.), divulgação fotográfica (encartes, catálogos, etc.), apresentação aos clientes, servem para as mais diversas finalidades nas quais a aparência final do produto (acabamentos e superfícies) é necessária. O mais importante deste tipo de representação é que o aspecto do modelo se aproxime ao máximo com o produto final industrializado – incluindo pinturas especiais, adesivos, etc.;
- e) Protótipo físico ou visual: Artefato tangível, empregado para prova de conceito para testar rapidamente uma ideia e realizar montagens experimentais (forma e encaixe) de componentes. Tem foco no entendimento da geometria da peça, não no seu acabamento;

- f) Protótipo analítico ou virtual: É uma maneira intangível de representação de um produto, podendo ser um conjunto de equações ou um modelo tridimensional virtual (construindo num sistema CAD), nos quais os parâmetros de interesse são analisados computacionalmente;
- g) Protótipo parcial ou focalizado: Forma de representação que permite o teste de alguma característica funcional do projeto, geralmente investiga algum subsistema do produto. Os materiais utilizados podem ser similares ao material final de produção;
- h) Protótipo completo ou funcional: Modelo físico que serve para última avaliação antes da produção final, geralmente possui a maioria, se não todos, de um componente ou produto. Em geral, utiliza os mesmo materiais do produto final, mas não necessariamente é produzido pelo mesmo processo de produção.

3.1.3 Técnicas de obtenção das representações físicas dos produtos

Existem diversas técnicas utilizadas para a obtenção de modelos tridimensionais de produtos. Devido ao tempo e custo envolvido nesta ferramenta de projeto, muitas empresas negligenciavam esta atividade até os últimos estágios do PDP antes da produção final. Com a introdução das tecnologias de prototipagem rápida na década de 1980, tem havido um grande avanço na utilização de modelos físicos durante o desenvolvimento de projetos (VOLPATO, FERREIRA e SANTOS, 2007). Abaixo são apresentadas algumas das técnicas mais difundidas para confecção destas peças:

- a) Manual: Técnica mais antiga, em determinados casos é extremamente trabalhosa e demorada, que ainda é bastante difundida principalmente nas fases iniciais do PDP, pelo baixo custo envolvido. Pode ser executada de diversas formas, dependendo principalmente do conceito formal a ser produzido e do conhecimento dos processos envolvidos. Estes processos podendo ser de três formas diferentes: subtração, retirada de porções de um substrato material para alcançar a forma pretendida; adição, obtenção do volume desejado através da união de partes confeccionadas isoladamente; e, moldagem, prática de conformação plástica de um material para atingir o formato final.
- b) Virtual: Através da evolução dos recursos computacionais, a partir da década de 1980, começaram a surgir aplicativos específicos de tecnologia CAD/CAE/CAM. Esta tecnologia baseia-se em modelos geométricos que podem ser modelados, alterados e montados com grande facilidade e velocidade, possibilitando a análise de interferências, de carregamentos, de fluidos, entre outros. Conjuntamente com essa tecnologia ocorreu o

aumento da complexidade dos produtos e, conseqüentemente, dos modelos físicos. Esta técnica é bastante difundida pelo baixo custo de alteração e velocidade, podendo concorrer com a confecção de modelos físicos em algumas aplicações, mas complementando-a em outras.

- c) Usinagem CNC: A partir da difusão das tecnologias CAD/CAM, o processo de usinagem CNC teve seu uso intensificado para obtenção de modelos tridimensionais mais complexos em menos tempo. Esta técnica será mais bem explicada mais adiante neste trabalho.
- d) Prototipagem rápida: Tecnologia introduzida no final da década de 1980, a prototipagem rápida permite a confecção de modelos através da sobreposição de camadas. Este método permite uma grande liberdade geométrica do volume construído. Detalhes deste tópico serão discutidos mais adiante neste trabalho.
- e) Ferramental rápido: Técnica utilizada para produção de modelos funcionais, quando a equipe de projeto necessita de um número maior de peças para teste no material final do componente. Este método utiliza as técnicas de usinagem CNC ou prototipagem rápida para confecção de moldes-protótipo, que possuem capacidade de produção em volume mais limitado em função das características físico-químicas dos materiais utilizados. A partir destes moldes-protótipo pode ser produzida uma tiragem reduzida do produto final, com propriedades praticamente idênticas às da peça de produção, com um custo reduzido, possibilitando testes finais e um último ajuste no projeto antes que se invista em ferramentas para volume de produção elevado.

3.2 CONCEITOS GERAIS EM USINAGEM

Segundo Silva (2011), a usinagem abrange uma gama de processos de fabricação utilizados para dar forma a um componente através da remoção de material. Atualmente, este processo é comumente automatizado, controlado por um computador, chamado de processo por CNC (comando numérico computadorizado).

Um dos processos de usinagem mais utilizados é o fresamento, o qual consiste em uma ferramenta cortante que faz um movimento de rotação e movimentos de translação sobre a peça (ou a mesa da fresadora translada). Tal processo é utilizado, por exemplo, para produzir moldes, como os utilizados para a injeção de polímeros.

É possível também utilizar a tecnologia de usinagem CNC para construção de modelos físicos a partir de um modelo CAD, esta técnica é bastante difundida na indústria para confecção de protótipos.

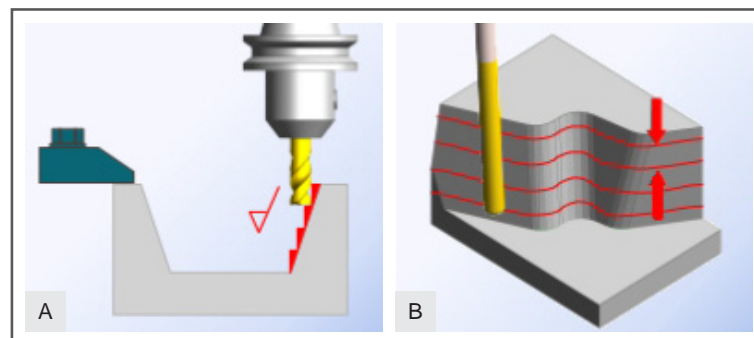
Para o adequado processo de fresamento é necessária a seleção de ferramentas e parâmetros de corte. Tipicamente as fresas são ferramentas multicortantes,

constituídas de duas ou mais arestas cortantes, destinadas à remoção do cavaco - material removido durante o processo de usinagem. De acordo com Diniz et al. (2001), as ferramentas podem ser de diversos materiais, os quais apresentem principalmente tenacidade e dureza a quente, além de resistência ao desgaste.

Parâmetros de corte são grandezas numéricas que representam valores de deslocamento da ferramenta ou da peça, adequados ao tipo de trabalho a ser executado, ao material a ser usinado e ao material da ferramenta.

Normalmente, as operações de fresamento são realizadas em etapas de desbaste e etapas de acabamento. As primeiras buscam obter dimensões próximas às finais da peça, realizando um trabalho mais grosseiro e facilitando a etapa seguinte. As segundas, então, visam obter as dimensões finais e/ou um acabamento especificado na peça (SILVA, 2011). Um dos parâmetros que diferencia o desbaste do acabamento é a profundidade de corte (Figura 1). Esta é definida como a profundidade que a ferramenta entra na peça, medida perpendicularmente ao plano de trabalho, na direção do eixo da fresa.

Figura 1 - Parâmetros de usinagem: (A) processo de desbaste e (B) profundidade de corte.

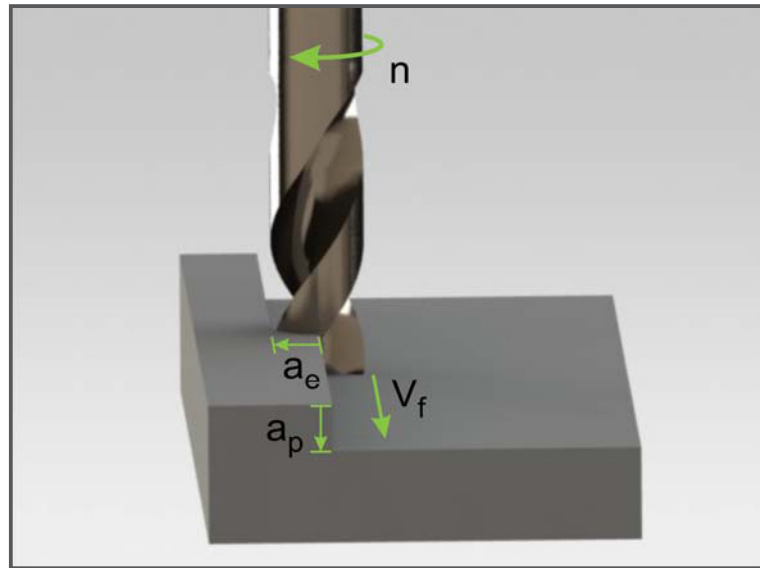


Fonte: EdgeCAM apud Silva (2011).

São também importantes os parâmetros de velocidade de corte e velocidade de avanço. O primeiro é a velocidade tangencial instantânea de um ponto da aresta de corte da ferramenta, em relação à peça. No fresamento, o movimento de corte é proporcionado pela rotação da ferramenta. Convencionalmente, este último é o parâmetro utilizado como entrada em um software CAM. A velocidade de avanço é a velocidade instantânea de um ponto sobre a aresta de corte da ferramenta, no movimento de avanço, em relação à peça.

No fresamento, o movimento de avanço é provocado pela translação da ferramenta sobre a peça ou vice-versa. A Figura 2 ilustra os principais parâmetros de usinagem.

Figura 2 - Parâmetros de usinagem: velocidade de rotação (n), velocidade de avanço (V_f), profundidade de corte (a_p) e penetração de trabalho (a_e).



Fonte: Silva (2011).

A usinagem por CNC é um processo de fabricação automatizado e capaz de produzir peças únicas, com a vantagem da grande disponibilidade de materiais que podem ser utilizados, permitindo a utilização da seleção de materiais para determinar o material com as propriedades mais desejadas para a condição de serviço deste modelo (ROCKENBACH et al., 2009).

3.3 CONCEITOS GERAIS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA

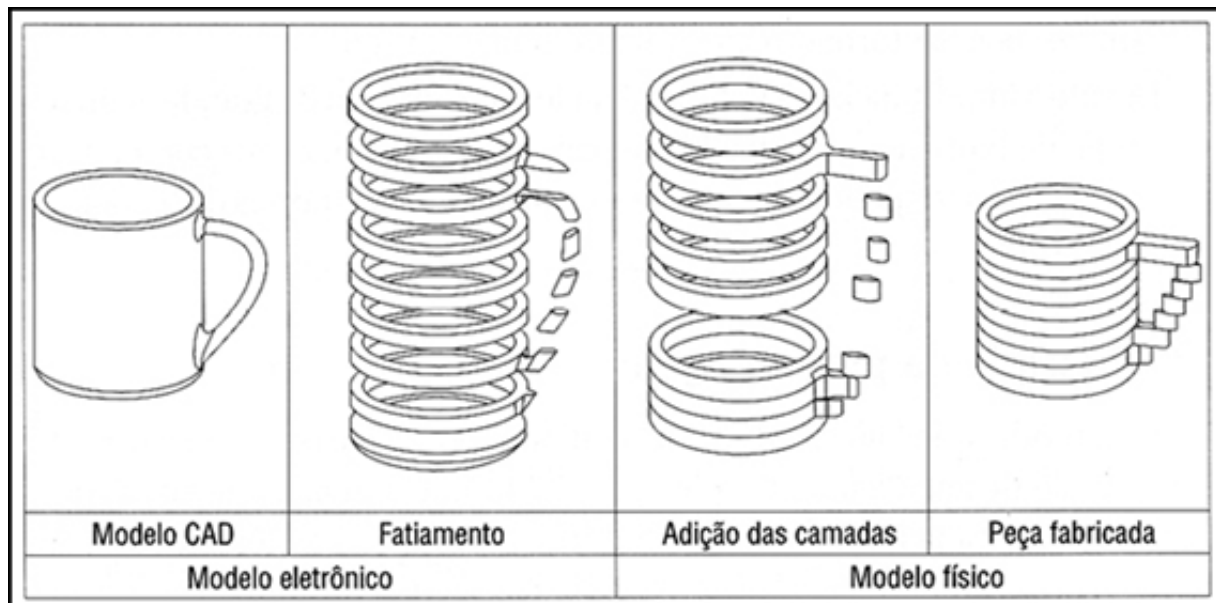
A prototipagem rápida (RP de Rapid Prototyping) é um processo de adição de sucessivas camadas planas de material a fim de se construir um objeto físico, a partir de um modelo virtual, com o objetivo de usá-lo para testes. Segundo a norma ASTM F2792-10, o termo considerado apropriado para o método de fabricação por camadas é manufatura aditiva (AM, de *additive manufacturing*); e, atualmente, existe mais de trinta tecnologias diferentes para a fabricação de objetos por AM, cada uma delas pode utilizar as mais variadas técnicas ou materiais. Porém, independentemente da tecnologia utilizada, todas seguem a mesma abordagem da sobreposição de camadas de material (CARVALHO e VOLPATO, 2007; CHUA, LEONG e LIM, 2010;).

Segundo Carvalho e Volpato (2007), embora a fabricação por meio de sobreposição de camadas remeta a tecnologias mais antigas, a técnica atual utilizada nos processos de prototipagem rápida foi introduzida comercialmente em 1987 pela empresa norte-americana 3D Systems com o lançamento do primeiro equipamento de prototipagem rápida, o SLA-1 (Stereolithography Apparatus).

Independentemente do equipamento utilizado, as etapas do processo

de RP são basicamente as mesmas (Figura 3). Inicialmente, é gerado um modelo tridimensional virtual a partir de um software CAD ou da digitalização tridimensional de um objeto físico. Esta geometria deve definir um volume fechado de forma não ambígua, no caso de modelagem por superfícies, e então ser convertida em formato de arquivo de geometria poligonal.

Figura 3 - Representação das principais etapas do processo de manufatura por camada.



Fonte: CARVALHO e VOLPATO, 2007.

Arquivos com dados de malhas de triângulos planos podem ser salvos com a extensão STL (Stereolithography), formato padrão na indústria para os sistemas de prototipagem rápida (ASTM F2792-10). Outros formatos usuais são OBJ (Wavefront Object) ou PLY (Polygon File Format). Foi lançada em maio de 2011 a norma ASTM F2915, a qual padroniza o formato AMF (Additive Manufacturing File Format). Este padrão de arquivo, baseado em XML (Extensible Markup Language), foi desenvolvido para ser o sucessor do STL em equipamentos de prototipagem rápida, tais como impressoras 3D.

Quando da conversão do modelo digital original para o arquivo de malha, deve-se observar um nível de precisão que atinja a qualidade pretendida para o protótipo, existindo um compromisso entre precisão do modelo e tempo de processamento da peça, que será fatiada em curvas de nível bidimensionais – as quais determinarão onde será adicionado material. É iniciado então o processo de adição de material “empilhando-se” as camadas de material a partir da base até o topo do objeto. Geralmente existe uma etapa de pós-processamento do protótipo como, por exemplo, aquecimento num forno, cura por resina, quebra de material de suporte - cada tecnologia necessita de um tipo de tratamento específico, posterior à adição das camadas (CARVALHO e

VOLPATO, 2007).

Segundo Chua, Leong e Lim (2010) existem quatro áreas principais envolvidas no desenvolvimento de uma peça em prototipagem rápida: entrada, método, material e aplicação:

- a) **Entrada:** No processo de prototipagem rápida, a informação sobre o modelo físico a ser construído depende de dados eletrônicos que descrevem sua geometria em três dimensões. Existem duas possibilidades de ponto inicial para o processo, um modelo virtual gerado em computador ou um objeto físico. O modelo virtual pode ser sólido ou superfície, gerado em um software CAD. Já a entrada de dados a partir de um modelo físico não é tão simples. Primeiramente é necessária a aquisição de dados do modelo através de um método de engenharia reversa, podendo ser utilizados equipamento de medição por coordenada (CMM do inglês Coordinate Measuring Machine), digitalizador tridimensional por laser ou outro, para capturar a geometria do objeto e então reconstruí-la num sistema CAD;
- b) **Método:** Existem diversas tecnologias de prototipagem rápida, cerca de trinta atualmente, cada uma delas possui características particulares, mas, geralmente, o procedimento usado para criar o modelo físico pode ser classificado dentro de umas das seguintes categorias: Fotopolimerização (que pode ser por laser simples, laser duplo ou lâmpada); corte e colagem; fusão e solidificação; e adesão e liga. Na maioria das peças produzidas em um sistema da RP são feitas etapas de acabamento ou retoque antes de serem utilizadas para seu propósito principal;
- c) **Material:** Uma das principais características das tecnologias de RP é o estado físico do material no início do processo, também uma das formas mais comuns de classificação dos processos de RP, podendo ser baseada em sólido, líquido ou pó;
- d) **Aplicação:** As áreas de aplicação podem ser agrupadas em (1) design, (2) análise e planejamento de engenharia e (3) produção e ferramental. Para cada uma delas, serão esperadas qualidades diferentes dos componentes produzidos.

A seguir, serão apresentados os princípios e algumas das principais características de tecnologias de RP comercialmente utilizadas hoje em dia com grande volume de vendas ou importância histórica para o desenvolvimento da prototipagem rápida (VOLPATO, 2007; WOHLERS, 2011). Para facilitar a organização, estas técnicas serão agrupadas conforme o estado físico inicial da matéria-prima de cada processo, de acordo com a tabela 2. Esses procesos são analisados também no projeto informacional.

Tabela 2:
Classificação dos Processos de RP baseada no estado inicial da matéria-prima.

Baseado em líquido	Baseado em sólido	Baseado em pó
Estereolitografia – SL (Stereolithography)	Modelagem por Fusão e Deposição – FDM (Fusion Deposition Modeling)	Sinterização Seletiva a Laser – SLS (Selective Laser Sintering)
Impressão a jato de tinta – IJP (Ink Jet Printing) PolyJet	Impressão a jato de tinta – IJP (Ink Jet Printing) Benchtop	Impressão Tridimensional – 3DP (3 Dimensional Printing) ZCorp

Fonte: Autor.

3.3.1 Processos baseados em líquido

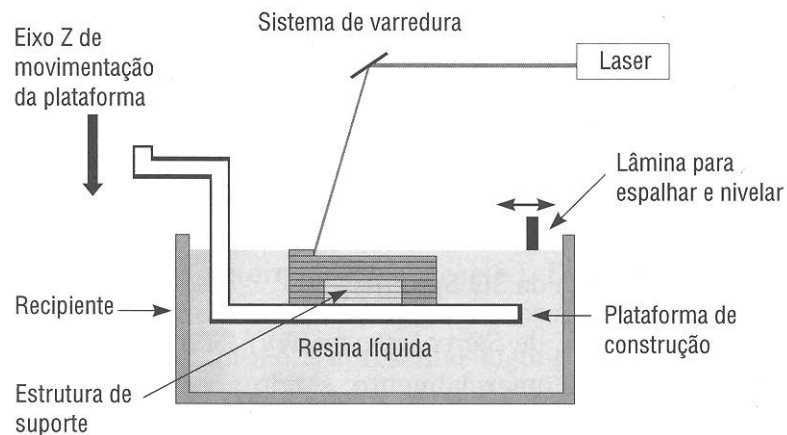
As tecnologias de prototipagem rápida baseadas em líquido utilizam algum tipo de resina que cura ou solidifica ao ser exposta à luz, geralmente na faixa da radiação ultravioleta (UV), como entrada para o procedimento de confecção do modelo. A luz cura a resina próxima à superfície, formando uma fina camada enrijecida, uma vez que a camada está completa, a cuba contendo a resina é abaixada através de um sistema de controle e a próxima camada pode ser formada logo acima da anterior. Este processo continua até que toda a peça esteja formada, então o modelo pode ser retirado para um pós-processamento específico (VOLPATO, 2007; CHUA, LEONG e LIM, 2010). Existem variações deste processo dependendo da tecnologia utilizada por cada fabricante. Abaixo serão mais bem detalhados alguns dos principais processos baseados em líquidos.

3.3.1.1 Estereolitografia - SL, 3D Systems (EUA).

Como comentado anteriormente, a Estereolitografia foi o primeiro processo de prototipagem rápida disponível comercialmente (1988), também é bastante comum a denominação SLA (Stereolithography Apparatus) para se referir ao equipamento de Estereolitografia.

Princípio: O processo utiliza uma resina líquida fotocurável, depositada numa cuba que contém uma plataforma móvel mergulhada, através da aplicação de um laser com comprimento de onda específico. Um conjunto óptico movimenta o laser reproduzindo a geometria bidimensional obtida na etapa de fatiamento da peça representada no sistema CAD, polimerizando a resina e criando uma camada sólida da geometria pretendida. A cada camada construída, a plataforma de construção se desloca para baixo para que a próxima camada, imediatamente acima, seja produzida, conforme esquema da figura 4.

Figura 4 - Princípio do processo de Estereolitografia.



Fonte: VOLPATO, 2007.

Após a construção de todas as camadas do modelo, a plataforma se eleva retirando a peça da cuba com a resina, então deve ser executada uma etapa de limpeza da peça para remoção da resina não polimerizada que pode ter ficado depositada. Após a limpeza, a estrutura de suporte criada deve ser retirada manualmente – com cuidado para que a peça “verde” não seja danificada. Após isto, a peça deve ser levada a um forno UV para a cura total da resina.

Caso existam partes desconectadas ou em balanço na peça, é necessária a construção de uma estrutura de suporte para evitar que esta geometria afunde, se deforme ou flutue livremente. Neste processo o material desta estrutura de suporte é o mesmo da peça final, fazendo com que o volume deste apoio seja mantido o mínimo possível. Normalmente a identificação das regiões que necessitam suporte, e seu projeto, é feita automaticamente pelo sistema de planejamento do processo que acompanha o equipamento.

Pontos positivos:

- É um dos processos mais antigos e difundidos, possuindo representantes e assistência técnica na maioria dos países;
- Possui boa precisão dimensional, podendo ser usada em diversas aplicações;
- Nos últimos anos foram desenvolvidos novos materiais com propriedades físicas variadas, para diferentes aplicações;
- Acabamento superficial considerado um dos melhores entre as tecnologias de RP.

Pontos negativos:

- Partes desconectadas e em balanço necessitam de suporte, que utiliza o mesmo material de construção da peça;

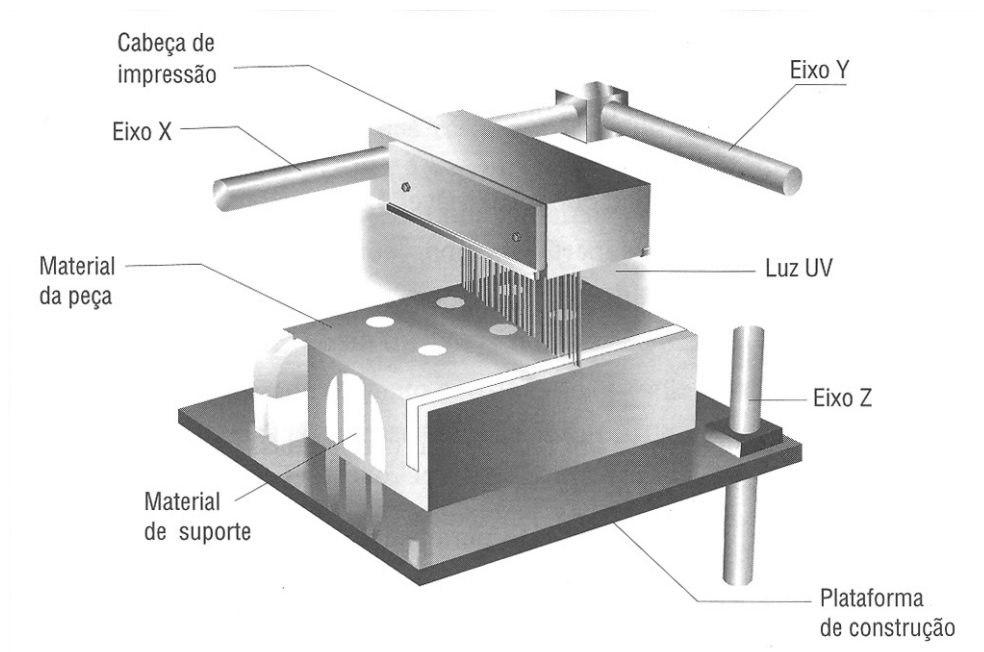
- b) Pós-processamento é demorado e entediante, necessário para retirada do suporte e limpeza da peça antes de ir ao forno;
- c) Requer pós-cura para polimerizar completamente e garantir a integridade do modelo.

3.3.1.2 Impressão a jato de tinta - Polyjet, Objet Geometries (Israel).

Desenvolvida pela empresa Objet Geometries de Israel, a tecnologia Polyjet é relativamente recente (1998). Apesar de também utilizar resina fotocurável, esta tecnologia difere consideravelmente do princípio da Estereolitografia.

Princípio: O princípio do processo Polyjet é similar ao sistema de jato de tinta convencional em impressoras domésticas, à medida que a cabeça de impressão se move no plano XY a matéria prima é depositada em formas de pequenas gotas sobre uma bandeja de construção. Em seguida que o material é depositado, uma lâmpada UV, também posicionada na cabeça de impressão, polimeriza a camada. Assim que é concluída a camada, a bandeja desce no eixo Z e é depositada a camada imediatamente acima, aderindo à anterior. A figura 5 mostra esquematicamente o processo de funcionamento desta tecnologia.

Figura 5 - Princípio da tecnologia Polyjet.



Fonte: VOLPATO, 2007.

Após terem sido depositadas todas as camadas, a bandeja de construção se eleva para que o usuário possa retirar a peça com o auxílio de uma espátula. Durante o processo a resina é totalmente curada, sendo desnecessária uma etapa de pós-cura

da peça. Assim como a técnica de SL, caso existam regiões da peça desconectadas ou em balanço em alguma das camadas do modelo, é necessária a construção de uma estrutura de suporte. Diferentemente da Estereolitografia, o material utilizado como suporte não é o mesmo utilizado no modelo, possuindo propriedades diferentes, pode ser facilmente removido com um jato d'água misturado com um componente proprietário, ou manualmente.

Pontos positivos:

- a) Possui boa precisão dimensional, podendo ser usada em diversas aplicações;
- b) Acabamento superficial de alta qualidade;
- c) Não requer etapa de pós-cura;
- d) Variedade de materiais possíveis, desde polímeros rígidos à base de acrílico, até resinas elastoméricas;
- e) Considerável ganho de velocidade no processo, devido à cura total da resina durante a deposição.

Pontos negativos:

- a) Partes desconectadas e em balanço necessitam de suporte, que utiliza material de suporte, diferente do material de construção da peça;
- b) Requer etapa de pós-processamento para retirar o suporte que necessita de um jato d'água, o que às vezes pode não estar disponível num ambiente de escritório;
- c) O material de suporte gera lixo, e não pode ser reaproveitado, fazendo com que haja necessidade de estoque de pelo menos dois materiais diferentes.

3.3.2 Processos baseados em sólido

Nos processos baseados em matéria prima no estado sólido, o material a ser utilizado pode se encontrar em diversas formas, dependendo da tecnologia, como filamento, lâminas ou não ter uma forma específica, pois será fundido para a aplicação. Alguns destes processos são semelhantes aos processos baseados em líquido, com a diferença que a matéria será fundida no decorrer do processo (VOLPATO, 2007; CHUA, LEONG e LIM, 2010). Atualmente existem diversas tecnologias de prototipagem rápida baseadas em matéria no estado sólido, abaixo serão explicados dois processos amplamente difundidos (WOHLERS, 2011).

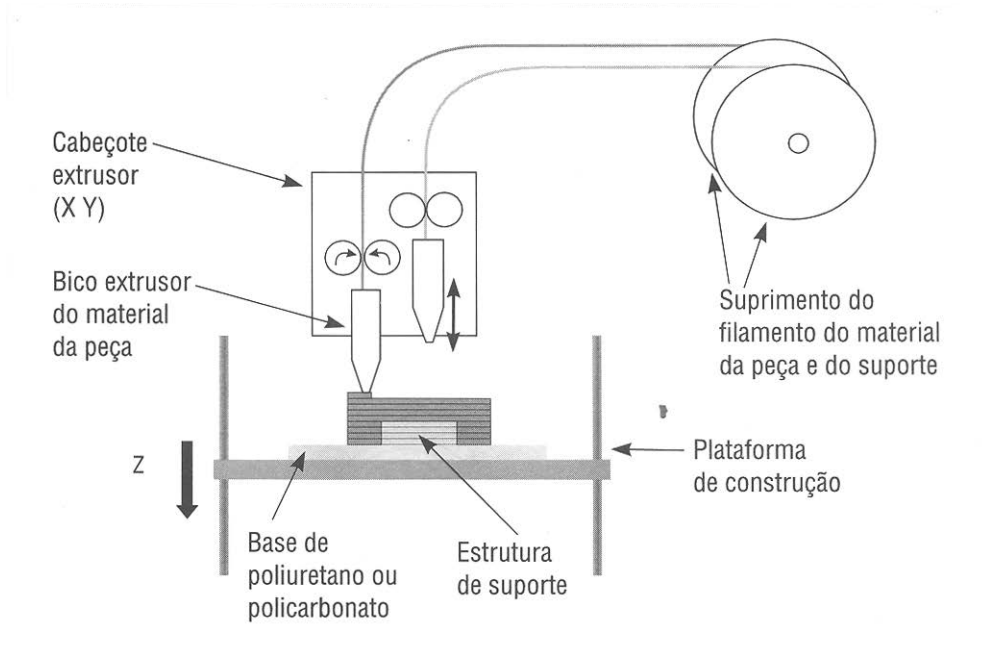
3.3.2.1 Modelagem por fusão e deposição - FDM, Stratasys (EUA).

Com o desenvolvimento da tecnologia de FDM (Fused Deposition Modeling) em 1988 e o início da comercialização dos equipamentos em 1992, a Stratasys é uma

das mais antigas empresas de prototipagem, e atualmente é a líder de vendas com 41% dos equipamentos vendidos em 2010 (WOHLERS, 2011).

Princípio: Os equipamentos que utilizam o processo de FDM constroem os modelos a partir de um material extrudado na forma de um fio, o qual é depositado a partir de uma cabeça de extrusão, com movimentação XY e que aquece o filamento até o estado semilíquido ou pastoso, em uma plataforma de construção com movimentação em Z. Ao entrar em contato com a plataforma, ou com a camada anteriormente depositada, o material solidifica e adere ao restante do conjunto. Depois de depositada a camada, a mesa se desloca verticalmente para baixo, com a distância referente à espessura de camada. Este processo se repete até que todo o modelo esteja construído. A figura 6 apresenta esquematicamente o princípio do processo FDM.

Figura 6 - Princípio da tecnologia FDM.



Fonte: VOLPATO, 2007.

A tecnologia FDM necessita de criação de uma estrutura de suporte para as peças, a qual serve para possibilitar a construção de volumes desconectados do corpo em alguma etapa do processo, como já mencionado anteriormente. Para a construção deste suporte, o equipamento de FDM possui um bico extrusor dedicado a esta função. Existem atualmente dois materiais diferentes para construção do suporte que se diferenciam principalmente na sua forma de remoção ao final do processo. Em um deles, o sistema mais antigo, o material do suporte é mais frágil que o da peça, sendo retirado manualmente; no sistema mais recente, o material de suporte é removido por imersão em solução líquida.

Existem diversos materiais disponíveis para esta tecnologia, entre eles estão: cera, poliéster, ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), ABSi (material esterilizável), PC (Policarbonato), PPSF (Polifenilsulfona) e PEI (poliéterimida).

Pontos positivos:

- a) Em alguns casos as peças produzidas por FDM podem ser utilizadas em testes funcionais, possuindo propriedades próximas às produzidas por injeção;
- b) Não necessita etapa de pós-cura;
- c) Pouco desperdício de material;
- d) Possibilidade de construção de peças grandes (em relação aos concorrentes).

Pontos negativos:

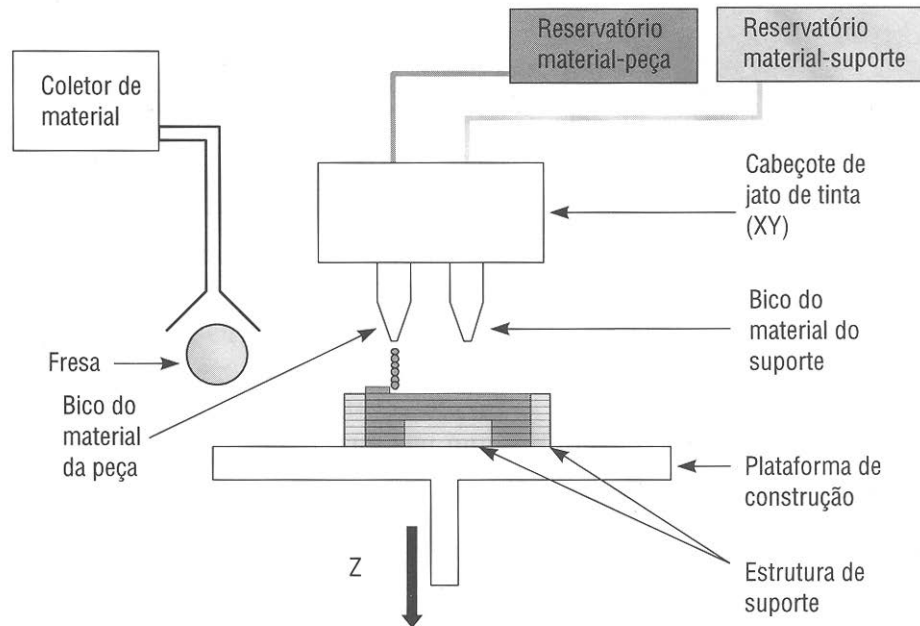
- a) A precisão do processo não é muito boa;
- b) Necessita de suporte para regiões não conectadas;
- c) Necessidade de pós-processamento para retirada do suporte, que dependendo da geometria pode ser bastante complicado;
- d) O processo é lento;
- e) Contração da peça é de difícil previsão, dependendo da geometria, e distorções são frequentes.

3.3.2.2 Impressão a jato de tinta - Benchtop, Solidscape (EUA).

Considerada uma das tecnologias mais precisas do mercado, as impressoras Benchtop foram lançadas em 1994 pela empresa norte-americana Solidscape, inicialmente chamada SPI (de Sanders Prototype Inc.). Devido a sua precisão e aos materiais que utiliza, estes equipamentos são muito difundidos no desenvolvimento de joalheria (WOHLERS, 2011).

Princípio: Os equipamentos Benchtop utilizam duas cabeças de impressão tipo jato de tinta: uma deposita um material termoplástico utilizado para construção do modelo, e a outra deposita uma cera, utilizada como material de suporte. O material é liquefeito e então ejetado pela cabeça de impressão, ao entrar em contato com o material já depositado, ele solidifica; a segunda cabeça de impressão então deposita o material de suporte onde é necessário. Após a deposição de uma camada completa, uma fresa é passada sobre a superfície para garantir a precisão do processo e deixar a superfície suave e plana para a deposição da próxima camada, as partículas removidas são coletadas por um aspirador de pó acoplado ao equipamento.

Figura 7 - Princípio da tecnologia Benchtop.



Fonte: VOLPATO, 2007

Esta tecnologia possui um sistema de segurança quanto à falha de impressão, para garantir a precisão do processo: após a deposição de algumas camadas, os jatos de impressão são movidos para uma área de monitoramento, onde são checados possíveis entupimentos. Se for constatado algum problema, a ferramenta retira todas as camadas adicionadas após a última verificação. Além disso, o material de suporte é depositado ao redor de toda a peça, e não somente nas regiões que normalmente necessitam, aumentando a resistência da peça durante o fresamento.

Pontos positivos:

- Alta precisão;
- Materiais não são tóxicos, tornando o uso apropriado para escritórios;
- Pouco pós-processamento necessário;
- Máquina de porte reduzido.

Pontos negativos:

- Poucos materiais disponíveis;
- Processo relativamente lento;
- Fresa e coletor de resíduos pode gerar ruído;
- Volume limitado de construção.

3.3.3 Processos baseados em pó

Neste grupo de processos, o material utilizado encontra-se inicialmente

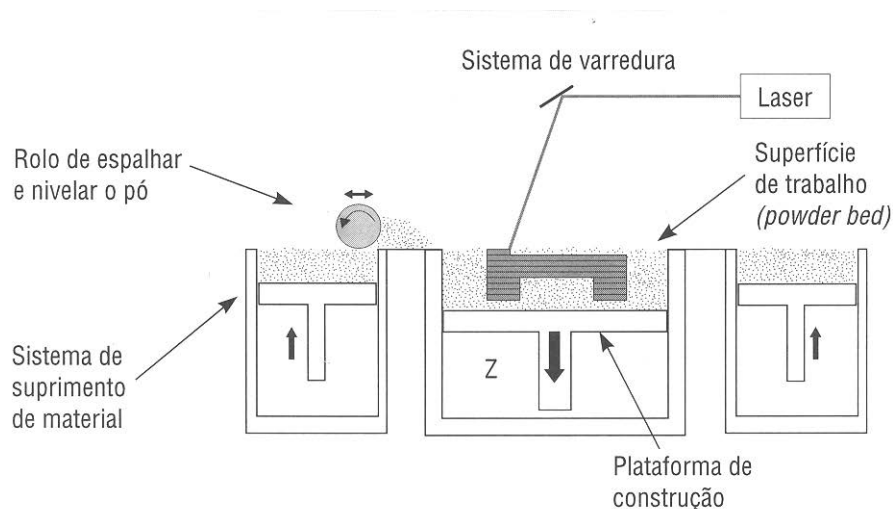
pulverizado, sendo que a diferenciação dos processos se dá basicamente pela forma de processamento do pó – através do uso de laser ou não. Uma das vantagens destes processos frente aos demais, é que uma grande variedade de materiais pode ser processada, devido ao fato de se estar trabalhando com pó. Outro ponto positivo é a não necessidade de construção de suportes, já que o próprio material que está em torno da peça sendo construída se encarrega desta função (VOLPATO, 2007; CHUA, LEONG e LIM, 2010). Atualmente existem diversas tecnologias de prototipagem rápida baseadas em pó, abaixo serão explicados os dois mais difundidos para prototipagem rápida (WOHLERS, 2011).

2.3.3.1 Sinterização seletiva a laser - SLS, 3D Systems (EUA).

A tecnologia de sinterização seletiva a laser foi originalmente desenvolvida na universidade do Texas e licenciada para a empresa DTM Corporation, que teve seu primeiro equipamento comercializado em 1992. Em 2001, a empresa 3D Systems comprou a DTM e passou a ter os direitos desta tecnologia. A tecnologia SLS é considerada uma das mais versáteis do mercado, pela possibilidade de trabalhar com diversos materiais de propriedades físicas variadas.

Princípio: O processo SLS sinteriza um material pulverizado utilizando um laser CO_2 de média potência. A construção do objeto se inicia com o material sendo espalhado e nivelado por um rolo em uma plataforma de construção dentro de uma câmara de atmosfera inerte, aquecida a uma temperatura um pouco abaixo do ponto de fusão do material sendo processado.

Figura 8 - Princípio da tecnologia SLS.



Fonte: VOLPATO, 2007.

Esta atmosfera é controlada com o uso de nitrogênio, evitando a oxidação e o risco de explosão das partículas mais finas. Um sistema de varredura desloca o feixe de laser sobre o material espalhado, fornecendo a energia suficiente para sinterizar as partículas de acordo com a geometria bidimensional da camada. A seguir, a plataforma de construção desce na direção Z um incremento igual à espessura da camada fatiada no modelo virtual, e uma nova camada de material é espalhada sobre a peça. Uma vez que a nova camada de material atinja a temperatura de trabalho, o laser inicia novamente a varredura, sinterizando a nova camada e unindo-a a camada anterior. Estas etapas são repetidas até que toda a peça esteja construída.

Após o término da construção, a peça pode ser retirada de dentro da câmara com o auxílio de um pincel para espanar o pó não sinterizado. Para a maioria dos materiais empregados no processo não há necessidade de pós-processamento, apenas é necessário o uso de uma escova, ar comprimido ou aspirador de pó para limpar a peça. Este mesmo pó que não fora sinterizado, serviu de suporte durante a construção do componente, tornando desnecessário o planejamento de uma estrutura específica para isso, e permitindo que várias peças sejam construídas de uma só vez, empilhando-as.

Pontos positivos:

- a) Vários materiais podem ser utilizados no processo, num único equipamento;
- b) Boa estabilidade dimensional da peça;
- c) Para a maioria dos materiais é necessário pouco pós-processamento, não sendo necessário retirar suporte;
- d) Possibilita a construção de várias peças ao mesmo tempo;
- e) A peça sai do equipamento praticamente pronta, já com suas propriedades finais.

Pontos negativos:

- a) Custo elevado do equipamento;
- b) Alto consumo de energia para sinterizar o material;
- c) Grande espaço necessário para instalação do equipamento, além de espaço adicional para o tanque de nitrogênio;
- d) Baixa qualidade superficial da peça, devido ao tamanho das partículas processadas.

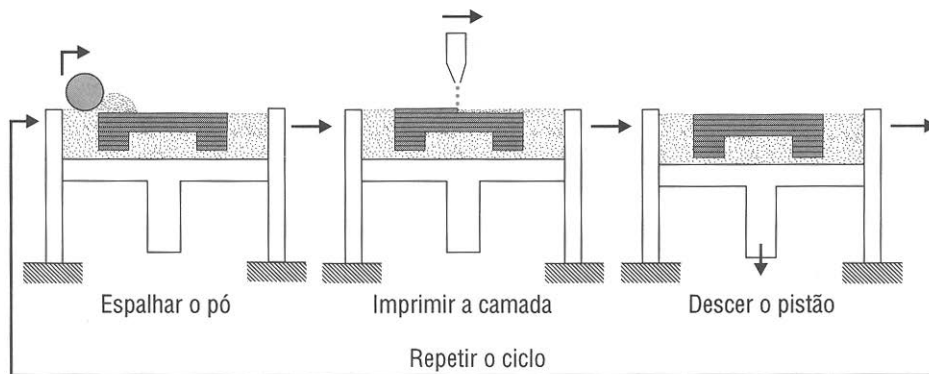
3.3.3.2 Impressão tridimensional – 3DP, Z Corporation (EUA).

A impressão tridimensional é uma tecnologia desenvolvida no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e patenteada em 1993. A empresa Z Corporation licencia o uso da tecnologia para seus equipamentos.

Princípio: Diferentemente da tecnologia SLS, o processo 3DP não utiliza laser para processar o material. Os equipamentos de impressão tridimensional utilizam um

aglutinante depositado por um sistema jato de tinta para agregar o material pulverizado. Um rolo é utilizado para espalhar e nivelar o material sobre uma plataforma de construção, e então uma cabeça de impressão deposita o aglutinante, copiando a geometria bidimensional da camada, como se fosse uma impressora convencional. Depois de concluída a camada, a plataforma desce no sentido vertical e o ciclo se repete. Assim como no processo de SLS, várias peças podem ser construídas simultaneamente. Diversos materiais podem ser utilizados neste processo, necessitando apenas o uso do aglutinante correto. O material mais comumente usado é um pó a base de gesso. A figura 9 apresenta esquematicamente o funcionamento da impressão tridimensional.

Figura 9 - Princípio do processo de 3DP.



Fonte: VOLPATO, 2007.

Assim como o processo SLS, este processo não requer suporte, devido à estrutura criada pelo próprio material pulverizado ao redor. Por outro lado, diferentemente do processo de SLS, ao final do processo, a peça não sai pronta do equipamento, necessitando ainda uma etapa de pós-processamento para aumentar a resistência, pois esta sai extremamente frágil – necessitando cuidado e habilidade manual para retirar a peça sem que esta quebre. Normalmente a peça é infiltrada com resina poliéster ou epóxi para que adquira suas propriedades finais, mas antes é necessária uma etapa de limpeza (assim como no processo SLS) para retirar o pó não aglutinado que ficou junto à peça.

Pontos positivos:

- Não utiliza laser;
- Alta velocidade de construção;
- Não necessita de estrutura de suporte;
- Não há desperdício de material, o pó que não foi aglutinado pode ser utilizado novamente sem perda de propriedades;
- Custo da matéria prima é um dos mais baixos das tecnologias de RP;
- Possibilidade de obtenção de peças coloridas com um dos equipamentos

disponíveis.

Pontos negativos:

- g) Uso limitado das peças, baixa resistência mecânica limita o uso dessa tecnologia em algumas aplicações;
- h) Baixa qualidade superficial da peça devido ao tamanho da partícula;
- i) Utilização da resina pode comprometer a precisão do processo;
- j) Pós-processamento necessita de habilidade manual e é fonte de erros no processo.

4 PROJETO INFORMACIONAL

De acordo com Back et al. (2008), a fase de projeto informacional se destina à definição das especificações de projeto do produto. Uma vez iniciada a execução do planejamento, são realizadas diversas tarefas que buscam a definição dos fatores de influência do produto a ser projetado.

Para estabelecer as especificações de projeto, são identificadas, primeiramente, as necessidades dos clientes ou usuários, sendo estas desdobradas em requisitos dos usuários, a partir desses requisitos são definidos os requisitos de projeto. Conhecidos os requisitos de projeto, deve ser feita uma avaliação comparativa entre os produtos disponíveis no mercado, os requisitos dos usuários e os de projeto com o objetivo de verificar se estes requisitos estão sendo atendidos (BACK et al., 2008).

4.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Com o advento das tecnologias de prototipagem rápida e dos processos de fabricação por controle numérico computadorizado, é possível hoje criar protótipos funcionais em questão de horas. Segundo Chua, Leong e Lim (2010) e Wohlers (2011) atualmente existem cerca de trinta diferentes processos de prototipagem rápida, além de outras técnicas já consagradas para confecção de peças físicas com precisão – como usinagem por controle numérico computadorizado.

A utilização destas tecnologias depende de mão-de-obra técnica qualificada, treinamento e conhecimento detalhado do processo, bem como, por se tratar de equipamentos importados com assistência técnica escassa no país, a manutenção é um fator agravante. O desafio é tornar estas tecnologias mais acessíveis aos usuários, não só no aspecto econômico, mas também em relação à facilidade de uso e obtenção do resultado desejado.

4.2 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS

A identificação e coleta das necessidades dos usuários compreende a primeira atividade propriamente dita de um projeto de produto. Essa etapa deve ser atendida como prioritária, pois essas necessidades são a voz do consumidor e expressam o que ele precisa, suas vontades, desejos e expectativas (BACK et al., 2008).

De acordo com Kotler (2000), uma das melhores formas de caracterizar os consumidores é através da segmentação de mercado. Um segmento de mercado é um grupo de potenciais clientes que possuem atributos em comum (preferências, poder de compra, localização geográfica, entre outros). Através desta estratégia, os compradores podem ser classificados de acordo com os benefícios que procuram.

Baseando-se nos estudos de caso apresentados na literatura especializada, é possível listar sete grupos distintos de usuários de equipamentos para confecção de modelos:

- a) Indústria;
- b) Instituições de ensino / centro de pesquisa;
- c) Médico/hospitalar;
- d) Escritórios de Arquitetura;
- e) Escritórios de Design;
- f) Prestação de serviços (confecção de modelos);
- g) Usuário doméstico/amador (hobby ou “artesanato”).

Com o intuito de verificar um possível nicho de mercado que justificasse um novo equipamento de confecção de modelos, foi utilizada a classificação dos objetivos de uso dos modelos físicos de representação de produtos (apresentados na seção 3.1.1), para verificar para quais destes objetivos os diferentes grupos utilizam seus modelos. A tabela 3 mostra um resumo desta comparação, e mostra em destaque o público-alvo do projeto.

Tabela 3 - Critério de seleção de público-alvo.

	Aprendizado	Comunicação	Integração	Metas	Mão-de-obra Qualificada
Indústria	●	●	●	●	●
Instituições de Ensino/Centro de pesquisa	●	●		●	●
Área Médica/Odontológica	●	●	○		●
Escritórios de Arquitetura	●	○	○	○	○
Escritórios de Design	●	●	●	●	○
Escritório de Prototipagem	●	●	○	●	●
Doméstico/Amador	○	●			○

Nota: Os círculos preenchidos (●) representam a aplicação completa do item e os círculos parcialmente preenchidos (◐) representam uma possibilidade de aplicação ou aplicação parcial. Campos deixados vazios representam situações onde não se aplica o uso.

Escritórios de design e a indústria são os grupos que utilizam modelos físicos em todos seus aspectos. Por outro lado, estes dois grupos selecionados possuem, de forma geral, uma diferença quanto ao poder econômico. Dentro da realidade brasileira,

difícilmente um escritório de design de produto poderia arcar com os gastos necessários para manter um equipamento deste porte e pessoal contratado exclusivamente para operá-lo, fato que já acontece no setor industrial. Para ilustrar esta diferença, foi considerada a possibilidade destes grupos em ter mão-de-obra qualificada disponível exclusivamente para operação do sistema.

Como pode ser observado, o segmento de mercado “escritórios de design” justificaria o desenvolvimento de um equipamento de confecção de modelos físicos já que aplica modelos para todos os usos apresentados, porém não pode disponibilizar pessoal dedicado ao uso do equipamento.

4.3 LEVANTAMENTO DE NECESSIDADES

A identificação e coleta das necessidades dos usuários compreende a primeira atividade propriamente dita de um projeto de produto. Essa etapa deve ser atendida como prioritária, pois essas necessidades são a voz do consumidor e expressam suas necessidades, vontades, desejos e expectativas (BACK et al., 2008).

De acordo com Back et al. (2008), existe uma grande quantidade de métodos desenvolvidos para a identificação das necessidades dos usuários. Dentre os procedimentos mais adequados, foram utilizados: entrevistas com usuários e especialistas, experiências pessoais, pesquisa em material publicado e o método do desdobramento da função qualidade (QFD - *Quality Function Deployment*). Para Moraes e Mont’alvão (2010), sempre que possível, os dados obtidos na etapa de busca de informações devem ser quantificados, para isto foi utilizado, além das técnicas apresentadas por Back, um questionário online.

4.3.1 Pesquisa em material publicado

Para uma melhor familiarização com o tema, inicialmente foram consultados sites da internet e literatura especializada que, segundo Back et al. (2008), fornecem dados e diretrizes de necessidades dos usuários. Para isso foram consultadas as páginas da internet dos fabricantes de tecnologia de confecção de modelos e blogs relacionados com a área.

A literatura consultada foi dividida em duas áreas:

- a) Especializadas em prototipagem: Volpato (2007); Chua, Leong e Lim (2010); Wohlers (2011); Bairtstow, Barber e Kenny (1999); e McDonald, Ryall e Wimpenny (2001);
- b) Utilização de modelos físicos no PDP: Baxter (1998) e Ulrich e Eppinger (2008).

Esta pesquisa em material publicado serviu principalmente de embasamento

para as etapas posteriores, identificando algumas necessidades já apontadas pelos autores, possibilitando que existisse repertório suficiente para o planejamento de uma entrevista e do questionário. Alguns pontos de interesse, identificados a partir da pesquisa em material publicado, que foram considerados relevantes para o trabalho e que deveriam ser investigados nas próximas etapas são listados abaixo:

- a) Nível de formação/conhecimento/experiência de quem vai utilizar o sistema;
- b) As motivações e objetivos do uso de modelos, qual sua finalidade/aplicação;
 - Estudo inicial de conceito;
 - Modelo volumétrico;
 - Estudo ergonômico;
 - Teste de encaixe / montagem;
 - Ensaio de resistência;
 - Modelo de apresentação (fotográfico);
 - Outros.
- c) Para quem este modelo é apresentado;
- d) Nível de precisão/detalhamento requerido no modelo;
- e) Frequência com que faz modelos;
- f) Quais as restrições para utilização deste tipo de equipamento;
- g) Forma de apresentação utilizada normalmente nos projetos;
- h) Custo do investimento no equipamento;
- i) Custo de manutenção/material;
- j) Velocidade de construção dos modelos;
- k) Dimensões necessárias para as peças produzidas.

4.3.2 Locais visitados

Durante o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas algumas visitas a locais que trabalham diretamente com a confecção de modelos físicos tridimensionais, onde foi possível ter contato direto com alguns equipamentos utilizados para construção de modelos, conhecer seu fluxo de trabalho, pontos fracos e fortes, além dos objetivos de seu uso.

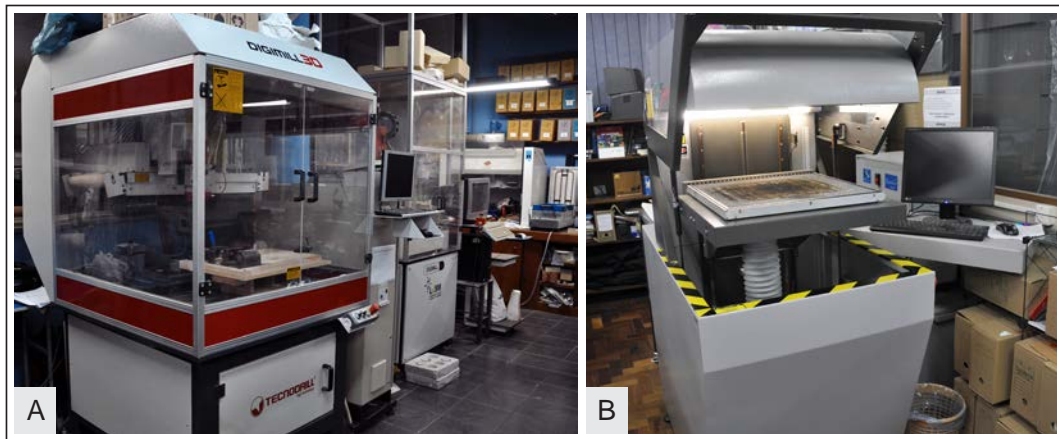
4.3.2.1 Laboratório de Design e Seleção de Materiais - UFRGS

Situado em Porto Alegre - RS, o Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM) da Escola de Engenharia da UFRGS possui diversos equipamentos que são utilizados para confecção de modelos físicos para as mais diversas aplicações. Alguns dos equipamentos disponíveis no LdSM, que podem ser utilizados no auxílio à confecção de modelos tridimensionais são:

- a) fresadora CNC 3 eixos de médio porte;
- b) fresadora CNC 4 eixos de médio porte;
- c) corte e gravação a laser Mira;
- d) termoformagem.

A figura 10 apresenta as instalações do laboratório e alguns de seus equipamentos:

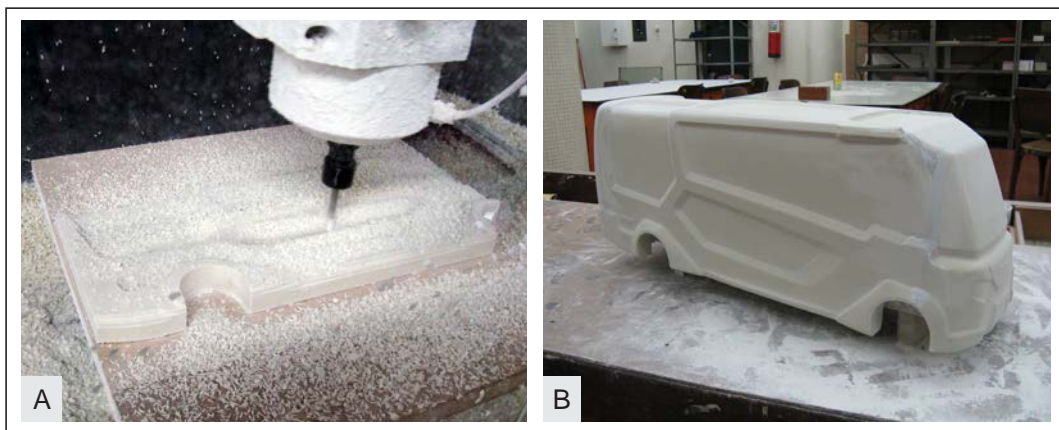
Figura 10 - Laboratório de Design e Seleção de Materiais - UFRGS: (A) Fresadora CNC 4 eixos Digimill 3D e (B) Equipamento de corte e gravação a laser.



Fonte: Autor.

O LdSM desenvolve vários projetos que envolvam a confecção de modelos tridimensionais. A figura 11 apresenta algumas imagens do processo de fresamento de uma resina a base de poliuretano para a confecção de um modelo em escala de um ônibus escolar:

Figura 11 - Laboratório de Design e Seleção de Materiais - UFRGS: (A) Usinagem de bloco de resina a base de poliuretano para confecção de (B) mock-up de um ônibus escolar em escala.



Fonte: Autor.

4.3.2.2 DOM Design

Situado em Porto Alegre - RS, o escritório de desenvolvimento de produtos e sinalização DOM Design possui oficina e marcenaria própria, onde são desenvolvidos e fabricados diversos projetos, além de contar com um equipamento de prototipagem rápida. Alguns dos recursos disponíveis neste escritório são:

- a) impressora 3D Zcorp ZPrinter 310Plus;
- b) oficina;
- c) marcenaria.

A figura 12 apresenta uma sala do escritório dedicada exclusivamente à impressora tridimensional e os instrumentos necessários para o pós-processamento das peças:

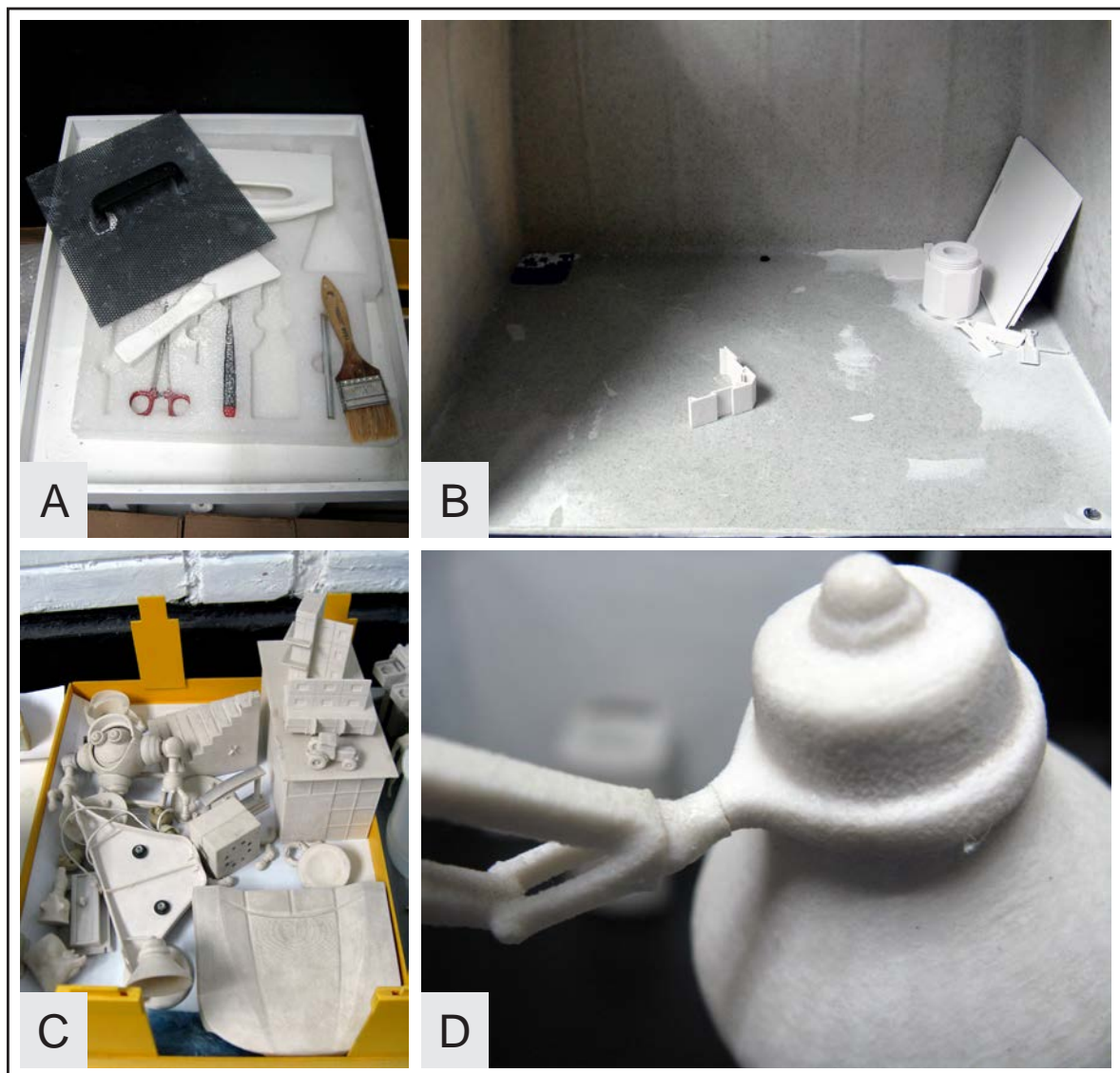
Figura 12 - DOM Design - Impressora tridimensional Z Corp com estação de pós-processamento.



Fonte: Autor.

Alguns instrumentos utilizados no pós-processamento e peças finalizadas são apresentadas na figura 13:

Figura 13 - DOM Design: (A) Instrumentos utilizados para retirar e limpar a peça “verde”, (B) peça “verde” na estação de limpeza com jato de ar comprimido, (C) peças construídas através do processo 3DP e (D) detalhe do acabamento de peça impressa.



Fonte: Autor.

4.3.2.3 Versus Design – VALETEC

Situado em Campo Bom - RS, a Versus Design presta serviço em digitalização tridimensional e prototipagem rápida. Foi realizada uma visita ao escritório, e uma entrevista com o responsável sobre o dia-a-dia do trabalho e questões como dificuldades no uso dos equipamentos e fluxo de trabalho; foi possível também ver de perto as etapas da construção de um modelo. O escritório conta com os seguintes equipamentos para auxílio na confecção dos modelos:

- a) Impressora 3D Objet Alaris30;
- b) Scanner tridimensional.

A figura 14 apresenta a nova sede do escritório (ainda em obras na data da visita):

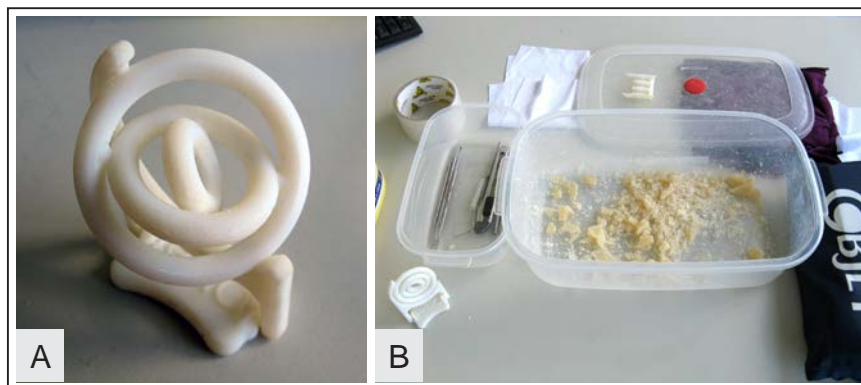
Figura 14 - Versus Design - Ambiente de trabalho com impressora 3D Objet Alaris30 e instrumento utilizados para pós-processamento.



Fonte: Autor.

A figura 15 apresenta uma peça construída a partir da tecnologia Polyjet e os instrumentos usados para a retirada do material de suporte da peça pronta:

Figura 15 - Versus Design: (A) Detalhe de peça construída com a tecnologia Polyjet e (B) Instrumentos utilizados para pós-processamento da peça e resíduos.



Fonte: Autor.

4.3.2.4 Laboratório de Modelos Tridimensionais – INT

Situado no Rio de Janeiro - RJ, dentro do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), o Laboratório de Modelos Tridimensionais é um dos maiores centros de prototipagem rápida do país, prestando serviço para grandes empresas, possuem vasta experiência na confecção de modelos tridimensionais em diversas técnicas. Foi feita uma visita ao local, verificando-se de perto as atividades desenvolvidas e a forma de trabalho, foi

feita uma entrevista a um dos funcionários que lida com os equipamentos de confecção de modelos no seu dia-a-dia. Possuindo conhecimento nas diversas tecnologias concorrentes disponíveis, o entrevistado foi capaz de passar um panorama geral e comparativo entre os processos, além de comentar detalhes e dificuldades enfrentadas no laboratório. Abaixo são listados os principais equipamentos disponíveis no local para auxílio na confecção de modelos físicos:

- a) impressora 3D Objet Connex350;
- b) impressora 3D Viper S12;
- c) impressora 3D FDM Vantage i;
- d) impressora 3D ZCorp 510;
- e) fresadora CNC 3 eixos de médio porte;
- f) fresadora CNC 3 eixos de grande porte;
- g) *vacuum forming*.

A figura 16 apresenta uma das salas do laboratório dedicadas à operação de equipamentos de prototipagem rápida, que, por utilizar materiais tóxicos ou que geram odor, ficam alojados em local específico:

Figura 16 - Laboratório de Modelos Tridimensionais - INT: Instalações do laboratório, sala com equipamentos de prototipagem rápida.



Fonte: Autor.

Uma das salas onde são colocados equipamentos de usinagem CNC para uso em confecção de modelos é apresentada na figura 17:

Figura 17 - Laboratório de Modelos Tridimensionais - INT: Instalações do laboratório, sala com fresadora CNC 3 eixos.



Fonte: Autor.

O laboratório conta com diversos equipamentos, cada um utilizado para objetivos específicos, dentro de suas limitações. Interessante observar que as salas foram divididas em razão dos prejuízos gerados por cada tipo de equipamento: existe uma sala para equipamentos que geram odor e trabalham com materiais tóxicos, outra estão os equipamentos que trabalham com pó, e na oficina ficam aqueles equipamentos que geram mais ruído. A figura 18 apresenta alguns desses equipamentos:

Figura 18 - Laboratório de Modelos Tridimensionais - INT: (A) Equipamento SLA Viper SI, (B) impressora tridimensional Z Corp colorida, (C) impressora 3D FDM Vantage i e (D) impressora tridimensional Polyjet Connex 350.



Fonte: Autor.

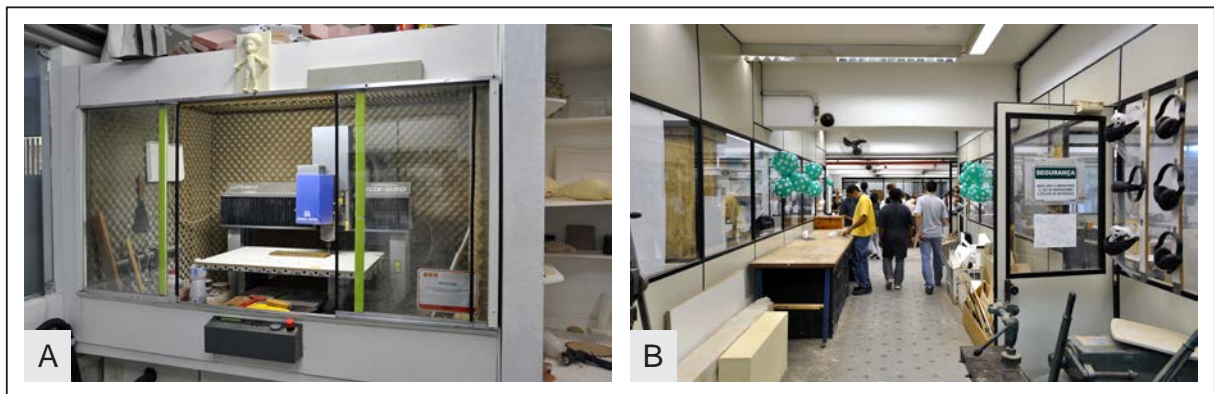
4.3.2.5 Laboratório de Volume e Prototipagem - PUCRJ

Localizado na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUCRJ), no Rio de Janeiro - RJ, o Laboratório de Volume e Prototipagem atende os alunos dos cursos de design, auxiliando os alunos na confecção de seus modelos e protótipos utilizados com fins acadêmicos. O local conta com:

- a) oficina;
- b) fresadora Roland Modela MDX-650;

A figura 19 apresenta um dos ambientes de oficina, disponíveis para os alunos utilizarem:

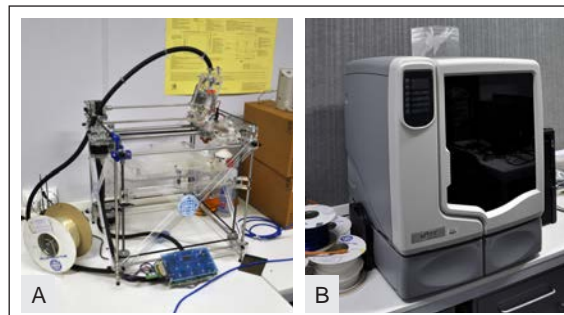
Figura 19 - Laboratório de Volume e Prototipagem - PUCRJ: Instalações do laboratório.



Fonte: Autor.

Dentro da PUCRJ, existem ainda outros laboratórios que possuem diversos equipamentos dedicados à construção de modelos físicos tridimensionais, alguns que merecem destaque são apresentados na figura 20:

Figura 20 - PUCRJ: (A) Kit de impressora 3D Bits From Bytes e (B) Impressora tridimensional uPrint.



Fonte: Autor.

4.3.2.6 Sanremo – Setor de Design

Localizada em Esteio - RS, a Sanremo é uma indústria fabricante de utensílios domésticos em plástico. A fábrica possui um setor interno de desenvolvimento de produtos, de onde sai a maioria dos produtos fabricados pela empresa. Foi feita uma visita ao setor de desenvolvimento, onde os três profissionais responsáveis pela criação dos produtos, conversaram sobre a utilização dos modelos físicos no PDP. Na sala está disponível uma impressora tridimensional FDM Dimension BST, a qual os três designers operam no seu dia-a-dia. Foram apresentados diversos modelos de produtos utilizados durante as diferentes fases do desenvolvimento da empresa, algumas dificuldades foram apontadas, assim como limitações do processo utilizado para as necessidades da equipe. Por questão de sigilo, só foi permitido o registro fotográfico do equipamento. A figura 21 apresenta a impressora tridimensional disponível no local:

Figura 21 - Setor de Desenvolvimento de Produtos - Sanremo: Impressora tridimensional Dimension.



Fonte: Autor.

4.3.2.7 Divisão de Tecnologias Tridimensionais - CTI

Localizado em Campinas - SP, a Divisão de Tecnologias Tridimensionais (DT3D) do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI) é um dos maiores

centros de prototipagem do país. Atuando em projetos de diversas áreas, inclusive desenvolvendo *software* e *hardware* para fins de prototipagem rápida. Foi feita uma visita ao local, onde dois pesquisadores envolvidos foram entrevistados, foi comentado tanto sobre a área de desenvolvimento de novos equipamentos de prototipagem rápida, como em testes de novos materiais para as tecnologias existentes. Ambos pesquisadores lidam com os equipamentos disponíveis no seu dia-a-dia e relataram aspectos das diferentes técnicas, suas limitações e vantagens, além de comentarem comparativamente os equipamentos disponíveis na DT3D. Alguns dos principais equipamentos utilizados no local são:

- a) impressora 3D Solidscape R66+;
- b) impressora 3D Objet Connex350;
- c) fresadora Roland Modela MDX-15;
- d) impressora 3D FDM Vantage i;
- e) impressora 3D Zcorp ZPrinter 310;
- f) impressora 3D ZCorp 510;
- g) impressora 3D SLS SinterStation 2000;
- h) impressora 3D SLS SinterStation HiQ.

A figura 22 apresenta as duas salas onde ficam os equipamentos de prototipagem rápida de maior porte:

Figura 22 - Divisão de Tecnologias Tridimensionais - CTI: Instalações do local com (A) impressoras 3D Polyjet, FDM e Benchtop, (B) Impressoras 3DP Z Crop e SLS.



Fonte: Autor.

O laboratório também possui um grande acervo de modelos gerados através das diferentes técnicas de prototipagem rápida, inclusive algumas peças fabricadas com tecnologias não disponíveis no local. O acervo mostra de forma clara as características finais das peças geradas nos diferentes métodos, inclusive apresentando alguns defeitos intrínsecos ao processo. Alguns desses modelos podem ser vistos na figura 23:

Figura 23 - Divisão de Tecnologias Tridimensionais - CTI: modelos construídos através dos processos de (A) SLS com material rígido, (B) SLS com material flexível, (C) digitalização tridimensional e usinagem com fresadora Roland, (D) impressão Polyjet com mistura de materiais rígido (branco) e flexível (preto), e (E) impressão tridimensional Z Corp colorida.



Fonte: Autor.

4.3.2.8 Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção - Unicamp

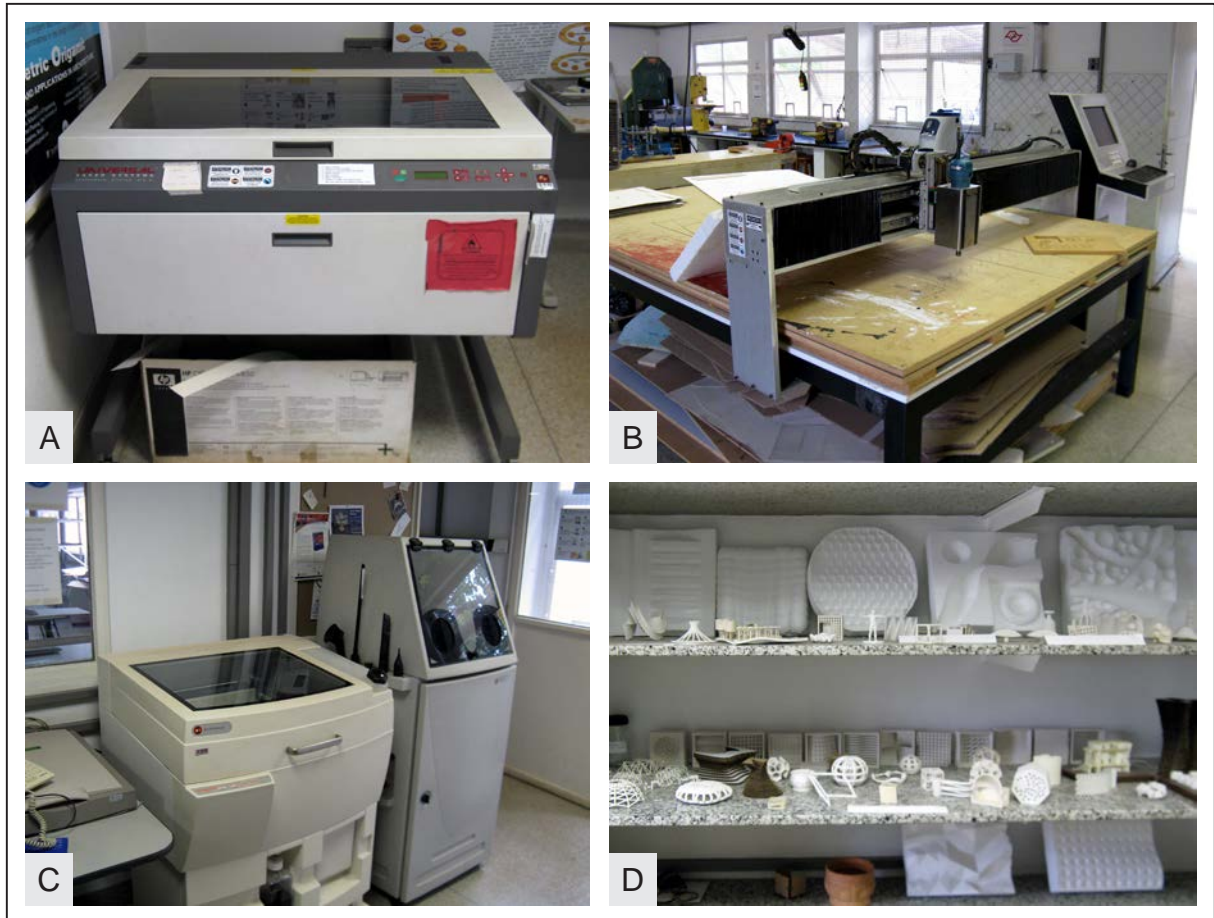
Situado no campus da UNICAMP em Campinas - SP, o Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção (LAPAC) desenvolve projetos com tecnologia de prototipagem rápida para aplicação na arquitetura e urbanismo. Realizou-se uma visita ao local com o acompanhamento de um dos funcionários responsáveis pela operação dos equipamentos - os pesquisadores responsáveis pelo laboratório estavam participando de um congresso na data da visita. Foi possível ver os equipamentos utilizados e alguns resultados alcançados pelo laboratório, esta visita foi de grande importância para entender como as tecnologias de prototipagem rápida podem ser aplicadas na arquitetura e construção, além de constatar suas diferentes necessidades. Os principais equipamentos disponíveis no laboratório são:

- a) corte e gravação a laser Universal Laser Systems;

- b) impressora 3D Zcorp ZPrinter 310Plus;
- c) fresadora CNC 3 eixos de grande porte;
- d) oficina e marcenaria.

A figura 24 apresenta os equipamentos disponíveis e alguns dos trabalhos feitos no local:

Figura 24 - Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção - UNICAMP: (A) Equipamento de corte e gravação a laser, (B) fresadora CNC de 3 eixos, (C) Impressora tridimensional Z Corp, e (D) acervo de trabalhos dos alunos.



Fonte: Autor.

4.3.2.9 Laboratório de Otimização, Projetos e Controle Avançado - Unicamp

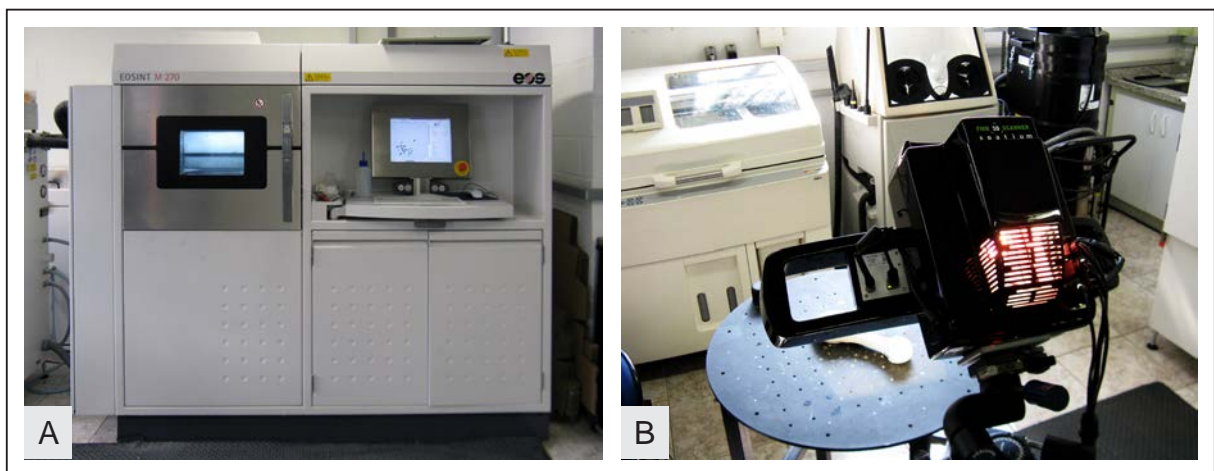
Localizado na Faculdade de Engenharia Química da UNICAMP, o Laboratório de Otimização, Projetos e Controle Avançado (LOPCA) possui um dos dois únicos equipamentos de sinterização de titânio do país (EOSINT). O laboratório possui diversos equipamentos de prototipagem rápida utilizados para variados campos de aplicação, um dos projetos em andamento no laboratório é o desenvolvimento de biopolímeros para serem aplicados em impressoras tridimensionais (equipamento 3DP Z Corp). Durante as pesquisas a máquina estragou e aguarda manutenção. Os pesquisadores

responsáveis do local não estavam presentes, assim apenas foram apresentados, por um dos bolsistas, os equipamentos disponíveis, que são os seguintes:

- a) impressora 3D ZCorp 510;
- b) 2 impressoras 3D Objet Alaris30;
- c) impressora 3D FDM Vantage i;
- d) impressora 3D Eosint M 270.

A figura 25 apresenta do equipamento de sinterização de metal, que estava em operação durante a visita, e um scanner tridimensional também utilizado no local:

Figura 25 - Laboratório de Otimização, Projetos e Controle Avançado - UNICAMP: (A) Sinterizadora de metal EOSINT, e (B) Scanner tridimensional Spatium.



Fonte: Autor.

4.3.3 Entrevistas

Além das visitas, foram feitas entrevistas com profissionais ligados tanto com o desenvolvimento de produtos, como aqueles ligados diretamente à confecção de modelos. Segundo Moraes e Mont'alvão (2010), entrevistas focalizadas geralmente são apropriadas para a etapa de problematização e sistematização, esta técnica consiste em, a partir de hipóteses e de certos temas, deixar o entrevistado descrever livremente sua experiência pessoal a respeito do assunto investigado.

Para tal, foi tentado o contato com diversos escritórios de design, profissionais autônomos, empresas ligadas ao desenvolvimento de produtos e empresas/centros de prototipagem. Embora estes centros e empresas de prototipagem não sejam o foco deste trabalho, por utilizarem diariamente as tecnologias sendo avaliadas, podem ser considerados especialistas no assunto, os quais muito tiveram a acrescentar nesta pesquisa. Devido a questões de disponibilidade de tempo, foram feitas sete entrevistas focalizadas, foram utilizados os tópicos apresentados no item 3.3.1 como hipóteses e temas para discussão.

As entrevistas com especialistas foram bastante produtivas, por possuírem ampla experiência em prototipagem e conhecimento nos processos envolvidos. Embora a maioria não utiliza os equipamentos de RP para os mesmos objetivos que os escritórios de design, foi possível fazer comparações entre as diferentes tecnologias, através da explicitação de seus pontos positivos e negativos.

Por outro lado, as entrevistas com profissionais autônomos ou pessoal ligado a escritórios de design de produto – público-alvo deste trabalho – não foram capazes de gerar conclusões significativas sobre as necessidades de uma forma ampla. Apesar de auxiliarem no entendimento das atividades de projeto e das necessidades de uso de modelos físicos, os entrevistados tinham dificuldade de manter o foco na questão da confecção de modelos propriamente, ficando presos a experiências passadas pontuais, nas quais precisaram de um tipo específico de modelo físico. Neste sentido, algumas necessidades puderam ser identificadas de forma mais implícita, confirmando informações apontadas pela literatura e gerando um repertório maior de situações para o possível uso de modelos e suas dificuldades no dia-a-dia.

4.3.4 Questionário

A partir do conhecimento adquirido na etapa anterior e do embasamento prévio proveniente da revisão bibliográfica e experiência pessoal, foi estruturado um questionário com o objetivo de investigar e melhor entender as necessidades do público-alvo, além de quantificá-las. Desejava-se conhecer as práticas comuns do uso de modelos físicos durante o processo de desenvolvimento do design, assim como na arquitetura; o grau de familiaridade dos profissionais com a confecção de modelos e com os equipamentos e técnicas envolvidas. Também foram consultados pesquisadores e professores, por, muitas vezes, possuírem mais ampla experiência com as tecnologias em questão, e conhecerem melhor seus pontos fracos e fortes.

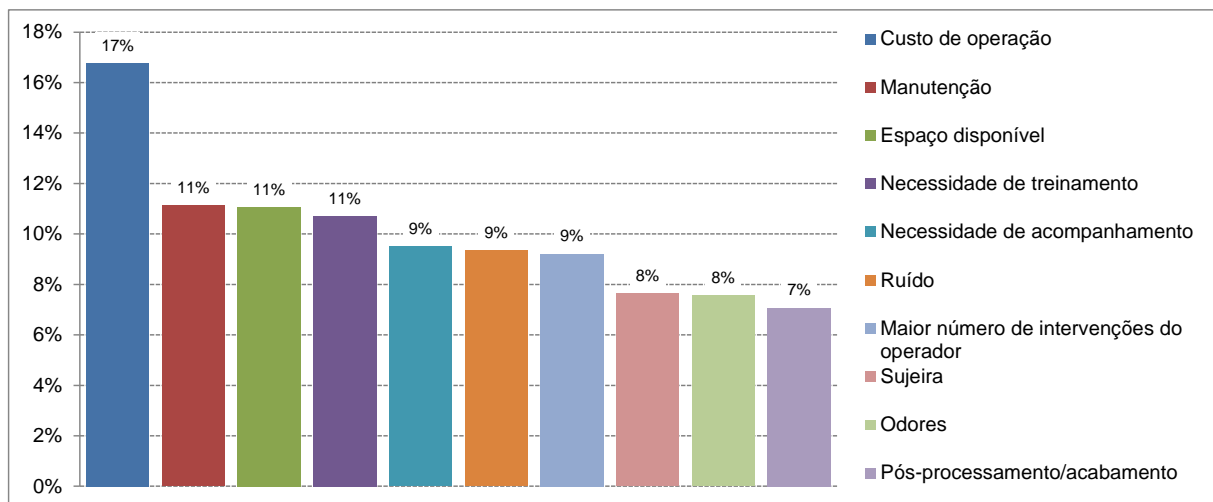
Para maior clareza das perguntas ao respondente, e possibilidade de comparação dos resultados – buscando verificar a possibilidade de ampliar o público potencial do produto em desenvolvimento – o questionário foi dividido por áreas de atuação: escritório de design de produto, sinalização, ponto-de-venda ou gráfico; escritório de arquitetura de interiores, comercial ou residencial; indústria, setor interno de design; laboratórios, instituições de ensino e de pesquisa; profissional autônomo, design de produto, design gráfico ou arquitetura; e, escritório prestador de serviço em prototipagem. As perguntas realizadas e os dados coletados podem ser verificados nos Anexos A e B.

O questionário foi realizado ao longo de dez dias, sendo aplicado via internet a 85 profissionais destas diferentes áreas. A maioria dos respondentes está ligada a escritório de design ou arquitetura, de forma equivalente (34,1% cada), além daqueles

que se definiram como profissionais autônomos e também trabalham em alguma dessas áreas (8,2%). Profissionais ligados a instituições de ensino (9,4%), centros de pesquisa (5,9%) e indústria (4,7%), assim como especialistas em confecção de modelos físicos (3,5%) também participaram. Embora estes últimos não sejam o foco do trabalho, sua experiência com equipamentos e modelos é de grande valia para uma melhor compreensão do problema.

Quando questionados sobre os inconvenientes do processo de confecção de modelos, os respondentes foram solicitados a hierarquizar alguns problemas preestabelecidos, desta forma foram dados pesos relativos aos itens listados (para maior clareza, os valores foram apresentados em percentual). Considerando-se o grupo total (todos os respondentes do questionário), o custo de operação dos equipamentos é tido como maior problema, seguido da manutenção, espaço necessário para o equipamento e treinamento (gráfico 1).

Gráfico 1 - Inconvenientes no uso de equipamentos de confecção de modelos - grupo total.

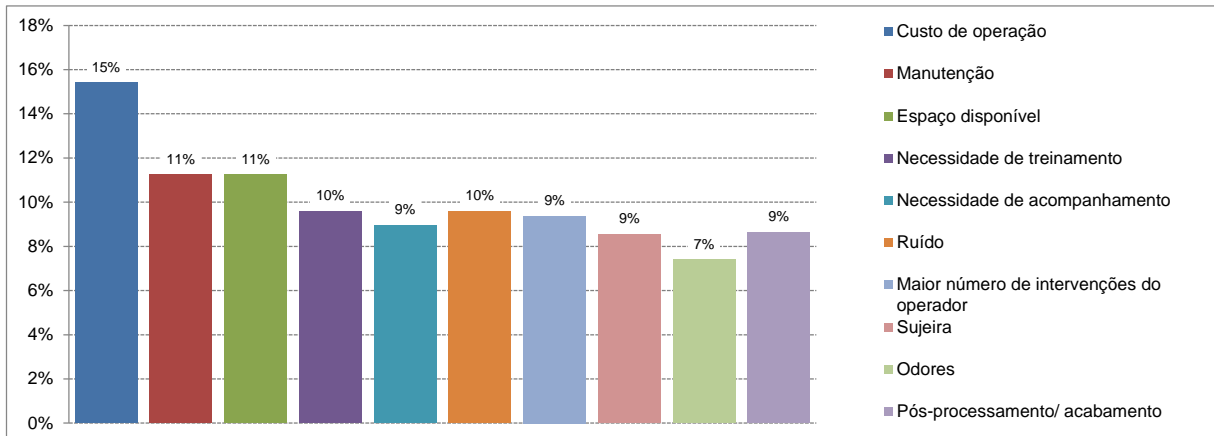


Fonte: Autor.

Levando-se em consideração apenas o grupo alvo (respondentes que se declararam atuantes em escritório ou autônomos, com principal área de atuação no design de produto), os resultados foram próximos: novamente o custo de operação foi apresentado como o maior inconveniente; em seguida está o espaço necessário para o equipamento e a manutenção; e depois, a necessidade de treinamento e o ruído (gráfico 2).

Além destes resultados, foram listados outros obstáculos no processo de confecção de modelos em uma questão aberta, tais como: necessidade de preparação do equipamento ou dos arquivos; problemas com a compra de material, tempo de entrega e estocagem; além de problemas de estabilidade dimensional de peças com o passar do tempo. Quando questionados sobre o tamanho das peças que geralmente precisam confeccionar, 68,4% disse não utilizar modelos maiores que 30 x 30 x 30 cm.

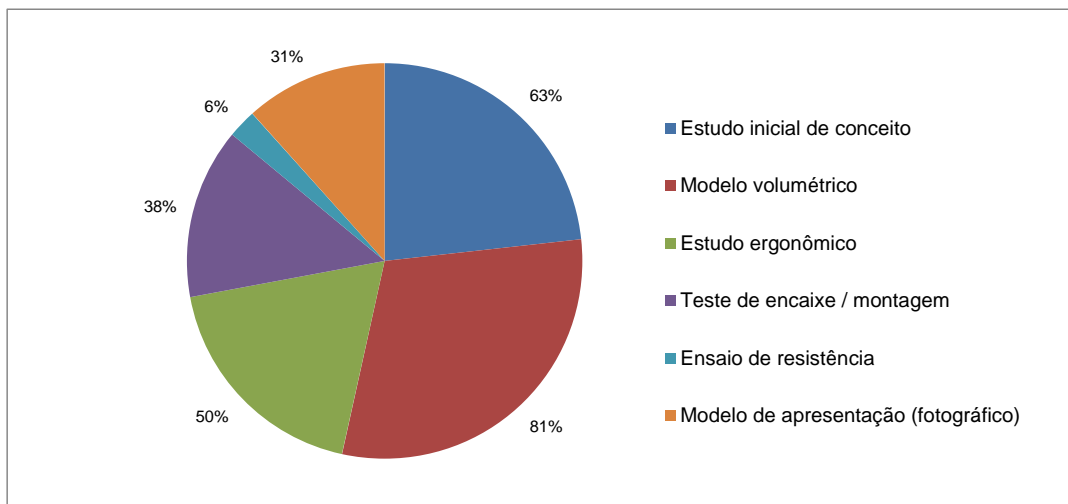
Gráfico 2 - Inconvenientes no uso de equipamentos de confecção de modelos - grupo alvo.



Fonte: Autor.

Ainda dentro do grupo alvo, ao serem questionados sobre a aplicação dada aos modelos físicos, a maioria dos respondentes disse utilizá-los para estudo volumétrico (85%) e estudos ergonômicos (70%), testes de encaixe e montagem aparece em terceiro lugar (55%). Isolando esta questão para aqueles respondentes que disseram fazer modelos para mais da metade dos projetos, o modelo volumétrico continua sendo a aplicação mais frequente, e os modelos de estudo inicial de conceito ficam em segundo lugar, seguidos dos modelos de estudo ergonômico. O gráfico 3 ilustra estes dados (por se tratar de uma questão de múltipla escolha, a soma dos valores é superior a 100%). É interessante observar que, para ambos os grupos, o tipos de modelos usados mais frequentemente são representações mais simples, isto aponta para a possibilidade de confecção de modelos simples e de menor custo dentro do escritório, e eventualmente pode-se terceirizar um serviço de prototipagem de melhor nível de acabamento, para evitar que a equipe concentre recursos neste tipo de atividade mais onerosa.

Gráfico 3 - Principal aplicação do uso de modelos - usuários frequentes de modelos.



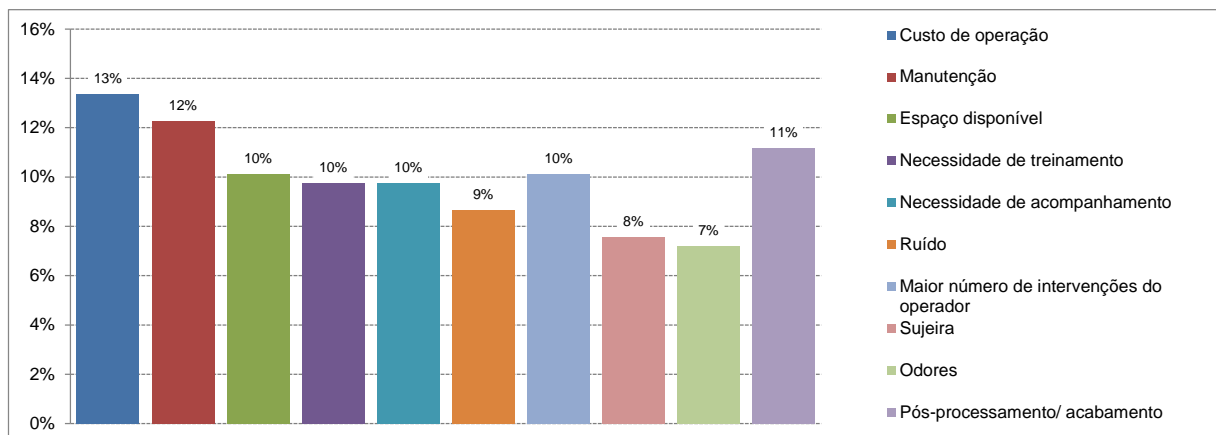
Fonte: Autor.

Outro dado bastante relevante a este trabalho é que, ainda dentro do grupo dos profissionais de design de produto, 65% disseram que o nível de importância dos modelos é alto ou muito alto para o seu trabalho. A maioria também relatou ter interesse em adquirir algum equipamento de confecção de modelos (66,7%), sendo que também foi comentado diversas vezes o problema do prazo curto para o desenvolvimento do projeto aliado à demora da confecção e entrega de modelos por empresas terceirizadas. Dentre aqueles que disseram não ter interesse neste tipo de equipamento, alguns motivos apresentados foram: falta de espaço para o sistema, o custo do material e da manutenção, além de alegar utilizarem apenas modelos rústicos, sem detalhes, no seu PDP.

É interessante ressaltar ainda que alguns respondentes comentaram que a saída mais eficaz para a necessidade do uso de modelos é a terceirização; por outro lado, deve-se lembrar de que isto pode se tratar apenas de um problema financeiro. Existe uma tendência global de crescimento do uso de equipamentos de confecção de modelos de pequeno e médio porte (WOHLERS, 2011). Além disso, foram apontados problemas de velocidade e entrega no prazo de modelos terceirizados, conjuntamente, o lançamento de produtos no mercado de forma cada vez mais dinâmica e questões de sigilo industrial, fazem com que a fabricação de modelos dentro do próprio escritório seja uma estratégia interessante, quando for possível fazer isto de uma forma economicamente viável.

Considerando as respostas apenas dos respondentes do grupo alvo que possuem algum tipo de equipamento específico, os inconvenientes relatados foram: custo de operação em primeiro lugar, manutenção do equipamento em segundo, e necessidade de pós-processamento em terceiro, conforme o gráfico 4.

Gráfico 4 - Inconvenientes no uso de equipamentos de confecção de modelos - usuários do grupo alvo que possuem equipamentos de confecção de modelos.

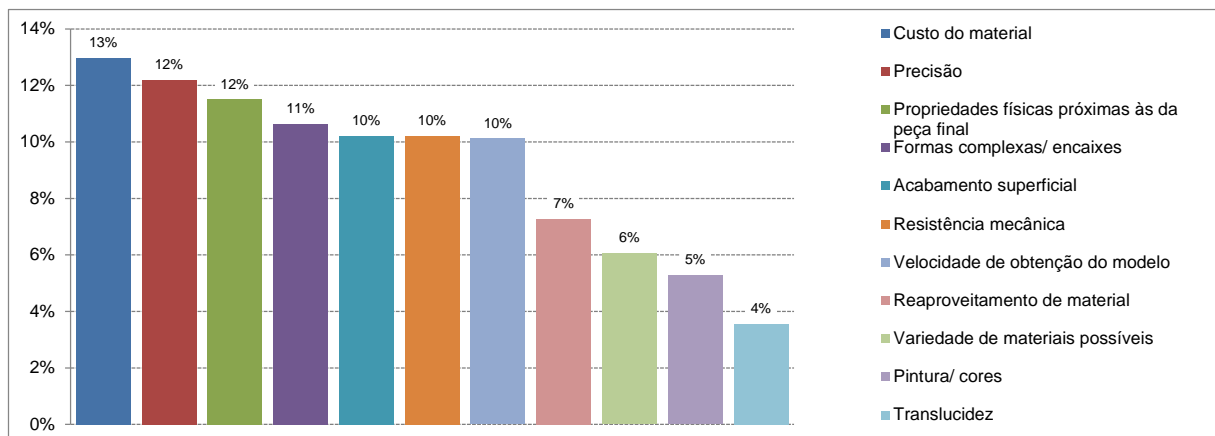


Fonte: Autor.

Este mesmo grupo de respondentes ainda citou outros problemas ligado à confecção de seus modelos, tais como: o acabamento nem sempre sai como desejado, a necessidade de ajustes no desenho para produzir o modelo físico, a fragilidade das peças acabadas, e a necessidade e dificuldade de compra de matéria-prima quando aumenta a demanda, pois o revendedor não recomenda a estocagem.

Por último, foi questionada a ordem de importância das características de um modelo físico. É interessante observar que, quando perguntando diretamente o que se espera de um modelo físico – que é o objetivo final do uso do equipamento que está sendo pesquisado – além das questões de custo da peça e precisão, que se mantiveram como mais importantes, a terceira característica considerada mais relevante a um modelo físico é a proximidade das propriedades físicas do modelo com as da peça final. Embora os respondentes tenham dito que o principal uso dos modelos fosse de estudo inicial e volumétrico, que geralmente não precisam ter esse tipo de propriedade, era de se esperar que este ponto merecesse destaque, pois a maior proximidade física do modelo ao produto final é um dos pontos positivos do modelo físico frente às simulações virtuais. O gráfico 5 mostra o peso relativo da importância dada às características de um modelo físico.

Gráfico 5 - Ordem de importância e peso relativo das características dos modelos físicos - usuários do grupo alvo.



Fonte: Autor.

Os resultados obtidos com outros grupos – profissionais de arquitetura, pesquisadores e professores, e marqueteiros, além dos profissionais em design de produto que trabalham dentro da indústria – tiveram uma variação maior em suas respostas ao questionário. Isto confirma a necessidade de segmentação do mercado.

Primeiramente, é necessário destacar a questão financeira, tanto nas questões sobre incômodos gerados, assim como nas características importantes para um modelo, e na própria aplicação principal dos modelos como sendo estudos volumétricos; fica claro que o custo da confecção de um modelo é determinante para

seu uso. Este resultado confirma as informações levantadas nas entrevistas e deve ser dada a devida importância ao selecionar uma tecnologia de confecção de modelos, visto que determinará a difusão do equipamento.

Outro ponto de destaque é espaço limitado disponível em um escritório. A maioria das respostas aponta a questão dimensional do equipamento como um inconveniente do produto. Por se tratar de um escritório, onde o foco principal de atividade é o desenvolvimento de um produto, um equipamento para auxiliar na confecção de modelos deve ser compatível com o ambiente onde se insere, preferencialmente não necessitando de instalações especiais, e quanto menos componentes auxiliares, melhor.

Um terceiro ponto interessante dos resultados, que confirma informações apresentadas nas entrevistas, é o nível de automação do processo e facilidade de uso. Embora a facilidade de uso não tenha sido apontada como um dos fatores mais importantes da pesquisa, questões sobre a necessidade de treinamento e habilidade do operador para o pós-processamento indicam que o processo envolvido deva ser simples. O treinamento inicial para se operar um equipamento deste tipo não foi apontado como um problema muito grande, mas a necessidade de acompanhamento, foco e atenção especial ao processo acaba gerando um incômodo no dia-a-dia de uso.

Na seção 4.3.6 estes e os restantes resultados serão utilizados para priorizar os requisitos dos usuários.

4.3.5 Resumo das necessidades e conversão em requisitos de usuários

Após o levantamento de necessidades, através da utilização de ferramentas apresentadas por Ulrich e Eppinger (2008) e Back et al. (2008), foi criado um quadro resumo destas informações, nele consta também a transcrição destas necessidades em requisitos dos usuários, seguindo as cinco diretrizes apresentadas por Ulrich e Eppinger (2008). Um aspecto interessante desta etapa é que o público-alvo do estudo tem larga experiência no desenvolvimento de produtos e, ao serem questionados sobre suas necessidades e desejos, geralmente se expressavam de maneira bastante objetiva, já na forma de requisitos. Isto explica a ausência de algumas necessidades na tabela 4, onde estão listadas as necessidades dos usuários e as respectivas transcrições para requisitos dos usuários.

Tabela 4 - Transcrição das necessidades em requisitos dos usuários

Necessidade	Requisito
Ser rápida	Ser rápida
Ter baixo custo de operação	Ter baixo custo de operação
Peças com um acabamento bom	Possibilitar um bom acabamento da peça
Peças de acordo com o desenho	Ter boa precisão dimensional
Peças não devem empenar ou se deformar	Ter boa estabilidade dimensional
Fazer modelo com propriedades próximas ao do produto	Trabalhar com materiais próximos ao do produto final
Ser de fácil operação	Ser de fácil operação
Não ocupar muito espaço	Ser compacta
Poder trabalhar com vários materiais	Poder trabalhar com vários materiais
Não fazer muito barulho	Ser silenciosa
Não precisar perder muito tempo ajustando	Ter fácil setup de operação
Ter baixo custo de manutenção	Ter baixo custo de manutenção
Ser de fácil manutenção	Ser de fácil manutenção
Poder reutilizar os materiais	Possibilitar o reaproveitamento de material
Poder dar acabamento na peça	Utilizar materiais que possibilitem acabamentos especiais
Modelo deve sair o mais finalizado possível	Não necessitar de pós-processamento
Necessitar de pouca intervenção do operador	Necessitar de pouca intervenção do operador
Não fazer muita sujeira	Operar de forma limpa
Não deve ter cheiro	Operar sem gerar odores
Não necessitar de muito acompanhamento	Trabalhar de forma autônoma
Fazer modelos complexos	Possibilitar a construção de formas complexas
Matéria prima não deve custar muito caro	Trabalhar com matéria prima de baixo custo
Deve ser fácil de conseguir material pra trabalhar	Trabalhar com matéria prima de fácil acesso
Criar modelos robustos	Criar modelos robustos

Fonte: Autor.

4.3.6 Planejamento da qualidade desejada

Para Back et al. (2008), deve ser feita uma análise comparativa dos requisitos dos usuários em conjunto com o estudo dos produtos concorrentes. A esta análise, se dá o nome de Planejamento da Qualidade Desejada, e ela tem como objetivo determinar os fatores de importância e as metas para cada requisito dos usuários, os quais são atribuídos valores numéricos, os quais indicam como a equipe de projeto

deverá analisar estes parâmetros durante o desenvolvimento da solução.

Back et al. (2008) indica o método de Akao como mais adequado para calcular o valor dos requisitos dos usuários. Segundo o método, a própria equipe de projeto pode atribuir os valores aos diferentes requisitos, respondendo questão do tipo: “qual será a importância deste requisito para o usuário?”. Fica claro então que os envolvidos no desenvolvimento do projeto precisam ter um bom conhecimento sobre as necessidades e desejos dos usuários, para que seja dada a devida importância a cada fator.

Akao sugere uma escala de um a cinco para o g_i (grau de importância), além de outros valores que devem ser atribuídos aos produtos concorrentes frente aos requisitos, também é necessário dar um peso ao posicionamento da empresa a respeito destes requisitos, indicando até onde a empresa pretende chegar para satisfazer determinado aspecto. Os coeficientes utilizados para o cálculo são:

- a) Grau de importância (g_i): valor atribuído a cada requisito dos usuários, refletindo sua importância (valores de 1 a 5);
- b) Análise de concorrentes (vc_i): avaliação dos produtos concorrentes frente a cada requisito (valores de 1 a 5);
- c) Plano de qualidade (vm_i): meta que a empresa pretende atingir quanto ao requisito (valores de 1 a 5);
- d) Taxa de melhoramento (tm_i): quociente do plano da qualidade pela média da análise dos concorrentes (vm_i / vc_i) – Valor adaptado neste trabalho, o original deveria ser calculado baseado na análise do produto da empresa sendo melhorado;
- e) Fatores de venda (fv_i): valor da estratégia da empresa para vendas (valor de 1 a 1,5 / sendo que 1,0 implica em valor não atribuído) – Para fins de projeto acadêmico, não será atribuído valor ao fator de venda, sendo considerado 1,0 para todos requisitos;
- f) Peso absoluto (pa_i): produto do grau de importância, taxa de melhoramento e fator de venda ($g_i * tm_i * fv_i$);
- g) Peso da qualidade demandada (pru_i): valor relativo do peso absoluto do requisito dividido pela soma de todos os pesos absolutos.

Abaixo é apresentada a avaliação de sete tecnologias utilizadas atualmente para confecção de modelos físicos. São seis processos de manufatura aditiva que foram considerados, ao longo do trabalho, os mais interessantes, devido a fatores como difusão do sistema e qualidades reconhecidas no meio: SLA, Polyjet, FDM, Benchtop, SLS e 3DP; também será avaliado o método de fresamento CNC (manufatura subtrativa), devido a sua larga utilização para confecção de modelos.

Na tabela, os índices que acompanham os coeficientes referem-se, respectivamente, a: A = SLA; B = PolyJet; C = FDM; D = Benchtop; E = SLS; F = 3DP e G = Fresamento CNC.

Tabela 5 - Planejamento da qualidade desejada.

Requisito do usuário	g _i	vc _A	vc _B	vc _C	vc _D	vc _E	vc _F	vc _G	vc _m	v _i	tm _i	fv _i	pa _i	pru _i
Ser rápida	4,5	3,0	3,0	2,0	2,5	4,0	5,0	4,5	3,43	5,0	1,46	1,0	6,56	5,60%
Ter baixo custo de operação	5,0	3,0	2,5	2,5	2,5	3,5	4,0	5,0	3,29	5,0	1,52	1,0	7,61	6,49%
Possibilitar um bom acabamento da peça	4,0	3,5	4,0	2,5	4,0	3,5	2,5	5,0	3,57	4,0	1,12	1,0	4,48	3,82%
Ter boa precisão dimensional	4,0	3,5	4,0	3,0	4,0	4,0	3,0	5,0	3,79	4,5	1,19	1,0	4,75	4,06%
Ter boa estabilidade dimensional	3,5	3,0	2,5	4,0	4,0	3,5	3,5	5,0	3,64	4,0	1,10	1,0	3,84	3,28%
Trabalhar com materiais próximos ao do produto final	4,0	2,5	3,5	4,0	2,5	4,0	2,0	5,0	3,36	4,0	1,19	1,0	4,77	4,07%
Ser de fácil operação	3,0	2,5	4,0	4,0	3,5	2,5	3,0	2,0	3,07	3,0	0,98	1,0	2,93	2,50%
Ser compacta	4,5	2,5	4,0	3,5	5,0	1,0	4,0	5,0	3,57	4,5	1,26	1,0	5,67	4,84%
Poder trabalhar com vários materiais	3,5	2,0	3,5	3,0	2,5	4,0	1,0	5,0	3,00	4,5	1,50	1,0	5,25	4,48%
Ser silenciosa	3,0	3,5	4,0	3,5	2,5	3,5	4,0	1,0	3,14	3,0	0,95	1,0	2,86	2,44%
Ter fácil setup de operação	3,5	3,0	4,0	3,5	3,5	3,0	5,0	2,5	3,50	4,0	1,14	1,0	4,00	3,41%
Ter baixo custo de manutenção	5,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	4,5	2,93	4,0	1,37	1,0	6,83	5,83%
Ser de fácil manutenção	3,5	2,0	2,0	3,0	2,5	2,0	3,0	4,5	2,71	3,5	1,29	1,0	4,51	3,85%
Possibilitar o reaproveitamento de material	2,5	3,5	1,0	1,0	1,0	4,0	5,0	3,5	2,71	4,0	1,47	1,0	3,68	3,14%

Tabela 5 - Planejamento da qualidade desejada.

Requisito do usuário	g _i	vc _A	vc _B	vc _C	vc _D	vc _E	vc _F	vc _G	vc _m	v _{i,m}	tm _i	fv _i	pa _i	pru _i
Utilizar materiais que possibilitem acabamentos especiais	3,0	4,0	3,5	2,5	3,5	4,5	3,0	5,0	3,71	4,0	1,08	1,0	3,23	2,76%
Não necessitar de pós-processamento	4,0	1,0	3,0	3,5	4,0	5,0	2,5	3,0	3,14	4,5	1,43	1,0	5,73	4,89%
Necessitar de pouca intervenção do operador	3,5	2,5	3,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,5	2,79	4,0	1,44	1,0	5,03	4,29%
Operar de forma limpa	3,0	1,5	2,5	4,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,36	3,5	1,48	1,0	4,45	3,80%
Operar sem gerar odores	3,0	2,0	2,5	4,0	4,0	2,5	2,0	4,0	3,00	4,0	1,33	1,0	4,00	3,41%
Trabalhar de forma autônoma	3,5	3,0	4,0	4,0	4,0	3,0	4,5	2,5	3,57	4,0	1,12	1,0	3,92	3,35%
Possibilitar a construção de formas complexas	4,0	3,5	4,5	3,0	4,0	5,0	4,0	2,0	3,71	3,5	0,94	1,0	3,77	3,22%
Trabalhar com matéria-prima de baixo custo	5,0	2,5	1,0	2,5	2,5	3,0	3,5	5,0	2,86	5,0	1,75	1,0	8,75	7,47%
Trabalhar com matéria-prima de fácil acesso	4,0	2,0	1,5	2,0	2,0	3,0	3,0	5,0	2,64	4,5	1,70	1,0	6,81	5,81%
Criar modelos robustos	3,0	2,5	2,0	4,0	3,0	4,5	1,5	5,0	3,21	4,0	1,24	1,0	3,73	3,19%

Fonte: Autor.

A tabela 6 apresenta os requisitos dos usuários reorganizados por ordem do peso da qualidade demandada:

Tabela 6 - Peso da qualidade demandada

Requisito do usuário	Peso da qualidade demandada
Trabalhar com matéria-prima de baixo custo	7,47%
Ter baixo custo de operação	6,49%
Ter baixo custo de manutenção	5,83%
Trabalhar com matéria-prima de fácil acesso	5,81%
Ser rápida	5,60%
Não necessitar de pós-processamento	4,89%
Ser compacta	4,84%
Poder trabalhar com vários materiais	4,48%
Necessitar de pouca intervenção do operador	4,29%
Trabalhar com materiais próximos ao do produto final	4,07%
Ter boa precisão dimensional	4,06%
Ser de fácil manutenção	3,85%
Possibilitar um bom acabamento da peça	3,82%
Operar de forma limpa	3,80%
Ter fácil setup de operação	3,41%
Operar sem gerar odores	3,41%
Trabalhar de forma autônoma	3,35%
Ter boa estabilidade dimensional	3,28%
Possibilitar a construção de formas complexas	3,22%
Criar modelos robustos	3,19%
Possibilitar o reaproveitamento de material	3,14%
Utilizar materiais que possibilitem acabamentos especiais	2,76%
Ser de fácil operação	2,50%
Ser silenciosa	2,44%

Fonte: Autor.

4.4 AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS EXISTENTES

Volpato (2007) apresenta uma tabela resumo das principais tecnologias de prototipagem, sabendo-se que o mercado de prototipagem rápida é bastante dinâmico, foi considerado necessária uma atualização desta tabela a partir das possibilidades atuais destes sistemas. O Apêndice C apresenta uma versão adaptada da tabela

original apresentada por Volpato, mantendo-se apenas as tecnologias apresentadas na seção 3.3 do presente trabalho.

Por outro lado, a tabela 7 é uma versão atualizada das possibilidades dessas tecnologias. Diferentemente do material apresentado por Volpato (2007), é um resumo quantitativo das características dos sistemas de confecção de modelos atuais, e tem por objetivo central resumir os parâmetros de operação e desempenho dos processos e servir de apoio à seleção de uma tecnologia apropriada para as necessidades identificadas, podendo ser utilizada como linha de corte para excluir aquelas tecnologias de prototipagem com características que se distanciam das reais necessidades dos usuários, levantadas através do questionário e entrevistas.

Ao cruzar os resultados quantitativos da pesquisa com o levantamento das configurações máximas e mínimas das tecnologias estudadas, pretende-se diminuir o número de opções de tecnologias aplicáveis ao PDP do público-alvo antes de uma avaliação profunda do funcionamento do equipamento e qualidades do modelo resultante.

Salienta-se ainda que características apresentadas na tabela 6 que possam se equiparar às requeridas pelos usuários finais não englobam a operação do equipamento e o tempo investido para confecção do modelo. A escolha final da tecnologia deverá incluir o reconhecimento de vantagens e desvantagens que, muitas vezes, se detectam através da experiência como usuário.

Das tecnologias com matéria-prima baseada em líquidos, são analisadas duas: SLA e PolyJet; que possuem grande volume de vendas atualmente e puderam ser analisadas nas visitas técnicas (WOHLERS 2011). Abaixo estão listados os modelos de cada tecnologia cujas configurações foram utilizadas na construção da tabela 6:

- a) SLA: ProJet SD 6000, ProJet HD 6000, ProJet MP 6000 - não se incluiu os equipamentos da linha iPro, estes são máquinas que se dizem “centros de prototipagem” de grande porte e, portanto, não se enquadram para o público-alvo;
- b) IJP PolyJet: Desktop 3D Printer Objet30, Desktop 3D Printer Objet24, Objet Connex 500, Objet Connex 350, Objet Connex 260, Eden 500V, Eden 350/350V, Eden 260V, Eden 250;

São analisadas duas tecnologias com matéria-prima baseada em sólido: FDM, e BenchTop; selecionadas pelo mesmo motivo das anteriores. Abaixo estão listados os modelos de cada tecnologia cujas configurações foram utilizadas na construção da tabela 6:

- a) FDM: uPrint SE, uPrint SE Plus, Dimension BST 1200es, Dimension SST 1200es, Dimension Elite, Fortus 250mc, Fortus 360mc, Fortus 360mc, Fortus 400mc;
- b) IJP BenchTop: R66 Plus e T76 Plus

E, por fim, são duas as tecnologias analisadas, que possuem matéria-prima baseada em pó: SLS e 3DP Z-Corp; selecionadas pelo mesmo motivo das anteriores. Abaixo estão listados os modelos de cada tecnologia cujas configurações foram utilizadas na construção da tabela 6.

- a) SLS: sPro 60SD, sPro 60HD Base e HS, sPro 140 Base e HS, sPro 230 Base e HS;
- b) 3DP Z-Corp: ZPrinter 150, ZPrinter 250, ZPrinter 350, ZPrinter 450, ZPrinter 650 - os equipamentos ZBuilder não se enquadram nessa tecnologia.

Além dessas tecnologias, são analisados também equipamentos de fresamento CNC, estes equipamentos poder trabalhar com uma gama maior de materiais, desde resinas e ceras até metais, porém apresentam limitações geométricas de construção, frente às tecnologias aditivas. Os equipamentos selecionados para análise são:

- a) Fresadora 4 eixos Roland MDX-40A;
- b) Fresadora 4 eixos Digimill 3D.

É necessário lembrar que as características e desempenhos tabelados são dados referentes a mais de um modelo para cada tecnologias. A intenção é mostrar as possibilidades apresentadas por cada uma das técnicas, elas não necessariamente acontecem ao mesmo tempo (por exemplo, melhor resolução, com maior tamanho de peça, no modelo mais compacto). Para uma melhor avaliação da possibilidades de cada tecnologia, o ideal é um conhecimento aprofundado do seu funcionamento e aplicação no dia-a-dia.

A análise de similares teve por objetivo avaliar um equipamento de cada uma das principais tecnologias de prototipagem disponíveis no mercado nacional (SLA, Polyjet, FDM, Benchtop, SLS, 3DP Z-Corp e usinagem CNC). Esta análise foi realizada através de um “benchmarking”, visto que ainda não havia a definição da tecnologia a ser utilizada. Para tanto, o acesso físico ao equipamento torna-se fundamental para observar suas principais características, além de ter acompanhamento de profissionais que utilizam estes equipamentos com frequência. Neste sentido, foram realizadas visitas técnicas apresentadas na seção 4.3.2.

Tabela 7 - Comparativo das tecnologias apresentadas

Processo	Baseados em líquido		Baseado em sólidos		Baseado em pó		Usinagem	
Tecnologia	SL ou SLA	IJP PolyJet	FDM	IJP Benchtop	SLS	3DP	Fresamento CNC	
Empresa	3DSYSTEMS	Objet	Stratasys	SolidScape	3D Systems	Z Corp	Tecnodril	Roland
Custo do material	Médio	Alto	Médio	Alto	Médio	Médio	Baixo	Baixo
Resolução (mín - máx)	0,125mm - 0,050mm	0,030mm - 0,016mm	0,33mm - 0,127mm	0,0762mm - 0,0127mm	0,15mm - 0,08mm	0,1mm - 0,09mm	0,01mm	0,01mm
Precisão (mín - máx)	0,05mm - 0,025mm	0,2mm - 0,02mm	0,241mm - 0,015mm	0,0254mm	NI	NI	3mm - 0,01mm	1,5mm - 0,01mm
Variedade de materiais para modelo (mín - máx)	4 - 5 materiais	1 - 4 materiais (e variações)	1 - 8 materiais	1 - 4 materiais	8 materiais	1 material	indefinido	indefinido
Necessidade de suporte	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
Acabamento superficial	Bom	Bom	Baixo	Excelente	Bom	Regular	Excelente	Excelente
Tamanho máximo da peça	250 x 250 x 250mm	490 x 390 x 200mm	406 x 356 x 406mm	152,4 x 152,4 x 101,6mm	550 x 550 x 750cm	254 x 381 x 203mm	450 x 350 x 300mm	305 x 305 x 123mm
Dimensão equipamento (mín - máx)	787 x 737 x 1829mm	825 x 620 x 590mm - 1420 x 1120 x 1130mm	635 x 660 x 787mm - 1281 x 895,35 x 1962mm	548,6 x 489,2 x 407,7mm	1840 x 1850 x 1970mm - 2077 x 1429 x 2040mm	740 x 790 x 1400cm - 1880 x 74m x 1450mm	1200 x 1800 x 2200mm	669 x 750 x 554mm
Peso equipamento (mín - máx)	181kg	93kg - 500kg	76kg - 687kg	34kg	NI	165kg - 340kg	1000kg	65kg

Nota: Há diversos fabricantes e equipamentos, com variadas especificações, para usinagem. Considera-se aqui o equipamento analisado na seção 4.3.3.1. Fonte: Autor.

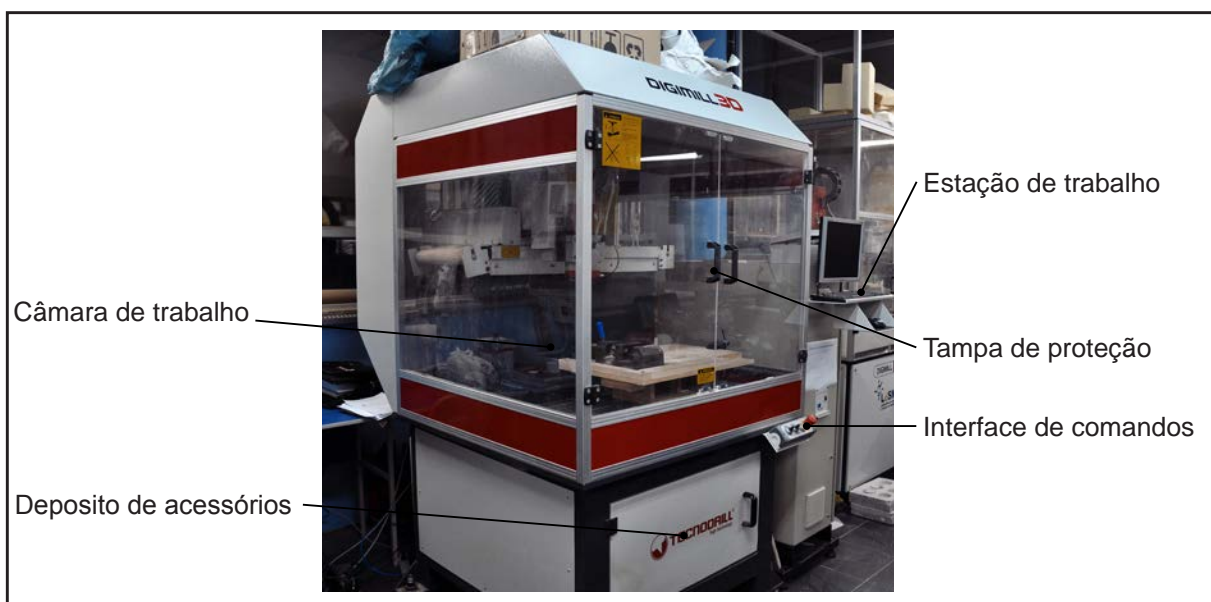
4.4.1 Levantamento de similares

Segundo Platcheck (2003), o levantamento de similares é uma atividade com o objetivo de se conhecer o “universo” do produto sendo analisado a partir de critérios comuns. Com fins de análise preliminar, é apresentado um equipamento, de cada tecnologia estudada anteriormente, com a indicação de alguns pontos mais importantes. Os princípios de funcionamento das tecnologias apresentadas a seguir foram apontados nas seções 3.2 e 3.3 deste trabalho.

4.4.1.1 Usinagem CNC - Digimill 3D

O equipamento apresentado é o modelo Digimill 3D, fabricado pela empresa Tecnodrill, e se encontra no Laboratório de Design e Seleção de Materiais, em Porto Alegre - RS. Informações relativas ao processo de funcionamento da usinagem CNC podem ser vistas na seção 3.2 e na tabela 7. A figura 44 apresenta a carenagem principal da Digimill 3D.

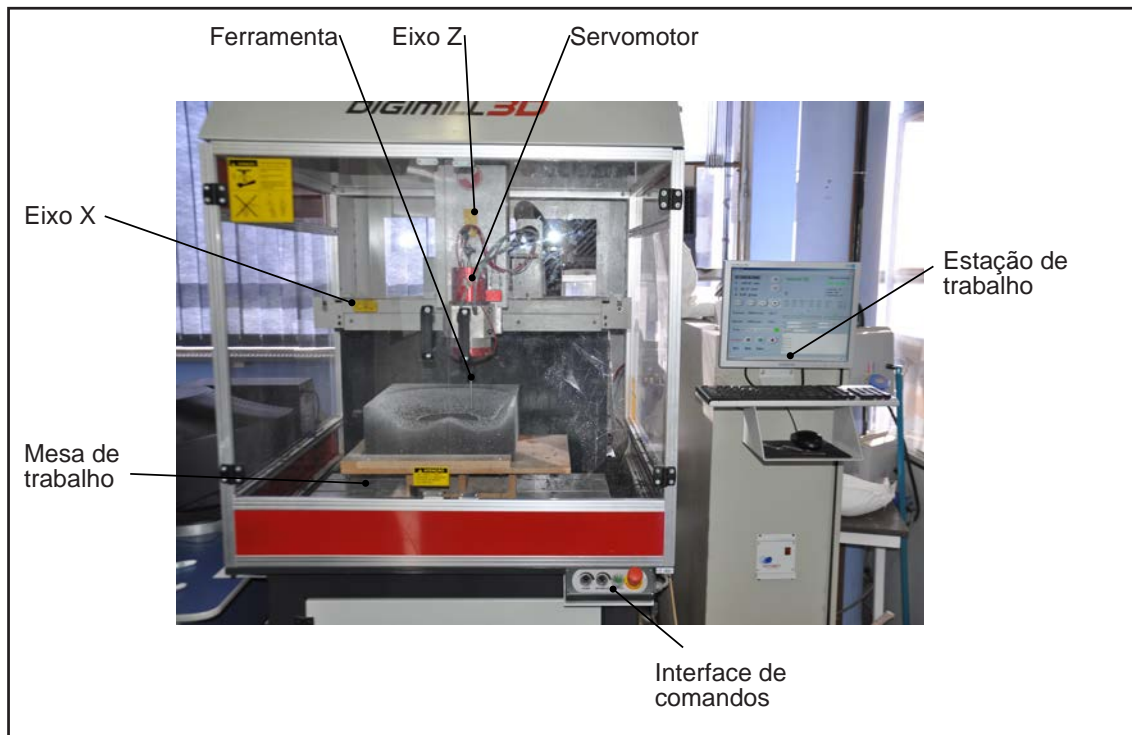
Figura 44 - Digimill 3D.



Fonte: Autor.

Na figura 45 são apresentados alguns dos principais componentes da fresadora CNC; pode ser visto dentro da câmara de trabalho, o servomotor e a ferramenta, que se movimentam simultaneamente em X, Y e Z enquanto usinam a peça. Externamente, pode ser vista a interface de comandos, onde é possível controlar a rotação e o avanço da ferramenta, além de possibilitar fazer paradas emergenciais.

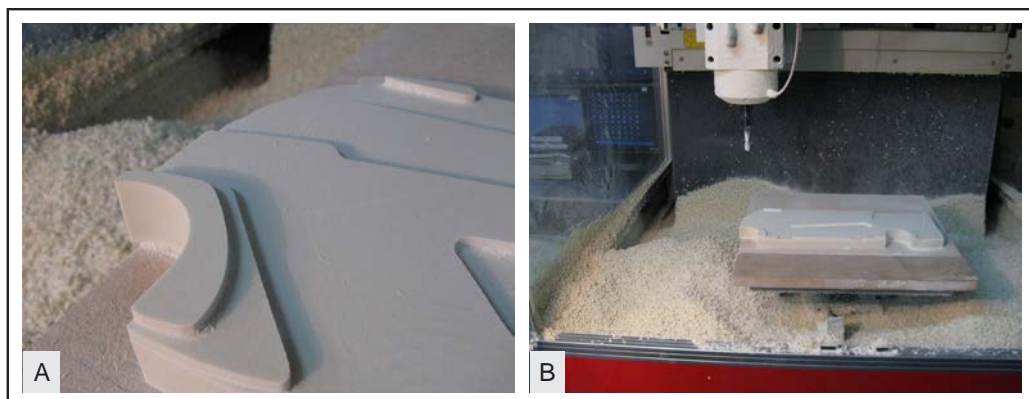
Figura 45 - Digimill 3D: principais componentes.



Fonte: Autor.

A figura 46 mostra a confecção de um modelo em escala com o uso da fresadora CNC, nela pode ser vista a peça após a etapa de desbaste e o cavaco gerado, também percebe-se o acabamento supercificial da peça após a etapa.

Figura 46 - Fresamento CNC: (A) detalhe do acabamento superficial da peça, e (B) o cavaco gerado após a etapa de desbaste.



Fonte: Autor.

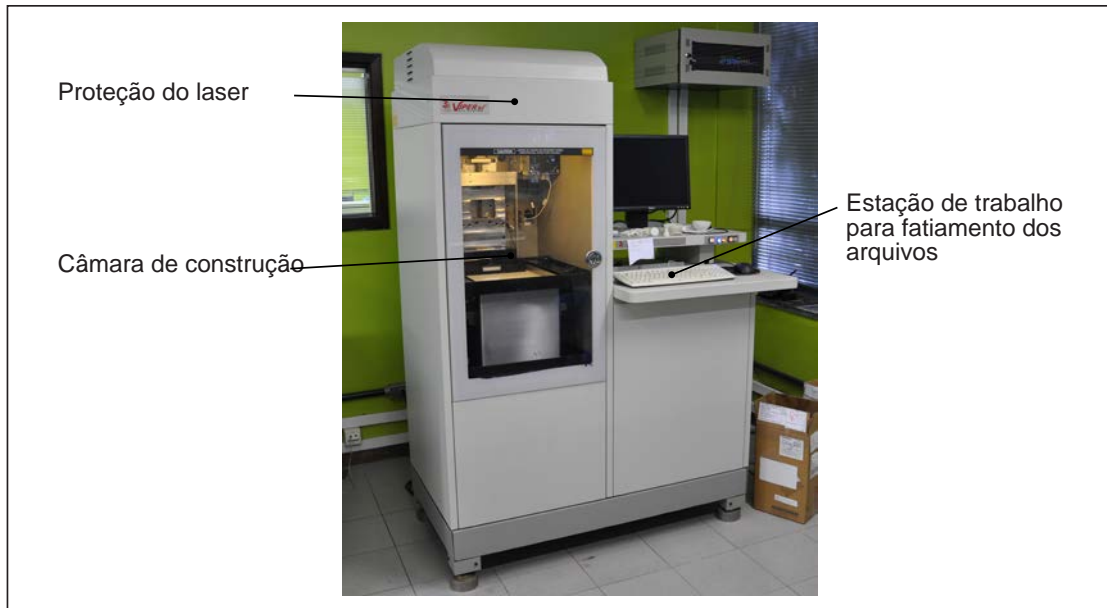
4.4.1.2 Estereolitografia - Viper SI2

O equipamento apresentado é o modelo Viper SI2, fabricado pela empresa 3D Systems, e se encontra no Laboratório de Modelos Tridimensionais do INT, no Rio

de Janeiro - RJ. Informações relativas ao processo de funcionamento dos sistemas de estereolitografia podem ser vistas na seção 3.3.1.1 e na tabela 7.

A figura 26 apresenta a carenagem principal da Viper S12, que conta com uma estação de trabalho dedicada ao fatiamento de arquivos acoplada ao equipamento, além da câmara de construção, onde o recipiente com a resina fotossensível se movimenta verticalmente.

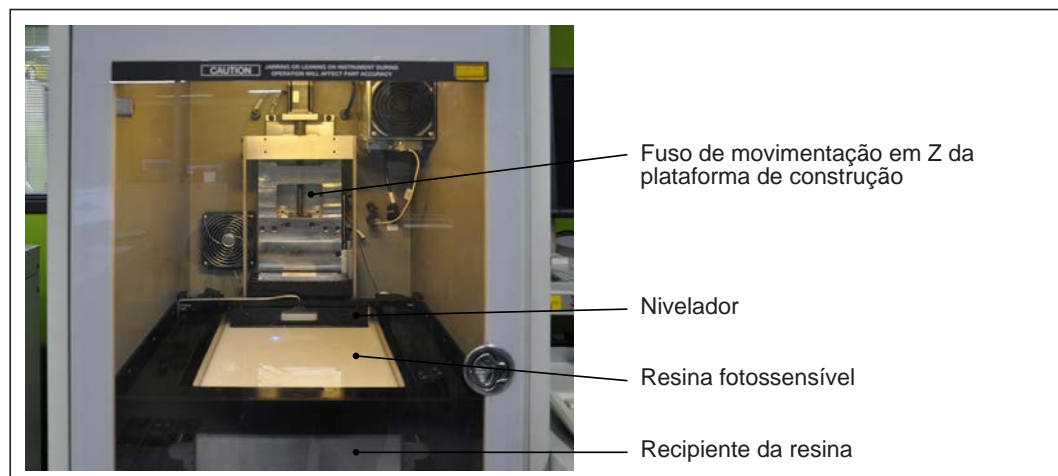
Figura 26 - Equipamento de SL - Viper S12.



Fonte: Autor.

Na figura 27 é apresentado um detalhe da câmara de construção onde se encontra o recipiente com a resina, que após ser varrido pelo laser, movimentar-se verticalmente através de um fuso, e então o nivelador espalha o material para a construção da camada subsequente.

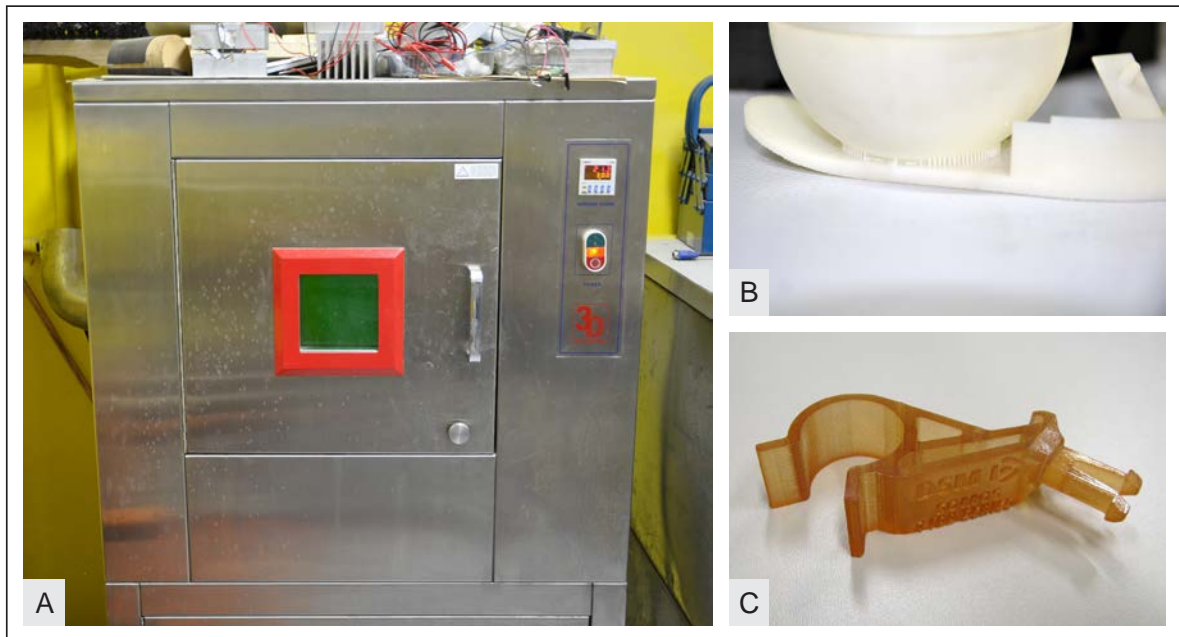
Figura 27 - Viper S12 - detalhe da câmara de construção



Fonte: Autor.

Na figura 28 pode ser visto o forno ultravioleta (UV) utilizado para o pós-processamento das peças retiradas da Viper SI2, nele é feita a cura das peças, para que adquiram as propriedades finais. Também podem ser vistas na figura 28 duas peças construídas com o processo, sendo que uma ainda apresenta detalhes do suporte de construção e a outra foi construída com material translúcido.

Figura 28 - Estereolitografia: (A) Forno UV utilizado na cura das peças, (B) peça construída por SL ainda com suporte, e (C) peça construída por SL utilizando material translúcido.



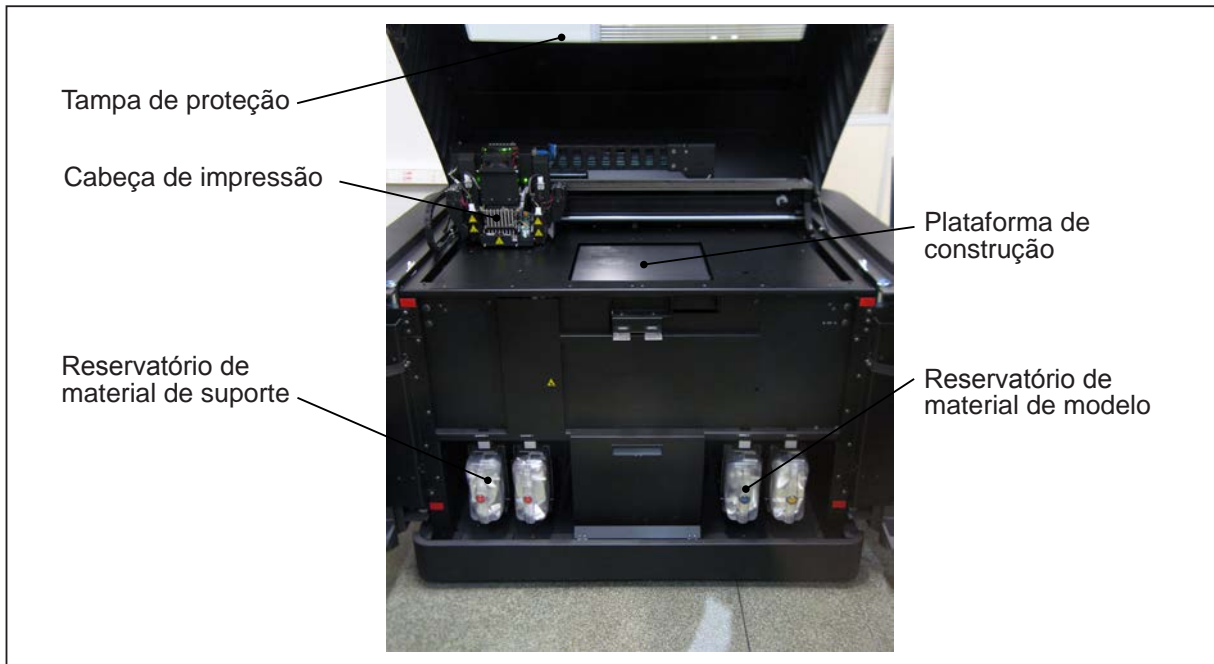
Fonte: Autor.

4.4.1.3 Impressão a jato de tinta, Polyjet - Connex 350

O equipamento apresentado é o modelo Connex 350, fabricado pela empresa Objet Geometries, foram vistos equipamentos deste modelo no Laboratório de Modelo Tridimensionais do INT e na Divisão de Tecnologias Tridimensionais do CTI. Informações relativas ao processo de funcionamento dos sistemas de impressão jato de tinta - polyjet podem ser vistas na seção 3.3.1.2 e na tabela 7.

A figura 29 apresenta a estrutura principal da Connex 350 com a tampa superior e as portas abertas, é possível ver os cartuchos de material de suporte e de modelo, a cabeça de impressão e a plataforma de construção, que desce em Z (verticalmente) à medida que o modelo vai sendo construído.

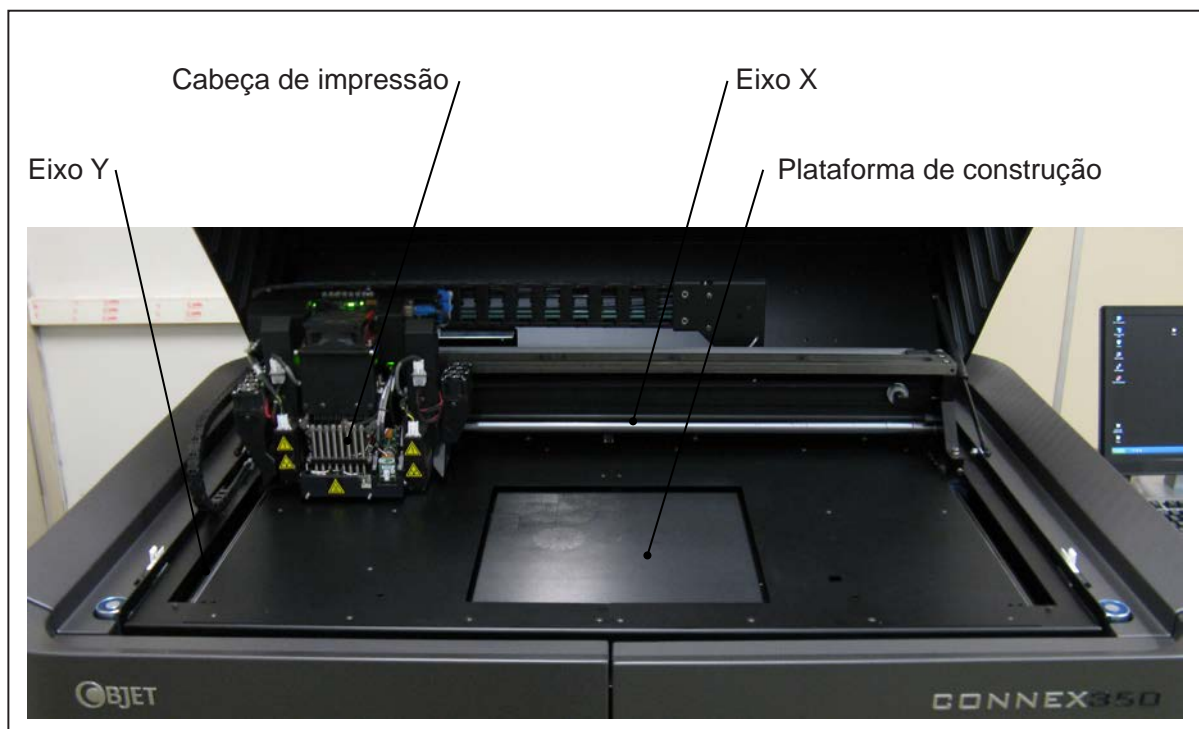
Figura 29 - Connex 350



Fonte: Autor.

A figura 30 apresenta a câmara de impressão da Connex 350, onde a cabeça de impressão movimenta-se nos eixos X e Y enquanto deposita o material sobre a plataforma de construção.

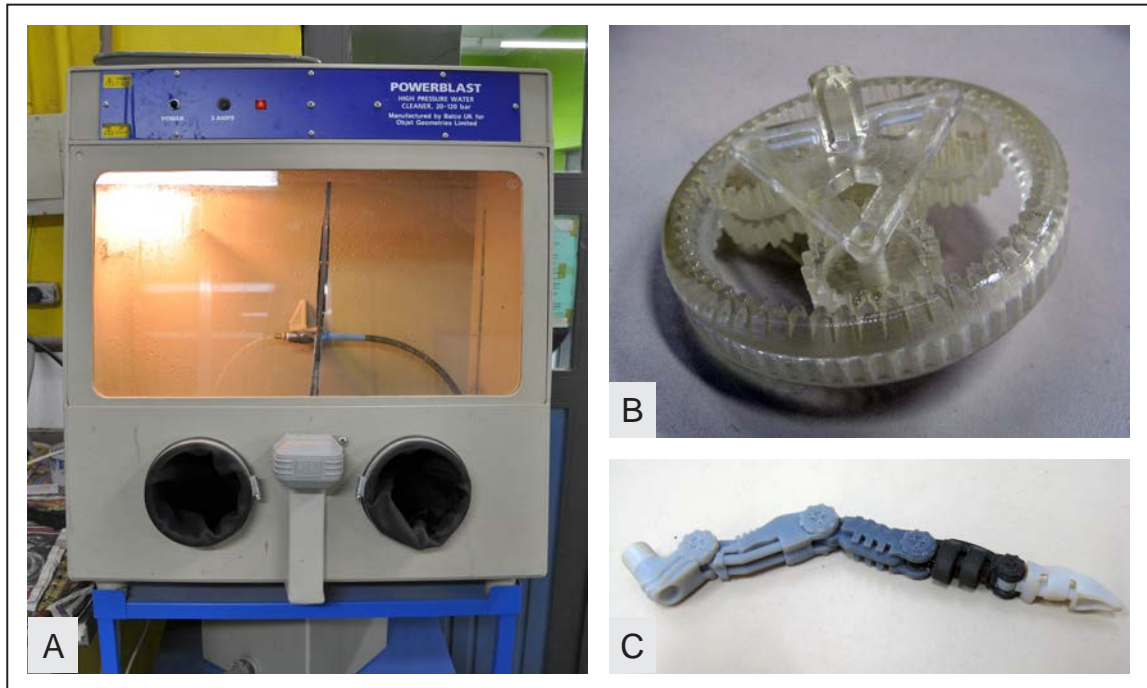
Figura 30 - Connex 350 - Detalhe da câmara de impressão.



Fonte: Autor.

Na figura 31 pode ser vista a estação de limpeza das peças recém impressas, onde é utilizado um jato d'água para retirar o material de suporte utilizado no processo de construção. A figura apresenta também duas peças construídas com o processo Polyjet, sendo que uma utiliza material rígido translúcido, e a outra utiliza dois materiais simultaneamente, permitindo gradientes.

Figura 31 - Impressão jato de tinta, Polyjet: (A) Estação de limpeza das peças, (B) peça construída com material rígido e translúcido, e (C) peça utilizando gradientes de dois materiais.



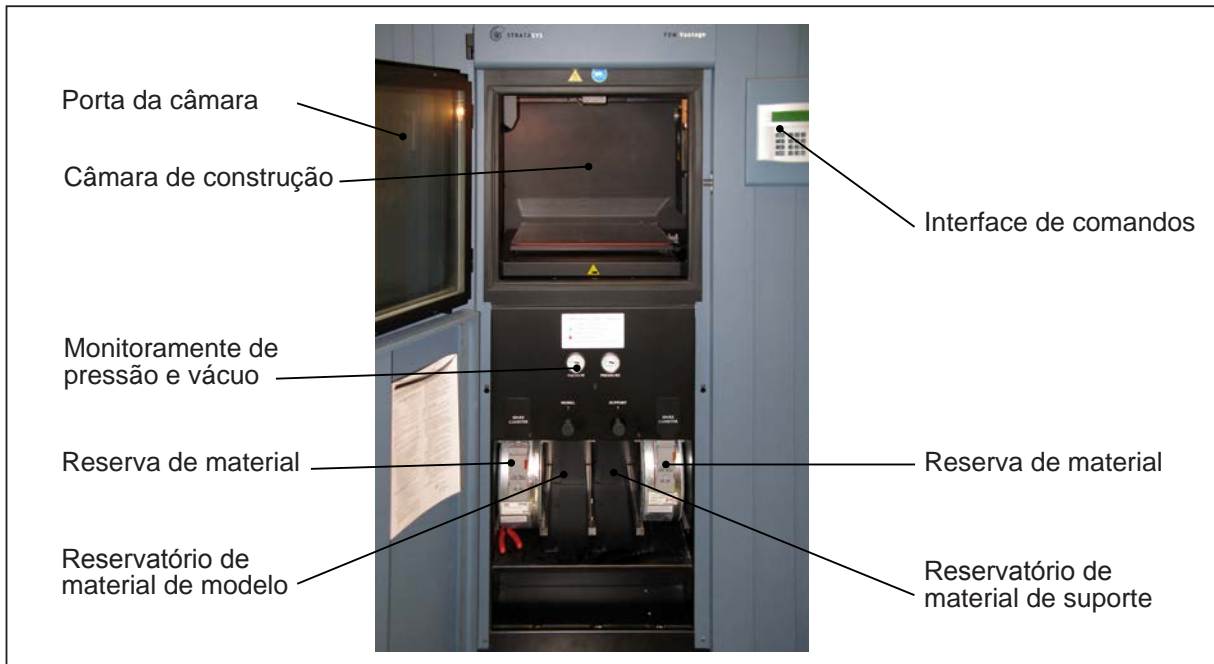
Fonte: Autor.

4.4.1.4 Modelagem por fusão e deposição, FDM - Vantage

O equipamento apresentado é o modelo Vantage, fabricado pela empresa Stratasys, foram vistos equipamentos deste modelo no Laboratório de Modelo Tridimensionais do INT e na Divisão de Tecnologias Tridimensionais do CTI. Informações relativas ao processo de funcionamento dos sistemas FDM podem ser vistas na seção 3.3.2.1 e na tabela 7.

A figura 32 apresenta a estrutura principal da Vantage com a porta da câmara de construção aberta, é possível ver a câmara com a interface do usuário ao lado, e abaixo ficam os reservatórios de material.

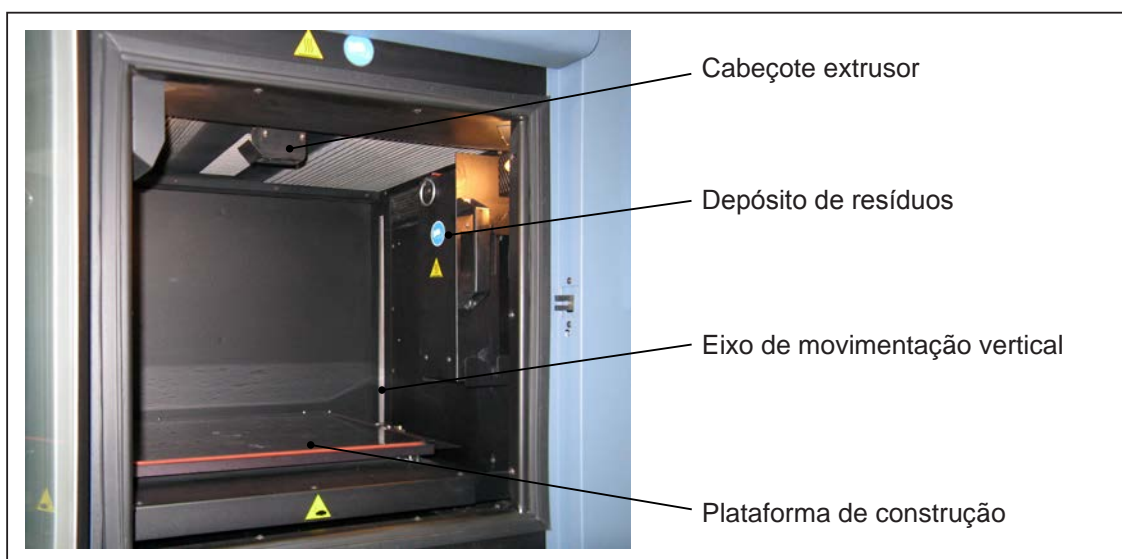
Figura 32 - Vantage FDM.



Fonte: Autor.

A figura 33 apresenta a câmara de construção da Vantage, onde a plataforma de construção movimenta-se verticalmente definindo a camada de construção. O cabeçote extrudor movimenta-se em X e Y enquanto deposita o material. Ao lado da plataforma existe ainda um depósito de resíduos, onde é feita a limpeza do cabeçote de de tempos em tempos durante o processo de construção.

Figura 33 - Vantage FDM: Detalhe da câmara de construção

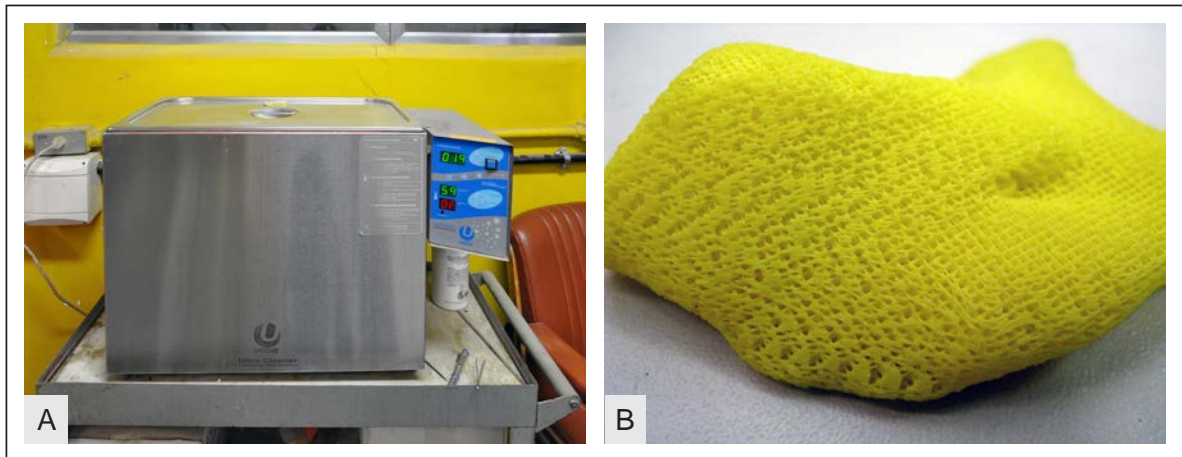


Fonte: Autor.

Na figura 34 pode ser vista a estação de retirada do material de suporte, onde

um recipiente com uma mistura de água e sabão vibra, fazendo com que o suporte se dissolva. Também pode ser visto um detalhe de uma peça construída pelo método FDM.

Figura 34 - Modelagem por fusão e deposição, FDM: (A) Estação de retirada de suporte, e (B) detalhe de uma peça confeccionada pelo processo FDM.



Fonte: Autor.

4.4.1.5 Impressão a jato de tinta, Benchtop - R66+

O equipamento apresentado é o modelo R66+, fabricado pela Solidscape, e se encontra na Divisão de Tecnologias Tridimensionais, em Campinas - SP. Informações relativas ao processo de funcionamento dos sistemas de impressão a jato de tinta - Benchtop podem ser vistas na seção 3.3.2.2 e na tabela 7.

Na figura 35 pode ser visto o modelo R66+ sobre uma escrivaninha de trabalho.

Figura 35 - Benchtop R66+

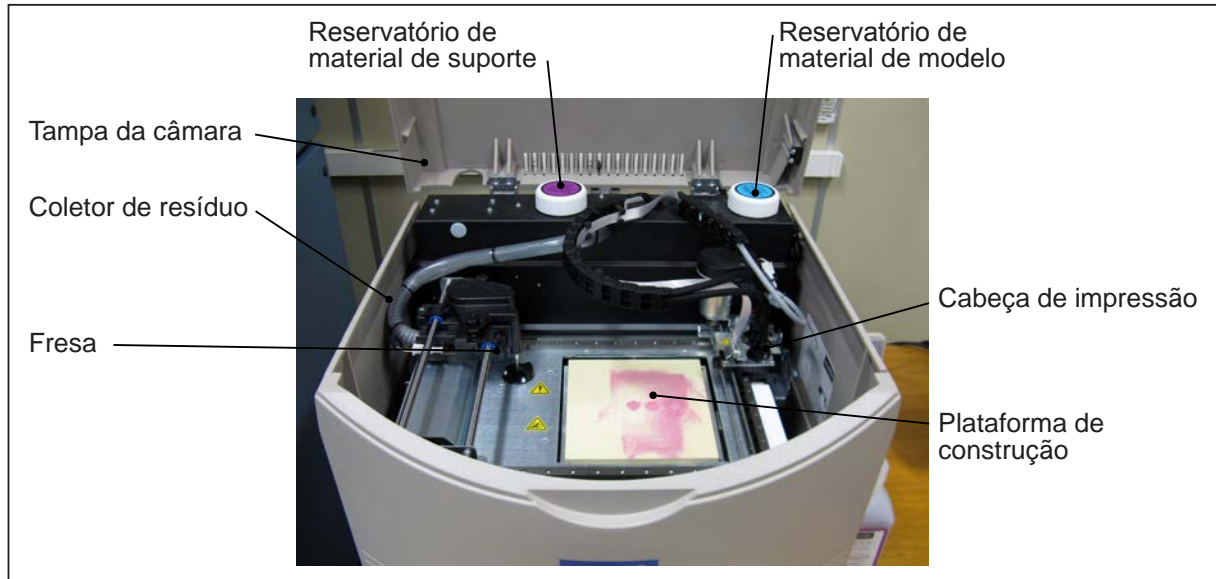


Fonte: Autor.

A figura 36 apresenta o detalhe da câmara de construção da R66+, onde pode

ser vista a cabeça de impressão, que movimenta-se em X e Y, enquanto a plataforma de construção desce no sentido vertical. Além disso, é visível o coletor de resíduos que trabalha juntamente com a fresa, a cada vez que uma camada é depositada.

Figura 36 - Benchtop R66+: Detalhe da câmara de construção



Fonte: Autor.

Na figura 37 pode ser vista a instalação da R66+ utilizando um aspirador de pó doméstico como coletor de resíduos da etapa de fresamento. É interessante notar também o volume reduzido do equipamento, disposto ao lado de um computador.

Figura 37 - Benchtop R66+ utilizando aspirador de pó doméstico como coletor.



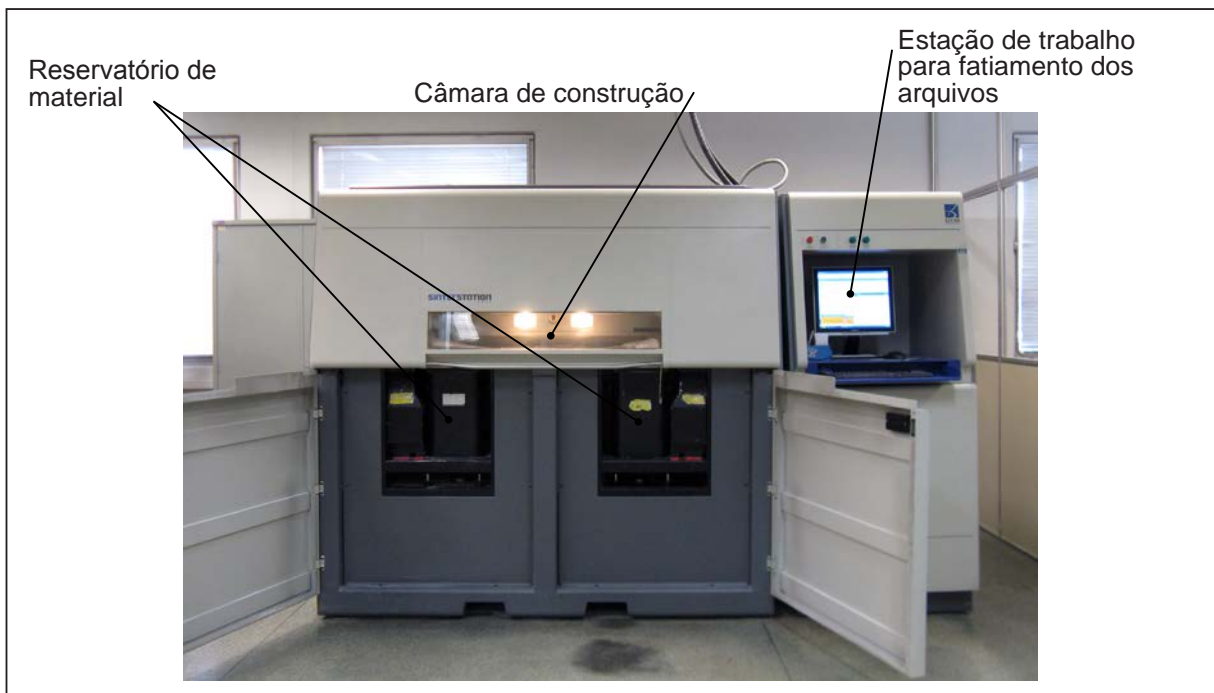
Fonte: Autor.

4.4.1.6 Sinterização seletiva a laser - SinterStation 2000

O equipamento apresentado é o modelo SinterStation 2000, fabricado pela DTM (que foi comprada pela 3D Systems), e se encontra na Divisão de Tecnologias Tridimensionais, em Campinas - SP. Informações relativas ao processo de funcionamento do processo de sinterização seletiva a laser podem ser vistas na seção 3.3.3.1 e na tabela 7.

A figura 38 apresenta a carenagem principal da SinterStation 2000, que conta com uma estação de trabalho dedicada ao fatiamento de arquivos acoplada ao equipamento, além da câmara de construção, que possui atmosfera inerte com gás nitrogênio. Abaixo da câmara de construção, podem ser vistos os dois reservatórios de material.

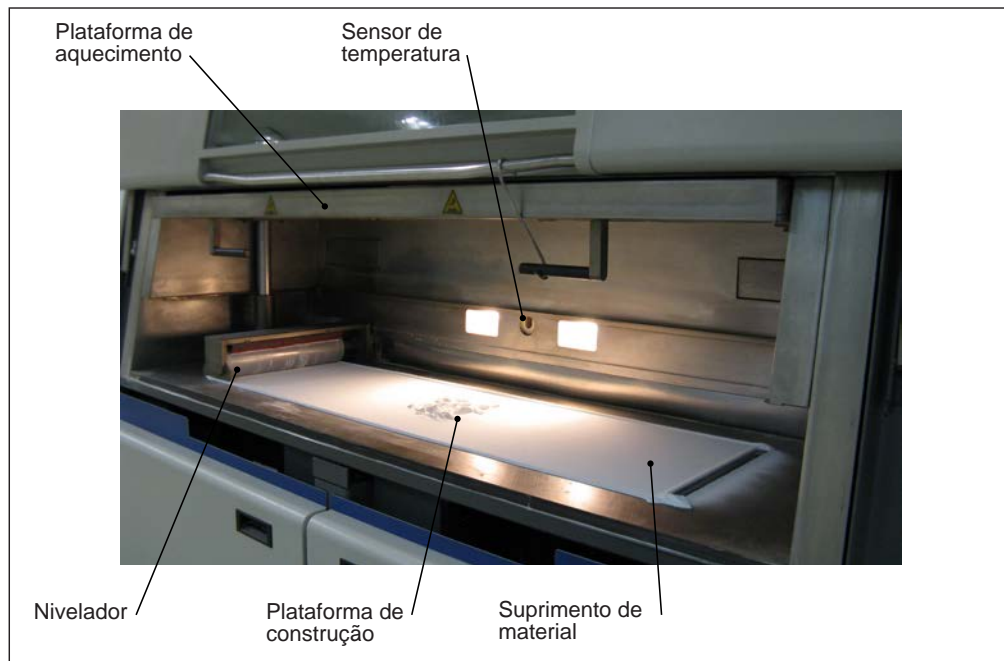
Figura 38 - Equipamento de SLS: SinterStation 2000.



Fonte: Autor.

Na figura 39 pode ser vista a câmara de construção da SinterStation 2000 onde está a superfície de trabalho do laser, dividida em plataforma de construção e suprimento de material. Também é possível observar o sensor de temperatura da câmara e a plataforma superior de aquecimento que, quando em funcionamento, desce para manter a temperatura da superfície de trabalho constante.

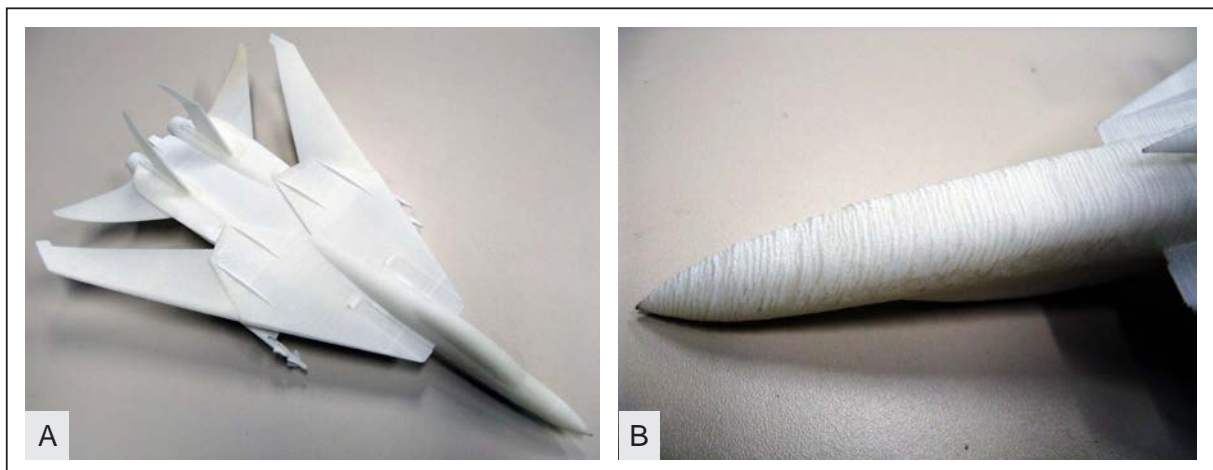
Figura 39 - SinterStation 2000: detalhe da câmara de construção.



Fonte: Autor.

Na figura 40 é apresentado o detalhe de uma peça construída com o processo SLS, este processo permite o reaproveitamento de material, mas algumas vezes pode ocorrer defeitos devido a perda de propriedades do material pelo aquecimento da câmara.

Figura 40 - SLS: Detalhe de peça feita com material reutilizado. (A) Corpo do modelo e (B) detalhe do defeito apresentado quando o material é reutilizado.



Fonte: Autor.

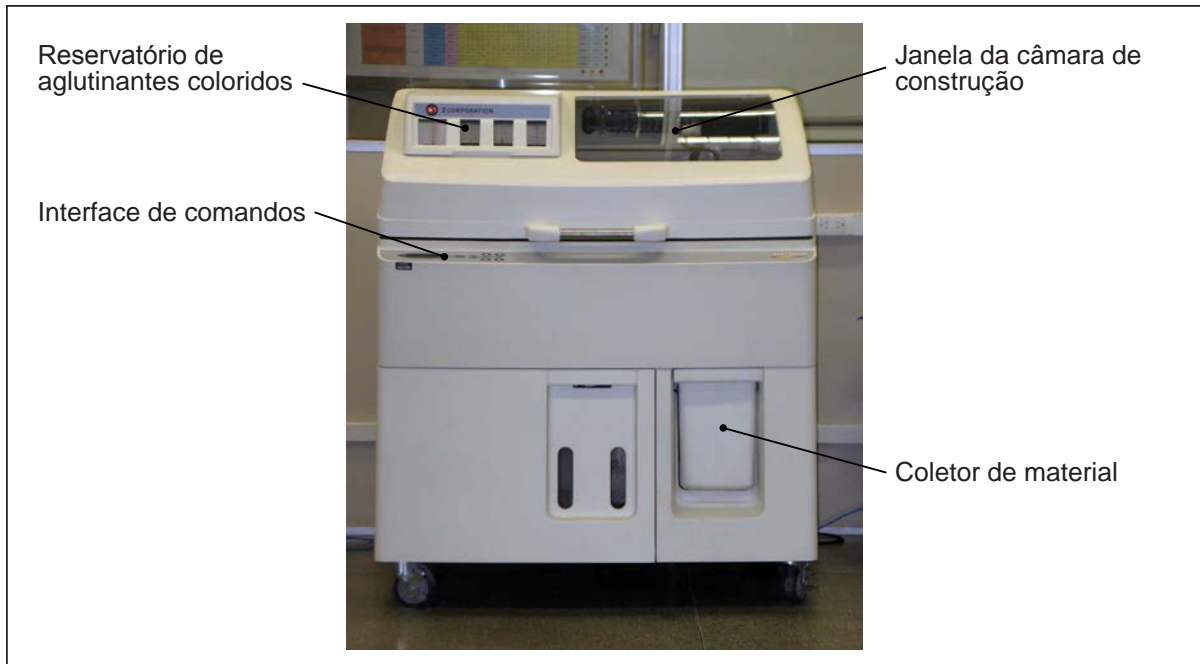
4.4.1.7 Impressão a jato de tinta, 3DP - 3D ZCorp 510

O equipamento apresentado é o modelo ZCorp 510, fabricado pela empresa Z

Corporation, e se encontra na Divisão de Tecnologias Tridimensionais, em Campinas - SP. Informações relativas ao processo de funcionamento dos sistemas de impressão a jato de tinta - 3DP podem ser vistas na seção 3.3.3.2 e na tabela 7.

A figura 41 apresenta a carenagem principal do equipamento, na qual pode ser visto o reservatório de aglutinantes coloridos (magenta, ciano, amarelo e incolor). Também é visível o balde coletor de material.

Figura 41 - Z Corp 510: carenagem principal.



Fonte: Autor.

Na figura 42 são apresentados os principais mecanismos envolvidos no funcionamento da impressora ZCorp 510. Pode ser vista a superfície de trabalho, composta da plataforma de construção e do suprimento de material. A cabeça de impressão deposita o aglutinante colorido de acordo com a geometria bidimensional movimentando-se em X e Y; a cada camada depositada, a plataforma de construção movimenta-se verticalmente o equivalente a espessura de uma nova camada.

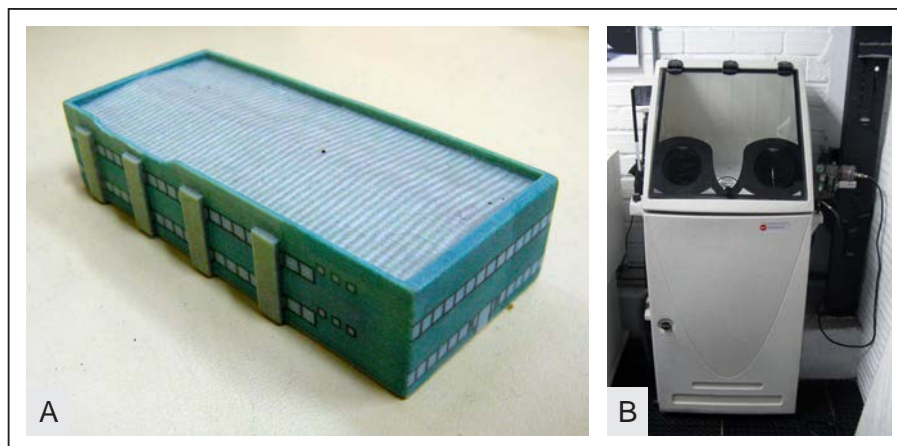
Figura 42 - ZCorp 510: detalhe da câmara de construção.



Fonte: Autor.

A figura 43 apresenta uma peça fabricada com a tecnologia de impressão tridimensional a cores da Z Corporation, também pode ser vista a estação de limpeza utilizada no pós-processamento das peças.

Figura 43 - 3DP: (A) detalhe de peça impressa em cores, e (B) estação de limpeza.



Fonte: Autor.

4.5 SELEÇÃO DA TECNOLOGIA

Devido à quantidade de requisitos identificados (tabela 6), o peso da qualidade demandada ficou muito distribuído, tornando-se difícil identificar quais os aspectos mais relevantes ao desenvolvimento do projeto. Para o melhor entendimento do problema, os requisitos dos usuários foram então agrupados em algumas das categorias apresentadas por Back (2008), tornando a priorização mais clara.

O peso atribuído a cada categoria é a soma dos pesos da qualidade

demandada para cada requisito contido nela. A tabela 8 apresenta uma reorganização das prioridades do projeto baseada em categorias de atributos:

Tabela 8 - Revisão do planejamento da qualidade desejada.

Categoria	Requisito do usuário	pru_i	pCat
Funcionalidade	Ser rápida	5,60%	34,47%
	Poder trabalhar com vários materiais	4,48%	
	Trabalhar com materiais próximos ao do produto final	4,07%	
	Ter boa precisão dimensional	4,06%	
	Possibilitar um bom acabamento da peça	3,82%	
	Ter boa estabilidade dimensional	3,28%	
	Possibilitar a construção de formas complexas	3,22%	
	Criar modelos robustos	3,19%	
	Utilizar materiais que possibilitem acabamentos especiais	2,76%	
Mantenabilidade	Ter baixo custo de manutenção	5,83%	15,49%
	Trabalhar com matéria-prima de fácil acesso	5,81%	
	Ser de fácil manutenção	3,85%	
Custo	Trabalhar com matéria-prima de baixo custo	7,47%	13,96%
	Ter baixo custo de operação	6,49%	
Usabilidade	Não necessitar de pós-processamento	4,89%	10,80%
	Ter fácil setup de operação	3,41%	
	Ser de fácil operação	2,50%	
Impacto no ambiente de trabalho	Operar de forma limpa	3,80%	9,66%
	Operar sem gerar odores	3,41%	
	Ser silenciosa	2,44%	
Automação	Necessitar de pouca intervenção do operador	4,29%	7,63%
	Trabalhar de forma autônoma	3,35%	
Geometria	Ser compacta	4,84%	4,84%
Reciclabilidade	Possibilitar o reaproveitamento de material	3,14%	3,14%

Desta forma, ficou evidente que, apesar dos requisitos de custo serem individualmente os mais importantes, a funcionalidade do equipamento é o principal aspecto a ser considerado no desenvolvimento de um produto que tenha mais ampla aceitação para o público-alvo.

A partir da categorização dos requisitos, foram calculadas as notas que as diferentes tecnologias obtiveram para cada requisito, multiplicando-se o valor

da avaliação dos produtos concorrentes em cada requisito (vci) pelo peso relativo da categoria na qual o requisito fora agrupado (pCat). Para fins de comparação e verificação, foi feito também o cálculo da nota de cada requisito (vci) multiplicado pelo peso da qualidade demandada do próprio requisito (prui). Os resultados obtidos são apresentados na tabela 9:

Tabela 9 - Cálculo do desempenho das tecnologias

Tecnologia	Nota por Categoria	Nota por Requisito
Fresamento	20,14	5,26
SLS	17,32	4,48
Benchtop	14,94	4,17
PolyJet	14,75	4,03
FDM	14,58	4,20
3DP	14,10	4,31
SLA	13,28	3,61

Em ambas as avaliações, o fresamento foi a tecnologia que apresentou o melhor desempenho, apresentando uma margem de 15% de diferença em relação à tecnologia que obteve a segunda melhor nota. Desta forma, por ser o processo que melhor atende os requisitos do público-alvo através do método de avaliação deste trabalho, o fresamento foi o processo selecionado para o desenvolvimento do equipamento de confecção de modelos proposto neste trabalho.

4.5.1 Atendimento dos requisitos

Por se tratar de uma tecnologia mais convencional, frente às demais avaliadas, foi considerado prudente rever os atributos da fresadora frente aos requisitos dos usuários, a fim de verificar de que forma esta tecnologia poderá atender às necessidades identificadas ao longo deste trabalho.

Algumas das principais características apresentadas pelo processo de fresamento que atendem aos requisitos dos usuários são:

- a) Equipamento com alta velocidade de trabalho;
- b) Processo requer apenas o material que será utilizado para a peça (sem suporte ou binder);
- c) Acabamento idêntico à peça final (ou muito próximo);
- d) Variedade de materiais disponíveis para confecção do modelo;
- e) Manutenção facilitada devido à difusão dos componentes;

- f) Pós-processamento opcional (etapas posteriores dependem de cada caso e nem sempre são necessárias);
- g) Não gera odores;
- h) Possibilita gerar geometrias convencionais, que refletem melhor as limitações dos processos produtivos atuais;
- i) Melhores propriedades físicas da peça (dependendo apenas da qualidade da matéria prima, e não do processo).

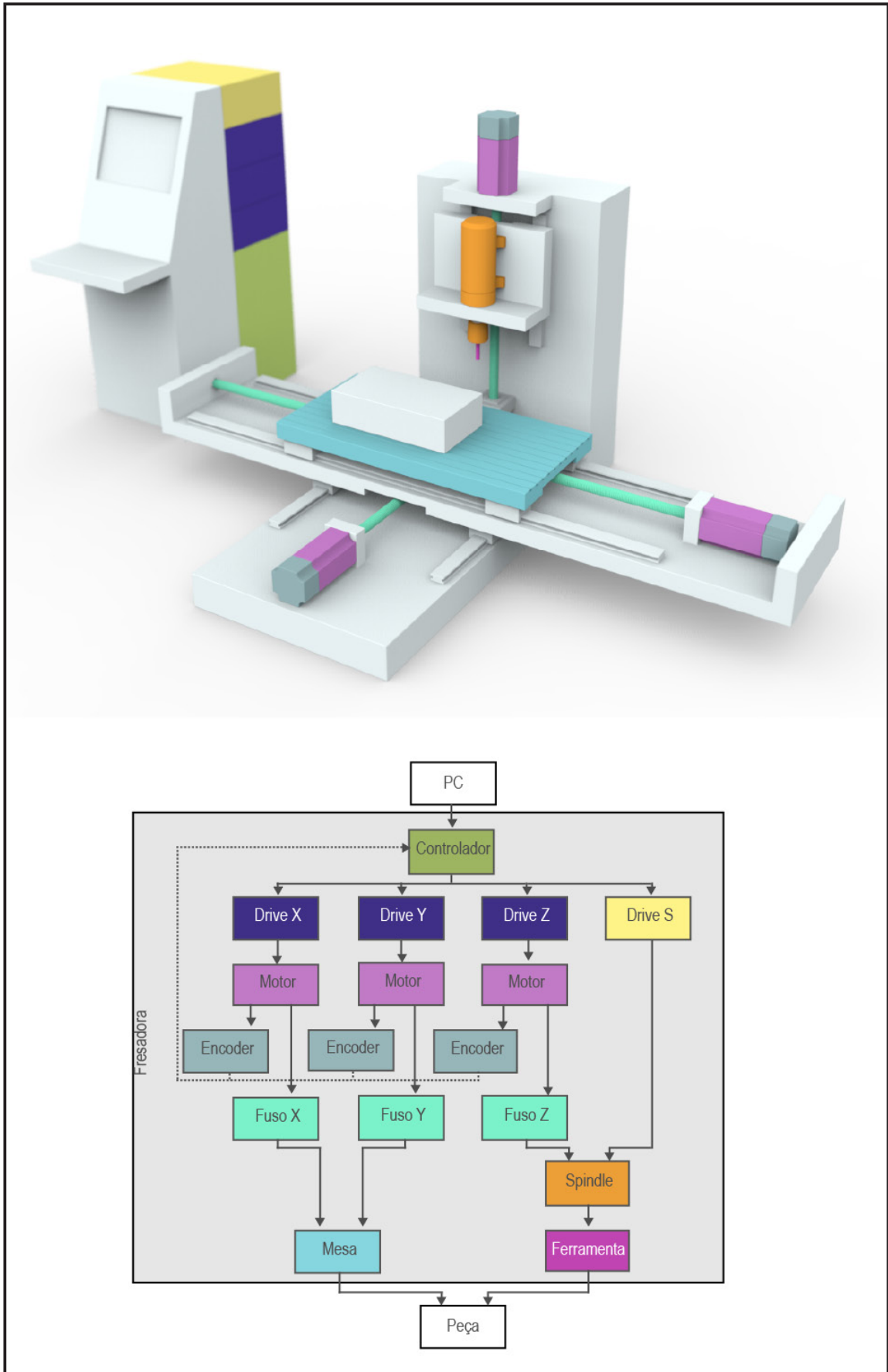
4.6 ARQUITETURA DO PRODUTO

Segundo Baxter (1998), a arquitetura do produto é o estudo das interações e do arranjo físico dos blocos funcionais de um produto. Estes blocos são constituídos pelos elementos físicos (peças, componentes e subconjuntos) que exercem funções no produto.

Após a seleção da tecnologia a ser utilizada no projeto, foi necessário fazer uma pesquisa bibliográfica do funcionamento geral de uma fresadora, verificando seus principais blocos funcionais e os componentes físicos envolvidos. Além disso, foi feita uma análise de alguns similares existentes para visualizar soluções adotadas atualmente na indústria para cada um desses blocos, e compreender melhor a arquitetura de uma fresadora.

Inicialmente foi feito um levantamento teórico do funcionamento de uma fresadora CNC, com o objetivo de mapear os sistemas envolvidos e suas relações. A figura 47 apresenta um diagrama dos principais blocos funcionais do equipamento.

Figura 47 - Principais blocos funcionais de uma fresadora CNC



Fonte: Autor.

O diagrama da figura 47 apresenta apenas um exemplo das relações entre os diferentes blocos, existem diversos outros arranjos possíveis para os componentes de uma fresadora. Cada um desses blocos desempenha uma função específica no sistema, que é detalhada melhor na tabela 10:

Tabela 10 - Principais blocos funcionais de uma fresadora CNC

Controlador	Recebe um conjunto de instruções (geralmente de um computador) através de uma interface, e transforma-os em uma série de pulsos elétricos ou sinais analógicos.
Drive	Recebe os sinais do controlador e os amplifica para níveis adequados para serem enviados ao atuador (motor).
Motor	Recebe os sinais do drive e os converte em movimento (geralmente rotativo) que é transmitido para o fuso.
Fuso	Recebe o movimento rotativo do motor e, com auxílio de guias, o converte em movimento linear que desloca outros componentes.
Encoder	Acompanha o movimento rotacional do motor e o converte em um sinal digital de realimentação para o controlador, o qual verifica a posição real do fuso e corrige os desvios.
Spindle	Recebe os sinais do drive, assim como os outros motores, e o transforma em movimento rotacional que é transmitido diretamente para a ferramenta.
Mesa	É a base onde fica presa a peça a ser usinada, em algumas máquinas ela é fixa, em outras ele pode ser movimentada por um ou mais fusos.
Ferramenta	Componente que atua diretamente na peça final, retirando material com cortes laterais.

4.6.1 Avaliação comparativa dos produtos disponíveis - Fresadoras

Depois de realizado o levantamento teórico, fez-se uma análise do arranjo desses principais blocos em duas fresadoras CNC, sendo uma de porte médio (a partir do equipamento do Laboratório de Design e Seleção de Materiais, LdSM) e outra compacta (equipamento do Laboratório de Caracterização de Materiais, LACAR). Como ambos os equipamentos se encontram em laboratórios de pesquisa da UFRGS, foi possível ter acesso total aos seus componentes e verificar como eram montados.

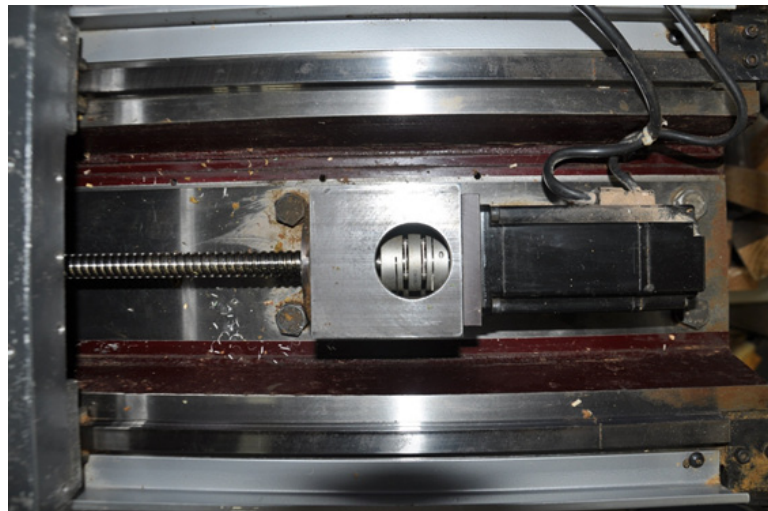
Além disso, uma das fresadoras é de pequeno porte, bem como a proposta neste trabalho, servindo então de *benchmark*. Abaixo são apresentadas algumas imagens e observações feitas durante a análise destes equipamentos.

4.6.1.1 Fresadora de médio porte - LDSM

Abaixo são apresentadas algumas imagens feitas durante a investigação do funcionamento e forma construtiva de uma fresadora CNC de médio porte.

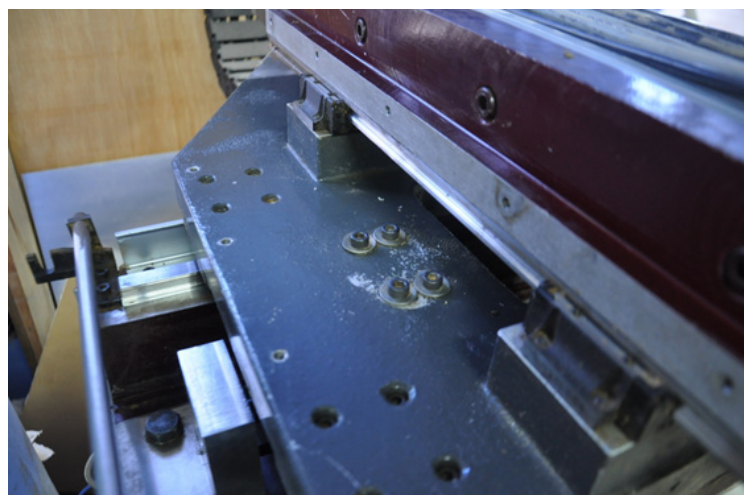
A figura 48 apresenta o detalhe da fixação do servomotor do eixo X do equipamento entre duas guias lineares, também pode ser visto o fuso de esferas recirculantes acoplado ao motor. A figura 49 mostra uma das guias lineares do eixo Y do equipamento e os mancais utilizados.

Figura 48 - Detalhe da fixação do servomotor.



Fonte: Autor

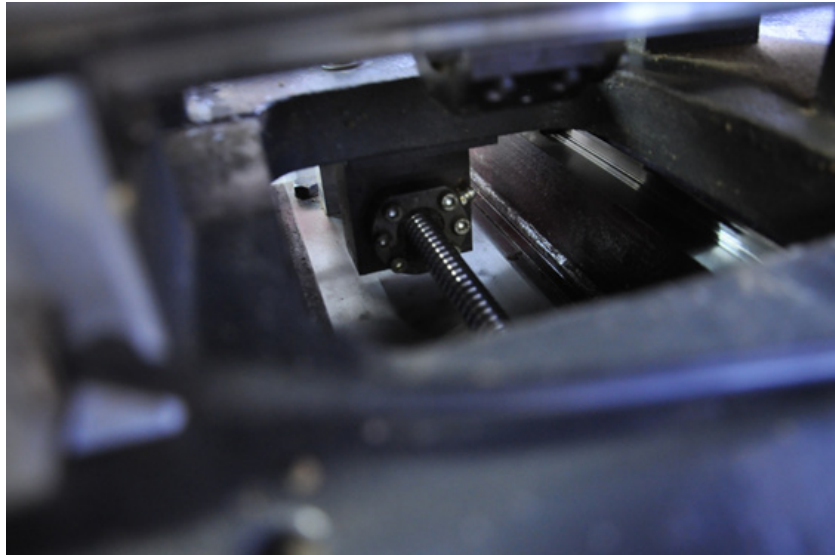
Figura 49 - Guia linear e mancais.



Fonte: Autor

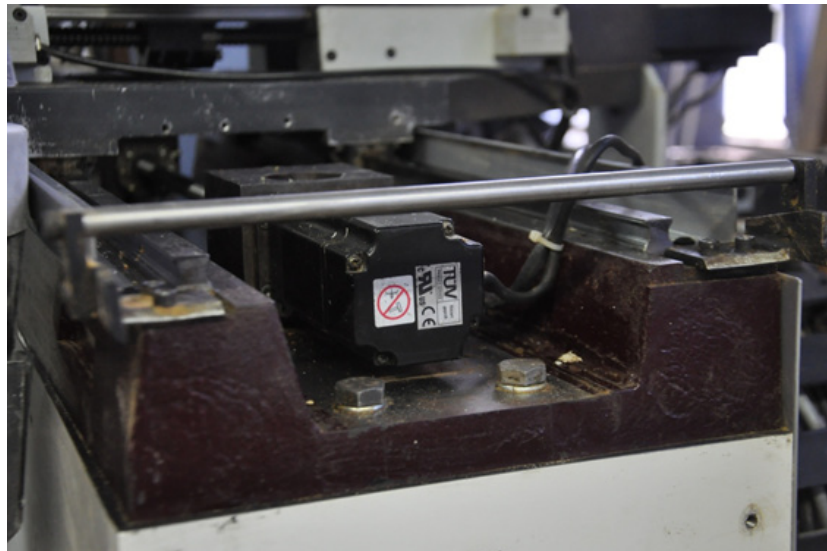
Na figura 50 pode ser vista a fixação do fuso de esferas junto ao carro que movimenta o eixo X, o arranjo é bastante compacto, sendo posicionado abaixo do fuso do eixo Y. Na figura 51 pode ser visto uma vista mais geral do arranjo do servomotor e fuso do eixo X, posicionados abaixo do carro.

Figura 50 - Detalhe da fixação do fuso.



Fonte: Autor

Figura 51 - Sistema de movimentação do eixo X.



Fonte: Autor

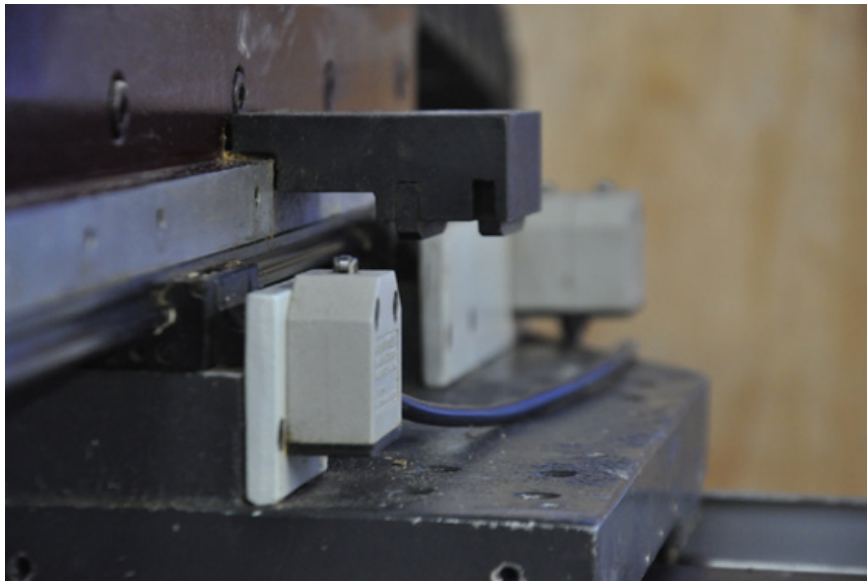
O cabeamento do spindle e servomotor do eixo Z são apresentados na figura 52, na qual também pode ser vista a fixação do motor na posição vertical, acima do spindle. Na figura 53 é apresentado um detalhe do posicionamento dos sensores de fim de curso do eixo Y, instalados ao lado das guias lineares deste eixo.

Figura 52 - Fixação do servomotor do eixo Z acima do spindle.



Fonte: Autor

Figura 53 - Sensor de fim de curso.



Fonte: Autor

Na figura 54 é possível ver a fixação do spindle na estrutura e o sistema de movimentação do plano YZ, também pode ser observada a esteira porta-cabos. A figura 55 também apresenta o sistema de cabeamento da fresadora organizado por uma esteira porta-cabos.

Figura 54 - Vista lateral do spindle.



Fonte: Autor

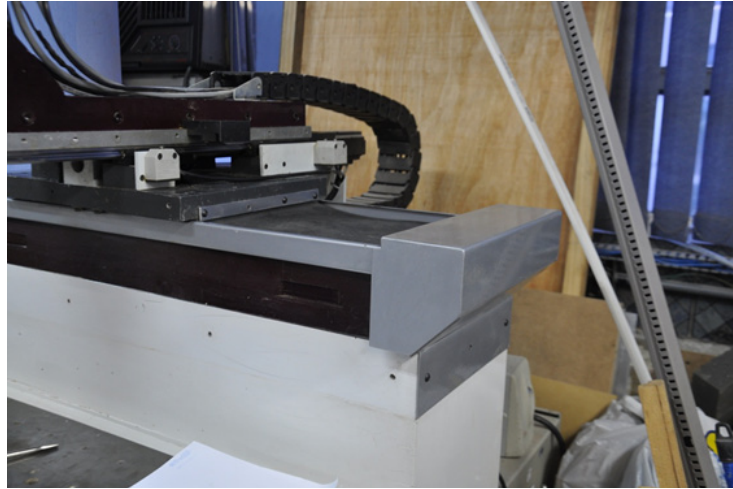
Figura 55 - Sistema de esteira porta cabos para organização dos fios.



Fonte: Autor

A figura 56 apresenta o fechamento da carenagem da fresadora que utiliza chapa dobrada e uma esteira retrátil para proteger o fuso sa sujeira.

Figura 56 - Acabamento do equipamento em chapa dobrada.

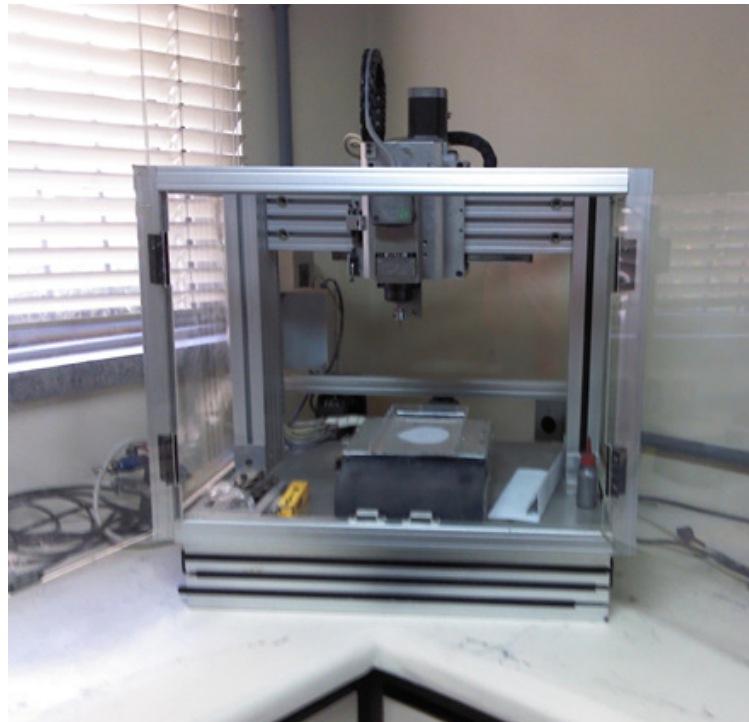


Fonte: Autor

4.6.1.2 Fresadora de pequeno porte - LACAR

Abaixo são apresentadas algumas imagens feitas durante a investigação do funcionamento e forma construtiva de uma fresadora CNC de pequeno porte. A figura 57 apresenta uma visão geral da fresadora posicionada acima de uma bancada de trabalho, pode ser observada a estrutura do equipamento em perfil de alumínio.

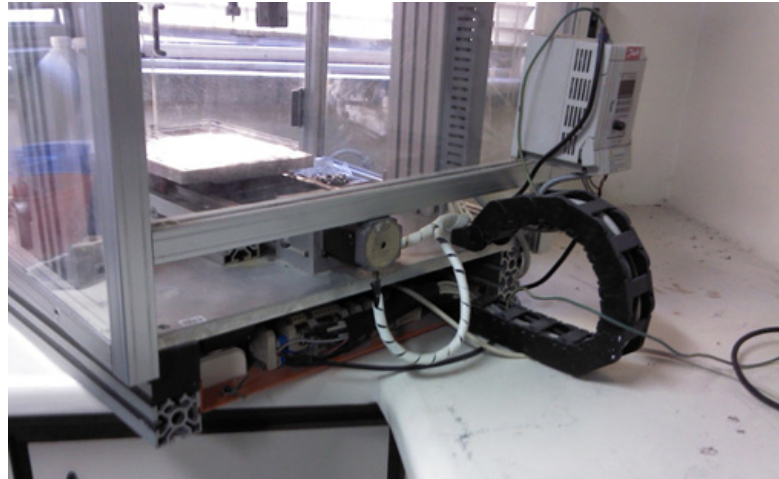
Figura 57 - Fresadora CNC compacta montada com estrutura em perfil de alumínio.



Fonte: Autor

Na figura 58 é mostrada a vista posterior do equipamento, com detalhe para a placa onde estão instalados os drives e controlador abaixo da mesa de trabalho do equipamento. Também pode ser visto o inversor do equipamento.

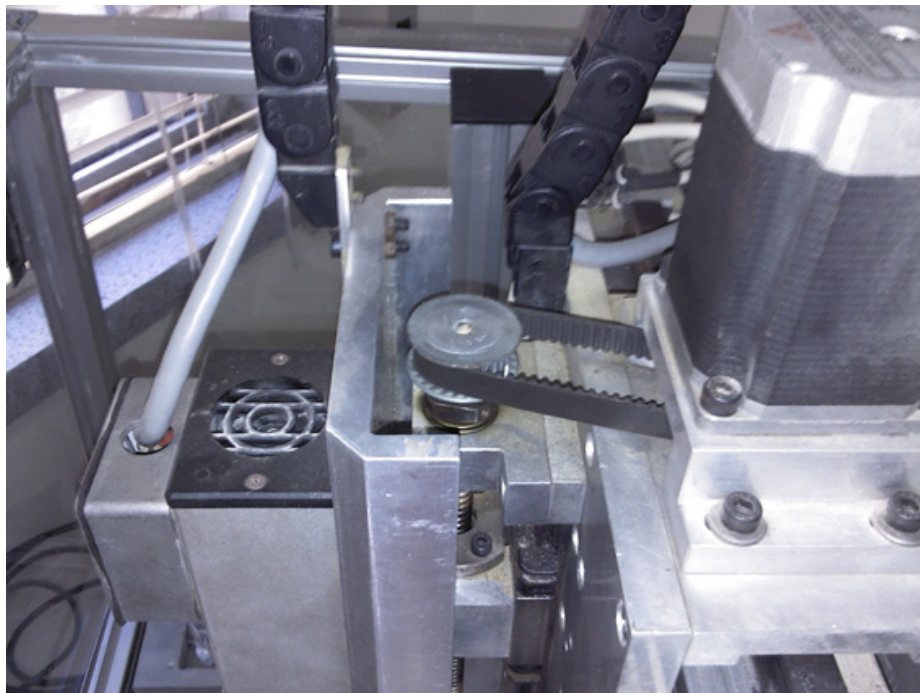
Figura 58 - Face posterior da fresadora com acesso ao sistema de controle e drives.



Fonte: Autor

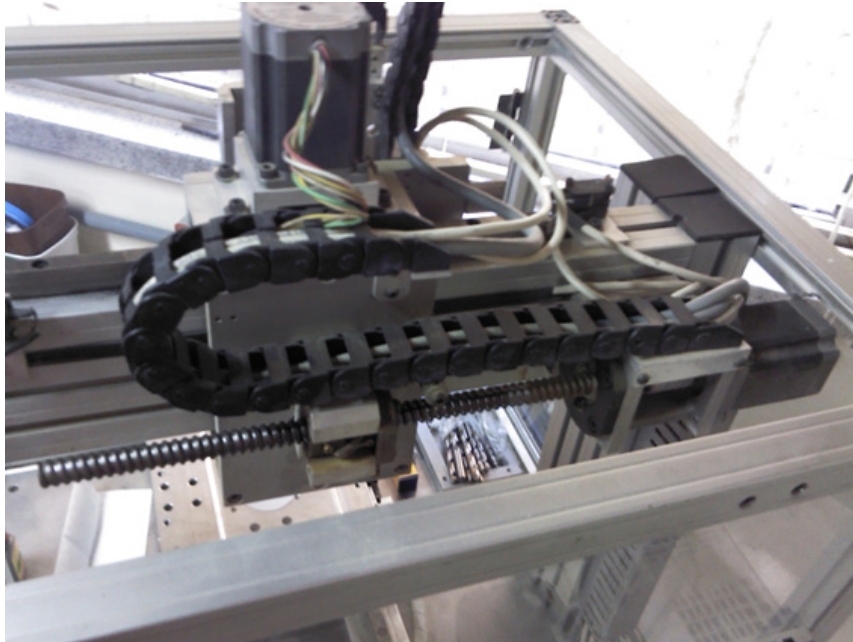
A figura 59 apresenta o detalhe do arranjo do servomotor e fuso do eixo Z desalinhados com auxílio de uma polia sincronizadora. O posicionamento do fuso do eixo X e do cabeamento do spindle, servomotor do eixo Z e sensores de fim de curso são mostrados na figura 60.

Figura 59 - Uso de polias sincronizadoras para montagem de fusos não alinhados ao acionador.



Fonte: Autor

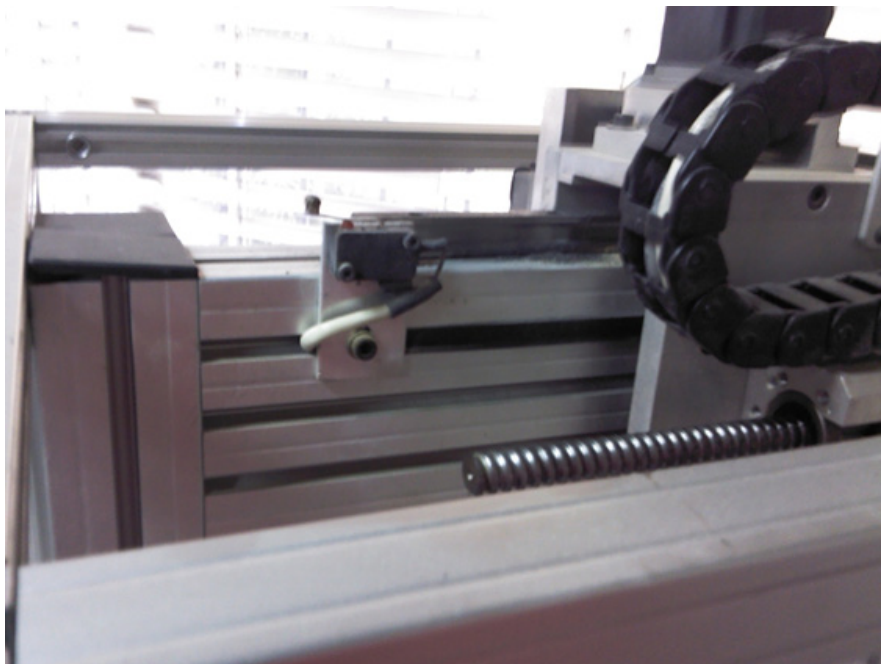
Figura 60 - Esteira porta cabos montada sobre o carro do spindle.



Fonte: Autor

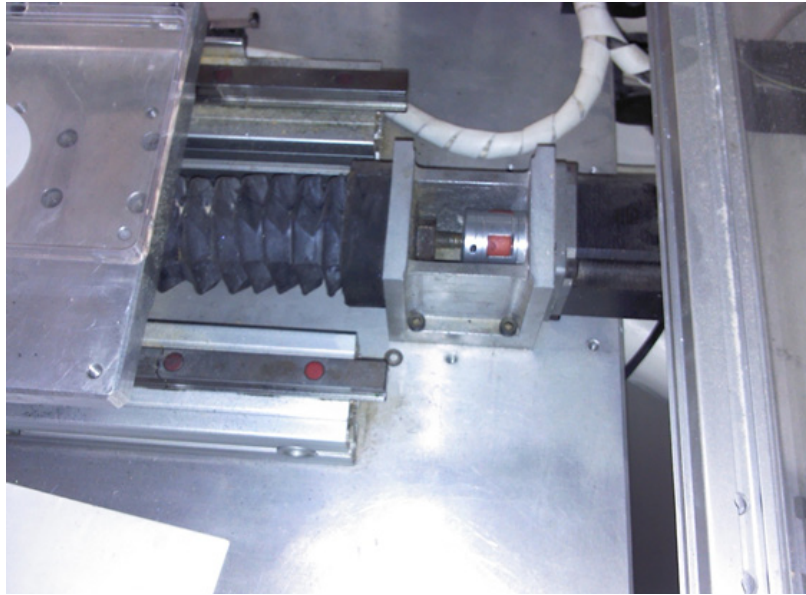
A figura 61 mostra a forma de fixação do sensor de fim de curso do eixo X na estrutura de perfil de alumínio. A movimentação no eixo Y do equipamento se dá pelo deslocamento da mesa, abaixo dela fica instalado o sistema de movimentação, como pode ser visto na figura 62.

Figura 61 - Fixação do sensor de fim de curso.



Fonte: Autor

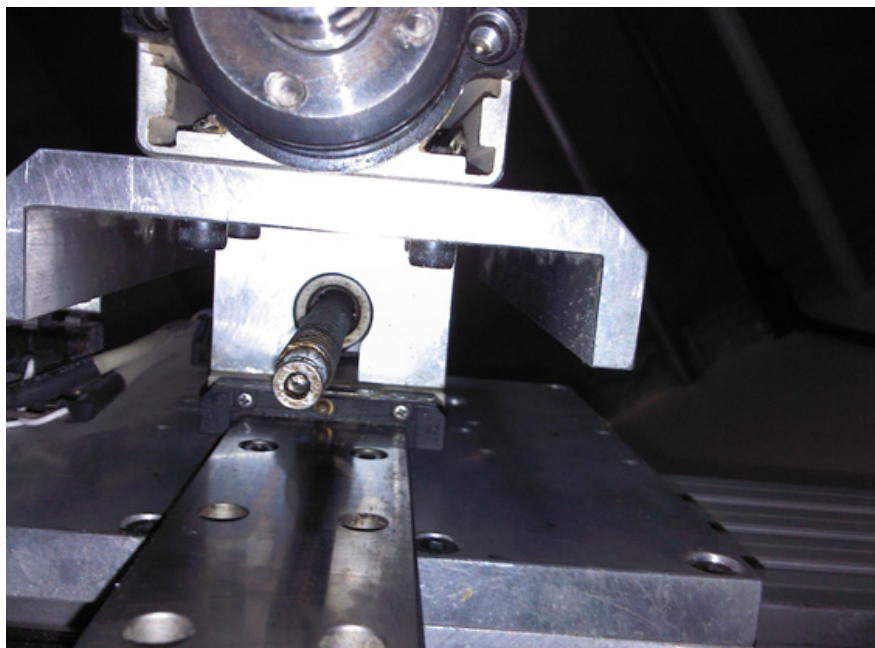
Figura 62 - Motor de passo, acoplamento e fuso montados abaixo da mesa.



Fonte: Autor

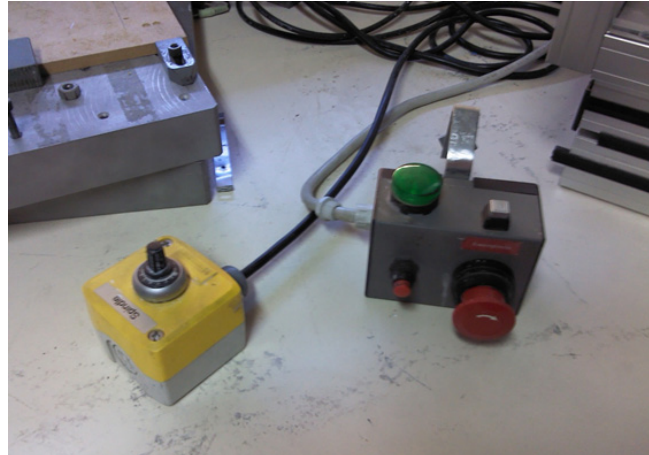
Na figura 63 pode ser visto o arranjo do spindle, fuso e guia linear do eixo Z, os componentes são fixados diretamente em suportes de alumínio usinados. Os comandos de ligar e desligar, emergência e controle de velocidade do spindle são apresentados na figura 64.

Figura 63 - Vista inferior do spindle, com a montagem do fuso alinhado à guia linear do carro.



Fonte: Autor

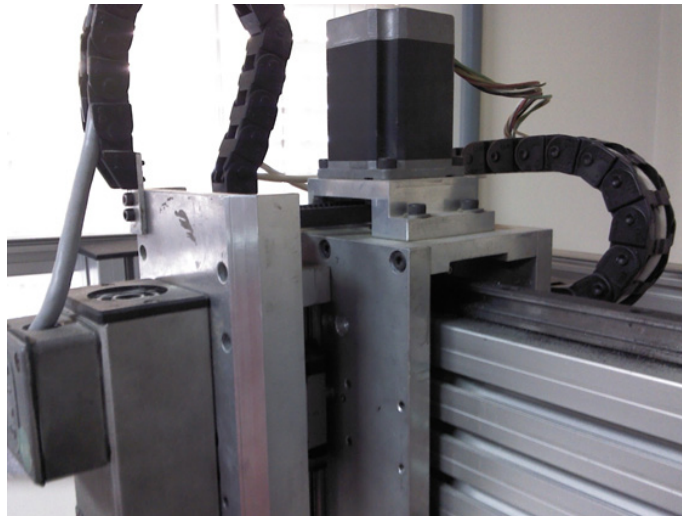
Figura 64 - Controles de ligar e desligar, velocidade do spindle, emergência e home.



Fonte: Autor

A figura 65 mostra os suportes dos componentes em peças de alumínio usinadas, que dão rigidez à estrutura e o alinhamento necessário.

Figura 65 - Suporte dos componentes de alumínio usinadas.



Fonte: Autor

Após a análise da arquitetura das fresadoras, bem como das análises anteriormente realizadas em diferentes impressoras tridimensionais, foi possível perceber que, de forma geral, as impressoras tridimensionais apresentam uma arquitetura mais integrada, o que reflete no custo de manutenção desses equipamentos, enquanto as fresadoras apresentam uma arquitetura mais modular, tornando mais fácil a manutenção quando necessária. Este fato deve ser levado em consideração no desenvolvimento do equipamento, buscando, sempre que possível, utilizar componentes de mercado para que tenha um custo menos elevado e uma maior disponibilidade de peças para substituição.

5 PROJETO CONCEITUAL

Segundo Ulrich e Eppinger (2008), o produto conceitual é uma descrição da tecnologia, dos princípios de funcionamento e da forma de um produto. Esta etapa consiste em descrever os princípios funcionais que serão utilizados no equipamento de confecção de modelos, além de questões relativas à sua geometria e arranjo, e apresentação de um conceito visual que a solução final deverá seguir.

5.1 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

Através do planejamento da qualidade desejada e do estudo da arquitetura do produto, foi possível iniciar o desenvolvimento do projeto conceitual. Estes estudos foram essenciais para o entendimento do desempenho esperado de uma fresadora compacta para um ambiente de escritório, bem como suas limitações e componentes necessários.

Inicialmente, foram analisados os principais blocos funcionais do equipamento, e então feita uma investigação das possíveis formas alternativas de se atender essas funções com as diferentes soluções existentes no mercado.

5.1.1 Estrutura

Existem diferentes formas de arranjo da estrutura de uma fresadora, sendo as mais comuns o pórtico móvel, pórtico fixo e a estrutura tipo “C” (figura 66). A estrutura de uma máquina-ferramenta interfere principalmente na rigidez do equipamento, na facilidade de acesso aos componentes internos, na facilidade de manipulação, no custo e na dimensão total da máquina.

Vista a importância do requisito de ser compacta, um dos principais aspectos a ser definido é a forma de movimentação relativa entre a peça e a ferramenta. Este movimento pode estar localizado tanto na mesa (na qual a peça é fixada) como no spindle, sendo que cada um desses pode se movimentar nos três diferentes eixos (largura, X; profundidade, Y; e altura, Z). Para isto, foi montada uma matriz com as oito possíveis configurações de movimento relativo (tabela 11).

Tabela 11 - Arranjos

	Opção 01	Opção 02	Opção 03	Opção 04	Opção 05	Opção 06	Opção 07	Opção 08
Eixo X	S	M	S	S	M	M	S	M
Eixo Y	S	S	M	S	M	S	M	M
Eixo Z	S	S	S	M	S	M	M	M

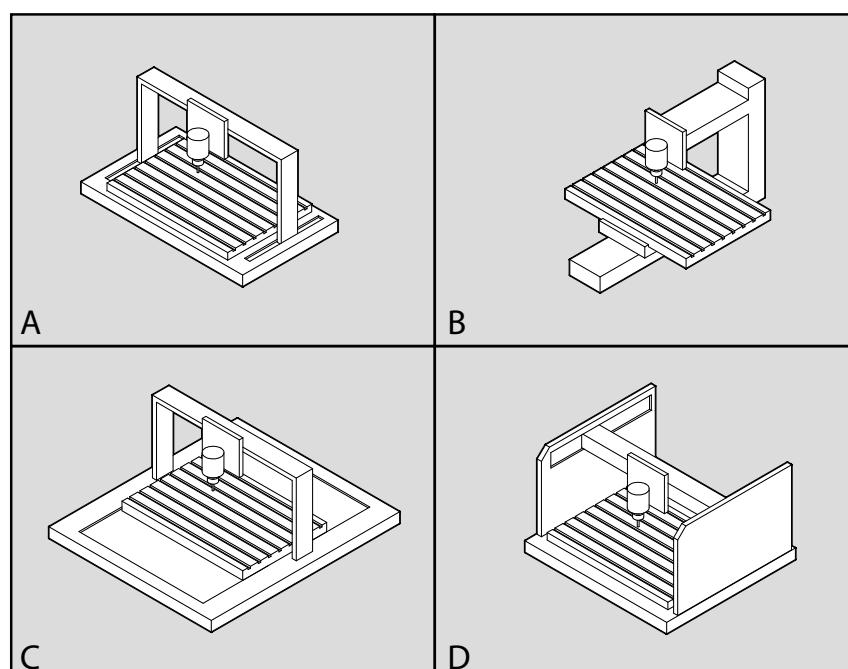
Fonte: Autor

As opções nas quais a mesa se movimenta no eixo Z foram logo descartadas, pois, devido à inércia deste componente, seria preciso de acionadores mais potentes e tornaria o processo de usinagem mais lento.

Outro fator importante é a maximização da área de trabalho, tendo em vista que se trata de um equipamento compacto, é interessante que a área livre para confecção do modelo seja a maior possível. Neste aspecto, descartam-se as opções nas quais a mesa se movimenta tanto em X quando em Y, pois seria necessário o dobro de uma das dimensões para que a mesa conseguisse se deslocar por todo o percurso.

Foram feitos alguns estudos de diferentes formas que utilizam a movimentação do spindle nos três eixos (figura 66) e optou-se pelo uso da estrutura de pórtico móvel (A) por possuir um bom aproveitamento da área, posteriormente este parâmetro foi revisado, conforme descrito na seção 6.1.

Figura 66 - Estruturas usuais para fresadoras: (A) Pórtico móvel, (B) Tipo "C", (C) Pórtico fixo, e (D) Travessa móvel.



Fonte: Autor

5.1.2 Acionamentos

Atualmente, existe no mercado uma série de sistemas de acionamento para atender a maior parte das necessidades de projeto e fabricação de máquinas-ferramentas, sendo os acionamentos rotativos os mais comumente encontrados neste tipo de equipamento, seu uso é amplamente difundido tanto pela diversidade de oferta quanto pela facilidade de acesso. Dentre os motores rotativos, os motores de passo, motores CA (corrente alternada) com escovas e os servomotores sem escovas (brushless) são os mais utilizados para aplicação de posicionamento.

Analisando-se os requisitos dos usuários que podem ser afetados pelas diferentes tecnologias de acionamentos, os mais relevantes são: boa precisão dimensional, baixo custo e facilidade de manutenção, baixo custo de operação. Além disso, apesar de não aparecer diretamente nos requisitos, foi considerado o custo dos componentes na comparação, visto que os acionamentos são alguns dos componentes que mais influenciam no custo final do equipamento.

Para a seleção destes componentes foram analisadas referências bibliográficas (PARKER AUTOMATION, 2003; STOETERAU, 2004), também foi considerada nesta etapa a análise feita em duas fresadoras disponíveis na UFRGS (seção 4.6.1), acompanhadas de relatos do pessoal que opera estes equipamentos, que apontou aspectos relevantes à comparação. Além disso, foi feita uma entrevista com especialista, diretor de aplicação de uma empresa fabricante de máquinas-ferramentas, onde foram comentados diversos aspectos relacionados ao desempenho, custo e limitações dos acionamentos, além de outros componentes relevantes, para equipamentos CNC.

A tabela 12 apresenta um comparativo entre as três tecnologias citadas.

Tabela 12 - Comparativo entre três tecnologias de motor

Requisito	pru_i	Motor de passo	Motor elétrico convencional com escovas	Servomotor <i>Brushless</i>
Precisão	4,06	3	2	5
Custo de manutenção	5,83	5	2	5
Custo de operação	6,49	3	5	4
Fácil manutenção	3,85	5	2	5
Nota		80,05	59,93	94,66

A tecnologia de motores sem escovas foi a que apresentou um melhor resultado com relação aos requisitos dos usuários. Algumas das vantagens que esta

tecnologia apresenta são: a suavidade de rotação mesmo em baixas velocidades, o motor não consome energia quando parado, praticamente nenhuma manutenção é necessária, são muito rápidos e possuem encoder para verificar o posicionamento. Por outro lado, os motores sem escova são os mais caros dentre os avaliados, geralmente usados para equipamentos de maior porte, uma alternativa aos servomotores mais comumente utilizados (servomotores sem escova de corrente alternada), são os servomotores de corrente contínua. Estes possuem um custo inferior, mantendo as qualidades apresentadas pelos servomotores mais convencionais, a desvantagem é a necessidade de um aparato elétrico mais complexo – que ainda assim compensa pelo custo.

Após selecionado o tipo de acionamento a ser utilizado no projeto, suas especificações foram definidas a partir de benchmarking de outros equipamentos semelhantes – cálculos de potência, torque e outras formas de dimensionamento, fogem ao escopo deste trabalho. Foi selecionado um modelo de mercado que apresenta a solução pronta, Pittman 3411 (anexo D), acompanhando do encoder, de 12 Volts e 12 Watts de potência, com velocidade de até 7110 RPM. Os principais pontos são suas especificações e suas dimensões, pois estas serão utilizadas para determinar a montagem do equipamento.

5.1.3 Conversão e transmissão dos movimentos

Geralmente os acionamentos em máquinas-ferramentas são de ação rotativa. Por outro lado, a maioria dos deslocamentos sofridos tanto por parte da peça, quanto pela ferramenta são de padrão linear. Essa diferença entre o movimento típico dos acionamentos e o padrão necessário para o movimento, leva a necessidade da conversão do movimento rotativo em linear. A conversão rotativo/linear é realizada por elementos de máquinas específicos, sendo os mais frequentemente utilizados em máquinas-ferramenta as polias sincronizadoras, os fusos trapezoidais, e os fusos de esferas recirculantes (figura 67).

Figura 67 - Conversores de movimento: (A) Polia sincronizadora, (B) fuso trapezoidal, e (C) fuso de esferas recirculantes.



Fonte: Dillenburg (2007)

Os atuais equipamentos controlados numericamente por computador não permitem que haja folga ou atrito excessivo entre os componentes, fazendo com que os fusos de esferas recirculantes tenham se tornado quase que predominantes neste uso. Embora estes elementos tenham um custo um pouco acima dos demais, sua grande vida útil, baixa manutenção e alta capacidade de transmissão de torque, além da maior precisão entre estes elementos de máquina, faz com que os fusos de esferas sejam encontrados em praticamente todos os equipamentos analisados neste trabalho. Estas qualidades também são adequadas a este projeto frente aos requisitos identificados ao longo da pesquisa: boa precisão dimensional e baixo custo de manutenção.

Além disso, com o intuito de aproveitar da melhor forma possível o espaço disponível do equipamento, serão utilizadas polias sincronizadoras, devido ao seu baixo custo e alta capacidade de sincronismo de movimento, para transmitir o movimento rotativo dos motores aos fusos, tornando possível o deslocamento axial entre estes componentes.

5.1.4 Spindle

O *spindle*, ou árvore de máquina, serve para caracterizar o conjunto de elementos responsáveis pelo movimento rotativo da ferramenta de usinagem. Os spindles são elementos complexos que necessitam de um projeto apurado e um dimensionamento correto, pois grande parte de todos os esforços gerados no processo de usinagem são absorvidos por seus mancais, principalmente naquelas onde se empregam ferramentas de geometria definida (STOETERAU, 2004). O cálculo completo dos parâmetros de um spindle, como potência, capacidade de carga axial e radial, rigidez estática, entre outros, fogem do escopo do presente trabalho.

Geralmente são utilizados dois tipos de solução para fresadoras compactas, ou de mais baixo custo: uma retífica manual fixada a um suporte, ou um motor de corrente alternada desenvolvido com este fim específico. Retíficas manuais adaptadas tem a vantagem de ter um custo mais acessível, mas por outro lado, os motores específicos são mais precisos, geram menos ruído, possuem maior flexibilidade de uso para diferentes ferramentas, além de serem mais robustos. Estas qualidades justificam o uso de um motor spindle de corrente alternada em uma fresadora para escritórios, garantindo a qualidade do produto e maior durabilidade e confiabilidade.

A potência de cerca de 100 Watts foi determinada suficiente para o trabalho com materiais macios (resinas de poliuretano, polipropileno, madeira, MDF, entre outros materiais não metálicos) de acordo com benchmark realizado entre os similares do mercado, e com informações levantadas em entrevistas. Foi então escolhido um spindle de mercado da fabricante italiana Elte, o modelo TM PE0 3.5/2 (anexo E), com 150 Watts, que possui dimensões gerais, entre outras especificações, próximas

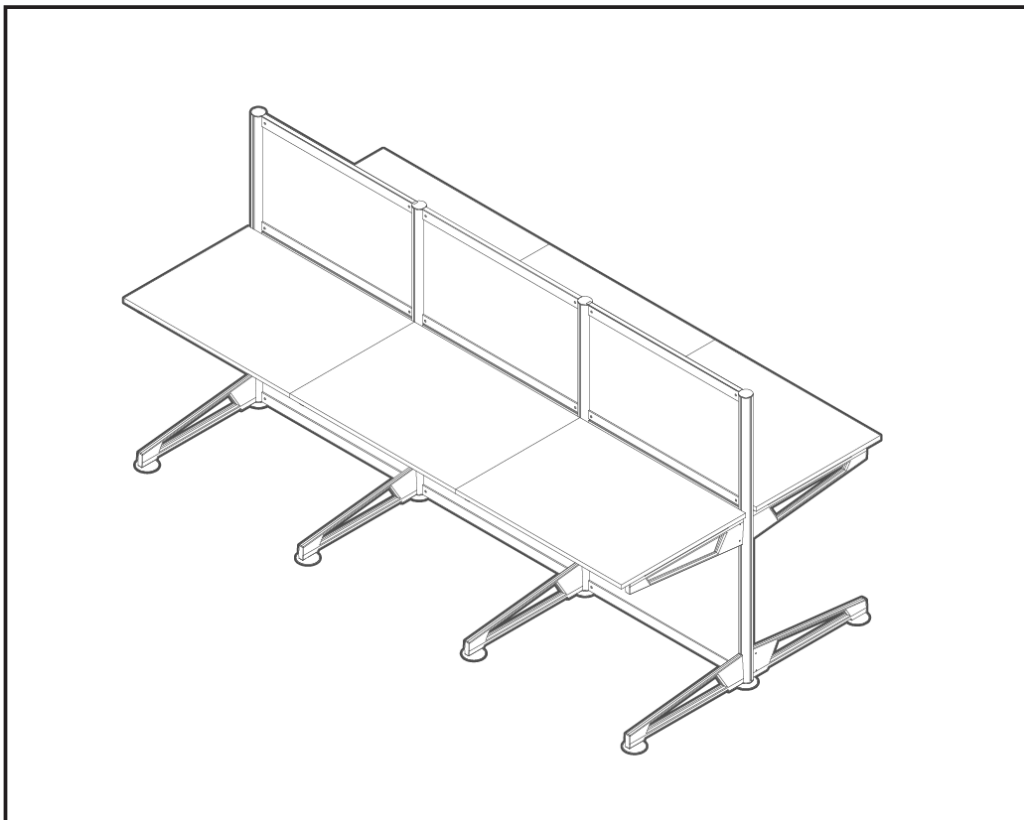
aos concorrentes de mercado, assim possibilitando um dimensionamento do espaço disponível para o spindle que preveja uma eventual troca de componente, sem que haja maiores complicações, caso necessário.

5.1.5 Dimensionamento

Um dos aspectos de maior importância identificado na etapa de levantamento de requisitos é a limitação de espaço disponível em um ambiente de escritório. Esta restrição aparece claramente no requisito de “ser compacta”, que, dentre aqueles que têm impacto no ambiente onde está inserida, é o que tem maior peso (tabela 6).

Através de um levantamento em sites de fabricantes de mobiliário para ambientes de trabalho (fabricantes nacionais como Bortolini e Arvy, e fabricantes internacionais como Steelcase, Knoll e Herman Miller), foi possível identificar algumas medidas padrão de mobiliário para espaço de trabalho. Geralmente os fabricantes trabalham com 600 mm de profundidade para estações de trabalho, a largura tem alguma variação, mas uma medida em geral encontrada nas linhas de escritório é de 800 mm. A figura 68 representa uma estação padrão de trabalho com o tampo medindo 800 mm de largura por 600 mm de profundidade.

Figura 68 - Estação de trabalho padrão 800 mm de largura.

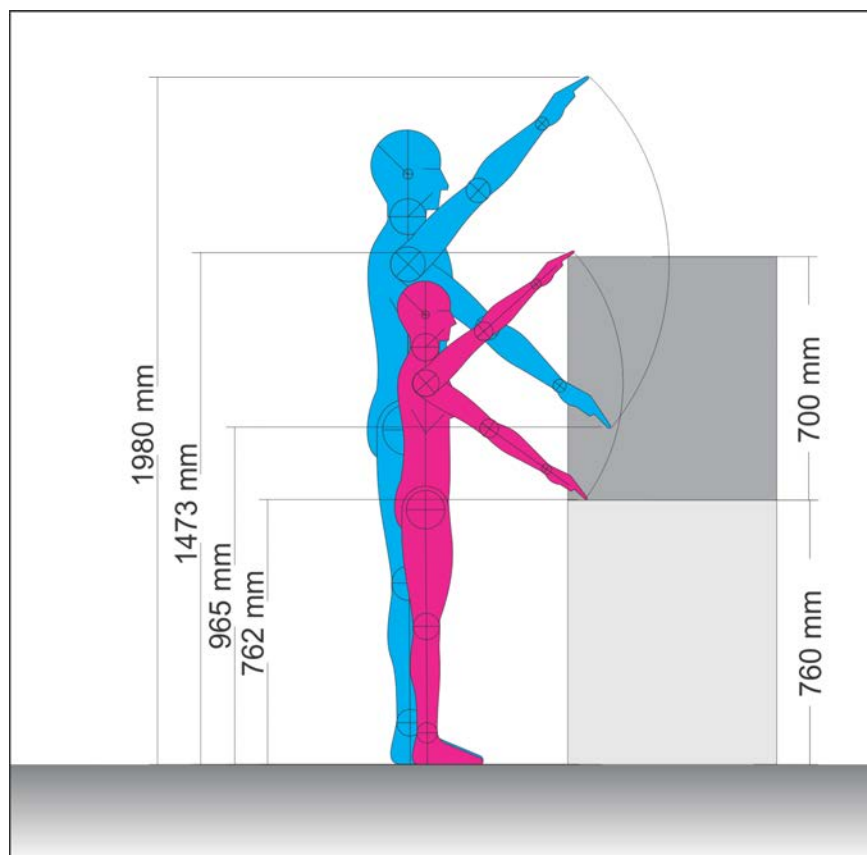


Fonte: Autor

O projeto do equipamento de escritório objetiva se integrar ao ambiente onde será inserido, sem que interfira ou necessite de rearranjo do layout deste ambiente, para isso é interessante que se respeite a modularidade do mobiliário existente. Com base nestas dimensões, chegou-se às seguintes dimensões máximas para a fresadora compacta: 800 mm de largura por 600 mm de profundidade. A altura máxima do equipamento não ficou limitada dentro deste levantamento, porém devem-se observar orientações ergonômicas de alcances máximos e mínimos ao instalar o produto.

Embora não se espere que seja utilizada uma bancada convencional de estação de trabalho para apoiar o equipamento (provavelmente não suportaria os esforços necessários, além de outros fatores, como vibração), foi considerada uma altura padrão de 760 mm para apoiar o equipamento. A partir desta medida, e algumas recomendações dimensionais apresentadas por Tilley (2005), foi estipulada a altura máxima do equipamento em 700 mm, desta forma respeitando os alcances dos percentis 1 feminino e 99 masculino de idosos operando de pé (figura 69).

Figura 69 - Alcances para equipamento sobre bancada.







Fonte: Autor

Serão consideradas para o novo produto, as medidas máximas de 800 mm de largura, 600 mm de profundidade e 700 mm de altura. Tendo em vista que a altura ideal para os comandos deve ficar entre 965 mm e 1473 mm do piso.

Com o objetivo de verificar as dimensões estipuladas, a figura 70 mostra alguns concorrentes diretos do equipamento proposto, assim como duas impressoras tridimensionais classificadas como benchtop, que se propõem a serem utilizadas em ambientes de escritório.

Figura 70 - Dimensionamento de equipamentos concorrentes.

Roland MDX-40		Roland MDX-540		Objet Alaris 30		HP Designjet 3D	
							
Largura	669 mm	Largura	745 mm	Largura	825 mm	Largura	660 mm
Profundidade	760 mm	Profundidade	955 mm	Profundidade	620 mm	Profundidade	660 mm
Altura	554 mm	Altura	858 mm	Altura	590 mm	Altura	767 mm
Área de construção		Área de construção		Área de construção		Área de construção	
Largura	305 mm	Largura	500 mm	Largura	300 mm	Largura	203 mm
Profundidade	305 mm	Profundidade	400 mm	Profundidade	200 mm	Profundidade	152 mm
Altura	105 mm	Altura	155 mm	Altura	150 mm	Altura	152 mm

Fonte: Autor

Apenas como comparação, a média das dimensões destes equipamentos é de 724,75 mm de largura por 748,75 mm de profundidade e 691,50 mm de altura. Valores que se aproximam bastante com os estipulados como parâmetros deste projeto.

5.2 SEMÂNTICA DO PRODUTO

Segundo Baxter (1998), os produtos devem ser projetados para transmitir sentimentos e emoções. Isso pode ser conseguido através da construção de painéis de imagens visuais. Ao longo da etapa de levantamento de necessidades, diversos atributos esperados foram citados pelos participantes das entrevistas e questionário, sendo os mais recorrentes: compacta, robusta, segura, moderna, confiável e discreta. A elaboração de um painel do tema visual baseado nestes atributos tem por objetivo guiar o estilo formal do projeto a partir de produtos já existentes que tiveram sucesso ao transmitir essas qualidades.

O painel do tema visual para uma fresadora compacta para escritório pode ser visto na figura 71, e a partir dele serão criados as soluções formais possíveis para este equipamento, de forma a traduzir formalmente as expectativas dos potenciais usuários.

Figura 71 - Painel do Tema Visual



Fonte: Autor

6 PROJETO PRELIMINAR

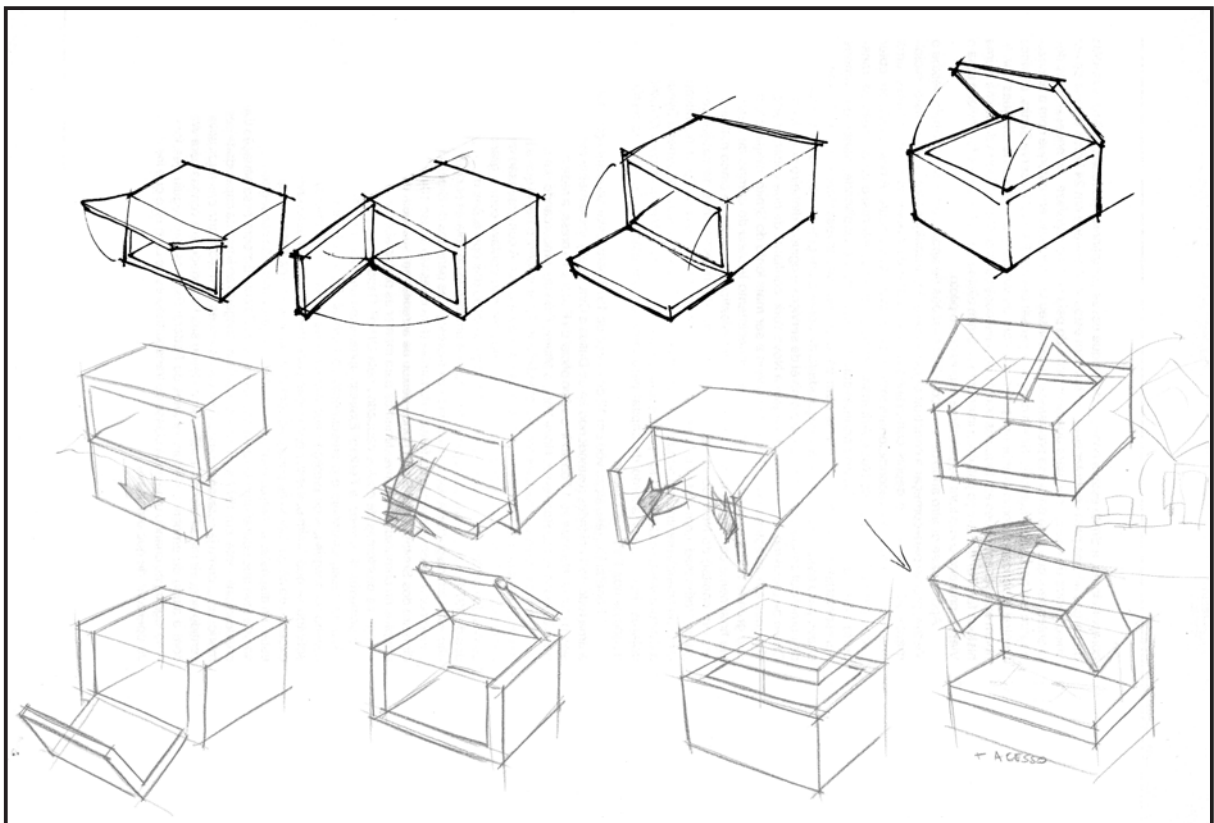
Nesta seção apresenta-se a etapa de refinamento do projeto a partir das definições das etapas anteriores, são apresentadas as etapas de geração de ideias e ajustes técnicos para que os parâmetros apresentados na etapa de arquitetura do produto acompanhem os atributos definidos durante a etapa de semântica do produto.

6.1 GERAÇÃO DE IDEIAS

Após determinada uma volumetria para o produto e definidos os atributos que se quer transmitir, foi iniciada a etapa de geração de ideias, na qual, através do uso de *sketches* se tentou resolver formalmente o conceito do projeto. Ao longo desse processo diversas ideias foram surgindo e sendo registradas através de esboços, assim como algumas das oportunidades de melhoria, identificadas nas etapas anteriores, foram sendo testadas visualmente. As figuras abaixo apresentam algumas dessas ideias.

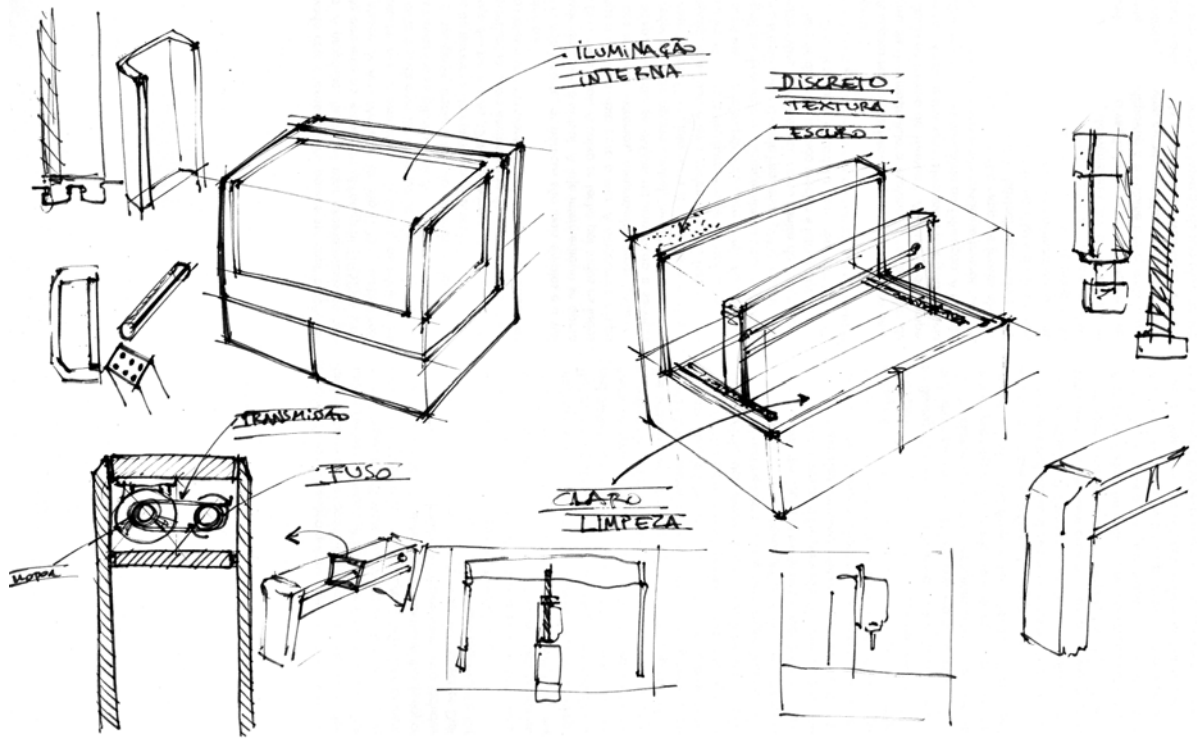
Inicialmente foi pensado qual seria uma boa forma de abertura e acesso ao equipamento, pensando-se em trabalhar com uma estrutura de pórtico móvel, foram testadas algumas variações possíveis e suas vantagens ou desvantagens, além de estudos formais (figuras 72, 73 e 74).

Figura 72 - Estudos de abertura



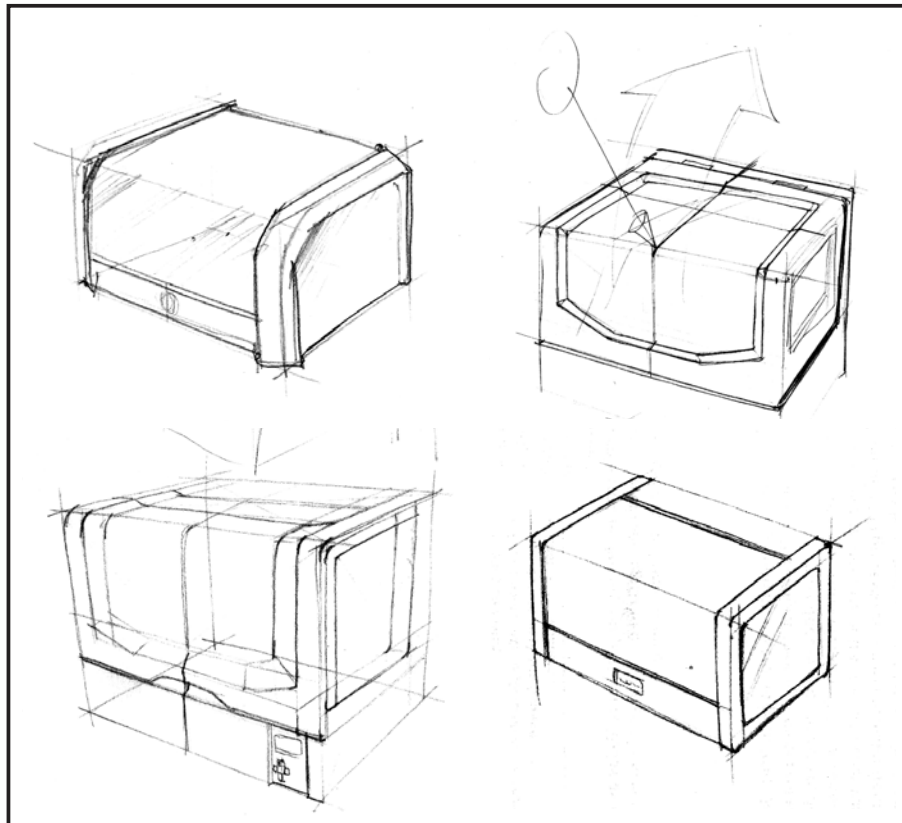
Fonte: Autor

Figura 73 - Estudos de soluções



Fonte: Autor

Figura 74 - Estudos formais

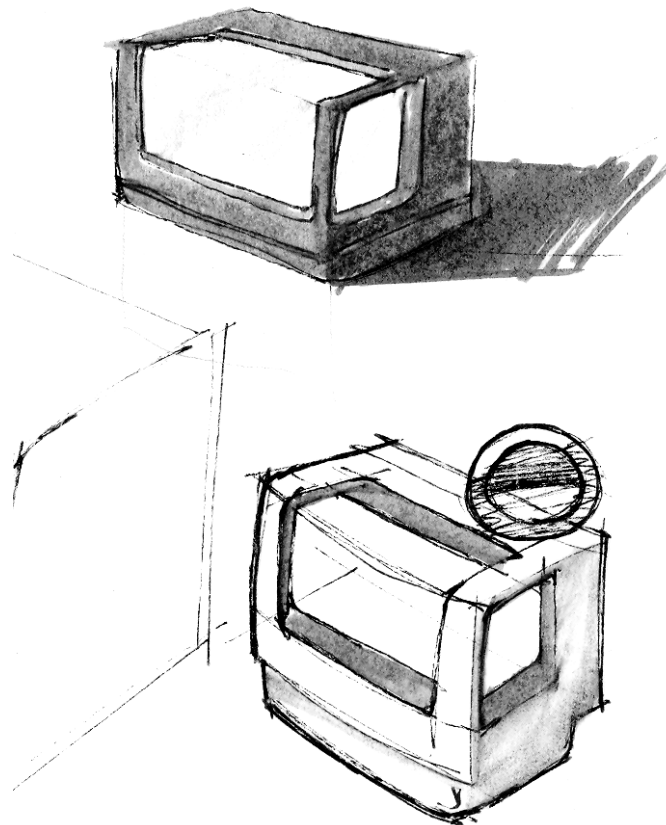


Fonte: Autor

Após diversos desenhos e tentativas de diferentes partidos, percebeu-se que estrutura que apresentou um melhor aproveitamento da área do equipamento é uma variação do convencional pórtico móvel, conhecida por travessa (ou ponte) móvel cuja vantagem é a fixação na lateral do equipamento, ao invés da base, deixando a mesa livre, sem que haja partes móveis muito próximas, o que facilita a limpeza do equipamento.

Isto implicou numa modificação da forma de abertura previamente escolhida, pois as laterais necessitam ser fixas para que sejam presas as guias da travessa móvel. A forma de abertura precisaria ser apenas frontal e superior, a abertura lateral foi substituída por janelas (figura 75).

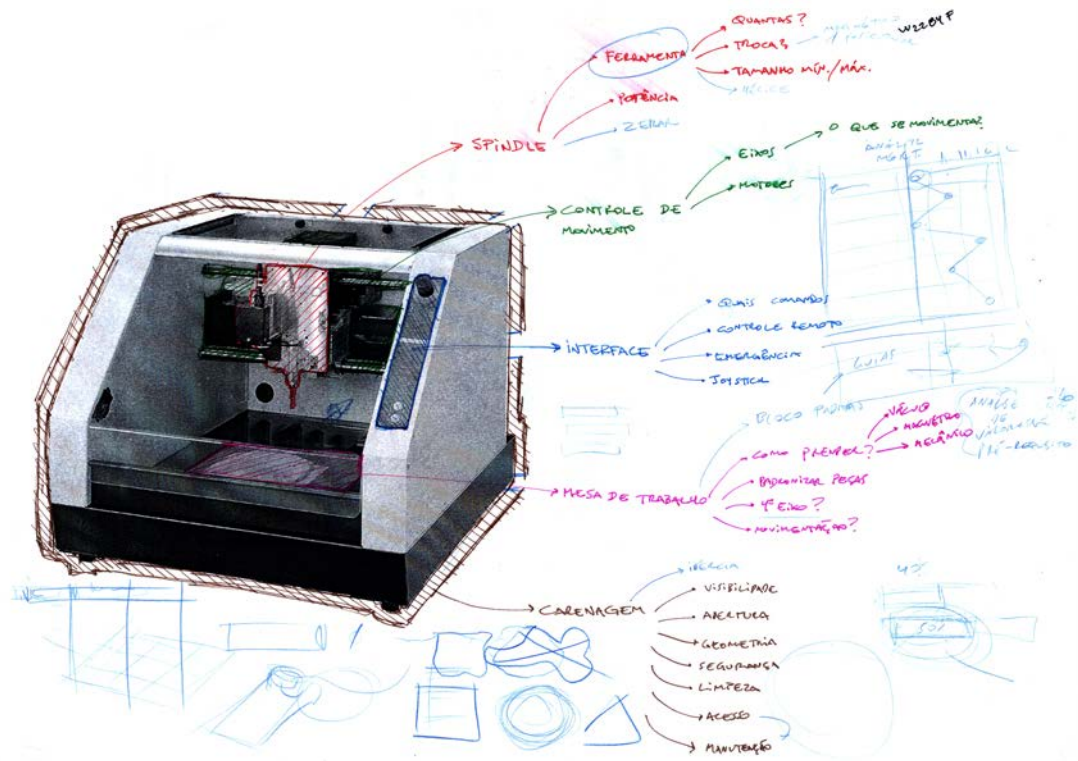
Figura 75 - Partido formal para estrutura com travessa móvel.



Fonte: Autor

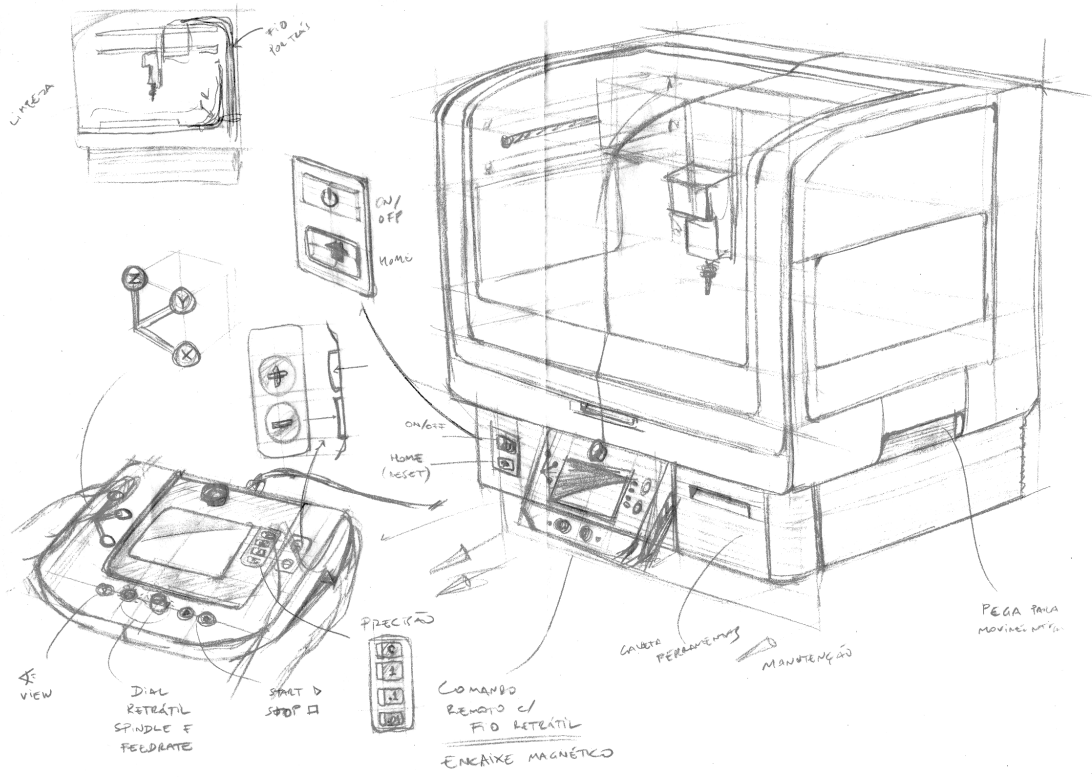
Definidos os elementos gerais da forma, foram verificados os subsistemas envolvidos no equipamento, desde os comandos presentes na interface do usuário, formas de iluminação, limpeza, até a possibilidade de exaustão da câmara de trabalho. Desta forma o projeto foi sendo refinado graficamente, a partir do partido formal e funcional estabelecido (figuras 76 e 77).

Figura 76 - Mapeamento dos subsistemas de uma fresadora.



Fonte: Autor

Figura 77 - Refinamento da proposta a partir de sketches.

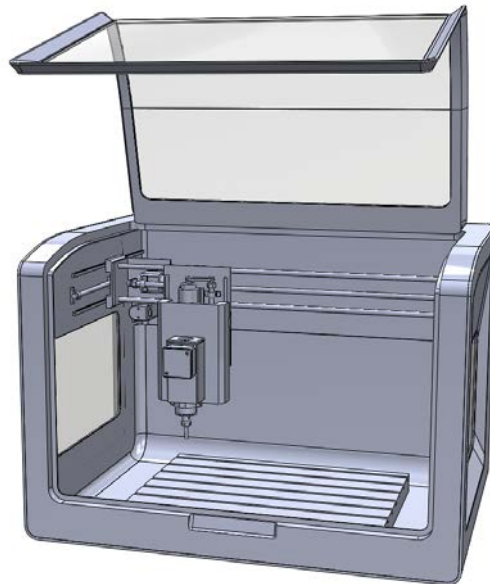


Fonte: Autor

6.2 MODELAGEM VIRTUAL

Após ter estabelecido um caminho a ser seguido através das técnicas de desenho à mão livre, foi iniciada a etapa de modelagem tridimensional computacional no *software* SolidWorks. Inicialmente foram modelados os blocos funcionais que utilizam componentes de mercado, estabelecidos na etapa de princípios de funcionamento (seção 5.1), e depois foram sendo inseridos e organizados dentro de um sólido virtual com as dimensões definidas do produto final. Aos poucos, os subsistemas mapeados na etapa anterior, foram sendo resolvidos volumetricamente (figura 78).

Figura 78 - Volumetria virtual.



Fonte: Autor

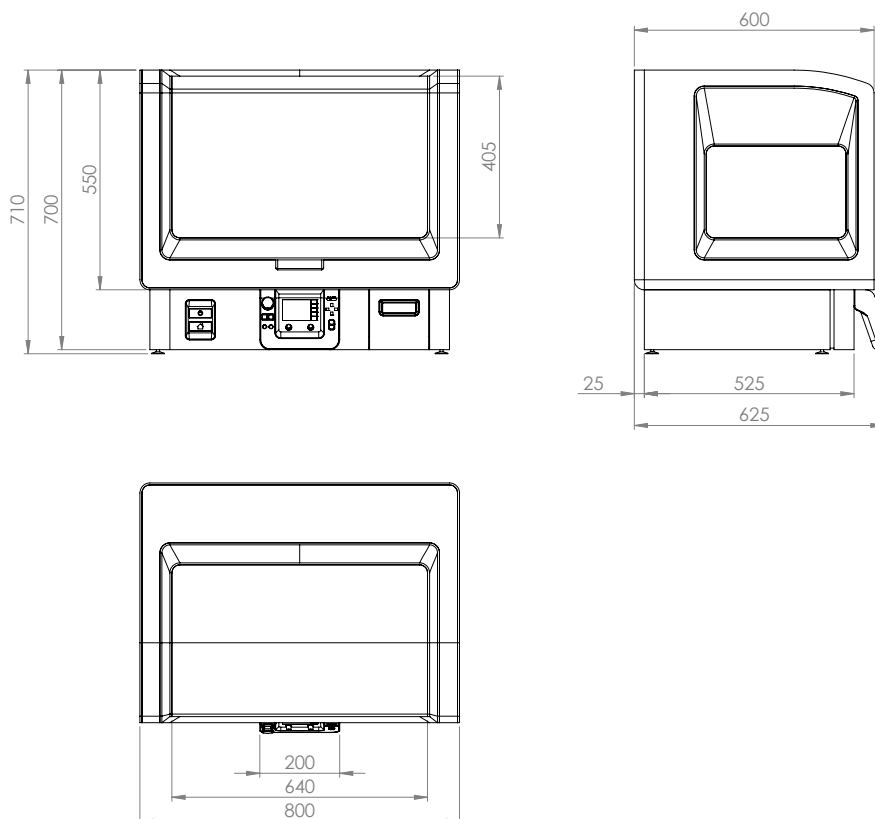
Através da ferramenta de modelagem virtual, foi possível estabelecer as dimensões dos componentes secundários, além das áreas livres para inclusão de novas ideias ao projeto. A estrutura principal do produto foi dimensionada por *benchmark* realizado na etapa de avaliação dos similares (seção 4.6.1), na qual foram verificados materiais e geometrias usadas atualmente. O cálculo da rigidez foge do escopo deste projeto, então foi estimado através de comparação.

6.3 SOLUÇÃO ALCANÇADA

A seguir são apresentadas as imagens com os detalhes do projeto preliminar de uma fresadora compacta para uso em escritórios de desenvolvimento de produtos. O produto visa atender as necessidades levantadas ao longo do desenvolvimento

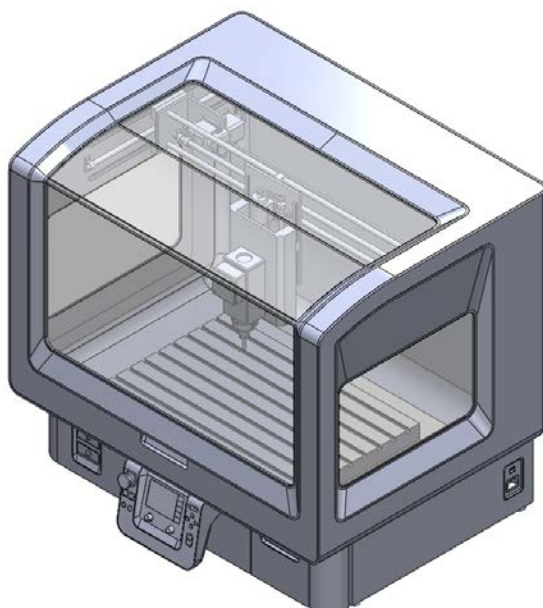
deste projeto, além tentar aproveitar algumas oportunidades pontuais que foram sendo descobertas durante as entrevistas e análise de similares. As figuras 79 e 80 apresentam as principais dimensões do equipamento e uma vista geral.

Figura 79 - Dimensões principais da fresadora (cotas em milímetros)



Fonte: Autor

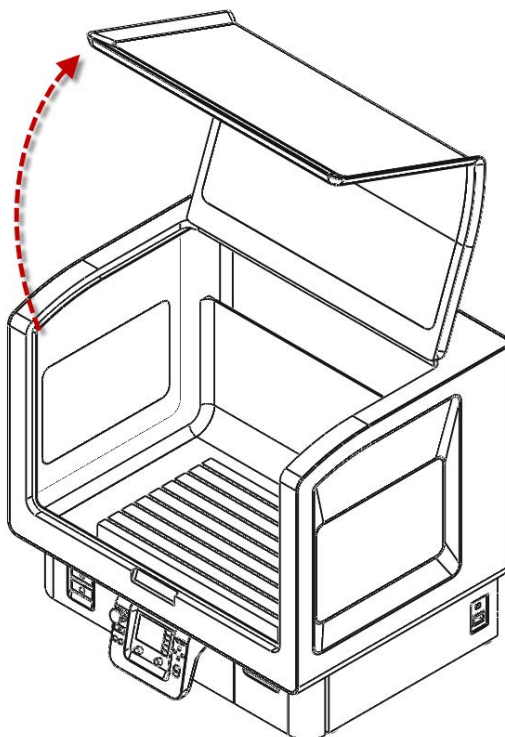
Figura 80 - Vista isométrica sombreada



Fonte: Autor

A figura 81 apresenta a abertura do área de usinagem da fresadora, através da qual se tem acesso à ferramenta e ao material a ser usinado. A porta utiliza dobradiças com mola de torção, fazendo com que a porta fique parada na posição onde foi largada, facilitando o manuseio de indivíduos com menor estatura, além de garantir a segurança do operador enquanto prende ou solta o material a ser usinado, ou a peça final.

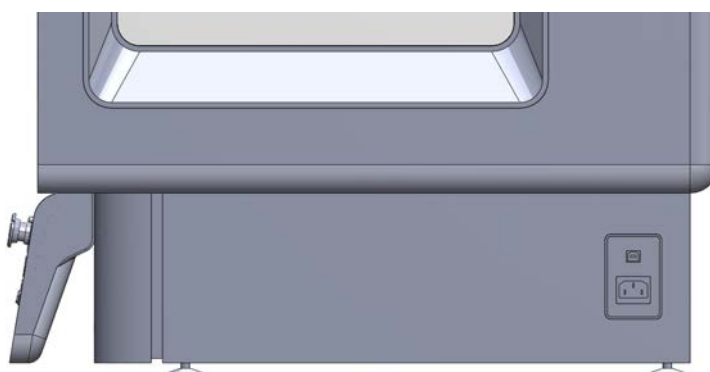
Figura 81 - Abertura da área de usinagem



Fonte: Autor

O equipamento possui alimentação 220V e se comunica com o computador por uma porta USB. Os conectores foram posicionados lateralmente para garantir que haverá espaço para encaixe dos cabos (figura 82).

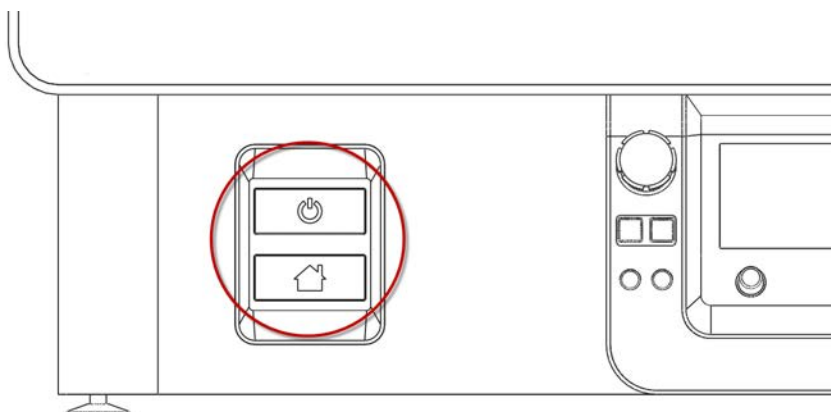
Figura 82 - Alimentação e comunicação da fresadora



Fonte: Autor

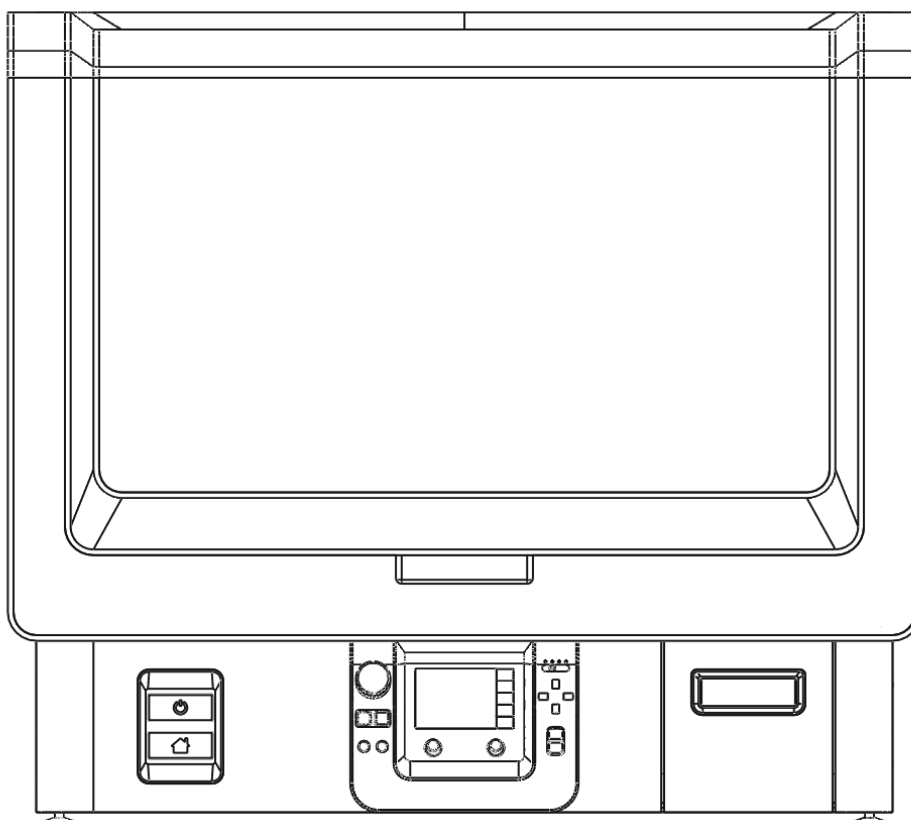
Os comandos de ligar e desligar o equipamento fica localizado na face frontal do gabinete do equipamento, juntamente com o botão *Home* (figura 83). Os demais comandos do equipamento se encontram no controle remoto com fio, que fica encaixado na face frontal do gabinete (figura 84), a figura 85 apresenta a distribuição dos comandos no controle.

Figura 83 - Comandos de ligar/desligar e *Home*.



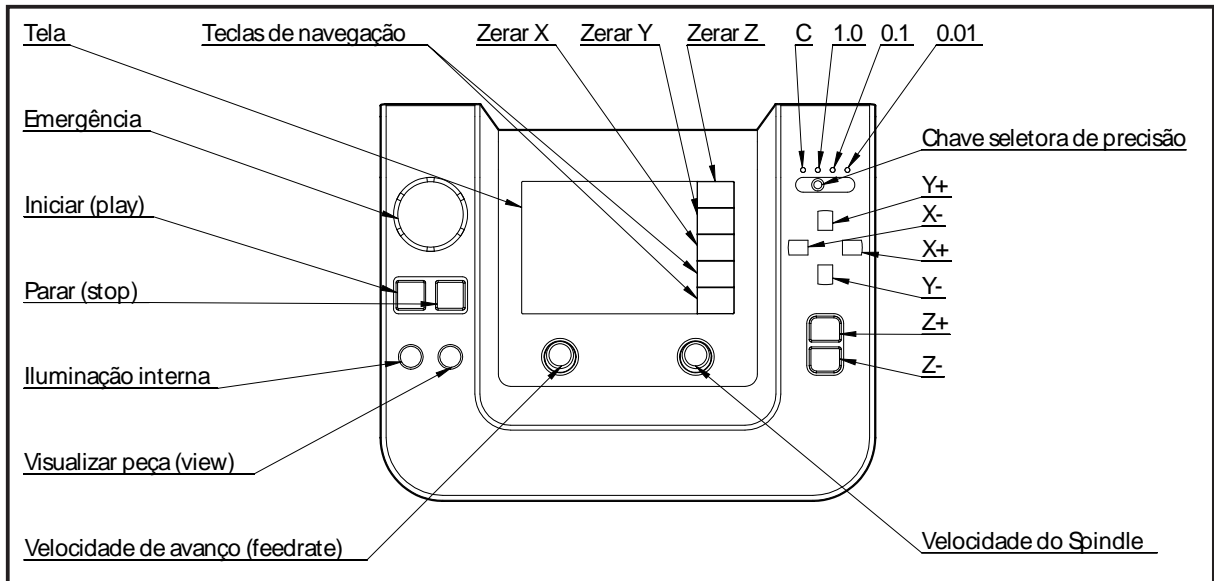
Fonte: Autor

Figura 84 - Controle remoto com fio.



Fonte: Autor

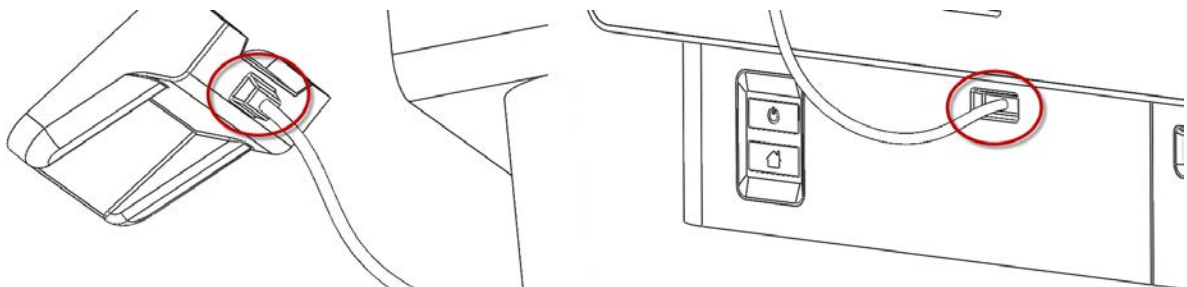
Figura 85 - Comandos do controle remoto.



Fonte: Autor

O controle remoto fica ligado ao gabinete através de um cabo retrátil com gatilho, além disso possui uma saliência posterior a qual se encaixa ao gabinete, onde existe uma espera com rebaixo, e ímãs permanentes o mantém posicionado (figura 86).

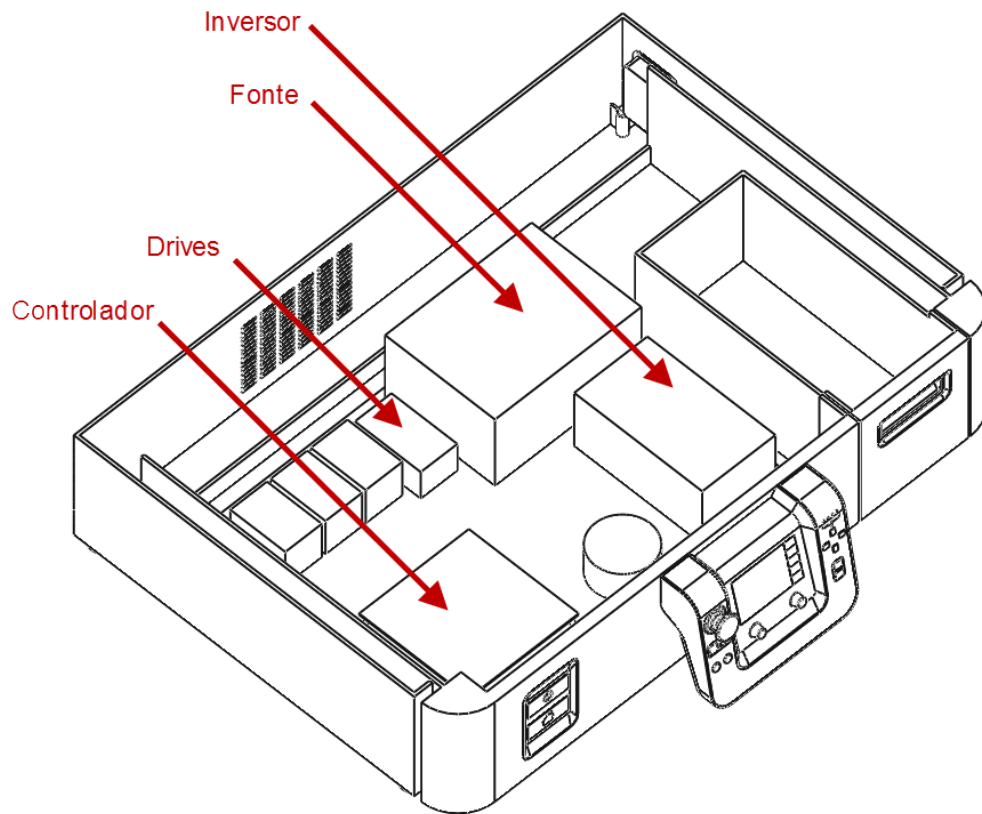
Figura 86 - Controle com cabo retrátil



Fonte: Autor

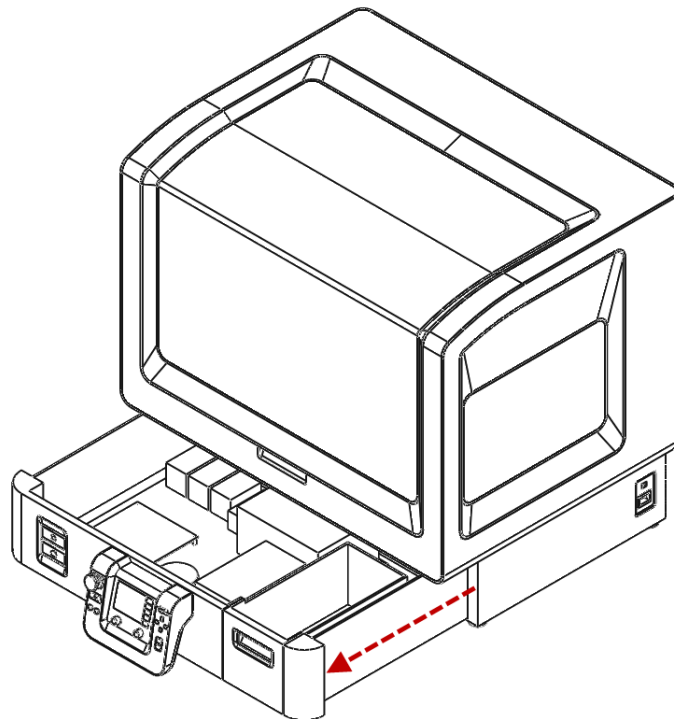
Os componentes internos de controle e alimentação (placa controladora, drives, fonte e inversor) ficam alojados na base da fresadora, abaixo da câmara de usinagem (figura 87), além disso, os componentes podem facilmente ser acessados - em caso de manutenção - através de uma gaveta frontal com travas nas laterais (figura 88).

Figura 87 - Componentes internos alojados abaixo da mesa de usinagem.



Fonte: Autor

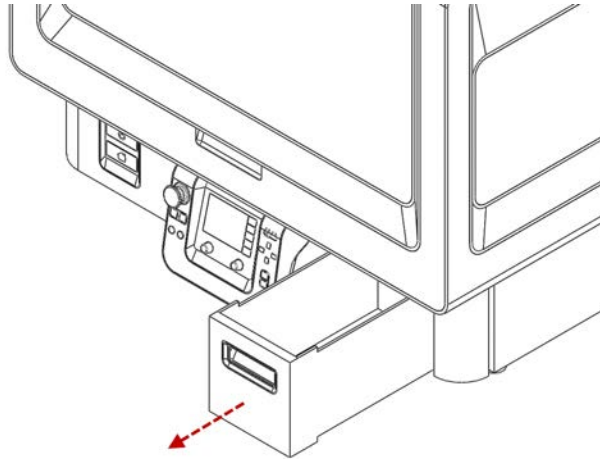
Figura 88 - Gaveta frontal para manutenção



Fonte: Autor

Existe ainda uma segunda gaveta, menor, que fica acoplada a gaveta de manutenção. A pequena gaveta, pode ser liberada independentemente da grande, e nela ficam guardadas as ferramentas de aperto da pinça, pinças reservas e fresas (figura 89).

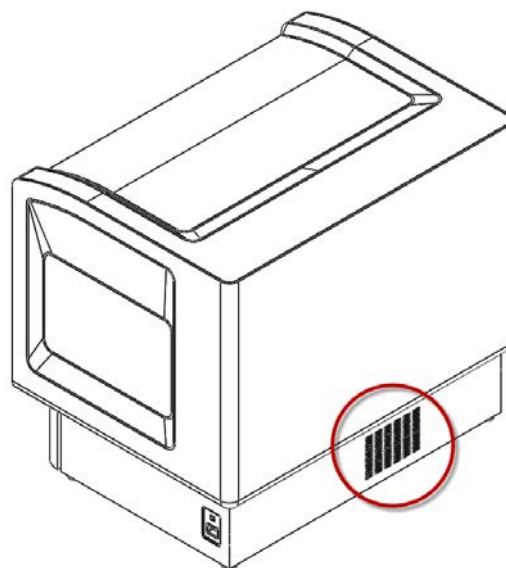
Figura 89 - Gaveta das ferramentas



Fonte: Autor

Nesta base, foi prevista uma área de ventilação traseira, próxima à fonte de alimentação (figura 90). Foi levantada a ideia de instalar algum tipo de exaustão na câmara de usinagem, mas poderia aumentar o ruído produzido, além de deixar escapar resíduos (pó e cavaco) do processo de usinagem.

Figura 90 - Ventilação traseira

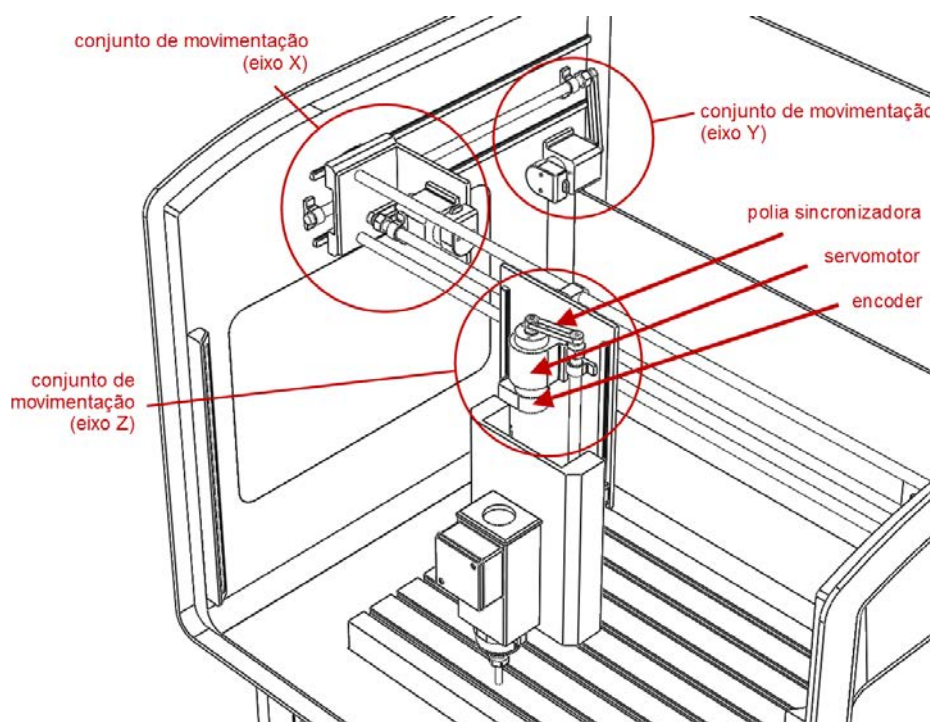


Fonte: Autor

Acima da base de suporte, fica posicionada a câmara de usinagem, onde

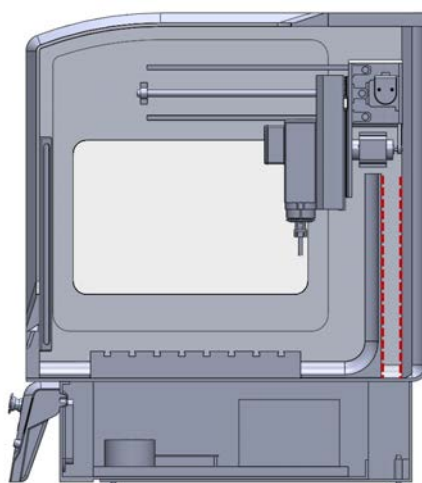
ficam montados os principais componentes móveis do equipamento: motores, fusos, guias lineares, e demais acessórios do sistema de movimentação (figura 91). Todo o cabeamento dos mecanismos é organizado com o uso de esteiras porta cabos (assim como dentro da base, ao utilizar a gaveta de manutenção), os cabos se conectam com o bloco controlador através de uma comunicação entre a câmara e a base (figura 92). Esta comunicação fica oculta por um fundo falso na câmara de usinagem, que auxilia ainda a limpeza da câmara, pois mantém o cavaco produzido dentro de uma região sem rasgos ou reentrancias (figura 93).

Figura 91 - Componentes de acionamento e movimentação.



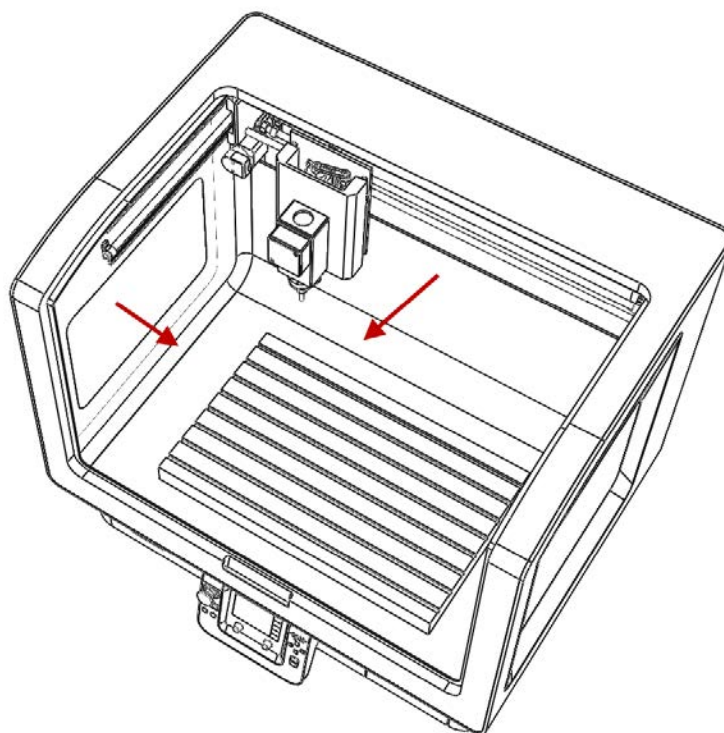
Fonte: Autor

Figura 92 - Comunicação entre a controladora (base) e os componentes móveis (câmara).



Fonte: Autor

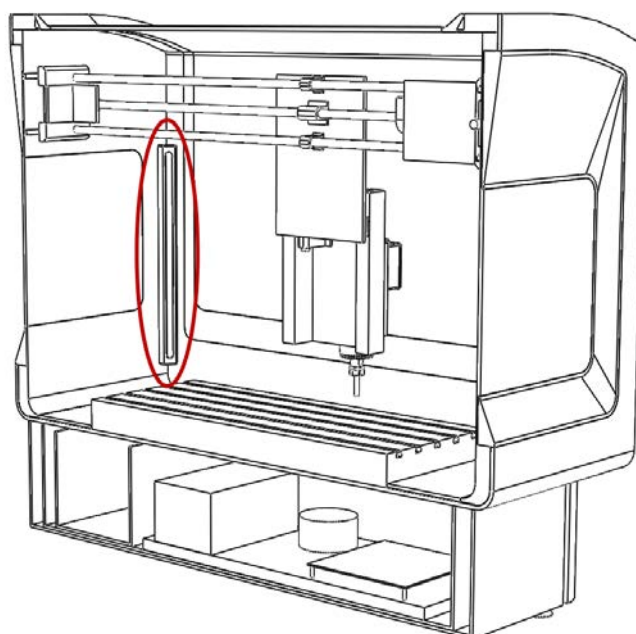
Figura 93 - Área interna de fácil limpeza



Fonte: Autor

Foram previstas também duas fitas de LED presas junto à estrutura da câmara de usinagem, sendo posicionadas uma de cada lado da câmara, junto às colunas frontais (figura 94), desta forma é facilitada a visualização da peça sendo trabalhada.

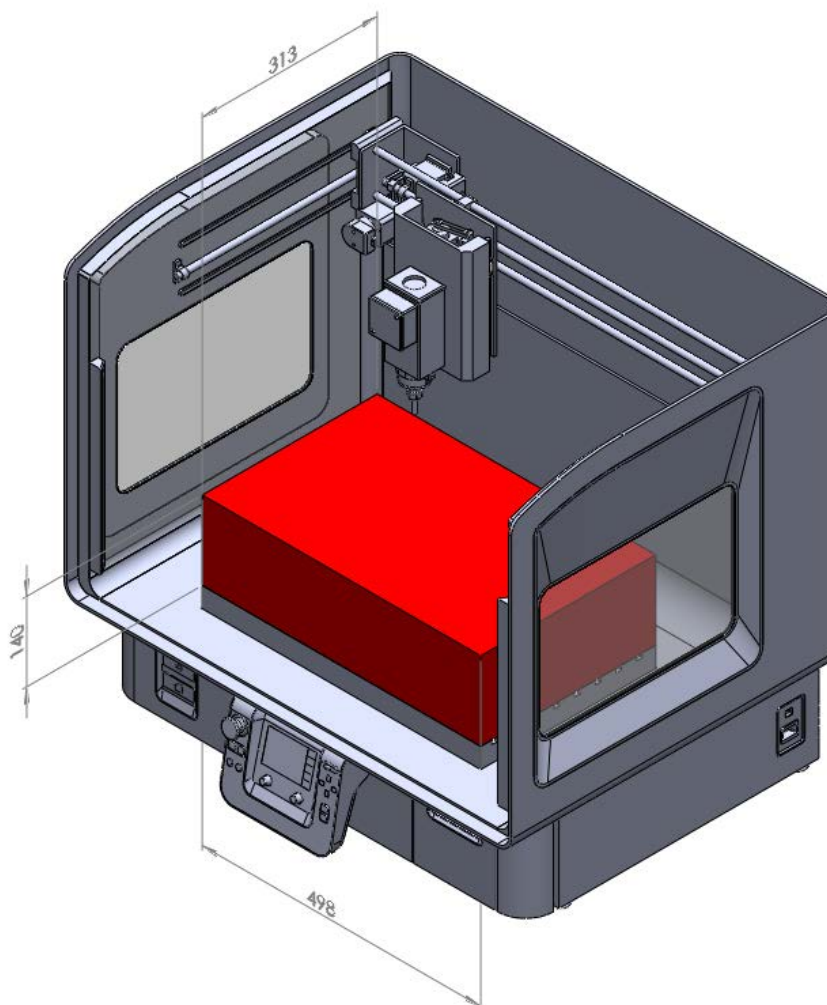
Figura 94 - Iluminação interna da câmara de usinagem.



Fonte: Autor

Além disso, a câmara de usinagem permite trabalhar com peças de até 498 mm de largura por 313 mm de profundidade, com altura máxima de 140 mm, variando de acordo com a ferramenta utilizada (figura 95). Embora não tenha sido incorporado ao projeto, existe ainda uma reserva de espaço dentro da câmara para a instalação de um 4º eixo opcional.

Figura 95 - Área máxima de trabalho



Fonte: Autor

O detalhamento técnico de cada componente, assim como os materiais utilizados para cada peça, são apresentados no apêndice D.

6.4 SIMULAÇÃO DIGITAL

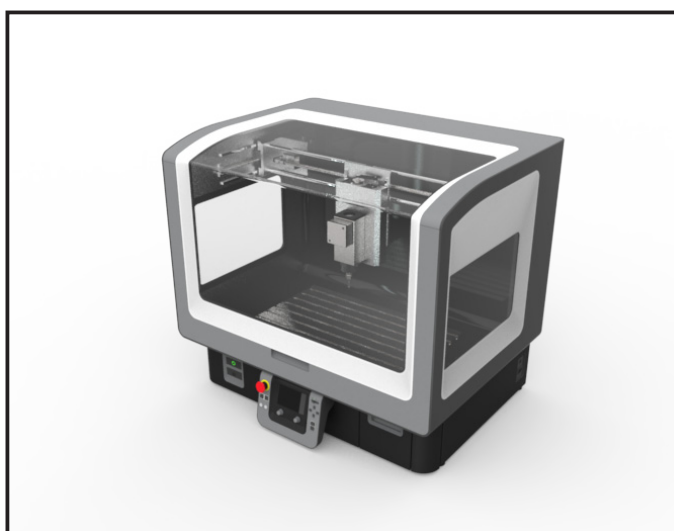
Após a modelagem do equipamento, foram geradas imagens de representação do produto, nas quais se simula estudo de cores e acabamento, assim como sua ambientação em um escritório.

Figura 96 - Simulação virtual do equipamento: vista frontal



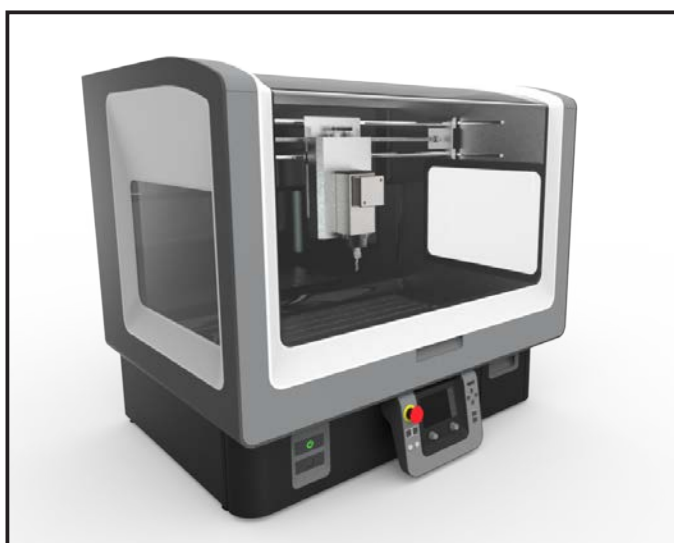
Fonte: Autor

Figura 97 - Simulação virtual do equipamento: vista alternativa



Fonte: Autor

Figura 98 - Simulação virtual do equipamento: vista alternativa 2



Fonte: Autor

Figura 99 - Silumação virtual do equipamento: vista ambientada.



Fonte: Autor

Figura 100 - Silumação virtual do equipamento: vista ambientada.



Fonte: Autor

Figura 101 - Silumação virtual do equipamento: vista ambientada.



Fonte: Autor

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desenvolver um equipamento de confecção de modelos tridimensionais que atendesse as necessidades e demandas vigentes (e futuras) de escritórios de design, inseridos em um mercado de prestação de serviços e desenvolvimento de produtos, como o de Porto Alegre. Este foi o objetivo geral buscado ao longo deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Para tal, durante o trabalho buscou-se um embasamento teórico sobre os variados conhecimentos necessários para o desenvolvimento de uma máquina-ferramenta, em um nível de detalhamento e profundidade técnica que diz respeito à função, e que é esperado, do Designer de Produto.

Após exaustivo estudo sobre os temas relevantes ao entendimento do funcionamento das tecnologias existentes e, através dos resultados obtidos no QFD (a partir da definição dos requisitos dos usuários), chegou-se a escolha do fresamento como tecnologia julgada mais adequada para um equipamento que se propõe atender as necessidades do usuário.

Viu-se que questões como o custo do equipamento, custo do material para produção dos modelos/protótipos, dimensão do equipamento, e compatibilização do mesmo no ambiente de trabalho (tendo em mente o típico escritório de design: pouco espaço, áreas contíguas/sem privacidade acústica e visual, etc.) foram extremamente importantes para o lançamento do conceito funcional e visual da máquina-ferramenta.

Ainda, foi imprescindível o levantamento e análise de similares, sendo através catálogos, fotos e outras informações obtidas diretamente com os fabricantes, ou através da avaliação pessoal de alguns equipamentos semelhantes que o autor teve a oportunidade de manusear; a fim de estimar limitações e condicionantes técnicos (principalmente no sentido da fabricação, transporte, manuseio do equipamento ainda como produto de venda, e também como ferramenta de trabalho dentro do ambiente para uso final), detalhes de acabamento, acertos e erros dos concorrentes; tudo isso com o intuito de desenvolver um produto comprometido com a acessibilidade, segurança e facilidade de uso.

Para atender aos requisitos dos usuários, cria-se um conceito de equipamento que: seja capaz de produzir um modelo (em escala natural ou não) que tenha propriedades não só visuais, mas também, funcionais semelhantes ao produto final; que encare e resolva o problema de manutenibilidade do equipamento (em relação ao custo de manutenção e insumos); e que, em relação às dimensões do ambiente escritório de design, se adapte de forma satisfatória e sem gerar transtornos de arranjo do espaço.

Como conceito formal, a linguagem trabalhada almejou transmitir primordialmente, ao usuário, qualidades como robustez, discrição para com o local

onde será instalado, segurança no uso, moderno, confiável e compacidade. O painel semântico do tema visual mostra variados acabamentos, traços característicos de marcas e soluções de produtos dos mais diversos segmentos que, julgou-se, traduzirem essas qualidades.

O processo de desenvolvimento do produto contou com inúmeros testes gráficos (desenhos à mão), conforme constam registros nos apêndices. De forma simultânea buscou-se soluções funcionais, formais e de detalhamento e acabamento do produto. O objetivo foi seguir uma linguagem de equipamento para escritório (moderna e discreta), com uso cognitivo e ergonômico. A modelagem de todos os componentes – de forma bastante detalhada e precisa no caso dos principais – contribuiu para o entendimento tanto do funcionamento do produto como um todo, como também da dinâmica de uso (por parte do usuário final) da máquina-ferramenta.

Finalmente, é através das ilustrações e imagens de simulação com materiais e ambientação, que se compreende com maior amplitude o resultado do projeto preliminar alcançado neste Trabalho Final de Graduação.

REFERÊNCIAS

ASTM F2792-10: **Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies**. Pennsylvania: ASTM International, 2010.

ASTM F2915-11: **Standard Specification for Additive Manufacturing File Format (AMF)**. Pennsylvania: ASTM International, 2011.

BACK, Nelson. et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008.

BAIRSTOW, John; BARBER, Robert; KENNY, Marilyn. **Design Modelling: Visualising Ideas in 2D and 3D**. Londres: Hodder & Stoughton, 1999.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

CARVALHO, Jonas de; VOLPATO, Neri. Prototipagem rápida como processo de fabricação. In: VOLPATO, Neri (Ed.). **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

CHUA, Chee K.; LEONG, Kah F.; LIM, Chu S. **Rapid Prototyping: principles and applications**. Singapura: World Scientific Publishing, 2010.

DINIZ, Anselmo Eduardo; MARCONDES, Francisco Carlos; COPPINI, Nivaldo Lemos. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 7. ed. São Paulo: Artliber, 2010.

HAUSER, John R.; CLAUSING, Don. The House of Quality. **Harvard Business Review**, Boston, v. 3, maio/jun. 1988.

KOTLER, Philip. **Administração de marketing: a edição do novo milênio**. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

MCDONALD, Julia A.; RYALL, Chris J.; WIMPENNY, David I. **Rapid Prototyping Casebook**. Bury St Edmunds: Professional Engineering Publishing, 2001.

MORAES, Anamaria de; MONT'ALVÃO, Cláudia. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: 2AB Editora, 2010.

PARKER AUTOMATION. **Tecnologia eletromecânica**. Apostila. Jacareí, 2003.

PLATCHEK, Elizabeth R. **Metodologia de ecodesign para desenvolvimento de**

produtos sustentáveis. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola de engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ROCKENBACH, Maurício. et al. **Avaliação da precisão e da facilidade de fabricação de diferentes métodos de produção de protótipos:** prototipagem rápida e usinagem CNC. 2009. Trabalho apresentado ao 5. Congresso Internacional de Pesquisa em Design, Bauru, 2009.

SILVA, Fábio P. da. **Usinagem de espumas de poliuretano e digitalização tridimensional para fabricação de assentos personalizados para pessoas com deficiência.** 2011. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

STOETERAU, Rodrigo L. **Introdução ao projeto de máquina-ferramentas modernas.** Apostila. Florianópolis, 2004.

TILLEY, Alvin R. **As medidas do homem e da mulher:** fatores humanos em design. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ULRICH, Karl T.; EPPINGER, Steven D. **Product design and development.** 4. ed. Boston: McGraw-Hill, 2008.

VOLPATO, Neri; FERREIRA, Cristiano V.; SANTOS, Jorge R. L. dos. Integração da prototipagem rápida com o processo de desenvolvimento de produto. In: VOLPATO, Neri (Ed.). **Prototipagem rápida:** tecnologias e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

VOLPATO, Neri. Os principais processo de prototipagem rápida. In: VOLPATO, Neri (Ed.). **Prototipagem rápida:** tecnologias e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

WHOLERS, Terry. **Wholers Report 2011:** Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry. Fort Collins: Wholers Associates, Inc., 2011.

OBRAS CONSULTADAS

BERTOL, Liciane S. **Contribuição ao estudo da prototipagem rápida, digitalização tridimensional e seleção de materiais no design de implantes personalizados**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

DILLENBURG, Daniel. **Projeto de uma mini-fresadora CNC**. 2007. Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

OLIVEIRA, Marcelo F. de. **Aplicações da prototipagem rápida em projetos de pesquisa**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PUPPO, Regiane T. Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte. **PARC**, Campinas, v. 1, n. 3, 2008. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~parc/vol1/n3/vol1-n3-pupo.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2011.

SANTOS, Jorge R. L. dos. **Modelos tridimensionais físicos no desenvolvimento de produtos**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

SASS, Larry. Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital design. **Design Studies**, v. 27, n. 3, maio, 2006.

SAURA, Carlos E. **Aplicação da prototipagem rápida na melhoria do processo de desenvolvimento de produtos em médias empresas**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

WOHLERS ASSOCIATES. **Is CNC machining really better than RP?**. Fort Collins, 2003. Disponível em: <<http://www.wohlersassociates.com/JanFeb03TCT.htm>>. Acesso em: 10 set. 2011.

ANEXO A - QUESTIONÁRIO ONLINE

Survey: Modelos e Prot. tipos Status: Closed

Show 20 pages starting with page: 1: Apresenta.ão Go

1. Apresentação

Preview Reorder Copy Page Delete Page Edit Page Options

ID: 12 Add Note
 Skip Question Num.

Pesquisa sobre a utilização de **modelos físicos** em atividades de projeto.

Esta é uma pesquisa acadêmica para o Trabalho de Conclusão de Curso no curso de Design de Produtos da UFRGS. Nenhuma informação pessoal/individual será publicada.

Durante todo o questionário será empregado Modelo como termo genérico para quaisquer formas de representação física tridimensional de um projeto (maquete, mockup, protótipo,...).

É muito importante que você possa concluir toda a pesquisa, a maioria das questões são de multipla escolha. Nas poucas perguntas dissertativas, mesmo as respostas mais concisas serão de grande ajuda.

Desde já, agradeço por participar.

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Insert Page

2. Identificação

Preview Reorder Copy Page Delete Page Edit Page Options

ID: 11 Add Note
 Required
 Soft-Required [?]
 Skip Question Num.

1. Qual das opções **melhor caracteriza** o local onde você trabalha? *

- Escritório de Design
- Escritório de Arquitetura
- Instituição de Ensino
- Centro de Pesquisa / Laboratório
- Profissional Autônomo
- Indústria - Setor de Design
- Prestador de Serviços de Prototipagem (Maqueteiro, empresa de prototipagem,...)

ID: 13 Add Note
 Required
 Soft-Required [?]
 Skip Question Num.

2. Qual sua **principal** área de atuação?

- Design de produto
- Design Gráfico
- Projetos de sinalização
- PDV
- Arquitetura de Interiores
- Arquitetura Comercial
- Arquitetura Residencial
- Outro

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Insert Page

3. Escritório de Design

Preview Reorder Copy Page Delete Page Edit Page Options

Page Options: | This page will **show** when: Question #1 =("Escritório de Design")

3. Durante suas reuniões com os clientes, quem **geralmente** é seu contato direto?

- Setor Administrativo (Diretoria)
- Setor de Marketing
- Setor de Engenharia
- Setor Interno de Design
- Outro

ID: 14 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

4. Você costuma usar modelos durante o desenvolvimento do projeto (modelos de estudo), ou apenas para submeter à aprovação do cliente?

- Utilizo para os dois casos
- Utilizo apenas para desenvolvimento do projeto/estudo - aprovação é feita com rendering/ simulações
- Utilizo apenas para submeter à aprovação do cliente
- Não utilizo modelos, apenas sketches / simulações 3D / rendering
- Outro

ID: 15 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

5. Quem **geralmente** faz os modelos?

- O escritório faz os modelos
- O escritório contrata um serviço terceirizado
- O cliente, ou empresa contratada pelo cliente
- Nunca utilizo modelos
- Outro

ID: 16 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:

IF: TRUE TRUE

THEN: Jump to Page #6

New Page Logic Action:

IF: The answer to Question #5 is exactly equal to Nunca utilizo modelos

THEN: Jump to Page #19

Insert Page

4. Escritório de Arquitetura

Preview Reorder Copy Page Delete Page Edit Page Options

Page Options: | This page will **show** when: Question #1 =("Escritório de Arquitetura")

6. Durante suas reuniões com os clientes, quem **geralmente** é seu contato direto?

- Cliente ou investidor
- Setor administrativo (diretoria) ou marketing
- Setor de engenharia civil
- Setor interno de arquitetura
- Outro

ID: 21 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

	<p>7. Você costuma usar modelos durante o desenvolvimento do projeto (modelos de estudo), ou apenas para submeter à aprovação do cliente?</p> <p><input type="radio"/> Utilizo para os dois casos</p> <p><input type="radio"/> Utilizo para o desenvolvimento do projeto / estudo - a aprovação é feita com rendering / simulações</p> <p><input type="radio"/> Utilizo apenas para submeter à aprovação do cliente</p> <p><input type="radio"/> Não utilizo modelos, apenas croquis / simulações 3D / rendering</p> <p><input type="radio"/> Outro <input type="text"/></p>	<p>ID: 22 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>8. Quem geralmente fazos modelos?</p> <p><input type="radio"/> O escritório faz seus modelos</p> <p><input type="radio"/> O escritório contrata um serviço terceirizado</p> <p><input type="radio"/> O cliente, ou empresa contratada pelo cliente</p> <p><input type="radio"/> Nunca utilizo modelos</p> <p><input type="radio"/> Outro <input type="text"/></p>	<p>ID: 23 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>

[Add Logic](#)
[Add Text/Image](#)
[Add Action](#)
[Add Question](#)

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:
IF: TRUE TRUE **THEN:** Jump to Page #7

New Page Logic Action:
IF: The answer to Question #8 is exactly equal to **Nunca utilizo modelos** **THEN:** Jump to Page #19

[Insert Page](#)

5. Profissional Autônomo Preview Reorder Copy Page Delete Page Edit Page Options

Page Options: | This page will **show** when: Question #1 =("Profissional Autônomo")

	<p>9. Durante suas reuniões com os clientes, quem geralmente é o seu contato direto?</p> <p><input type="radio"/> Setor administrativo (direção)</p> <p><input type="radio"/> Setor de marketing</p> <p><input type="radio"/> Setor de engenharia</p> <p><input type="radio"/> Setor interno de design</p> <p><input type="radio"/> Outro <input type="text"/></p>	<p>ID: 24 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>10. Você costuma usar modelos durante o desenvolvimento do projeto (modelos de estudo), ou apenas para submeter à aprovação do cliente?</p> <p><input type="radio"/> Utilizo para os dois casos</p> <p><input type="radio"/> Utilizo apenas para desenvolvimento do projeto / estudo - a aprovação é feita com rendering / simulações</p> <p><input type="radio"/> Utilizo apenas para submeter à aprovação do cliente</p> <p><input type="radio"/> Não utilizo modelos, apenas sketches / simulações 3D / rendering</p> <p><input type="radio"/> Outro <input type="text"/></p>	<p>ID: 25 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>11. Quem geralmente fazos modelos?</p> <p><input type="radio"/> Você faz seus modelos</p>	<p>ID: 26 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>

- Você contrata um serviço terceirizado
- O cliente, ou empresa contratada pelo cliente
- Nunca utilizo modelos
- Outro

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:
IF: TRUE TRUE

THEN: Jump to Page #6

New Page Logic Action:

IF: The answer to Question #11 is exactly equal to Nunca utilizo modelos

THEN: Jump to Page #19

Insert Page

6. Importância dos Modelos

Preview Reorder Copy Page Delete Page Edit Page Options

Page Options:

This page will **show** when: Question #1 contains any("Escritório de Design","Instituição de Ensino","Centro de Pesquisa / Laboratório","Profissional Autônomo","Indústria - Setor de Design")

12. Com que frequência você costuma fazer modelos?

- Para todos ou a maioria dos projetos
- Para aproximadamente metade dos projetos
- Para poucos projetos
- Eventualmente, por isso terceirizo este serviço
- Outro

ID: 18 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Validation: Max. answers = 3 (if answered)

13. Qual a **principal** aplicação dos seus modelos? *
Selecione as 3 opções que melhor se aplicam

- Estudo inicial de conceito
- Modelo volumétrico
- Estudo ergonômico
- Teste de encaixe / montagem
- Ensaio de resistência
- Modelo de apresentação (fotográfico)
- Outro

ID: 19 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

14. Qual o nível de importância do uso de modelos para o seu trabalho?

- Muito baixo Baixo Médio Alto Muito Alto
- -
 -
 -
 -

ID: 20 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

15. Você possui algum equipamento **específico** para confecção de modelos? *

- Sim
- Não

ID: 31 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:
IF: The answer to Question #15 is exactly equal to **Não** AND The answer to Question #1 is in list **Escritório de Design** THEN: Jump to Page #8

New Page Logic Action:
IF: The answer to Question #15 is exactly equal to **Sim** AND The answer to Question #1 is exactly equal to **Escritório de Design** THEN: Jump to Page #12

New Page Logic Action:
IF: The answer to Question #15 is exactly equal to **Não** AND The answer to Question #1 is exactly equal to **Indústria - Setor de Design** THEN: Jump to Page #9

New Page Logic Action:
IF: The answer to Question #15 is exactly equal to **Sim** AND The answer to Question #1 is exactly equal to **Indústria - Setor de Design** THEN: Jump to Page #13

New Page Logic Action:
IF: The answer to Question #15 is exactly equal to **Não** AND The answer to Question #1 is exactly equal to **Instituição de Ensino** or **Centro de Pesquisa / Laboratório** THEN: Jump to Page #10

New Page Logic Action:
IF: The answer to Question #15 is exactly equal to **Sim** AND The answer to Question #1 is exactly equal to **Instituição de Ensino** or **Centro de Pesquisa / Laboratório** THEN: Jump to Page #14

New Page Logic Action:
IF: The answer to Question #15 is exactly equal to **Não** AND The answer to Question #1 is exactly equal to **Profissional Autônomo** THEN: Jump to Page #11

New Page Logic Action:
IF: The answer to Question #15 is exactly equal to **Sim** AND The answer to Question #1 is exactly equal to **Profissional Autônomo** THEN: Jump to Page #15

Insert Page

7. Importância dos Modelos - Arquitetura

Preview Reorder Copy Page Delete Page Edit Page Options

Page Options: | This page will **show** when: Question #1 =("Escritório de Arquitetura")

16. Com que frequência você costuma fazer modelos?

- Para todos ou a maioria dos projetos
- Para aproximadamente metade dos projetos
- Para poucos projetos
- Eventualmente, por isso terceirizo este serviço
- Outro

ID: 27 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Validation: | Max. answers = 3 (if answered)

17. Qual a **principal** aplicação dos seus modelos? *
Selecione as 3 opções que melhor se aplicam

- Estudo inicial de conceito
- Modelo volumétrico
- Teste de materiais / cores
- Resolver / visualizar / detalhes construtivos
- Modelo de apresentação (fotográfico)
- Outro

ID: 140 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

18. Qual o nível de importância do uso de modelos para o seu trabalho?

- Muito Baixo Baixo Médio Alto Muito Alto
-

ID: 29 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

- o equipamento
- Maior número de etapas / intervenções do operador
- Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido
- Manutenção
- Necessidade de acompanhamento constante do processo
- Sujeira
- Custo de operação

	<p>22. Você estaria disposto a ter uma pessoa dedicada à operação deste equipamento? *</p> <p><input type="radio"/> Sim, disponibilizaria / treinaria alguém da equipe para isso</p> <p><input type="radio"/> Sim, contrataria alguém específico para a função</p> <p><input type="radio"/> Não, mas investiria em treinamento do pessoal de forma geral</p> <p><input type="radio"/> Outro <input style="width: 100px;" type="text"/></p>	<p>ID: 38 Add Note</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>23. Com relação ao processo de confecção de modelos, você prefere investir em: *</p> <p><input type="radio"/> uma tecnologia fácil de usar, mas com menor número de possibilidades para o resultado final do modelo</p> <p><input type="radio"/> uma tecnologia complexa de usar, mas com maior número de possibilidades para o resultado final do modelo</p>	<p>ID: 39 Add Note</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
<p>Add Logic Add Text/Image Add Action Add Question</p>		

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

- New Page Logic Action:**

IF: The answer to Question #1 is exactly equal to **Escritório de Design** **THEN:** Jump to Page #17

- New Page Logic Action:**

IF: The answer to Question #1 is exactly equal to **Escritório de Arquitetura** **THEN:** Jump to Page #18

[Insert Page](#)

9. Investimento - Indústria
[Preview](#) [Reorder](#) [Copy Page](#) [Delete Page](#) [Edit Page Options](#)

Page Options: | This page will **show** when: (Question #15 =("Não") AND Question #1 =("Indústria - Setor de Design"))

	<p>Question Logic: Show/Hide trigger</p> <p>24. Sua empresa tem planos de adquirir um equipamento para confecção de modelos?</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Não</p>	<p>ID: 48 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>Question Logic: Hidden by default</p> <p>Já foi escolhido o equipamento? Qual modelo? Qual o motivo da escolha?</p> <div style="border: 1px solid #ccc; height: 40px; width: 100%;"></div>	<p>ID: 49 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p> <p><input style="border: 1px solid green;" type="checkbox"/> ?</p>
	<p>Question Logic: Hidden by default</p> <p>Por quê?</p>	<p>ID: 50 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p>

- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.
- [?]

This question type is non-interactive [here](#) (in the editor). Preview your survey to see it work properly.

ID: 51 [Add Note](#)

25. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento? *
Por favor, arraste os itens abaixo para o quadro ao lado **na ordem** do maior (topo) inconveniente para o menor (base)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Drag items from the left-hand list into the right-hand list to order them.

Sujeira

Ruído

Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido

Odores

Custo de operação

Etapas de pós-processamento / acabamento

Maior número de etapas / intervenções do operador

Pouco espaço disponível para o equipamento

Necessidade de acompanhamento constante do processo

Manutenção

26. Sua empresa disponibilizaria uma pessoa dedicada à operação deste equipamento? *

ID: 52 [Add Note](#)

- Sim, disponibilizariam / treinariam alguém da equipe para isso
- Sim, contratariam alguém específico para a função
- Não, mas investiriam em treinamento do setor de forma geral
- Outro

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

27. Com relação ao processo de confecção de modelos, qual o posicionamento da sua empresa em relação à adoção de uma nova tecnologia? *

ID: 53 [Add Note](#)

- Prioridade para uma tecnologia fácil de usar, mas com menor número de possibilidades para o resultado final do modelo
- Prioridade para uma tecnologia complexa de usar, mas com maior número de possibilidades para o resultado final do modelo
- Não sei informar

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:
IF: TRUE TRUE

THEN: Jump to Page #17

Insert Page

10. Investimento - Pesquisa

[Preview](#) [Reorder](#) [Copy Page](#) [Delete Page](#) [Edit Page Options](#)

Page Options: This page will **show** when: (Question #15 =("Não") AND Question #1 contains any("Instituição de Ensino","Centro de Pesquisa / Laboratório"))

	<p>Question Logic: Show/hide trigger</p> <p>28. Existem planos de adquirir um equipamento para confecção de modelos?</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Não</p>	<p>ID: 62 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>Question Logic: Hidden by default</p> <p>Já foi escolhido o equipamento? Qual modelo? Qual o motivo?</p> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>	<p>ID: 63 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ?</p>
	<p>Question Logic: Hidden by default</p> <p>Por quê?</p> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>	<p>ID: 64 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Skip Question Num.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ?</p>
	<p>This question type is non-interactive here (in the editor). Preview your survey to see it work properly.</p> <p>29. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento? * Por favor, arraste os itens abaixo para o quadro ao lado na ordem do maior (topo) inconveniente para o menor (base)</p> <p>Drag items from the left-hand list into the right-hand list to order them.</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p>Manutenção</p> <p>Odores</p> <p>Pouco espaço disponível para o equipamento</p> <p>Custo de operação</p> <p>Ruído</p> <p>Etapas de pós-processamento / acabamento</p> <p>Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido</p> <p>Maior número de etapas / intervenções do operador</p> <p>Necessidade de acompanhamento constante do processo</p> <p>Sujeira</p> </div> <div style="border: 1px dashed #ccc; width: 150px; height: 100px; flex-grow: 1;"></div> </div>	<p>ID: 65 Add Note</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>30. Seria disponibilizada uma pessoa dedicada à operação deste equipamento? *</p> <p><input type="radio"/> Sim, disponibilizariam / treinariam alguém da equipe para isso</p> <p><input type="radio"/> Sim, contratariam alguém específico para a função</p> <p><input type="radio"/> Não, mas investiriam em treinamento do setor de forma geral</p> <p><input type="radio"/> Outro <input style="width: 50px;" type="text"/></p>	<p>ID: 66 Add Note</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>31. Com relação ao processo de confecção de modelos, qual o posicionamento da sua empresa em relação à adoção de uma nova tecnologia? *</p> <p><input type="radio"/> Prioridade para uma tecnologia fácil de usar, mas com menor número de possibilidades para o resultado final do modelo</p>	<p>ID: 67 Add Note</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>

- Prioridade para uma tecnologia complexa de usar, mas com maior número de possibilidades para o resultado final do modelo

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted



New Page Logic Action:
IF: TRUE TRUE

THEN: Jump to Page #17

Insert Page

11. Investimento - Autônomo

Preview Reorder Copy Page Delete Page Edit Page Options

Page Options: | This page will show when: (Question #15 =("Não") AND Question #1 =("Profissional Autônomo"))

	<p>Question Logic: Show/hide trigger</p> <p>32. Você tem interesse em adquirir um equipamento confecção de modelos?</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Não</p>	<p>ID: 76 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>Question Logic: Hidden by default</p> <p>Já foi escolhido o equipamento? Qual modelo? Qual o motivo?</p> <div data-bbox="236 987 632 1099" style="border: 1px solid black; height: 50px;"></div>	<p>ID: 77 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p> <p><input type="checkbox"/> ?</p>
	<p>Question Logic: Hidden by default</p> <p>Por quê?</p> <div data-bbox="236 1267 632 1379" style="border: 1px solid black; height: 50px;"></div>	<p>ID: 78 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Skip Question Num.</p> <p><input type="checkbox"/> ?</p>
	<p>This question type is non-interactive here (in the editor). Preview your survey to see it work properly.</p> <p>33. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento? * Por favor, arraste os itens abaixo para o quadro ao lado na ordem do maior (topo) inconveniente para o menor (base)</p> <p>Drag items from the left-hand list into the right-hand list to order them.</p> <div data-bbox="236 1653 518 2130" style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"><p>Ruído</p><p>Pouco espaço disponível para o equipamento</p><p>Maior número de etapas / intervenções do operador</p><p>Custo de operação</p><p>Manutenção</p><p>Necessidade de acompanhamento constante do processo</p><p>Sujeira</p><p>Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido</p><p>Odores</p></div> <div data-bbox="547 1653 845 1753" style="border: 1px dashed gray; height: 45px; width: 187px;"></div>	<p>ID: 79 Add Note</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>

Etapas de pós-processamento / acabamento

34. Com relação ao processo de confecção de modelos, você prefere investir em *

- uma tecnologia fácil de usar, mas com menor número de possibilidades para o resultado final do modelo
- uma tecnologia complexa de usar, mas com maior número de possibilidades para o resultado final do modelo

ID: 81 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:

IF: TRUE TRUE

THEN: Jump to Page #17

Insert Page

12. Experiência Atual

[Preview](#) [Reorder](#) [Copy Page](#) [Delete Page](#) [Edit Page Options](#)

Page Options:

This page will **show** when: ((Question #15 =("Sim") AND Question #1 =("Escritório de Design")) OR (Question #19 =("Sim") AND Question #1 =("Escritório de Arquitetura")))

35. Qual(is) equipamento(s) você possui? *

ID: 40 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

36. Quais foram a principais razões da escolha deste(s) equipamento(s)? *
Velocidade, precisão, baixo investimento inicial, baixo custo de manutenção,...

ID: 41 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Question Logic: **Show/hide trigger**

37. Você costuma operar este(s) equipamento(s)?

- Sim
- Não

ID: 42 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Question Logic: **Hidden by default**

Você recebeu algum treinamento específico para isto?

ID: 43 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.
- [?]

Question Logic: **Hidden by default**

Existe algum motivo especial para isso?

ID: 44 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.
- [?]

	<p>38. No seu escritório, existe alguém especializado em operar este(s) equipamento(s)?</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Não</p>	<p>ID: 45 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>39. Você lembra de algum inconveniente marcante que ocorreu com a utilização deste(s) equipamento(s)?</p> <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>	<p>ID: 46 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>This question type is non-interactive here (in the editor). Preview your survey to see it work properly.</p> <p>40. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento? * Por favor, arraste os itens abaixo para o quadro ao lado na ordem do maior (topo) inconveniente para o menor (base)</p> <p>Drag items from the left-hand list into the right-hand list to order them.</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 150px;">Custo de operação</div> <div style="border: 1px dashed #ccc; width: 150px; height: 40px; margin-left: 20px;"></div> </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 150px;">Pouco espaço disponível para o equipamento</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 150px;">Maior número de etapas / intervenções do operador</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 150px;">Etapas de pós-processamento / acabamento</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 150px;">Odores</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 150px;">Manutenção</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 150px;">Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 150px;">Necessidade de acompanhamento constante do processo</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 150px;">Sujeira</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; width: 150px;">Ruído</div>	<p>ID: 47 Add Note</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:
IF: The answer to Question #1 is exactly equal to **Escritório de Design** **THEN:** Jump to Page #17

New Page Logic Action:
IF: The answer to Question #1 is exactly equal to **Escritório de Arquitetura** **THEN:** Jump to Page #18

Insert Page

13. Experiência Atual - Indústria

[Preview](#) [Reorder](#) [Copy Page](#) [Delete Page](#) [Edit Page Options](#)

Page Options: | This page will **show** when: (Question #15 =("Sim") AND Question #1 =("Indústria - Setor de Design"))

	<p>41. Qual(is) equipamento(s) a empresa possui? *</p> <div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>	<p>ID: 54 Add Note</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
--	--	---

<input type="checkbox"/>	<p>42. Quais foram a principais razões da escolha deste(s) equipamento(s)? *</p> <p>Velocidade, precisão, baixo investimento inicial, baixo custo de manutenção,..</p> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 250px; margin-top: 10px;"></div>	<p>ID: 55 Add Note</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
<input type="checkbox"/>	<p>Question Logic: Show/Hide trigger</p> <p>43. Você costuma operar este(s) equipamento(s)?</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Não</p>	<p>ID: 56 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
<input type="checkbox"/>	<p>Question Logic: Hidden by default</p> <p>Você recebeu algum treinamento específico para isto?</p> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 250px; margin-top: 10px;"></div>	<p>ID: 57 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ?</p>
<input type="checkbox"/>	<p>Question Logic: Hidden by default</p> <p>Existe algum motivo especial para isso?</p> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 250px; margin-top: 10px;"></div>	<p>ID: 58 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ?</p>
<input type="checkbox"/>	<p>44. Na sua empresa, existe alguém especializado em operar este(s) equipamento(s)?</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Não</p>	<p>ID: 59 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
<input type="checkbox"/>	<p>45. Você lembra de algum inconveniente marcante que ocorreu com a utilização deste(s) equipamento(s)?</p> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 250px; margin-top: 10px;"></div>	<p>ID: 60 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
<input type="checkbox"/>	<p>This question type is non-interactive here (in the editor). Preview your survey to see it work properly.</p> <p>46. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento? *</p> <p>Por favor, arraste os itens abaixo para o quadro ao lado na ordem do maior (topo) inconveniente para o menor (base)</p> <p>Drag items from the left-hand list into the right-hand list to order them.</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 200px;"> <p>Sujeira</p> <p>Etapas de pós-processamento / acabamento</p> <p>Custo de operação</p> <p>Maior número de etapas / intervenções do operador</p> <p>Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido</p> <p>Ruído</p> </div> <div style="border: 1px dashed gray; width: 150px; height: 100px; margin-left: 20px; margin-top: 10px;"></div> </div>	<p>ID: 61 Add Note</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>

- Manutenção
- Odores
- Pouco espaço disponível para o equipamento
- Necessidade de acompanhamento constante do processo

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:
IF: TRUE TRUE

THEN: Jump to Page #17

Insert Page

14. Experiência Atual - Pesquisa

Preview Reorder Copy Page Delete Page Edit Page Options

Page Options: This page will show when: (Question #15 =("Sim") AND Question #1 contains any("Instituição de Ensino","Centro de Pesquisa / Laboratório"))

47. Qual(is) equipamento(s) vocês possuem? *

ID: 68 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

48. Quais foram a principais razões da escolha deste(s) equipamento(s)? *
Velocidade, precisão, baixo investimento inicial, baixo custo de manutenção,...

ID: 69 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Question Logic: Show/hide trigger

49. Você costuma operar este(s) equipamento(s)?

- Sim
- Não

ID: 70 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Question Logic: Hidden by default

Você recebeu algum treinamento específico para isto?

ID: 71 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.
- ?

Question Logic: Hidden by default

Existe algum motivo especial para isso?

ID: 72 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.
- ?

55. Você recebeu algum tipo de treinamento especial para operar este(s) equipamento(s)?

ID: 90 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

56. Você lembra de algum inconveniente marcante que ocorreu com a utilização deste(s) equipamento(s)?

ID: 88 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

This question type is non-interactive here (in the editor). Preview your survey to see it work properly.

57. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento? *
Por favor, arraste os itens abaixo para o quadro ao lado **na ordem** do maior (topo) inconveniente para o menor (base)

Drag items from the left-hand list into the right-hand list to order them.

- Manutenção
- Ruído
- Maior número de etapas / intervenções do operador
- Sujeira
- Necessidade de acompanhamento constante do processo
- Pouco espaço disponível para o equipamento
- Etapas de pós-processamento / acabamento
- Custo de operação
- Odores
- Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido

ID: 89 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:
IF: TRUE TRUE

THEN: Jump to Page #17

Insert Page

16. Experiência Atual - Tercerizado

[Preview](#) [Reorder](#) [Copy Page](#) [Delete Page](#) [Edit Page Options](#)

Page Options: This page will **show** when: Question #1 =("Prestador de Serviços de Prototipagem (Maqueteiro, empresa de prototipagem,...)")

Validation: Max. answers = 3 (if answered)

58. Qual a principal aplicação dos seus modelos? *

ID: 145 [Add Note](#)

- Required
- Soft-Required [?]

	<input type="checkbox"/> Estudo inicial de conceito <input type="checkbox"/> Modelo volumétrico <input type="checkbox"/> Estudo ergonômico <input type="checkbox"/> Teste de encaixe / montagem <input type="checkbox"/> Ensaio de resistência <input type="checkbox"/> Modelo de apresentação (fotográfico) <input type="checkbox"/> Outro <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Skip Question Num.
<input type="text"/>	<p>59. Qual(is) equipamento(s) você possui? *</p> <div data-bbox="236 495 632 607" style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 248px;"></div>	<p>ID: 91 Add Note</p> <input checked="" type="checkbox"/> Required <input type="checkbox"/> Soft-Required [?] <input type="checkbox"/> Skip Question Num.
<input type="text"/>	<p>60. Quais foram a principais razões da escolha deste(s) equipamento(s)? * Velocidade, precisão, baixo investimento inicial, baixo custo de manutenção...</p> <div data-bbox="236 763 632 875" style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 248px;"></div>	<p>ID: 92 Add Note</p> <input checked="" type="checkbox"/> Required <input type="checkbox"/> Soft-Required [?] <input type="checkbox"/> Skip Question Num.
<input type="text"/>	<p>61. Você recebeu algum tipo de treinamento especial para operar este(s) equipamento(s)?</p> <div data-bbox="236 1010 632 1122" style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 248px;"></div>	<p>ID: 93 Add Note</p> <input type="checkbox"/> Required <input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?] <input type="checkbox"/> Skip Question Num.
<input type="text"/>	<p>62. Você lembra de algum inconveniente marcante que ocorreu com a utilização deste(s) equipamento(s)?</p> <div data-bbox="236 1256 632 1368" style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 248px;"></div>	<p>ID: 94 Add Note</p> <input type="checkbox"/> Required <input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?] <input type="checkbox"/> Skip Question Num.
<input type="text"/>	<p>This question type is non-interactive here (in the editor). Preview your survey to see it work properly.</p> <p>63. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento? * Por favor, arraste os itens abaixo para o quadro ao lado na ordem do maior (topo) inconveniente para o menor (base)</p> <p>Drag items from the left-hand list into the right-hand list to order them.</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p>Pouco espaço disponível para o equipamento</p> <p>Sujeira</p> <p>Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido</p> <p>Maior número de etapas / intervenções do operador</p> <p>Manutenção</p> <p>Custo de operação</p> <p>Etapas de pós-processamento / acabamento</p> <p>Necessidade de acompanhamento constante do processo</p> <p>Ruído</p> </div> <div style="border: 1px dashed gray; width: 180px; height: 40px; margin-top: 10px;"></div> </div>	<p>ID: 95 Add Note</p> <input checked="" type="checkbox"/> Required <input type="checkbox"/> Soft-Required [?] <input type="checkbox"/> Skip Question Num.

Odores

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:

IF: TRUE TRUE

THEN: Jump to Page #17

Insert Page

17. Conhecimento

Preview Reorder Copy Page Delete Page Edit Page Options

Page Options:

This page will **show** when: Question #1 contains any("Escritório de Design","Instituição de Ensino","Centro de Pesquisa / Laboratório","Profissional Autônomo","Indústria - Setor de Design","Prestador de Serviços de Prototipagem (Maqueteiro, empresa de prototipagem,...)")

64. Qual o nível de acabamento que você precisa alcançar em um modelo? *

- Excelente acabamento superficial (simulação realista)
- Bom acabamento superficial
- Acabamento superficial grosseiro
- Sem acabamento superficial
- Outro

ID: 97 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

This question type is non-interactive here (in the editor). Preview your survey to see it work properly.

65. Quando você precisa fazer um modelo, qual **geralmente** é a **ordem de importância** das seguintes características? *
Por favor, arraste os itens abaixo para o quadro ao lado na ordem da maior importância para a menor

Drag items from the left-hand list into the right-hand list to order them.

Translucidez do material

Variedade de materiais possíveis

Reaproveitamento de material

Custo do material

Propriedades físicas próximas às da peça final

Acabamento superficial

Pintura / cores

Resistência mecânica

Precisão

Velocidade de confecção

Formas complexas / encaixes

ID: 98 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

66. Você **geralmente** precisa fazer peças grandes? (maiores que 30 x 30 x 30 cm) *

Esta questão refere-se a componentes individuais. Modelos compostos, que tenham dimensões superiores a esta, não se enquadram.

- Sim
- Não
- Outro

ID: 99 Add Note

- Required
- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

67. Durante o processo de confecção de um modelo, quais são os maiores incômodos para o seu trabalho?

ID: 100 Add Note

- Required

- Soft-Required [?]
- Skip Question Num.

Add Logic

Add Text/Image

Add Action

Add Question

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:
IF: TRUE TRUE

THEN: Jump to Page #19

Insert Page

18. Conhecimento - Arquitetura

Preview Reorder Copy Page Delete Page Edit Page Options

Page Options: | This page will show when: Question #1 =("Escritório de Arquitetura")

	<p>68. Geralmente, em qual escala métrica seus modelos são produzidos? *</p> <p>Se sua resposta se enquadrar em mais de uma alternativa, favor selecionar a faixa de tamanho que você trabalha mais frequentemente</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> 1:1 a 1:25 <input type="radio"/> 1:25 a 1:100 <input type="radio"/> 1:100 a 1:500 <input type="radio"/> 1:500 a 1:1000 <input type="radio"/> Menor que 1:1000 	<p>ID: 101 Add Note</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Required <input type="checkbox"/> Soft-Required [?] <input type="checkbox"/> Skip Question Num.
	<p>69. Qual o nível de detalhe que você geralmente precisa alcançar em um modelo? *</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Alto nível de detalhe (simulação realista) <input type="radio"/> Um bom nível de detalhe <input type="radio"/> Nível de detalhe suficiente para diferenciar materiais representados <input type="radio"/> Sem muito detalhe, apenas para compreender o conjunto <input type="radio"/> Outro <input type="text"/> 	<p>ID: 105 Add Note</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Required <input type="checkbox"/> Soft-Required [?] <input type="checkbox"/> Skip Question Num.
	<p>This question type is non-interactive here (in the editor). Preview your survey to see it work properly.</p> <p>70. Quando você precisa fazer um modelo, qual geralmente é a ordem de importância das seguintes características? *</p> <p>Por favor, arraste os itens abaixo para o quadro ao lado na ordem da maior importância para a menor</p> <p>Drag items from the left-hand list into the right-hand list to order them.</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p>Propriedades físicas próximas às da peça final</p> <p>Formas complexas / encaixes</p> <p>Translucidez do material</p> <p>Pintura / cores</p> <p>Acabamento superficial</p> <p>Precisão</p> <p>Variedade de materiais possíveis</p> <p>Resistência mecânica</p> <p>Velocidade de confecção</p> <p>Reaproveitamento de material</p> <p>Custo do material</p> </div> <div style="border: 1px dashed #ccc; width: 150px; height: 100px; flex-grow: 1;"></div> </div>	<p>ID: 102 Add Note</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Required <input type="checkbox"/> Soft-Required [?] <input type="checkbox"/> Skip Question Num.

	<p>71. Você geralmente precisa fazer peças grandes? (maiores que 30 x 30 x 30 cm) *</p> <p>Esta questão refere-se a componentes individuais. Modelos compostos, que tenham dimensões superiores a esta, não se enquadram.</p> <p> <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não <input type="radio"/> Outro <input type="text"/> </p>	<p>ID: 103 Add Note</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>72. Durante o processo de confecção de um modelo, quais são os maiores incômodos para o seu trabalho?</p> <div data-bbox="236 456 632 568" style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>	<p>ID: 104 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>

[Add Logic](#)
[Add Text/Image](#)
[Add Action](#)
[Add Question](#)

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:
IF: TRUE TRUE **THEN: Jump to Page #19**

[Insert Page](#)

<h2>19. Contato</h2>		Preview Reorder Copy Page Delete Page Edit Page Options
	<p>Esta pesquisa foi desenvolvida para fins acadêmicos. Nenhuma informação pessoal / individual será publicada.</p>	<p>ID: 106 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>73. Gostaria de se identificar?</p> <p>Seria muito interessante saber onde você trabalha. Deixe seu contato!</p> <p>Nome, profissão, e-mail,...</p> <div data-bbox="236 1323 632 1435" style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>	<p>ID: 107 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>74. Gostaria de manifestar sua opinião?</p> <p>Sinta-se à vontade para deixar sua sugestão, crítica ou comentário sobre a pesquisa e/ou o tema envolvido:</p> <div data-bbox="236 1592 632 1704" style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>	<p>ID: 108 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Required</p> <p><input type="checkbox"/> Soft-Required [?]</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>
	<p>Por favor, clique em "Submit" abaixo para finalizar o questionário.</p>	<p>ID: 109 Add Note</p> <p><input type="checkbox"/> Skip Question Num.</p>

[Add Logic](#)
[Add Text/Image](#)
[Add Action](#)
[Add Question](#)

Page Logic — the following conditions will run when the page above gets submitted

New Page Logic Action:
IF: TRUE TRUE **THEN: Save data prior to redirect**

Insert Page

20. Obrigado!

Preview Reorder Results Chart Edit Page Options

Muito obrigado por participar da pesquisa!
Quaisquer comentários podem ser enviados para g.altenhofen@gmail.com

ID: 1 [Add Note](#)

[Add Text/Image](#) [Add Action](#)

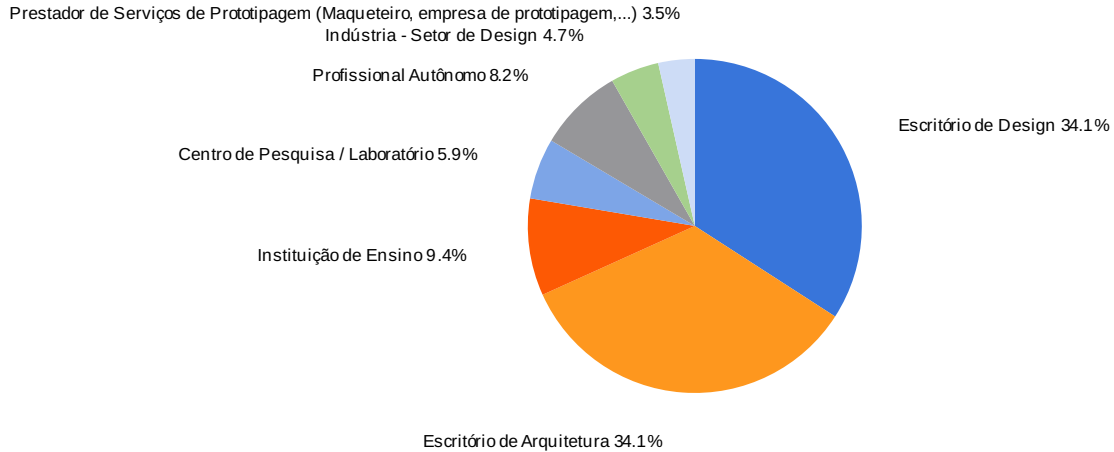
Show pages starting with page: [Go](#)

ANEXO B - RESPOSTAS NO QUESTIONÁRIO ONLINE

Summary Report - 28/11/2011

Survey: Modelos e Protótipos

Qual das opções melhor caracteriza o local onde você trabalha?

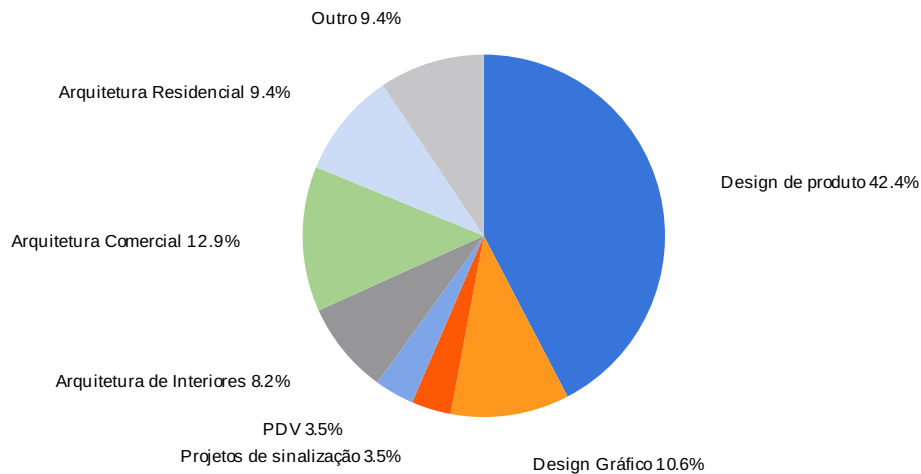


2. Qual das opções melhor caracteriza o local onde você trabalha?

Value	Count	Percent %
Escritório de Design	29	34.1%
Escritório de Arquitetura	29	34.1%
Instituição de Ensino	8	9.4%
Centro de Pesquisa / Laboratório	5	5.9%
Profissional Autônomo	7	8.2%
Indústria - Setor de Design	4	4.7%
Prestador de Serviços de Prototipagem (Maqueteiro, empresa de prototipagem,...)	3	3.5%

Statistics	
Total Responses	85

Qual sua principal área de atuação?



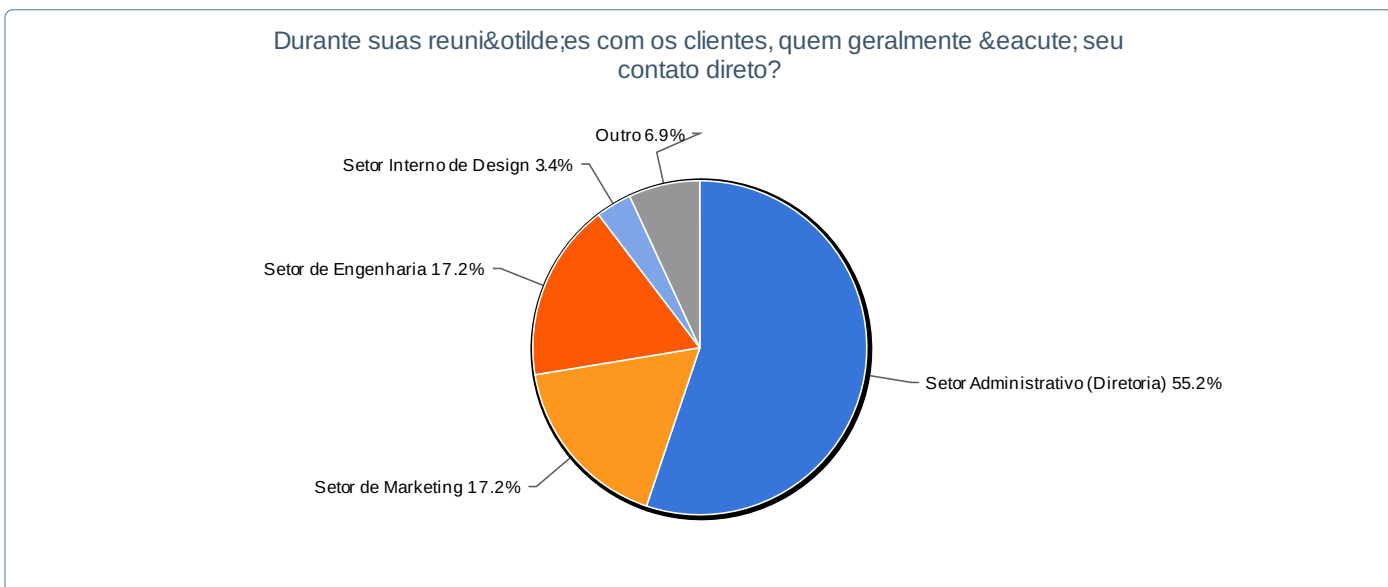
3. Qual sua principal área de atuação?

Value	Count	Percent %
Design de produto	36	42.4%

Statistics	
Total Responses	85

Design Gráfico	9	10.6%
Projetos de sinalização	3	3.5%
PDV	3	3.5%
Arquitetura de Interiores	7	8.2%
Arquitetura Comercial	11	12.9%
Arquitetura Residencial	8	9.4%
Outro	8	9.4%

Open-Text Response Breakdown for "Outro"	Count
Arquitetura Efêmera	1
Arquitetura Promocional	1
Design como free lance e como efetivo área administrativa.	1
arquitetura	1
arquitetura e design	1
arquitetura hospitalar	1
execução obra interiores	1
pesquisa	1



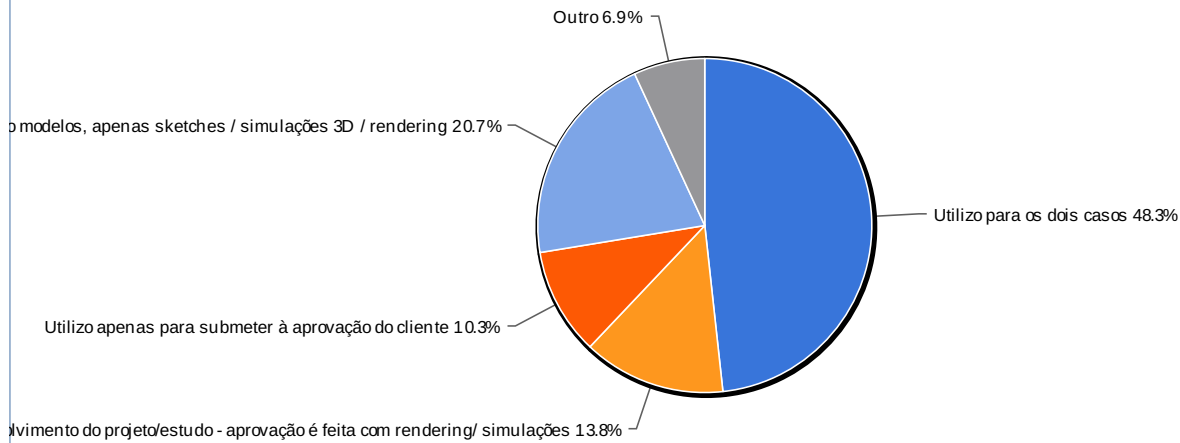
4. Durante suas reuniões com os clientes, quem geralmente é seu contato direto?

Value	Count	Percent %
Setor Administrativo (Diretoria)	16	55.2%
Setor de Marketing	5	17.2%
Setor de Engenharia	5	17.2%
Setor Interno de Design	1	3.4%
Outro	2	6.9%

Statistics	
Total Responses	29

Open-Text Response Breakdown for "Outro"	Count
Setor de Arquitetura	1
Setor de atendimento	1

Você costuma usar modelos durante o desenvolvimento do projeto (modelos de estudo), ou apenas para submeter à aprovação do cliente?



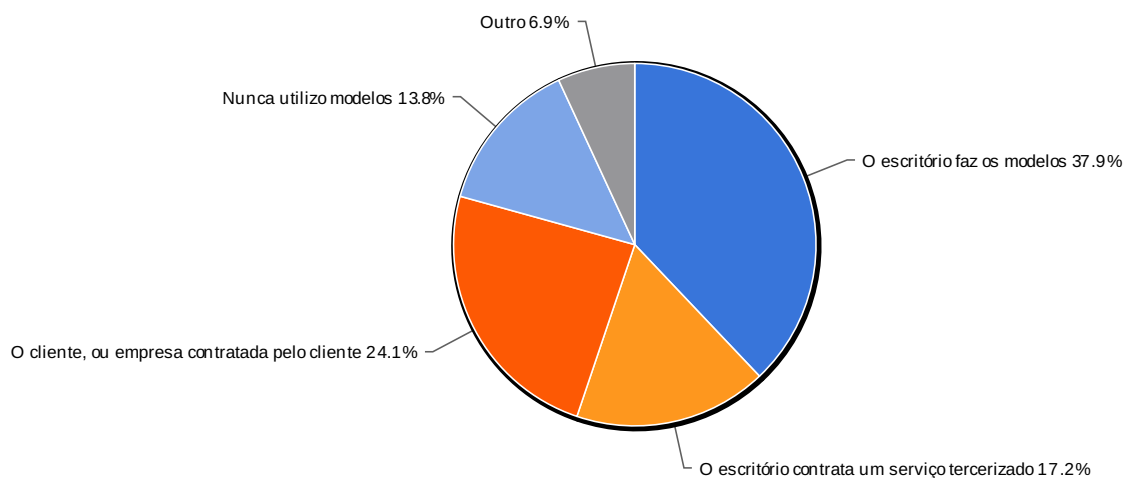
5. Você costuma usar modelos durante o desenvolvimento do projeto (modelos de estudo), ou apenas para submeter à aprovação do cliente?

Value	Count	Percent %
Utilizo para os dois casos	14	48.3%
Utilizo apenas para desenvolvimento do projeto/estudo - aprovação é feita com rendering/ simulações	4	13.8%
Utilizo apenas para submeter à aprovação do cliente	3	10.3%
Não utilizo modelos, apenas sketches / simulações 3D / rendering	6	20.7%
Outro	2	6.9%

Statistics	
Total Responses	29

Open-Text Response Breakdown for "Outro"		Count
apresento em forma de render e a fábrica faz o modelo		1
depende do caso e do cliente em questão, podem ser utilizados nos dois.		1

Quem geralmente faz os modelos?



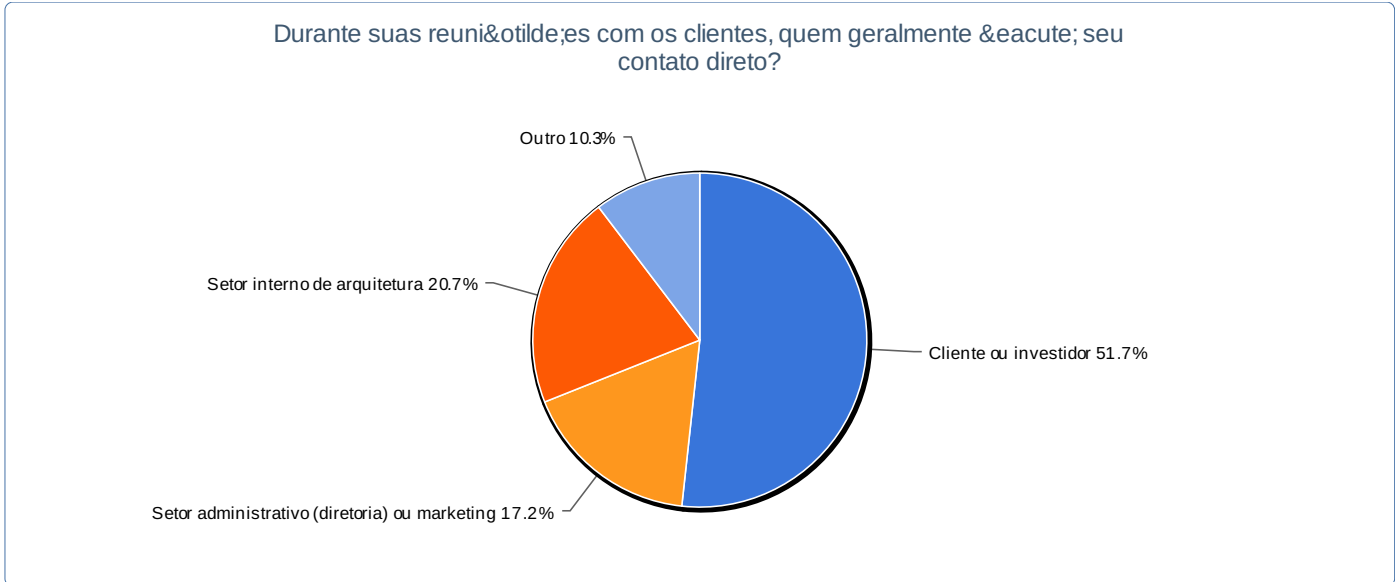
6. Quem geralmente faz os modelos?

Value	Count	Percent %
O escritório faz os modelos	11	37.9%
O escritório contrata um serviço terceirizado	5	17.2%
O cliente, ou empresa contratada pelo cliente	7	24.1%

Statistics	
Total Responses	29

Nunca utilizo modelos	4	13.8%
Outro	2	6.9%

Open-Text Response Breakdown for "Outro"	Count
<i>Left Blank</i>	1
Indústria que produzirá o produto depois	1



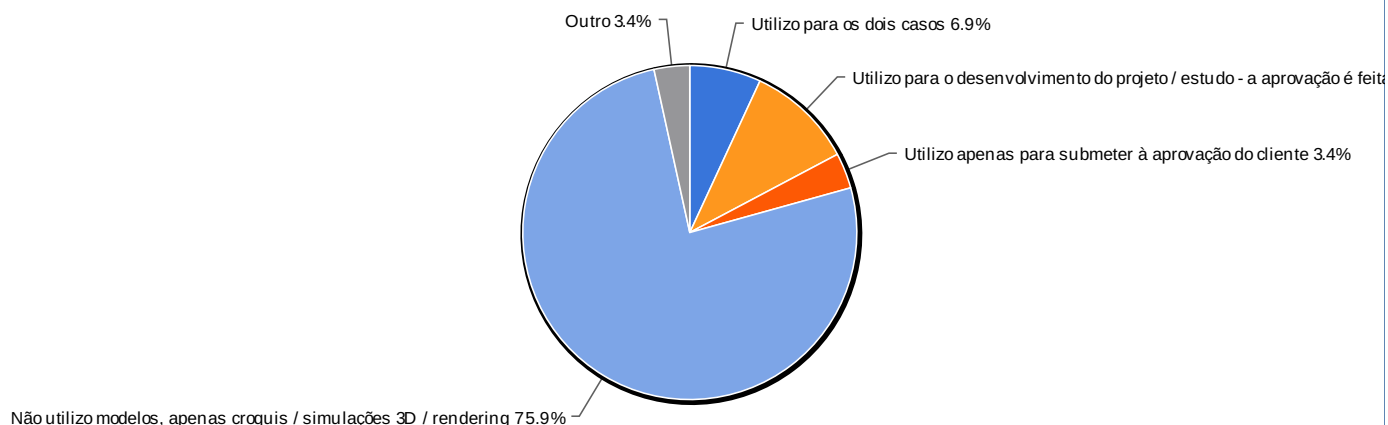
7. Durante suas reuniões com os clientes, quem geralmente é seu contato direto?

Value	Count	Percent %
Cliente ou investidor	15	51.7%
Setor administrativo (diretoria) ou marketing	5	17.2%
Setor interno de arquitetura	6	20.7%
Outro	3	10.3%

Statistics	
Total Responses	29

Open-Text Response Breakdown for "Outro"	Count
Agências de eventos	1
agência de eventos	1
agência promocional	1

Você costuma usar modelos durante o desenvolvimento do projeto (modelos de estudo), ou apenas para submeter à aprovação do cliente?



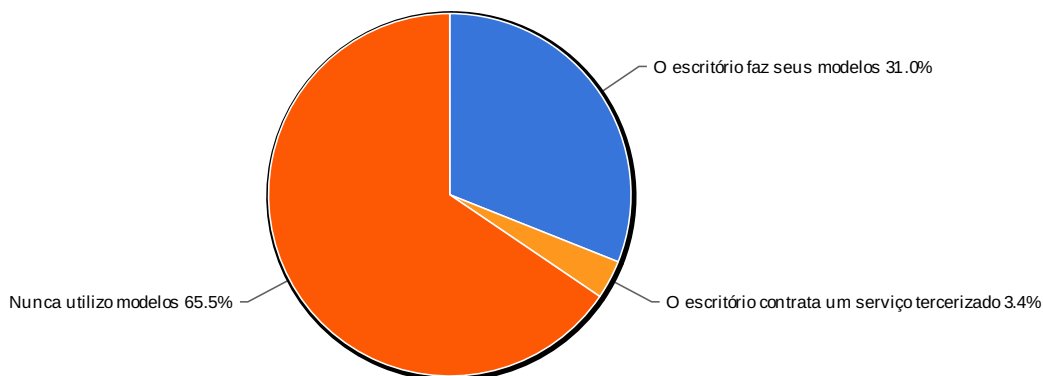
8. Você costuma usar modelos durante o desenvolvimento do projeto (modelos de estudo), ou apenas para submeter à aprovação do cliente?

Value	Count	Percent %
Utilizo para os dois casos	2	6.9%
Utilizo para o desenvolvimento do projeto / estudo - a aprovação é feita com rendering / simulações	3	10.3%
Utilizo apenas para submeter à aprovação do cliente	1	3.4%
Não utilizo modelos, apenas croquis / simulações 3D / rendering	22	75.9%
Outro	1	3.4%

Statistics	
Total Responses	29

Open-Text Response Breakdown for "Outro"	Count
Quando o projeto possui certa complexidade e há necessidade de um esclarecimento melhor para o cliente se faz o modelo.	1

Quem geralmente faz os modelos?

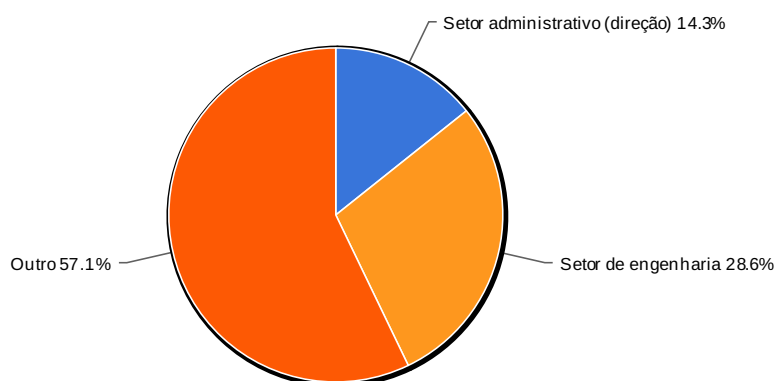


9. Quem geralmente faz os modelos?

Value	Count	Percent %
O escritório faz seus modelos	9	31%
O escritório contrata um serviço terceirizado	1	3.4%
Nunca utilizo modelos	19	65.5%

Statistics	
Total Responses	29

Durante suas reuniões com os clientes, quem geralmente é o seu contato direto?



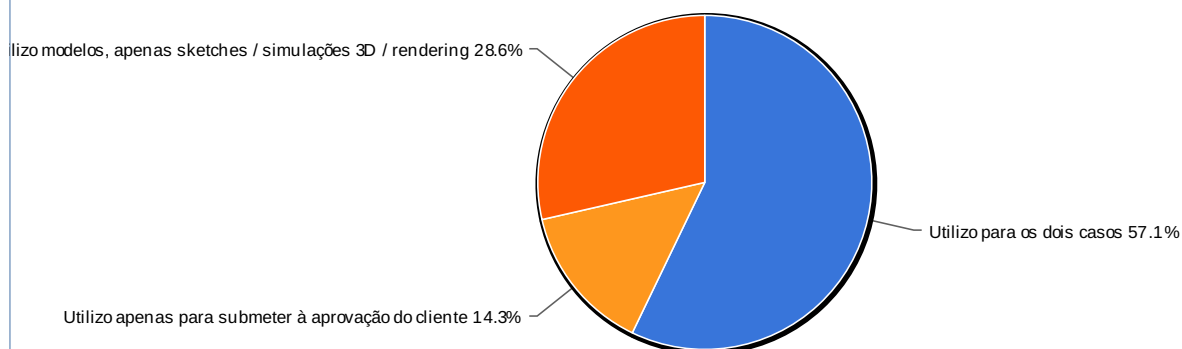
10. Durante suas reuniões com os clientes, quem geralmente é o seu contato direto?

Value	Count	Percent %
Setor administrativo (direção)	1	14.3%
Setor de engenharia	2	28.6%
Outro	4	57.1%

Statistics	
Total Responses	7

Open-Text Response Breakdown for "Outro"		Count
direção e marketing		1
eu		1
final client		1
o próprio cliente		1

Você costuma usar modelos durante o desenvolvimento do projeto (modelos de estudo), ou apenas para submeter à aprovação do cliente?

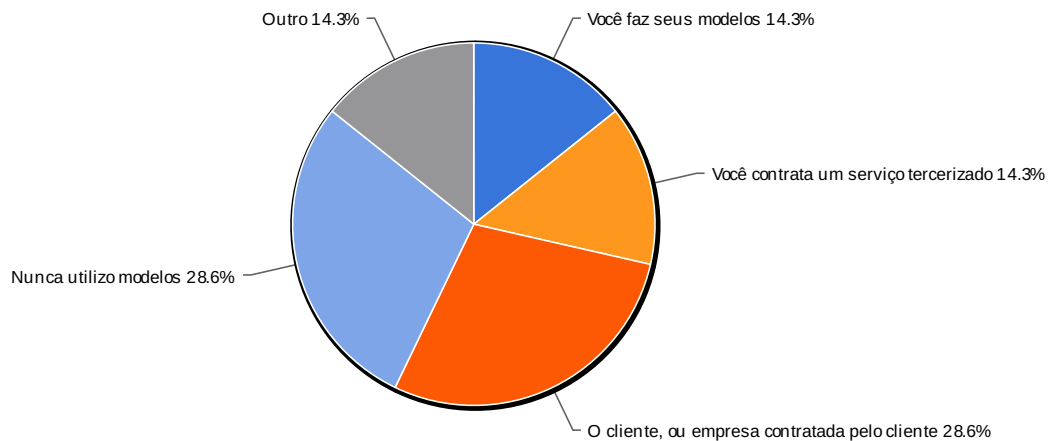


11. Você costuma usar modelos durante o desenvolvimento do projeto (modelos de estudo), ou apenas para submeter à aprovação do cliente?

Value	Count	Percent %
Utilizo para os dois casos	4	57.1%
Utilizo apenas para submeter à aprovação do cliente	1	14.3%
Não utilizo modelos, apenas sketches / simulações 3D / rendering	2	28.6%

Statistics	
Total Responses	7

Quem geralmente faz os modelos?



12. Quem geralmente faz os modelos?

Value	Count	Percent %
Você faz seus modelos	1	14.3%
Você contrata um serviço terceirizado	1	14.3%
O cliente, ou empresa contratada pelo cliente	2	28.6%
Nunca utilizo modelos	2	28.6%
Outro	1	14.3%

Statistics

Total Responses	7
-----------------	---

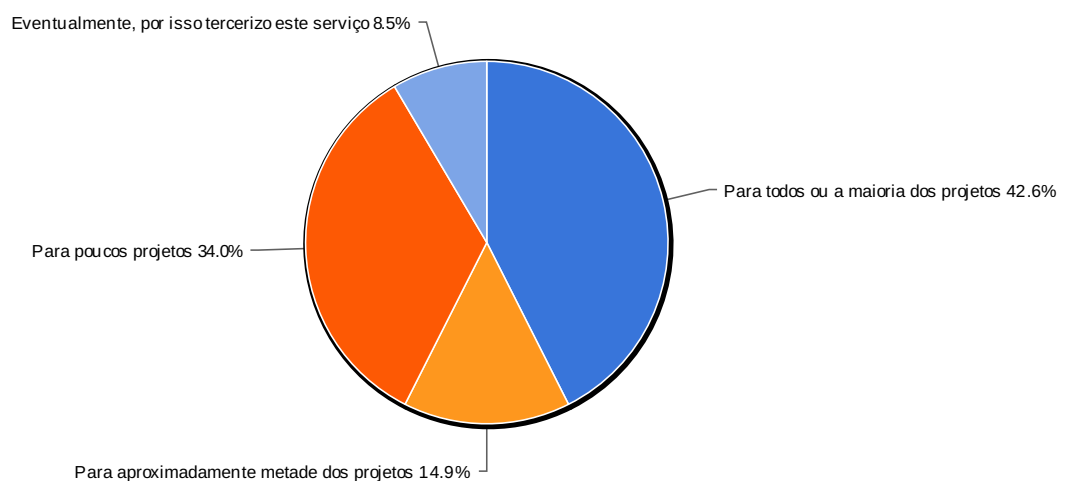
Open-Text Response Breakdown for "Outro"

Count

Para estudo eu mesma faço, para apresentar contrato serviço terceirizado.

1

Com que frequência você costuma fazer modelos?

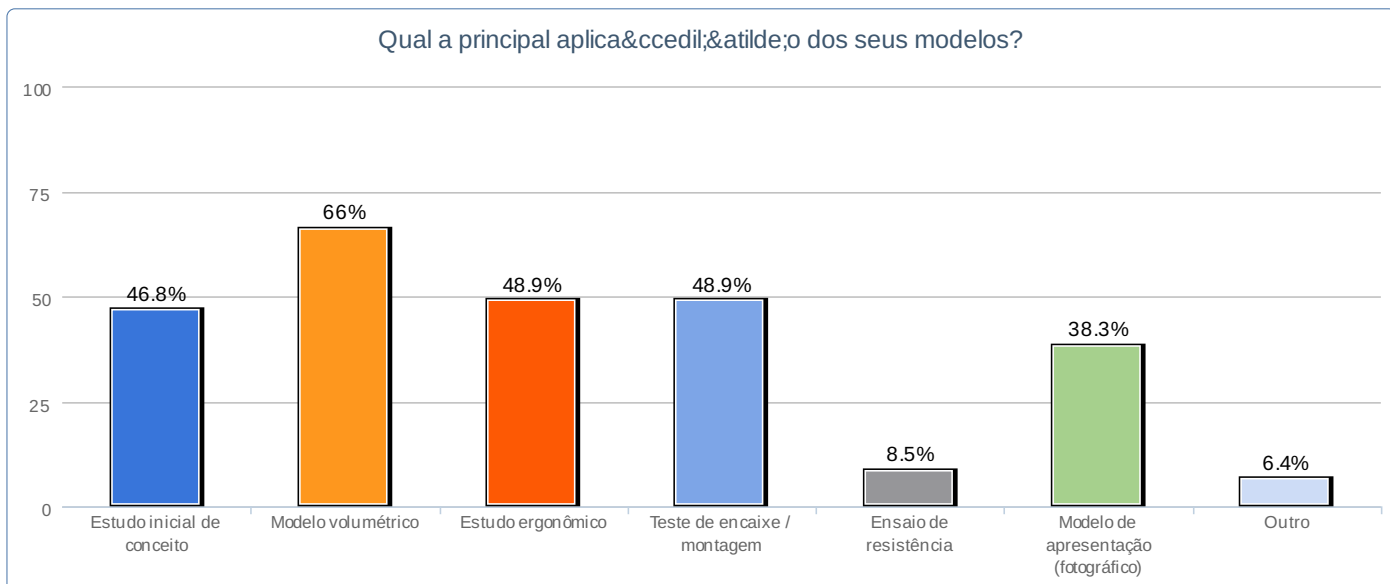


13. Com que frequência você costuma fazer modelos?

Value	Count	Percent %
Para todos ou a maioria dos projetos	20	42.6%
Para aproximadamente metade dos projetos	7	14.9%
Para poucos projetos	16	34%
Eventualmente, por isso terçerizo este serviço	4	8.5%

Statistics

Total Responses	47
-----------------	----

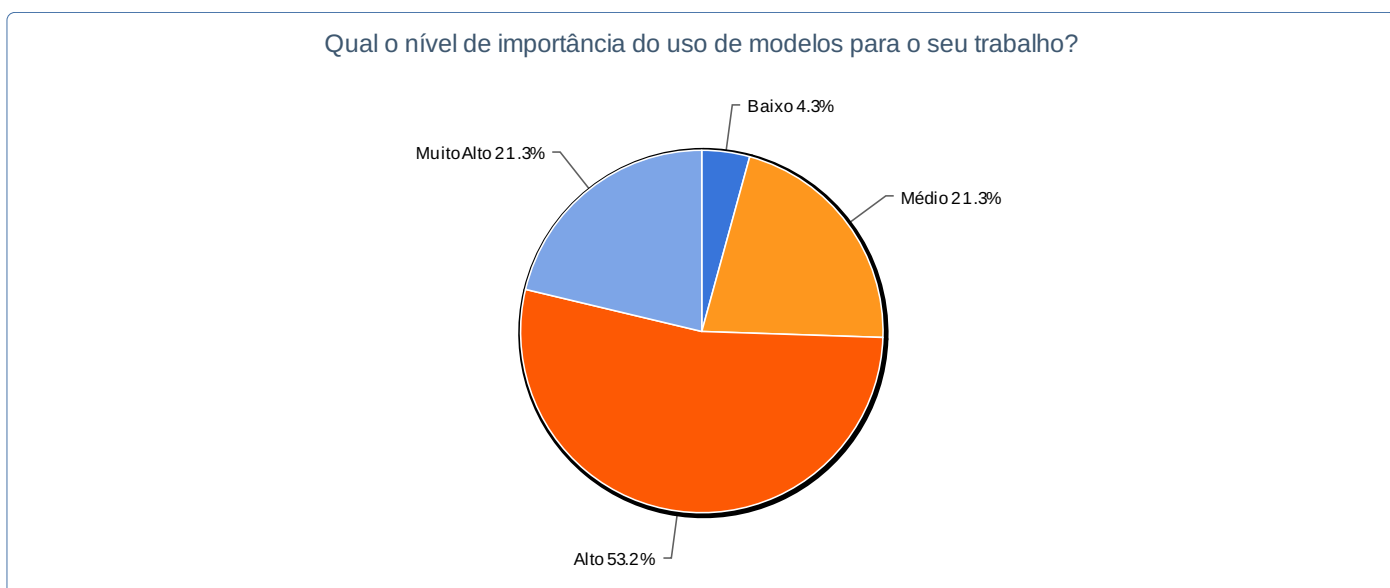


14. Qual a principal aplicação dos seus modelos?

Value	Count	Percent %
Estudo inicial de conceito	22	46.8%
Modelo volumétrico	31	66%
Estudo ergonômico	23	48.9%
Teste de encaixe / montagem	23	48.9%
Ensaio de resistência	4	8.5%
Modelo de apresentação (fotográfico)	18	38.3%
Outro	3	6.4%

Statistics	
Total Responses	47

Open-Text Response Breakdown for "Outro"	Count
Teste de acabamento e proporção	1
Verificar paginação, em caso de impressos com muitas páginas	1
Para estudo inicial e depois para avaliação e análise dos detalhes e imagem do produto proposto.	1



15. Qual o nível de importância do uso de modelos para o seu trabalho?

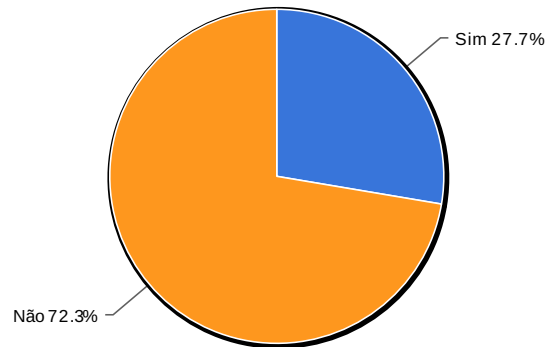
Value	Count	Percent %
-------	-------	-----------

Statistics	
------------	--

Baixo	2	4.3%
Médio	10	21.3%
Alto	25	53.2%
Muito Alto	10	21.3%

Total Responses	47
-----------------	----

Você possui algum equipamento específico para confecção de modelos?

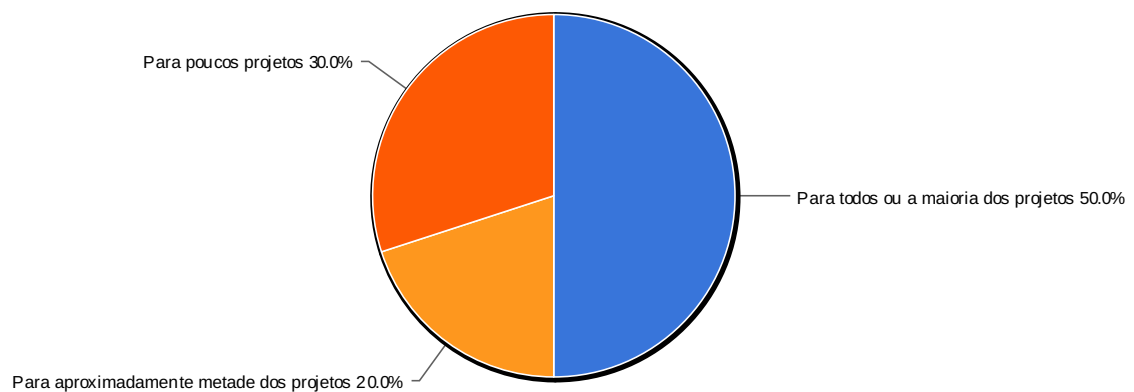


16. Você possui algum equipamento específico para confecção de modelos?

Value	Count	Percent %
Sim	13	27.7%
Não	34	72.3%

Statistics	
Total Responses	47

Com que frequência você costuma fazer modelos?

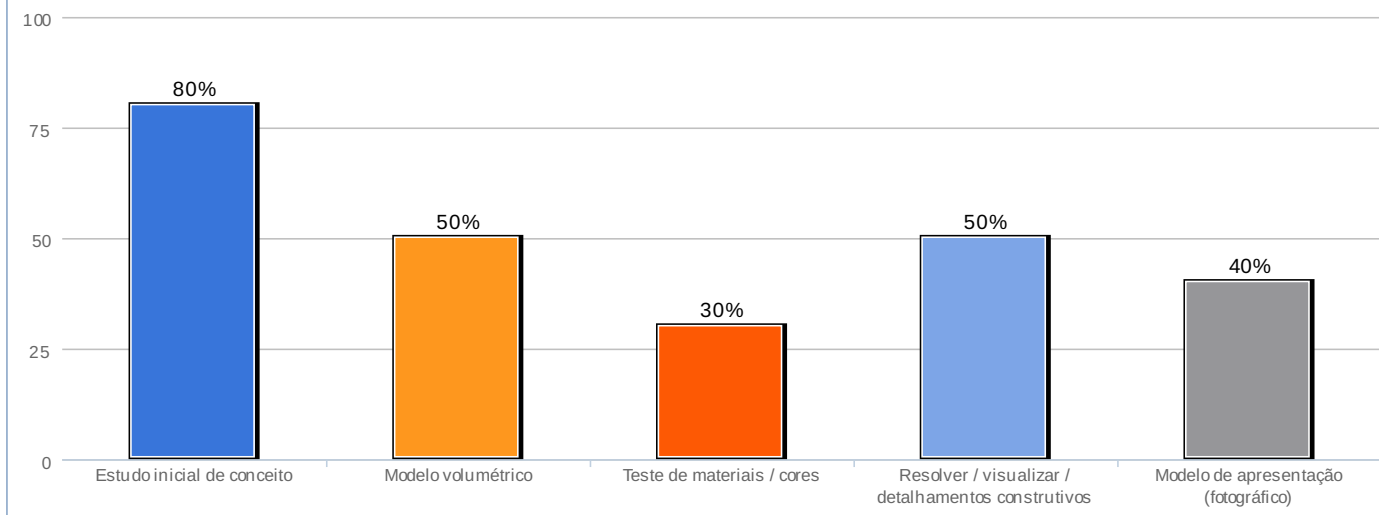


17. Com que frequência você costuma fazer modelos?

Value	Count	Percent %
Para todos ou a maioria dos projetos	5	50%
Para aproximadamente metade dos projetos	2	20%
Para poucos projetos	3	30%

Statistics	
Total Responses	10

Qual a principal aplicação dos seus modelos?

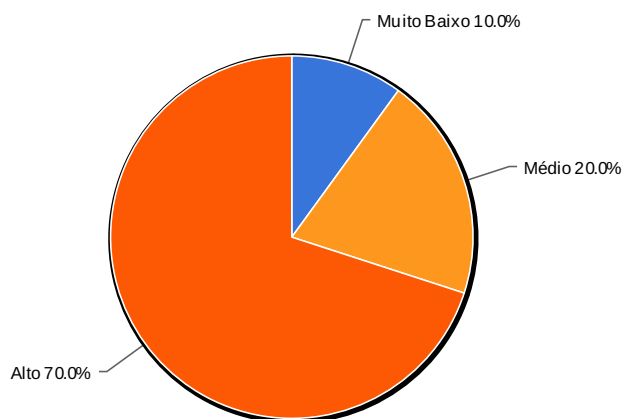


18. Qual a principal aplicação dos seus modelos?

Value	Count	Percent %
Estudo inicial de conceito	8	80%
Modelo volumétrico	5	50%
Teste de materiais / cores	3	30%
Resolver / visualizar / detalhes construtivos	5	50%
Modelo de apresentação (fotográfico)	4	40%

Statistics	
Total Responses	10

Qual o nível de importância do uso de modelos para o seu trabalho?

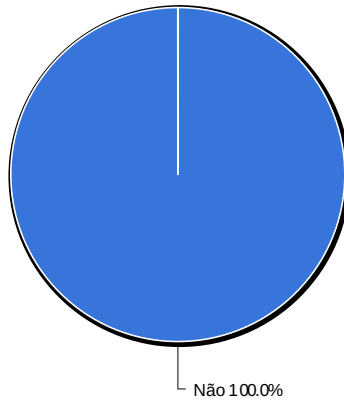


19. Qual o nível de importância do uso de modelos para o seu trabalho?

Value	Count	Percent %
Muito Baixo	1	10%
Médio	2	20%
Alto	7	70%

Statistics	
Total Responses	10

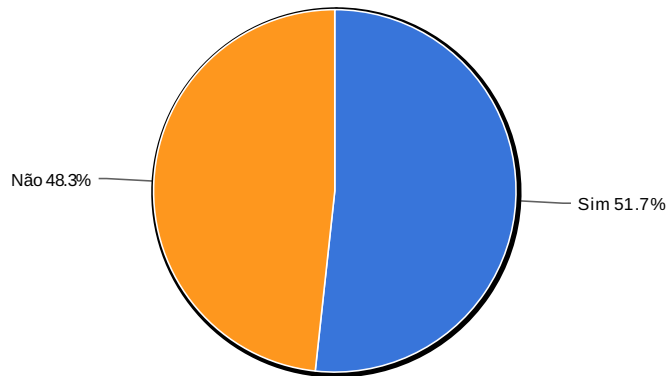
Você possui algum tipo de equipamento específico para confecção de modelos?



20. Você possui algum tipo de equipamento específico para confecção de modelos?

Value	Count	Percent %	Statistics	
Não	10	100%	Total Responses	10

Você teria interesse em adquirir um equipamento para confecção de modelos?



21. Você teria interesse em adquirir um equipamento para confecção de modelos?

Value	Count	Percent %	Statistics	
Sim	15	51.7%	Total Responses	29
Não	14	48.3%		

22. Você já tem algum modelo em mente? Qual? O que fez você escolher este modelo?

Count	Response
1	Ainda não
1	Não
1	Não conheço, mas é um mercado promissor e devo ficar atento
1	Não no momento.
2	Não.
1	Não. Atualmente analiso a relação custom (investimento) X benefício.

- 1 Uma impressora 3D. Por simular inclusive os encaixes necessários no projeto.
- 1 Corte a laser. Para poder desenhar com rigor em softwares de desenho e poder montar rapidamente um modelo.

Por quê?

Count	Response
1	Acredito que pelo custo elevado e pela não valorização desse recurso como ferramenta pro
1	Fazemos poucos modelos, e a maioria deles são apenas para testes "toscos".
1	Já terceirizo essa etapa
1	O valor é muito alto. não teria uso suficiente pra justificar a compra
1	Os modelos digitais são suficientes para o escritório de arquitetura
1	Pois requer um espaço de armazenagem do maquinário, que é indisponível
1	Pois utilizamos mais a modelagem 3D
1	custo
1	deve ser caro
1	não é necessário
1	Pelo custo ainda alto dos modelos existentes e pela manutenção. Estes dois fatores inviabilizam a compra de um equipamento para atender a uma demanda pequena.
1	Os modelos de que necessito são modelos rústicos, sem necessidade de um bom acabamento ou precisão.
1	Não é o foco de nosso escritório. Trabalhamos bastante com embalagens e não é necessário no momento.
1	Trabalho com design gráfico, meus modelos sempre são em papel, não teria necessidade de um equipamento, assim como existe esta necessidade para design de produto
1	Como trabalho com principalmente com design grafico, a maioria dos modelos consigo imprimir e montar com o auxilio de ferramentas simples, como estilete, rebite, cola spray, etc. O restante das pecas mais complexas, temos o modelo feito com o fornecedor, que futuramente irá produzir o produto real.

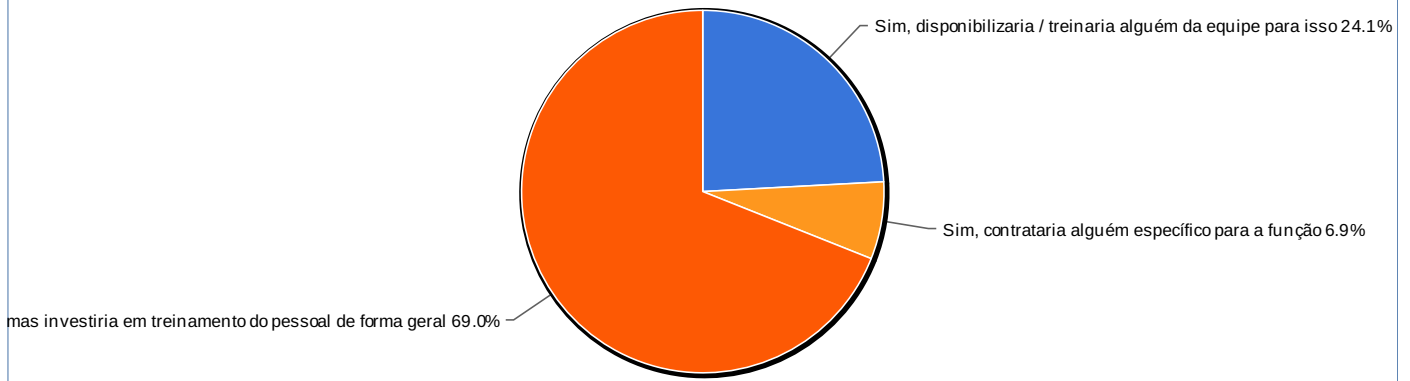
23. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento?

Item	Total Score ¹	Overall Rank
Custo de operação	236	1
Manutenção	156	2
Pouco espaço disponível para o equipamento	155	3
Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido	150	4
Necessidade de acompanhamento constante do processo	134	5
Ruído	131	6
Maior número de etapas / intervenções do operador	129	7
Sujeira	107	8
Odores	106	9
Etapas de pós-processamento / acabamento	99	10

Total Respondents: 28

¹ Score is a weighted calculation. Items ranked first are valued higher than the following ranks, the score is the sum of all weighted rank counts.

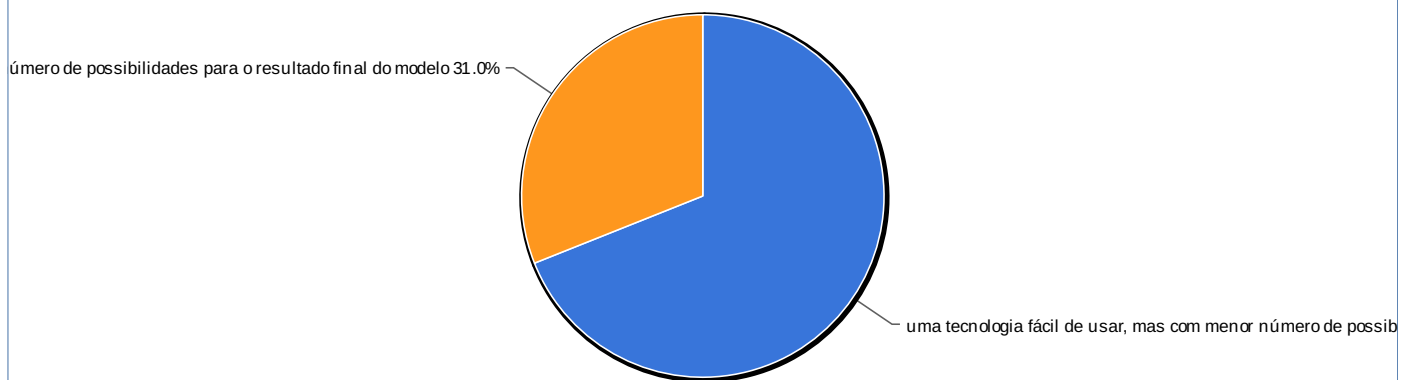
Você estaria disposto a ter uma pessoa dedicada à operação deste equipamento?



24. Você estaria disposto a ter uma pessoa dedicada à operação deste equipamento?

Value	Count	Percent %	Statistics	
Sim, disponibilizaria / treinaria alguém da equipe para isso	7	24.1%	Total Responses	29
Sim, contrataria alguém específico para a função	2	6.9%		
Não, mas investiria em treinamento do pessoal de forma geral	20	69%		

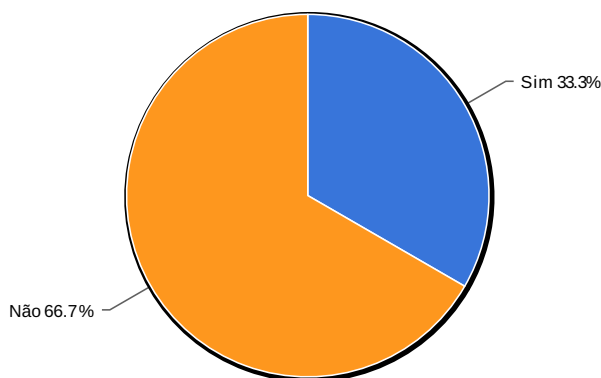
Com relação ao processo de confecção de modelos, você prefere investir em:



25. Com relação ao processo de confecção de modelos, você prefere investir em:

Value	Count	Percent %	Statistics	
uma tecnologia fácil de usar, mas com menor número de possibilidades para o resultado final do modelo	20	69%	Total Responses	29
uma tecnologia complexa de usar, mas com maior número de possibilidades para o resultado final do modelo	9	31%		

Sua empresa tem planos de adquirir um equipamento para confecção de modelos?



26. Sua empresa tem planos de adquirir um equipamento para confecção de modelos?

Value	Count	Percent %	Statistics	
Sim	1	33.3%	Total Responses	3
Não	2	66.7%		

27. Já foi escolhido o equipamento? Qual modelo? Qual o motivo da escolha?

Count	Response
1	Não foi escolhido.

Por quê?

Count	Response
1	Investimento alto.

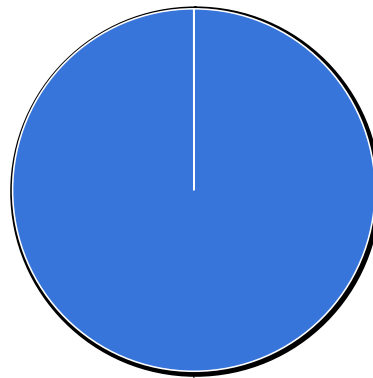
28. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento?

Item	Total Score ¹	Overall Rank
Custo de operação	30	1
Manutenção	21	2
Necessidade de acompanhamento constante do processo	19	3
Etapas de pós-processamento / acabamento	18	4
Maior número de etapas / intervenções do operador	16	5
Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido	16	6
Ruído	14	7
Pouco espaço disponível para o equipamento	13	8
Sujeira	11	9
Odores	7	10

Total Respondents: 3

¹ Score is a weighted calculation. Items ranked first are valued higher than the following ranks, the score is the sum of all weighted rank counts.

Sua empresa disponibilizaria uma pessoa dedicada à operação deste equipamento?

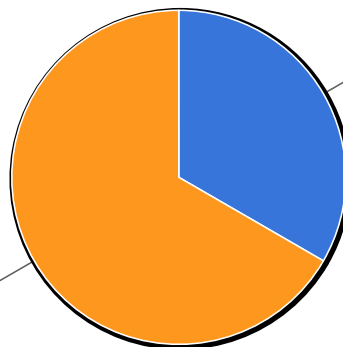


Não, mas investiriam em treinamento do setor de forma geral 100.0%

29. Sua empresa disponibilizaria uma pessoa dedicada à operação deste equipamento?

Value	Count	Percent %	Statistics	
Não, mas investiriam em treinamento do setor de forma geral	3	100%	Total Responses	3

Com relação ao processo de confecção de modelos, qual o posicionamento da sua empresa em relação à adoção de uma nova tecnologia?



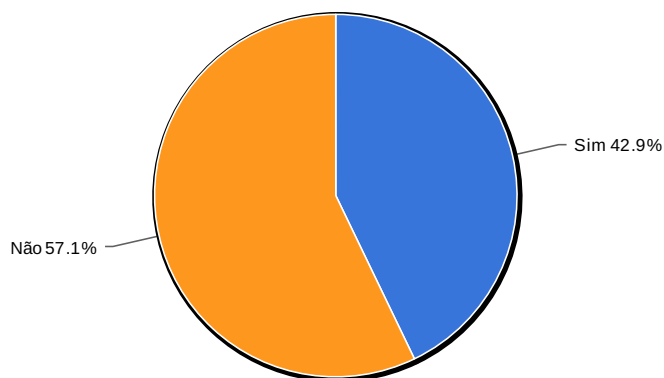
número de possibilidades para o resultado final do modelo 66.7%

Prioridade para uma tecnologia fácil de usar, mas com menor número

30. Com relação ao processo de confecção de modelos, qual o posicionamento da sua empresa em relação à adoção de uma nova tecnologia?

Value	Count	Percent %	Statistics	
Prioridade para uma tecnologia fácil de usar, mas com menor número de possibilidades para o resultado final do modelo	1	33.3%	Total Responses	3
Prioridade para uma tecnologia complexa de usar, mas com maior número de possibilidades para o resultado final do modelo	2	66.7%		

Existem planos de adquirir um equipamento para confecção de modelos?



31. Existem planos de adquirir um equipamento para confecção de modelos?

Value	Count	Percent %	Statistics	
Sim	3	42.9%	Total Responses	7
Não	4	57.1%		

32. Já foi escolhido o equipamento? Qual modelo? Qual o motivo?

Count	Response
1	Microrretífica, para fazer acabamentos mais precisos.
1	Ainda não foi escolhido, mas gostaria que fosse um equipamento de prototipagem rápida por sinterização seletiva a laser de materiais pulverulentos.

Por quê?

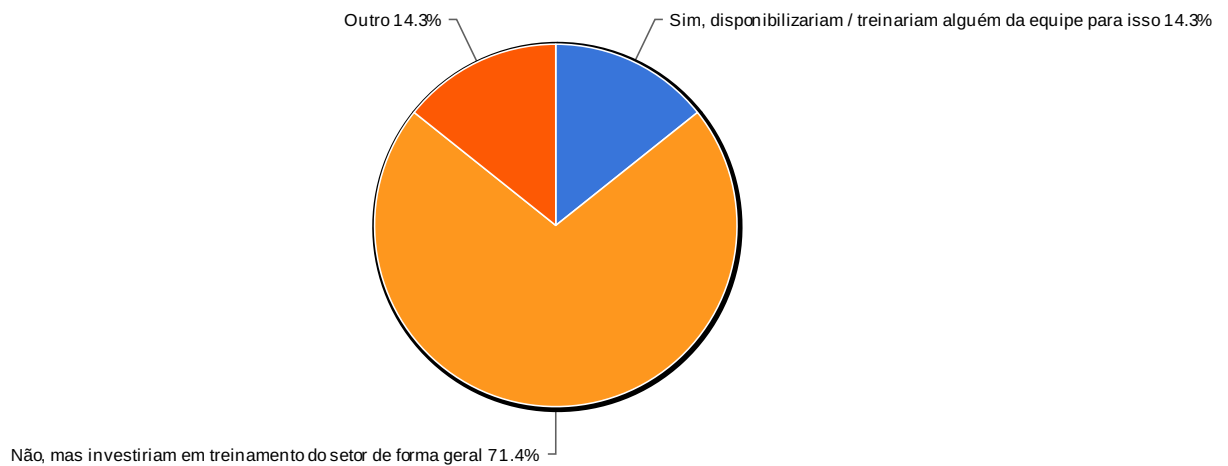
Count	Response
1	Custo e espaço físico.
1	Espaço físico escasso e baixo poder aquisitivo.
1	Preço muito alto

33. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento?

Item	Total Score ¹	Overall Rank
Custo de operação	63	1
Pouco espaço disponível para o equipamento	50	2
Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido	38	3
Manutenção	36	4
Sujeira	35	5
Ruído	25	6
Maior número de etapas / intervenções do operador	25	7
Odores	24	8
Etapas de pós-processamento / acabamento	21	9

Total Respondents: 7¹ Score is a weighted calculation. Items ranked first are valued higher than the following ranks, the score is the sum of all weighted rank counts.

Seria disponibilizada uma pessoa dedicada à operação deste equipamento?

**34. Seria disponibilizada uma pessoa dedicada à operação deste equipamento?**

Value	Count	Percent %
Sim, disponibilizariam / treinariam alguém da equipe para isso	1	14.3%
Não, mas investiriam em treinamento do setor de forma geral	5	71.4%
Outro	1	14.3%

Statistics

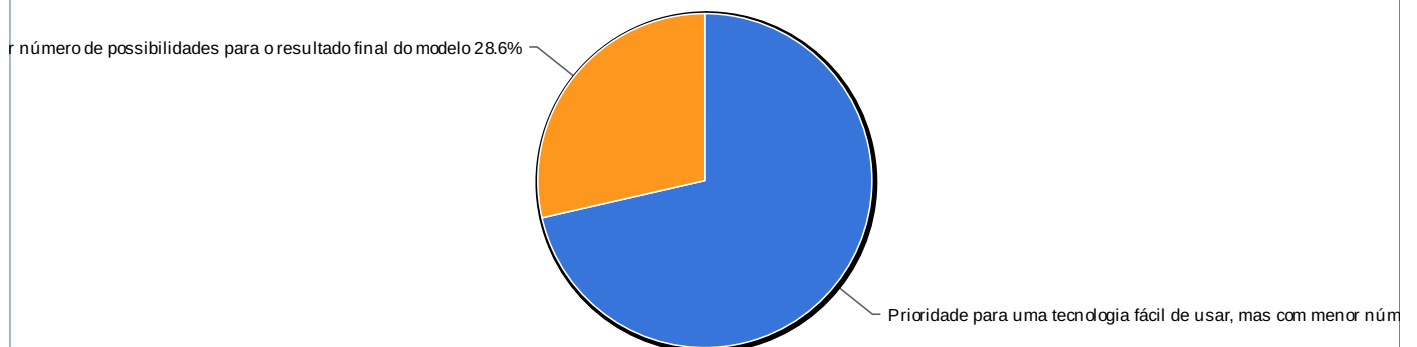
Total Responses 7

Open-Text Response Breakdown for "Outro"

Count

Eu mesmo 1

Com relação ao processo de confecção de modelos, qual o posicionamento da sua empresa em relação à adoção de uma nova tecnologia?

**35. Com relação ao processo de confecção de modelos, qual o posicionamento da sua empresa em relação à adoção de uma nova tecnologia?**

Value	Count	Percent %
Prioridade para uma tecnologia fácil de usar, mas com menor número de possibilidades para o resultado final do modelo	5	71.4%

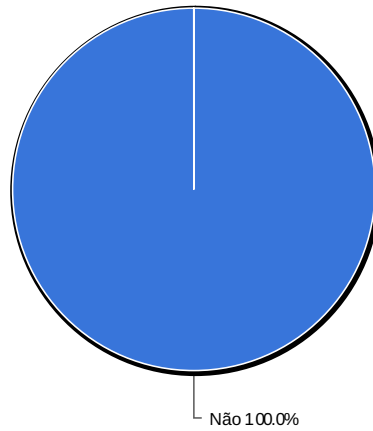
Statistics

Total Responses 7

Prioridade para uma tecnologia complexa de usar, mas com maior número de possibilidades para o resultado final do modelo

2 28.6%

Você tem interesse em adquirir um equipamento confecção de modelos?



36. Você tem interesse em adquirir um equipamento confecção de modelos?

Value	Count	Percent %	Statistics	
Não	5	100%	Total Responses	5

Por quê?

Count	Response
1	Eu tinha uma empresa de impressão mas negocieei as máquinas recentemente.
1	Muito caros.
1	Preferível terceirizar
1	Prefiro contar com os serviços de terceiros.
1	custo x beneficio

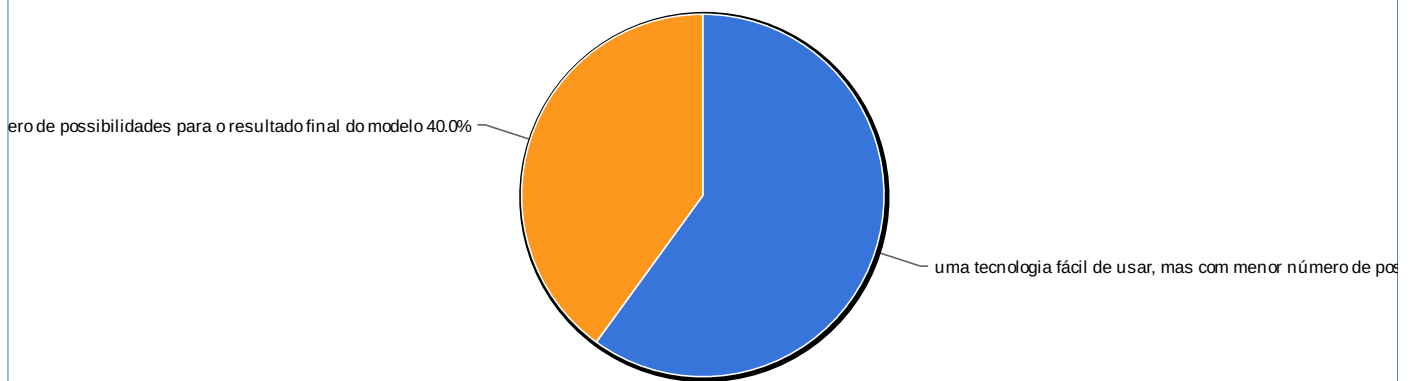
38. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento?

Item	Total Score ¹	Overall Rank
Custo de operação	48	1
Manutenção	30	2
Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido	23	3
Etapas de pós-processamento / acabamento	22	4
Necessidade de acompanhamento constante do processo	19	5
Pouco espaço disponível para o equipamento	19	6
Maior número de etapas / intervenções do operador	13	7
Ruído	10	8
Sujeira	4	9
Odores	2	10

Total Respondents: 5

¹ Score is a weighted calculation. Items ranked first are valued higher than the following ranks, the score is the sum of all weighted rank counts.

Com relação ao processo de confecção de modelos, você prefere investir em



39. Com relação ao processo de confecção de modelos, você prefere investir em

Value	Count	Percent %
uma tecnologia fácil de usar, mas com menor número de possibilidades para o resultado final do modelo	3	60%
uma tecnologia complexa de usar, mas com maior número de possibilidades para o resultado final do modelo	2	40%

Statistics	
Total Responses	5

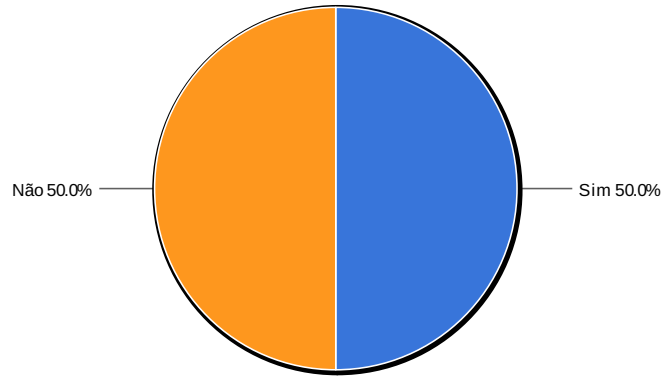
40. Qual(is) equipamento(s) você possui?

Count	Response
1	Alaris 30
1	Impressora 3D
1	Impressora tridimensional Objet do escritório e uma microretífica drehmel própria.
1	Na verdade a fábrica, no caso meu cliente, tem prototipagem rápida.
1	ZCorp 310 PLUS Marcenaria completa
1	impressora 3d

41. Quais foram a principais razões da escolha deste(s) equipamento(s)?

Count	Response
1	Precisão
1	Precisão
1	Velocidade, custo e versatilidade
1	custo de produção das peças
1	precisão, baixo investimento inicial, baixo custo de manutenção
1	Em relação às razões do escritório em adquirir a impressora tridimensional acredito que estas sejam para validar os projetos em desenvolvimento e para terceirizar o serviço de prototipagem. Quanto as razões da escolha da microretífica, optei por esse equipamento por ter um conhecimento prévio sobre ele nas aulas de modelos e protótipos do meu curso de graduação.

Você costuma operar este(s) equipamento(s)?



42. Você costuma operar este(s) equipamento(s)?

Value	Count	Percent %
Sim	3	50%
Não	3	50%

Statistics	
Total Responses	6

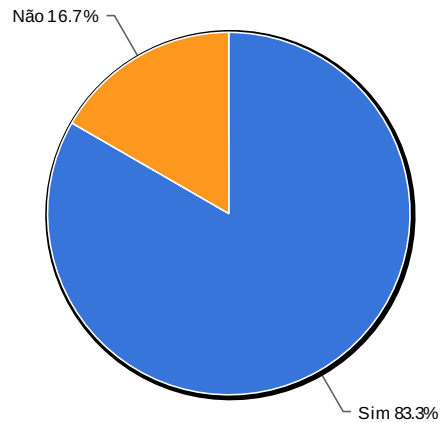
43. Você recebeu algum treinamento específico para isto?

Count	Response
1	Sim
1	Sim.
1	Específico não. No caso da microretífica que opero o professor da disciplina dava dicas sobre como obter os melhores resultados.

44. Existe algum motivo especial para isso?

Count	Response
1	Não
1	Os engenheiros fazem este trabalho, principalmente por que a máquina está no meu cliente.
1	peçoal treinado para isto

No seu escritório, existe alguém especializado em operar este(s) equipamento(s)?



45. No seu escritório, existe alguém especializado em operar este(s) equipamento(s)?

Value	Count	Percent %	Statistics	
Sim	5	83.3%	Total Responses	6
Não	1	16.7%		

46. Você lembra de algum inconveniente marcante que ocorreu com a utilização deste(s) equipamento(s)?

Count	Response
1	Baixa estabilidade formal da resina, quando submetida ao tempo.
1	Com o tempo as peças entortam.
1	Ele não é eficiente para paredes com espessuras inferiores a 3mm
1	Não
1	não
1	No caso da microretífica, lembro que o modelo que utilizávamos no meu curso de graduação aquecia muito na região de pega à medida que a utilizávamos e era necessário parar o trabalho para não queimar os dedos.

47. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento?

Item	Total Score ¹	Overall Rank
Custo de operação	46	1
Manutenção	42	2
Necessidade de acompanhamento constante do processo	36	3
Etapas de pós-processamento / acabamento	35	4
Maior número de etapas / intervenções do operador	33	5
Ruído	31	6
Pouco espaço disponível para o equipamento	29	7
Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido	28	8
Sujeira	27	9
Odores	23	10

Total Respondents: 6

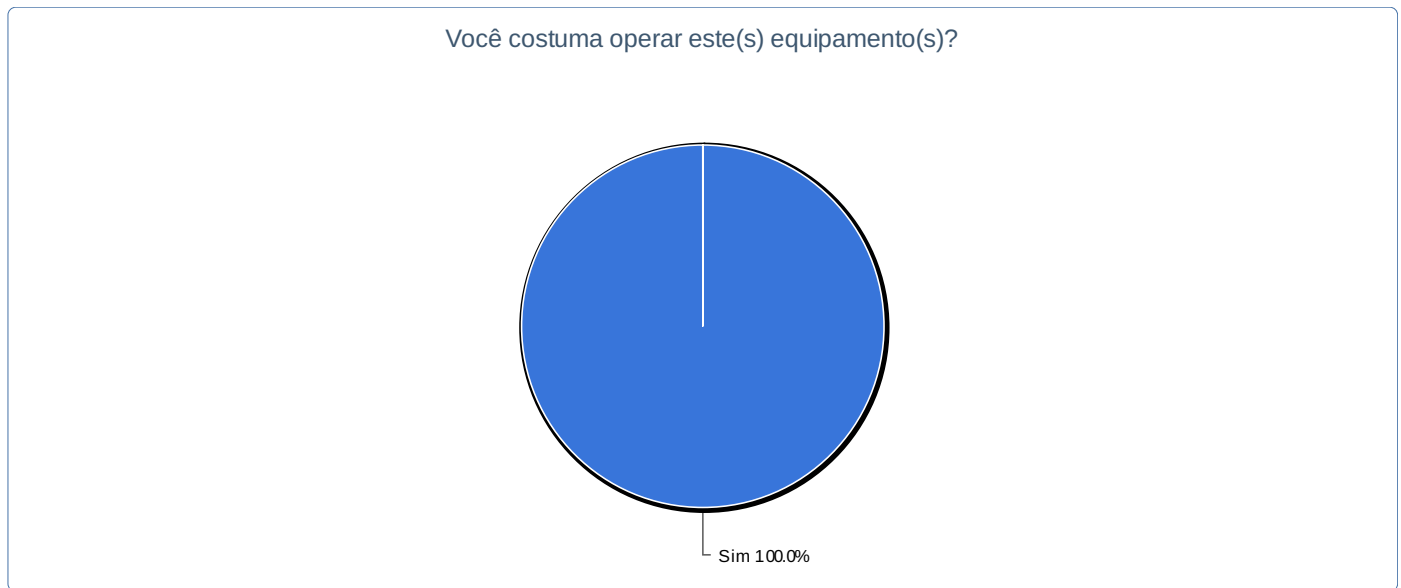
¹ Score is a weighted calculation. Items ranked first are valued higher than the following ranks, the score is the sum of all weighted rank counts.

48. Qual(is) equipamento(s) a empresa possui?

Count	Response
1	Dimension BST

49. Quais foram a principais razões da escolha deste(s) equipamento(s)?

Count	Response
1	Não sei. Não estava na empresa quando compraram e a diretoria não é a mesma da época (não tenho como obter essa informação).



50. Você costuma operar este(s) equipamento(s)?

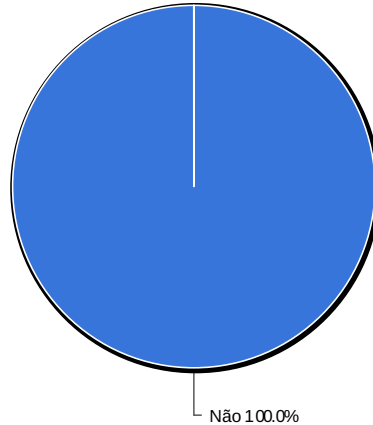
Value	Count	Percent %
Sim	1	100%

Statistics	
Total Responses	1

51. Você recebeu algum treinamento específico para isto?

Count	Response
1	Não.

Na sua empresa, existe alguém especializado em operar este(s) equipamento(s)?



53. Na sua empresa, existe alguém especializado em operar este(s) equipamento(s)?

Value	Count	Percent %	Statistics	
Não	1	100%	Total Responses	1

54. Você lembra de algum inconveniente marcante que ocorreu com a utilização deste(s) equipamento(s)?

Count	Response
1	Sim. O fato dele ter perdido a configuração durante a falta de luz e a dificuldade para fazê-lo voltar ao normal.

55. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento?

Item	Total Score ¹	Overall Rank
Custo de operação	10	1
Manutenção	9	2
Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido	8	3
Maior número de etapas / intervenções do operador	7	4
Necessidade de acompanhamento constante do processo	6	5
Etapas de pós-processamento / acabamento	5	6
Sujeira	4	7
Odores	3	8
Pouco espaço disponível para o equipamento	2	9
Ruído	1	10

Total Respondents: 1

¹ Score is a weighted calculation. Items ranked first are valued higher than the following ranks, the score is the sum of all weighted rank counts.

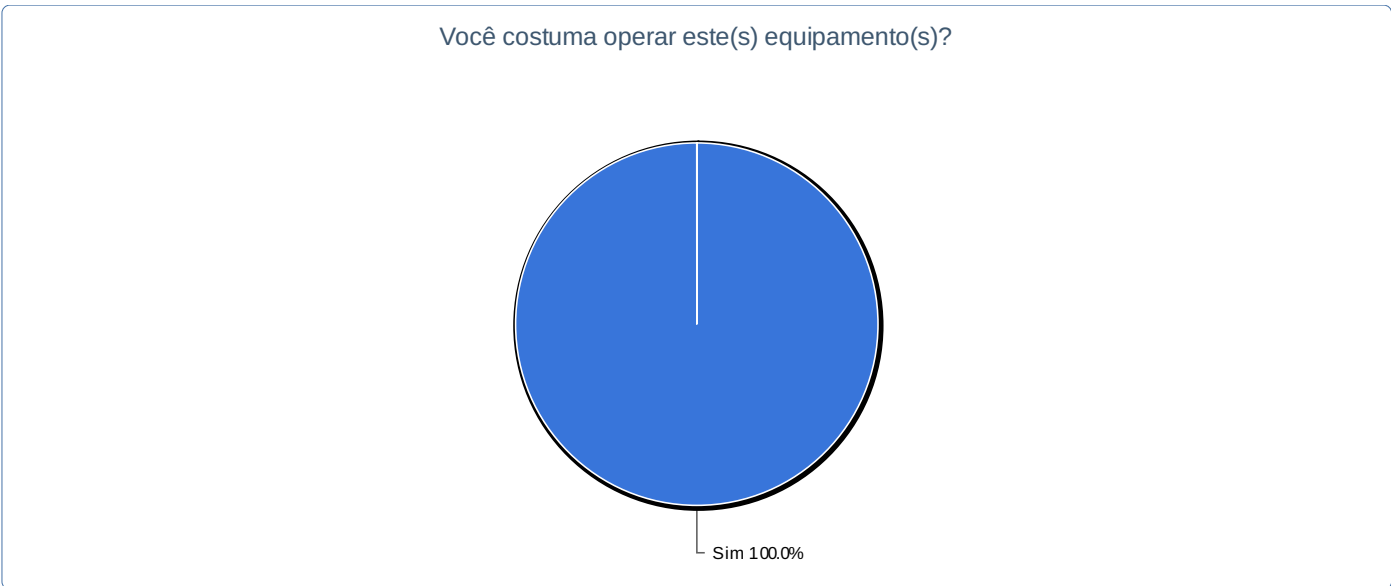
56. Qual(is) equipamento(s) vocês possuem?

Count	Response
1	Fresadora CNC
1	Serra tico-tico de bancada
1	Usinagem CNC, Corte e Gravação a Laser.
1	fresadora cnc

1	material de desenho, computador
1	OBJET Connex 350 Stratasys Vantage Viper - 3D systems Z Corp Stratasys U Print Rep Rap CNC Roland

57. Quais foram a principais razões da escolha deste(s) equipamento(s)?

Count	Response
1	Custo
1	Velocidade e Precisão
1	baixo investimento inicial, baixo custo de manutenção, facilidade de operação
1	essências para o designer
1	rapidez de execução
1	Desconheço a razão. Pois, quando entrei no laboratório, os equipamentos já haviam sido adquiridos.



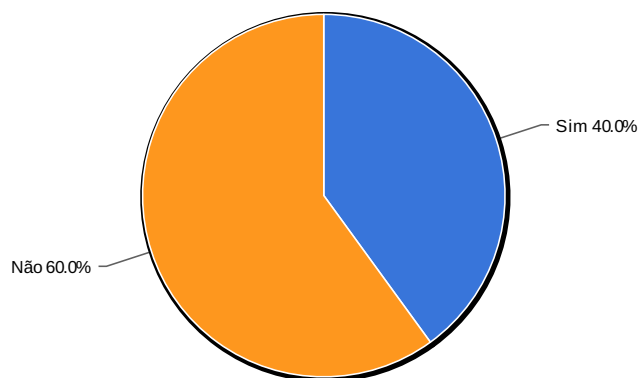
58. Você costuma operar este(s) equipamento(s)?

Value	Count	Percent %	Statistics	
Sim	6	100%	Total Responses	6

59. Você recebeu algum treinamento específico para isto?

Count	Response
1	Sim
1	Sim.
1	nao
1	não
2	sim

Existe alguém especializado em operar este(s) equipamento(s)?



61. Existe alguém especializado em operar este(s) equipamento(s)?

Value	Count	Percent %
Sim	2	40%
Não	3	60%

Statistics	
Total Responses	5

62. Você lembra de algum inconveniente marcante que ocorreu com a utilização deste(s) equipamento(s)?

Count	Response
1	Não.
1	Sujeira, Ruído
1	custo da materia prima
1	não
1	o maior inconveniente é a quebra das fresas, que em determinadas situações (materiais), ocorre com mais frequência.

63. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento?

Item	Total Score ¹	Overall Rank
Manutenção	36	1
Custo de operação	35	2
Pouco espaço disponível para o equipamento	32	3
Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido	27	4
Necessidade de acompanhamento constante do processo	27	5
Ruído	26	6
Etapas de pós-processamento / acabamento	20	7
Maior número de etapas / intervenções do operador	20	8
Sujeira	19	9
Odores	13	10

Total Respondents: 6

¹ Score is a weighted calculation. Items ranked first are valued higher than the following ranks, the score is the sum of all weighted rank counts.

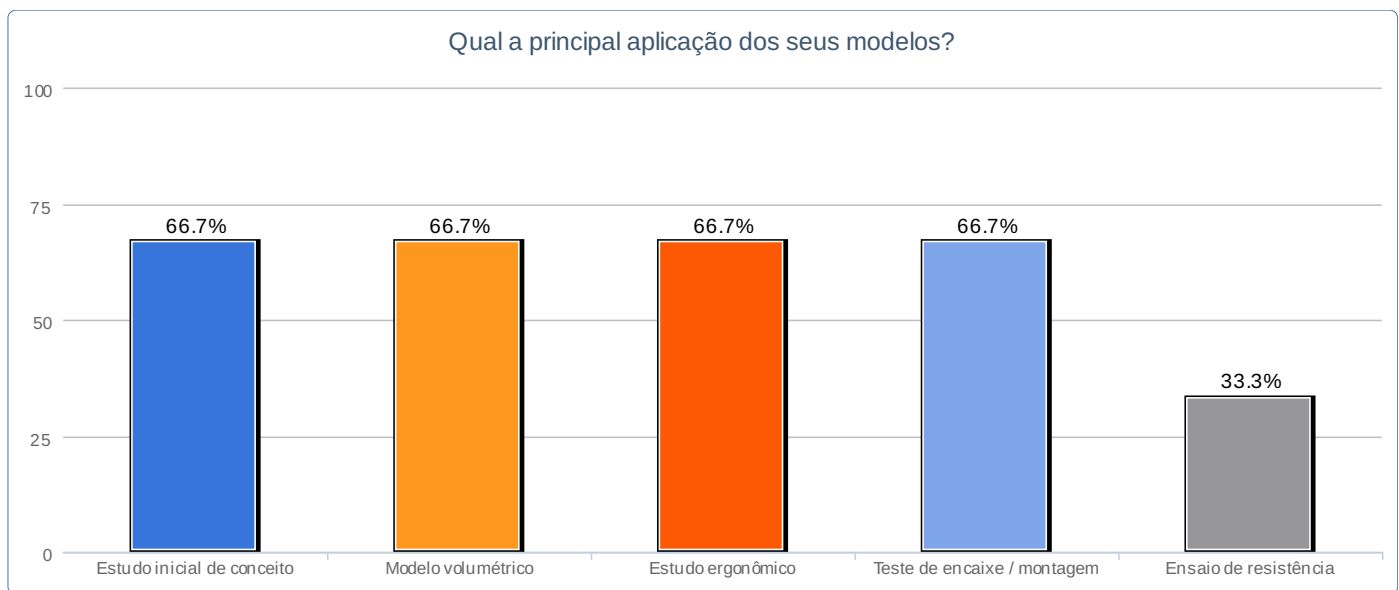
68. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso

de um equipamento?

Item	Total Score ¹	Overall Rank
Manutenção	0	1
Necessidade de acompanhamento constante do processo	0	2
Maior número de etapas / intervenções do operador	0	3
Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido	0	4
Etapas de pós-processamento / acabamento	0	5
Pouco espaço disponível para o equipamento	0	6
Sujeira	0	7
Ruído	0	8
Odores	0	9
Custo de operação	0	10

Total Respondents: 0

¹ Score is a weighted calculation. Items ranked first are valued higher than the following ranks, the score is the sum of all weighted rank counts.



69. Qual a principal aplicação dos seus modelos?

Value	Count	Percent %
Estudo inicial de conceito	2	66.7%
Modelo volumétrico	2	66.7%
Estudo ergonômico	2	66.7%
Teste de encaixe / montagem	2	66.7%
Ensaio de resistência	1	33.3%

Statistics	
Total Responses	3

70. Qual(is) equipamento(s) você possui?

Count	Response
1	Objet Alaris 30 Digiform 3d Tecnodrill
1	Objet Alaris 30 + Scanner 3D
1	sla, z-corp, connex, fdm, fresas cnc 3 eixos

71. Quais foram a principais razões da escolha deste(s) equipamento(s)?

Count	Response
1	Custo Benefício e qualidade no resultado do trabalho
1	precisão, resistencia do modelo, diferentes materiais, qualidade de superfície e área de impressão
1	Alta precisão, boa qualidades mecânicas da resina de construção, conceito e referência da marca no mercado

72. Você recebeu algum tipo de treinamento especial para operar este(s) equipamento(s)?

Count	Response
1	Sim. Capacitação oferecida pela empresa.
1	sim
1	sim, mas nada demais, inclusive na maioria dos casos o treinamento deixou muito a desejar

73. Você lembra de algum inconveniente marcante que ocorreu com a utilização deste(s) equipamento(s)?

Count	Response
1	Difícil reposicionamento do cabeçote de impressão durante procedimentos de manutenção.
1	não
1	z-corp (pó pra todo lado e cabeças que entopem) sla (resina grudenta e difícil de limpar e suporte no mesmo material) connex (não dá um resultado tão bom no modo glossy e desperdiça muito material fdm qualidade ruim da superfície do modelo

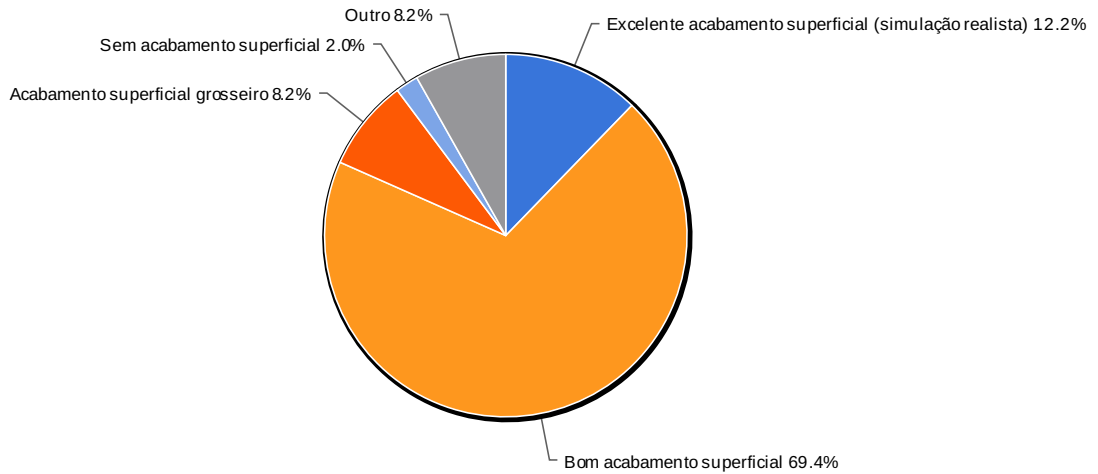
74. Dos problemas listados abaixo, quais você acredita que seriam os mais inconvenientes no uso de um equipamento?

Item	Total Score ¹	Overall Rank
Manutenção	25	1
Maior número de etapas / intervenções do operador	22	2
Custo de operação	22	3
Necessidade de acompanhamento constante do processo	21	4
Etapas de pós-processamento / acabamento	18	5
Sujeira	16	6
Odores	15	7
Ruído	14	8
Necessidade de treinamento / conhecimento envolvido	8	9
Pouco espaço disponível para o equipamento	4	10

Total Respondents: 3

¹ Score is a weighted calculation. Items ranked first are valued higher than the following ranks, the score is the sum of all weighted rank counts.

Qual o nível de acabamento que você precisa alcançar em um modelo?



75. Qual o nível de acabamento que você precisa alcançar em um modelo?

Value	Count	Percent %
Excelente acabamento superficial (simulação realista)	6	12.2%
Bom acabamento superficial	34	69.4%
Acabamento superficial grosseiro	4	8.2%
Sem acabamento superficial	1	2%
Outro	4	8.2%

Statistics

Total Responses	49
-----------------	----

Open-Text Response Breakdown for "Outro"

Response	Count
Baixa e eventualmente alta resolução.	1
Depende dos objetivos, badget e etc.	1
caso a caso	1
depende da aplicação	1

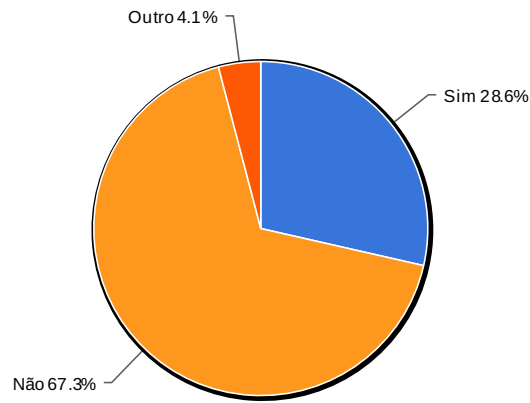
76. Quando você precisa fazer um modelo, qual geralmente é a ordem de importância das seguintes características?

Item	Total Score ¹	Overall Rank
Precisão	387	1
Custo do material	359	2
Formas complexas / encaixes	335	3
Acabamento superficial	312	4
Velocidade de confecção	299	5
Propriedades físicas próximas às da peça final	281	6
Resistência mecânica	249	7
Variedade de materiais possíveis	211	8
Reaproveitamento de material	191	9
Pintura / cores	183	10
Translucidez do material	98	11

Total Respondents: 49

¹ Score is a weighted calculation. Items ranked first are valued higher than the following ranks, the score is the sum of all weighted rank counts.

Você geralmente precisa fazer peças grandes? (maiores que 30 x 30 x 30 cm)



77. Você geralmente precisa fazer peças grandes? (maiores que 30 x 30 x 30 cm)

Value	Count	Percent %	Statistics	
Sim	14	28.6%	Total Responses	49
Não	33	67.3%		
Outro	2	4.1%		

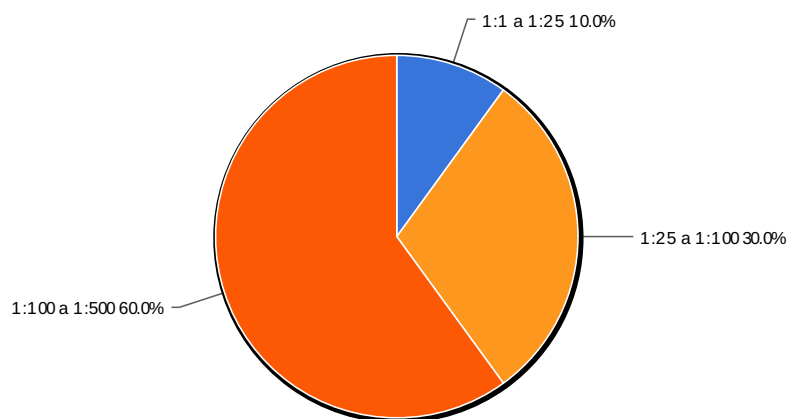
Open-Text Response Breakdown for "Outro"	Count
algumas vezes	1
caso seja necessário optamos por fazer no material definitivo, mas não é sempre que temos estas dimensões.	1

78. Durante o processo de confecção de um modelo, quais são os maiores incômodos para o seu trabalho?

Count	Response
1	A sujeira.
1	Abastecer a caixa de impressão e limpar o insumo usado em outra impressão para reaproveitamento
1	Acabamento pós-confecção
1	Acertar o acabamento para que fique sem imperfeições.
1	Aquisição e armazenamento de matéria-prima.
1	Como geralmente terceirizo, o único incomodo é a demora
1	Definição dos parâmetros apropriados para cada material e acabamento desejado.
1	Falta de habilidades/técnicas de confecção
1	Falta de precisão dimensional e acabamento superficial.
1	Manutenção prévia e posterior
1	Montagem, Acabamento superficial
1	Nada consta.
1	Nenhum
1	Não fabricamos modelos na empresa, o serviço é terceirizado.
1	Operador de equipamento com pouca disponibilidade.
1	Peças com encaixes complexos que deve ser feito por partes.
1	Qualidade e acabamento em desacordo com o esperado.
1	Sujeira e barulho.
1	Tempo de espera para ficar pronto
1	Tempo de processo, custo, e retrabalho, caso alguma peça saia errado.

1	Tempo para execução do mesmo.
1	Velocidade da confecção em certos materiais.
1	ajuste de desenho técnico
1	convencer o cliente, principalmente pelo alto custo, de executar tal modelo
1	custo dos materiais e manutencao
1	dificuldades de execução
1	espaço e ferramental
1	necessidade de um acabamento final
1	prazo e custo
1	precisão e formas complexas, além da simulação e resistencia do material
1	recorte
2	tempo
1	tempo de execução treinamento do operador e necessidade de acompanhamento constante
1	O prazo curto e a falta de um local específico (oficina) e de ferramentas adequadas para isso dentro do escritório.
1	tamanho da peça maior que a base (sendo necessário dividir em partes, já que a base é bem menor do que 30x30x30), tempo e custo.
1	Os prazos e a impossibilidade de acompanhar todo o processo, já que o cliente ou nós terceirizamos.
1	Trabalhando com papel a cola spray é um problema, pois é tóxica e não temos uma sala especial para ela. Temos substituído por durex dupla-face, que toma um tempão para montar e ainda tem muita chance de errar e ter que colar de novo.
1	Por não ter muito tempo para a confecção e um protótipo, os materiais utilizados, normalmente não são adequados e não transmitem as características físicas do material original.
1	No meu caso nenhum, não participo da confecção. O que me preocupa é a fragilidade das peças.
1	Compra da resina junto ao distribuidor do material quando aumenta a demanda de protótipos. Pois não se recomenda a estocagem por longo tempo.
1	Processos repetitivos como corte de chapas (obs.: o que tenho feito com maior frequência são mock-ups em papel), pelo desconforto físico e pela possibilidade de erros no corte.

Geralmente, em qual escala métrica seus modelos são produzidos?

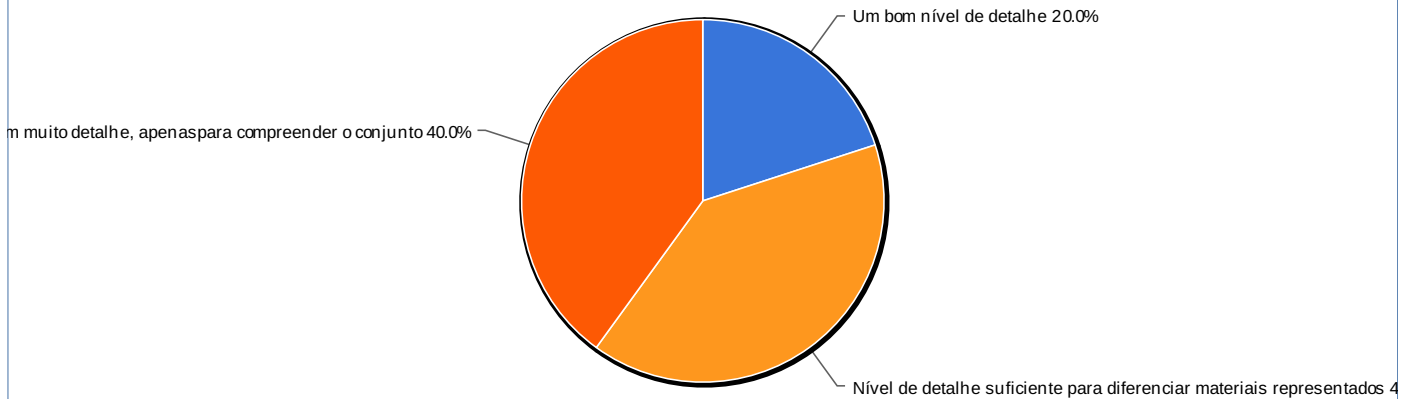


79. Geralmente, em qual escala métrica seus modelos são produzidos?

Value	Count	Percent %
1:1 a 1:25	1	10%
1:25 a 1:100	3	30%
1:100 a 1:500	6	60%

Statistics	
Total Responses	10
Sum	10.0
Average	1.0
Max	1.0

Qual o nível de detalhe que você geralmente precisa alcançar em um modelo?



80. Qual o nível de detalhe que você geralmente precisa alcançar em um modelo?

Value	Count	Percent %
Um bom nível de detalhe	2	20%
Nível de detalhe suficiente para diferenciar materiais representados	4	40%
Sem muito detalhe, apenas para compreender o conjunto	4	40%

Statistics	
Total Responses	10

81. Quando você precisa fazer um modelo, qual geralmente é a ordem de importância das seguintes características?

Item	Total Score ¹	Overall Rank
Velocidade de confecção	92	1
Precisão	74	2
Acabamento superficial	69	3
Formas complexas / encaixes	63	4
Custo do material	61	5
Variedade de materiais possíveis	53	6
Pintura / cores	44	7
Resistência mecânica	40	8
Reaproveitamento de material	32	9
Propriedades físicas próximas às da peça final	27	10
Translucidez do material	24	11

Total Respondents: 10

¹ Score is a weighted calculation. Items ranked first are valued higher than the following ranks, the score is the sum of all weighted rank counts.

ANEXO C - SUMÁRIO DAS TECNOLOGIAS DE RP APRESENTADAS POR VOLPATO.

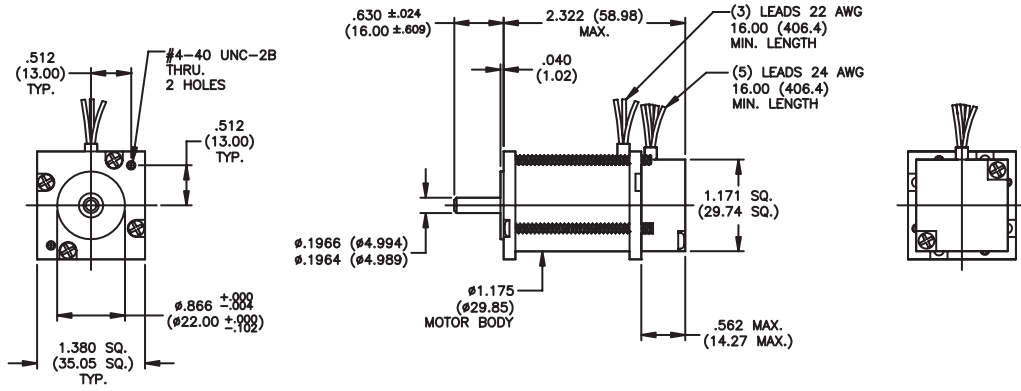
Processo	Baseados em líquido	Baseado em sólidos	Baseado em pó
Características	SL	IJP - Benchtop IJP - PolyJet FDM	SLS 3DP
Empresa	3DSystems	Stratasys	3D Systems Z Corporation
Custo inicial de aquisição	Alto	Médio	Baixo
Custo do material	Alto	Alto	Médio
Custo do protótipo	Alto	Médio-Alto	Baixo
Precisão	Alta	Média	Baixa
Variedade de materiais	Pequena	Pequena	Média
Velocidade de construção	Média	Baixa	Alta
Resistência mecânica	Média	Baixa	Baixa
Necessidade de suporte	Sim	Sim	Não
Acabamento superficial	Bom	Excelente	Regular
Necessidade de pós-processamento	Sim. Pós-cura em forno e retirada de suportes	Sim. Retirada de suporte	Sim. Jateamento de ar e infiltração com resina

ANEXO C - SUMÁRIO DAS TECNOLOGIAS DE RP APRESENTADAS POR VOLPATO.

Cuidados especiais com ambiente e instalação	Resina tem certo nível de toxicidade; manuseio da resina deixa sujeira; ocupa muito espaço nos modelos maiores	Necessita de local para lavagem das peças e remoção do suporte	Gera um pouco de calor; modelos dos equipamentos maiores necessitam de mais espaço	Gera ruído devido à operação de fresamento	Gera muito calor; gera pó em suspensão no manuseio; ocupa muito espaço; necessita fonte de Nitrogênio; gera ruído	Gera pó no ambiente no manuseio; sujeira e odores na infiltração de resina; necessita jateador e aspiradores de ruído alto
Protótipos em cores	Sim. Duas cores translúcidas com resina especial	Não	Sim. Monocromáticos	Não	Não	Sim. Tom pastel
Perda de material (reutilização do material não processado)	Material do suporte é o mesmo da peça e não é reaproveitável. Reutilização parcial	Somente há perda do material do suporte	Somente há perda do material do suporte	Somente há perda do material do suporte	Não há perda de material	Não há perda. Reutilização total
Tamanho máximo de peças	508 x 508 x 584mm	336 x 326 x 200mm	600 x 500 x 600mm	304 x 152 x 152mm	508 x 609 x 406cm	1500 x 750 x 700mm

Fonte: Autor - adaptado de Volpato (2007).

ANEXO D - SERVOMOTOR BRUSHLESS PITTMAN 3411



Specification	Units	Part/Model Number							
		3411 12.0 V	3411 15.2 V	3411 19.1 V	3411 24.0 V	3411 30.3 V	3411 38.2 V	3411 48.0 V	3411 60.0 V
Supply Voltage	VDC	12.0	15.2	19.1	24.0	30.3	38.2	48.0	60.6
Continuous Torque	oz-in	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
	Nm	0.0289	0.0289	0.0289	0.0289	0.0289	0.0289	0.0289	0.0289
Speed @ Cont. Torque	RPM	4010	3510	3810	4020	3460	4110	4010	3450
Current @ Cont. Torque	Amps (A)	2.21	1.76	1.40	1.11	0.89	0.70	0.56	0.44
Continuous Output Power	Watts (W)	12	11	12	12	11	12	12	10
Motor Constant	oz-in/sqrt W	1.6	1.5	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.5
	Nm/sqrt W	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
Torque Constant	oz-in/A	2.245	2.799	3.543	4.475	5.598	7.085	8.937	11.196
	Nm/A	0.016	0.02	0.025	0.032	0.04	0.05	0.063	0.079
Voltage Constant	V/krpm	1.66	2.07	2.62	3.31	4.14	5.24	6.61	8.28
	V/rad/s	0.016	0.02	0.025	0.032	0.04	0.05	0.063	0.079
Terminal Resistance	Ohms	1.98	3.55	5.25	7.90	14.2	19.6	31.6	56.8
Inductance	mH	0.18	0.32	0.46	0.70	1.28	1.83	2.80	5.12
No-Load Current	Amps (A)	0.11	0.085	0.072	0.057	0.047	0.036	0.030	0.024
No-Load Speed	RPM	7110	7200	7150	7120	7160	7160	7120	7150
Peak Current	Amps (A)	6.06	4.28	3.64	3.04	2.13	1.95	1.52	1.07
Peak Torque	oz-in	13.3	11.8	12.6	13.3	11.7	13.5	13.3	11.7
	Nm	0.0939	0.0833	0.089	0.0939	0.0826	0.0953	0.0939	0.0826
Coulomb Friction Torque	oz-in	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
	Nm	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Viscous Damping Factor	oz-in/krpm	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	Nm s/rad	1.07E-6	1.07E-6	1.07E-6	1.07E-6	1.07E-6	1.07E-6	1.07E-6	1.07E-6
Electrical Time Constant	ms	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Mechanical Time Constant	ms	7.8	9.0	8.3	7.8	9.0	7.8	7.8	9.0
Thermal Time Constant	min	14	14	14	14	14	14	14	14
Thermal Resistance	Celsius/W	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
Max. Winding Temperature	Celsius	130	130	130	130	130	130	130	130
Rotor Inertia	oz-in-sec ²	0.00014	0.00014	0.00014	0.00014	0.00014	0.00014	0.00014	0.00014
	kg-m ²	9.89E-7	9.89E-7	9.89E-7	9.89E-7	9.89E-7	9.89E-7	9.89E-7	9.89E-7
Weight (Mass)	oz	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
	g	170.1	170.1	170.1	170.1	170.1	170.1	170.1	170.1

Performance (24 V Winding)	Standard Features	Connection Chart																		
	<ul style="list-style-type: none"> Shielded Ball Bearings 4-Pole Rotor Neodymium Magnets 3-Phase Stator Hall Sensor Feedback (120° elec.) NEMA 14 Mounting 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color/Pin</th> <th>Function</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Brown</td> <td>Motor ΦA</td> </tr> <tr> <td>Red</td> <td>Motor ΦB</td> </tr> <tr> <td>Orange</td> <td>Motor ΦC</td> </tr> <tr> <td>Grey</td> <td>Sensor 1</td> </tr> <tr> <td>Blue</td> <td>Sensor 2</td> </tr> <tr> <td>White</td> <td>Sensor 3</td> </tr> <tr> <td>Violet</td> <td>Vcc</td> </tr> <tr> <td>Black</td> <td>Ground</td> </tr> </tbody> </table>	Color/Pin	Function	Brown	Motor ΦA	Red	Motor ΦB	Orange	Motor ΦC	Grey	Sensor 1	Blue	Sensor 2	White	Sensor 3	Violet	Vcc	Black	Ground
	Color/Pin	Function																		
	Brown	Motor ΦA																		
	Red	Motor ΦB																		
Orange	Motor ΦC																			
Grey	Sensor 1																			
Blue	Sensor 2																			
White	Sensor 3																			
Violet	Vcc																			
Black	Ground																			
	Complementary Products <ul style="list-style-type: none"> Encoders Gearboxes Drives Brakes 																			
	Notes <ol style="list-style-type: none"> All values specified at 25°C ambient temperature and without heat sink. Peak values are theoretical and supplied for reference only. 																			
		120° Electrical Spacing																		

This document is for informational purposes only and should not be considered as a binding description of the products or their performance in all applications. The performance data on this page depicts typical performance under controlled laboratory conditions. Actual performance will vary depending on the operating environment and application. AMETEK reserves the right to revise its products without notification. The above characteristics represent standard products. For products designed to meet specific applications, contact PITTMAN Motor Sales Department.

ANEXO E - SPINDLE ELTE TM PE0 3,5/2

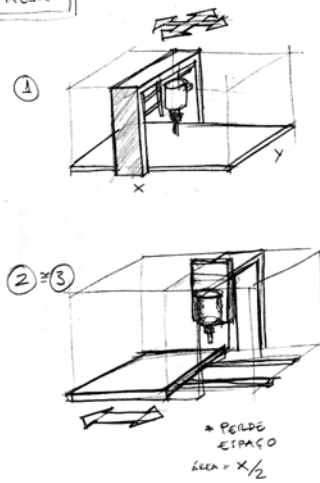
MOVIMENTAÇÃO

Eixo	Parte móvel							
X	S	M	S	S	M	M	S	M
Y	S	S	M	S	M	S	M	M
Z	S	S	S	M	S	M	M	M

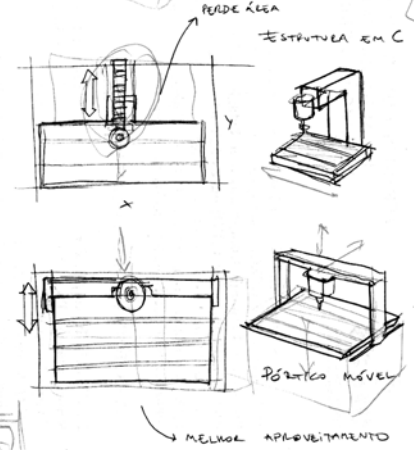
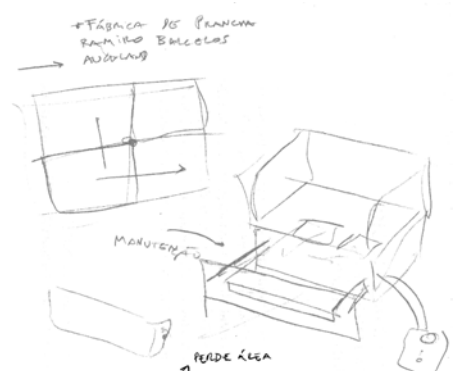
IDEAL DA

① ② ③
S: SPINDLE
M: MESA

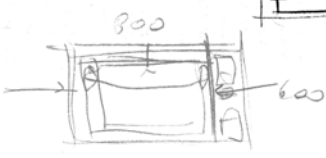
DENTRO DO VOLUME MÁX.



MESA COM MOVIMENTO EM Z → MUITA INÉRCIA



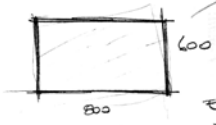
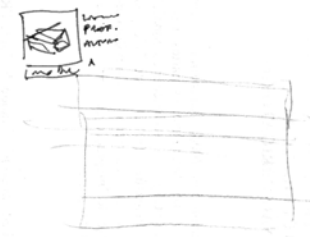
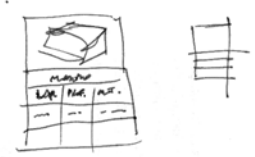
* MOVIMENTAÇÃO DA MESA REDUZ ÁREA DE TRABALHO



AMBIENTE

↳ ESCRITÓRIO

↳ MÚLTIPLO COLABORATIVO



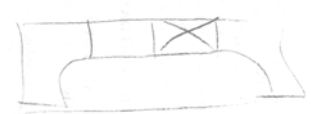
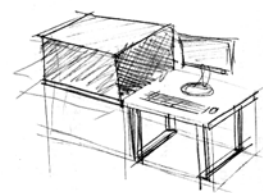
ESPAÇO DE UMA ESTAÇÃO DE TRABALHO

ALTA GERENCIABILIDADE SOLO 4º EIXO

PROFUNDIDADE MÁX: 600
LARGURA MÁX: 800

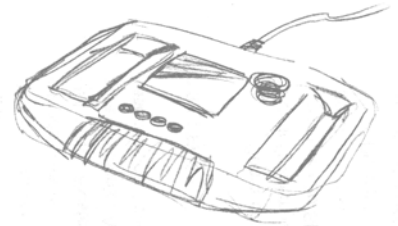
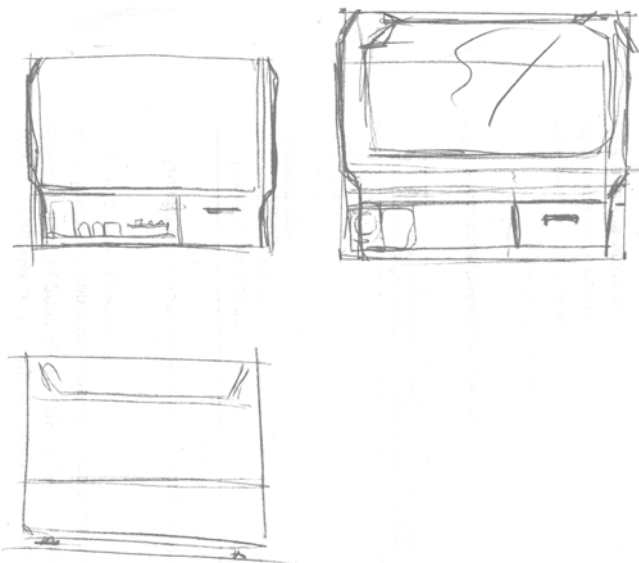
↳ FACILITAR INSTALAÇÃO

- ROLAND MDX-60
L.P.A 663 x 760 x 554 (305 x 505 x 105)
- ROLAND MDX-540
L.P.A 715 x 555 x 858 (500 x 400 x 355)
- OBSET 24
L.P.A 825 x 620 x 590 (240 x 200 x 350)
- " OBSET 30
(300 x " " ")

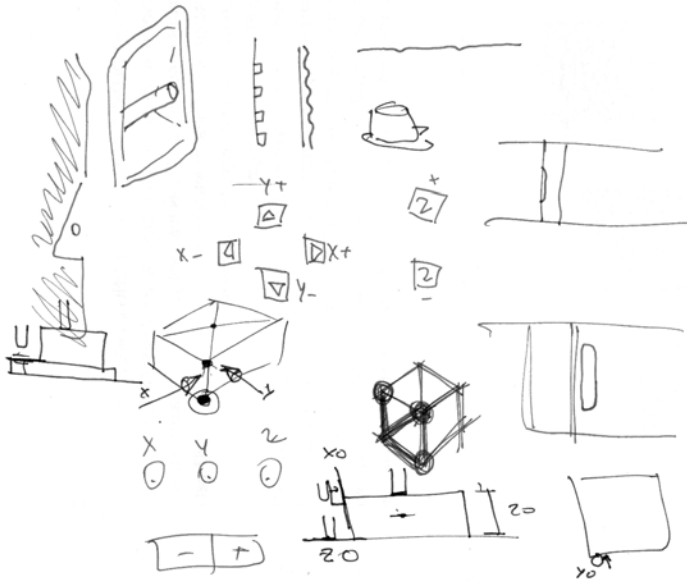
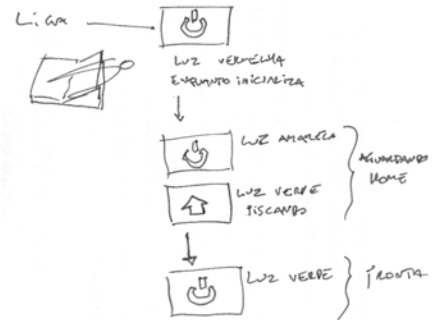
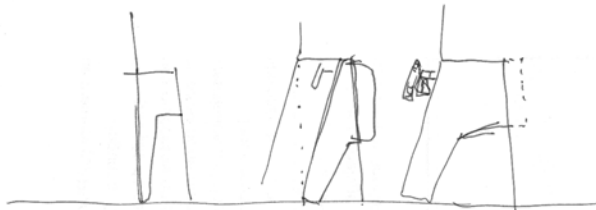


HP DESIGN SET 3D

L.P.A 660 x 660 x 767 (205 x 52 x 152)

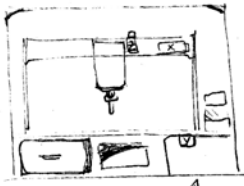


CONTROLE

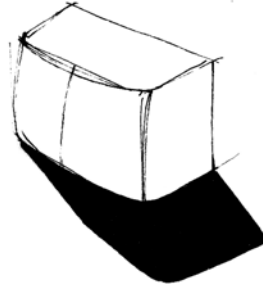
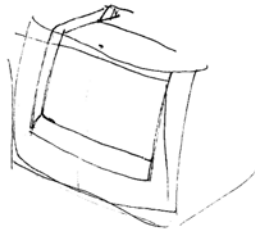


INTERFACÇA O COM
MAS PERMITE INTERAÇÃO
FÍSICO





CONTROLO DOS EIXES
MOTOR Y



MODELO COMPONENTES

- ↳ MOTOR
- ↳ SPINDLE
- ↳ DRIVE
- ↳ CONTROLADORA

PROTOTYPE I

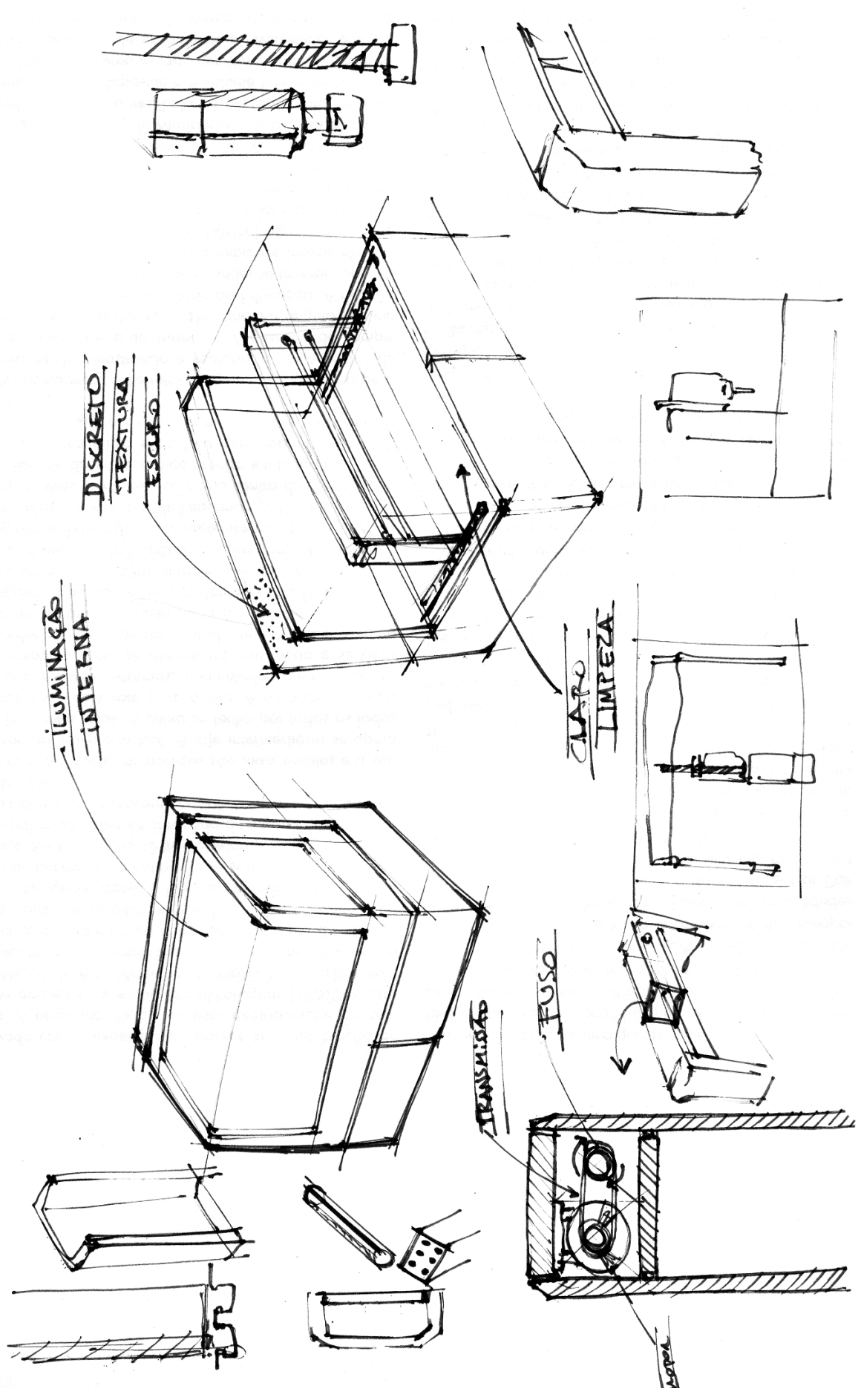
PRJ
PROTO
P PROTO

FEEL INTERFACE

- VISUAL: FEEDBACK / LEDS
- CURSOR: MOVIMENTAÇÃO DOS EIXOS
- EMERGÊNCIA
- FEED RATE
- SPINDLE
- "VIEW": PAUSA
 - ↳ LIGA LUZ
 - ↳ PAUSA
 - ↳ RECUSA SPINDLE
- LIGA/DESLIGA
- PRECISÃO MOVIMENTO 1. / 0.1 / 0.01
- ILUMINAÇÃO

RECURSOS

- LUZ INTERNA
- EXAUSTÃO
- CONTROLE REMOTO
- GUARDA FERRAMENTAS
 - ↳ FRESAS
 - ↳ FERRAMENTAS DE TROCA
- ZERAR Z
 - ↳ PRECISÃO ACESSÃO AÇÃO A FUNÇÃO



DISCRETO
TEXTURA
ESCURO

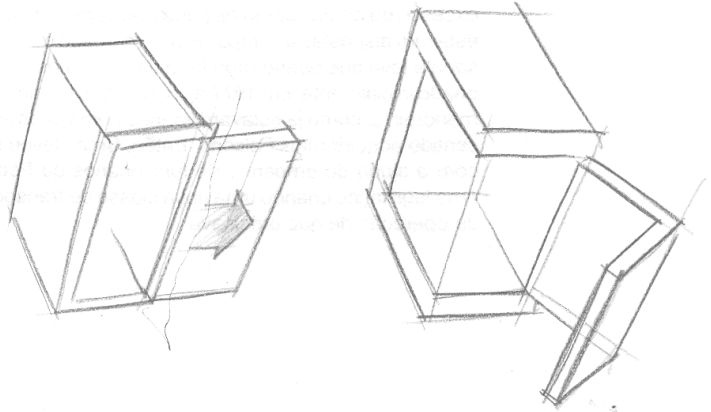
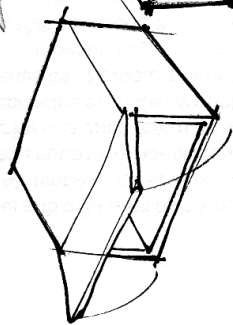
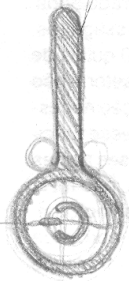
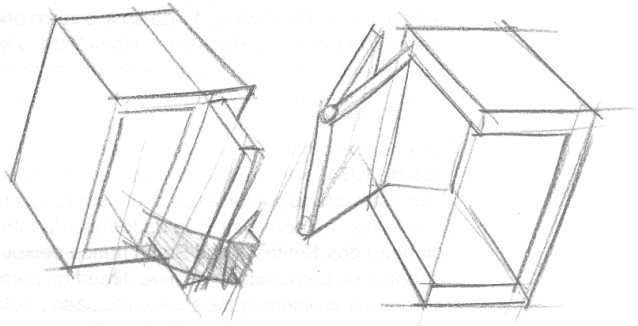
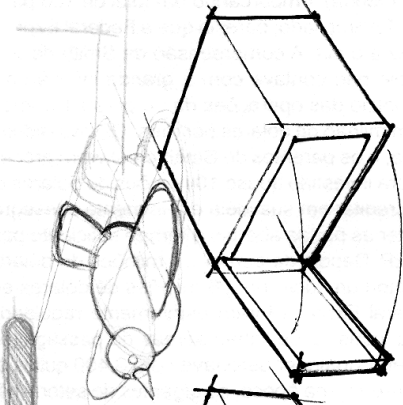
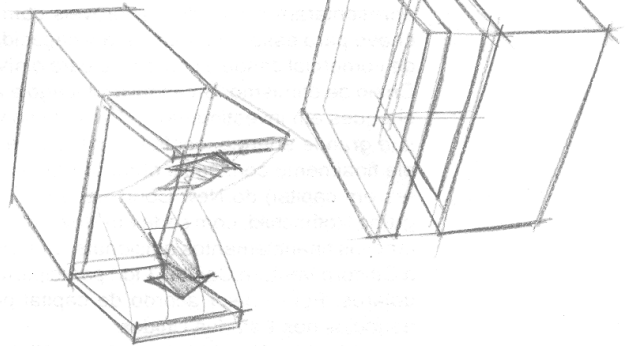
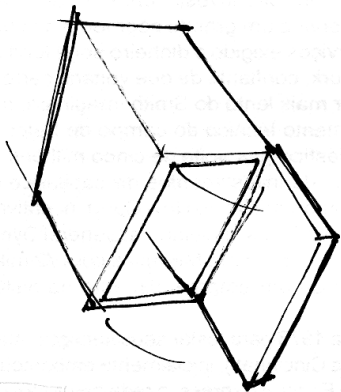
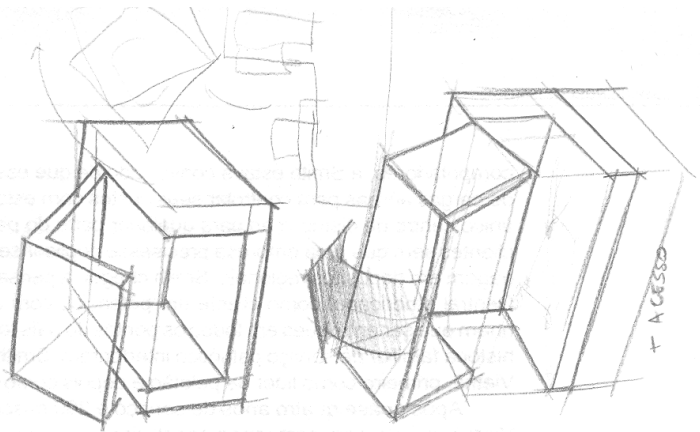
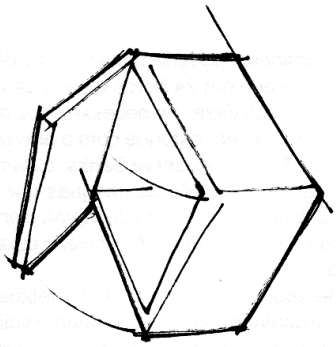
LUMINAÇÃO
INTERNA

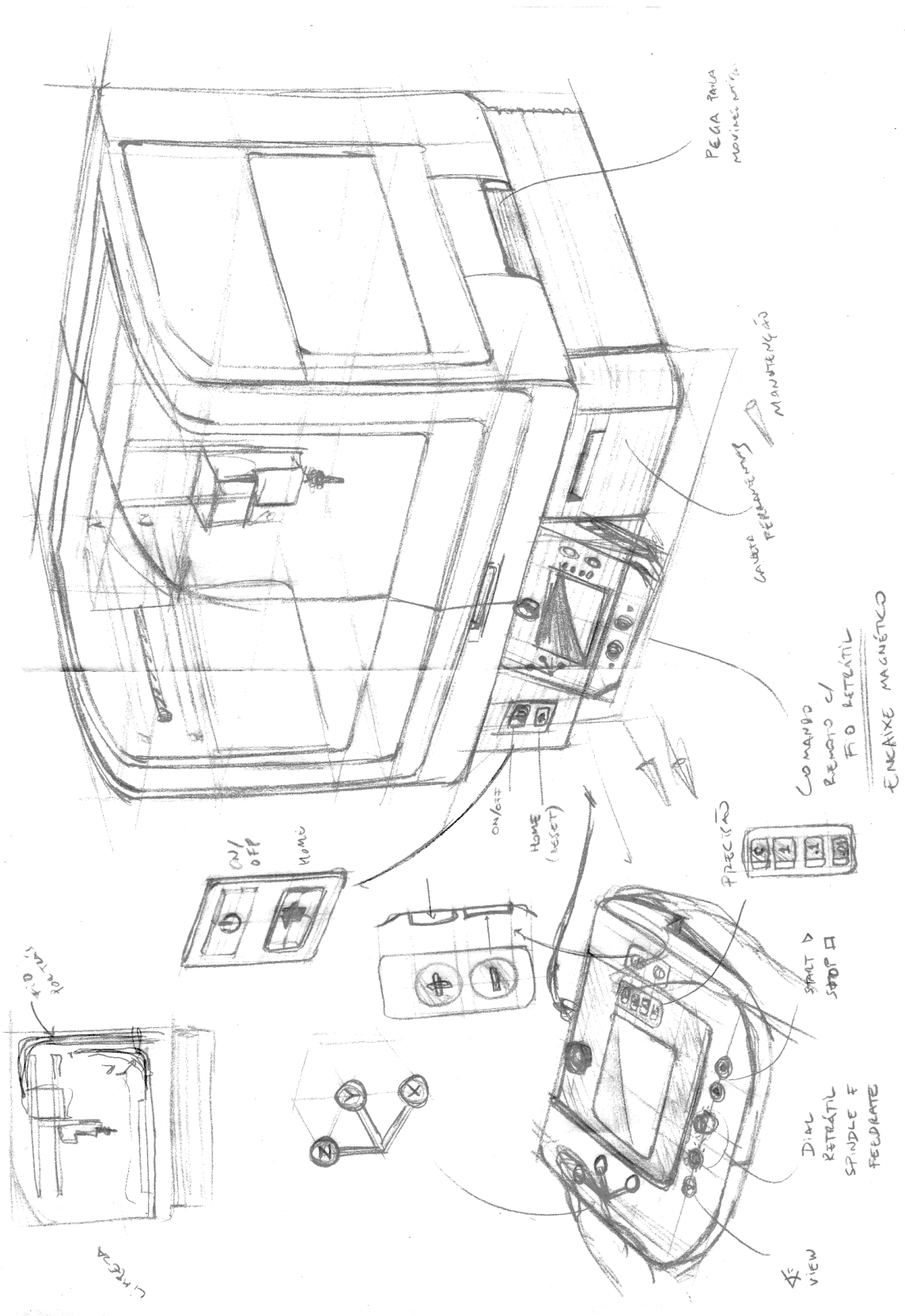
CLARO
LIMPEZA

TRANSLÚCIDO

FUSO

LÁPIDA





PEGA PARA MOVIMENTAR

LUBRIFICANTE
MANUTENÇÃO

COMANDO
REMOÇÃO
FIO RETRATIL
ENCAIXE MAGNÉTICO

PRECISAO

ON/OFF
HOME (RESET)

ON/OFF
HOME

START
STOP

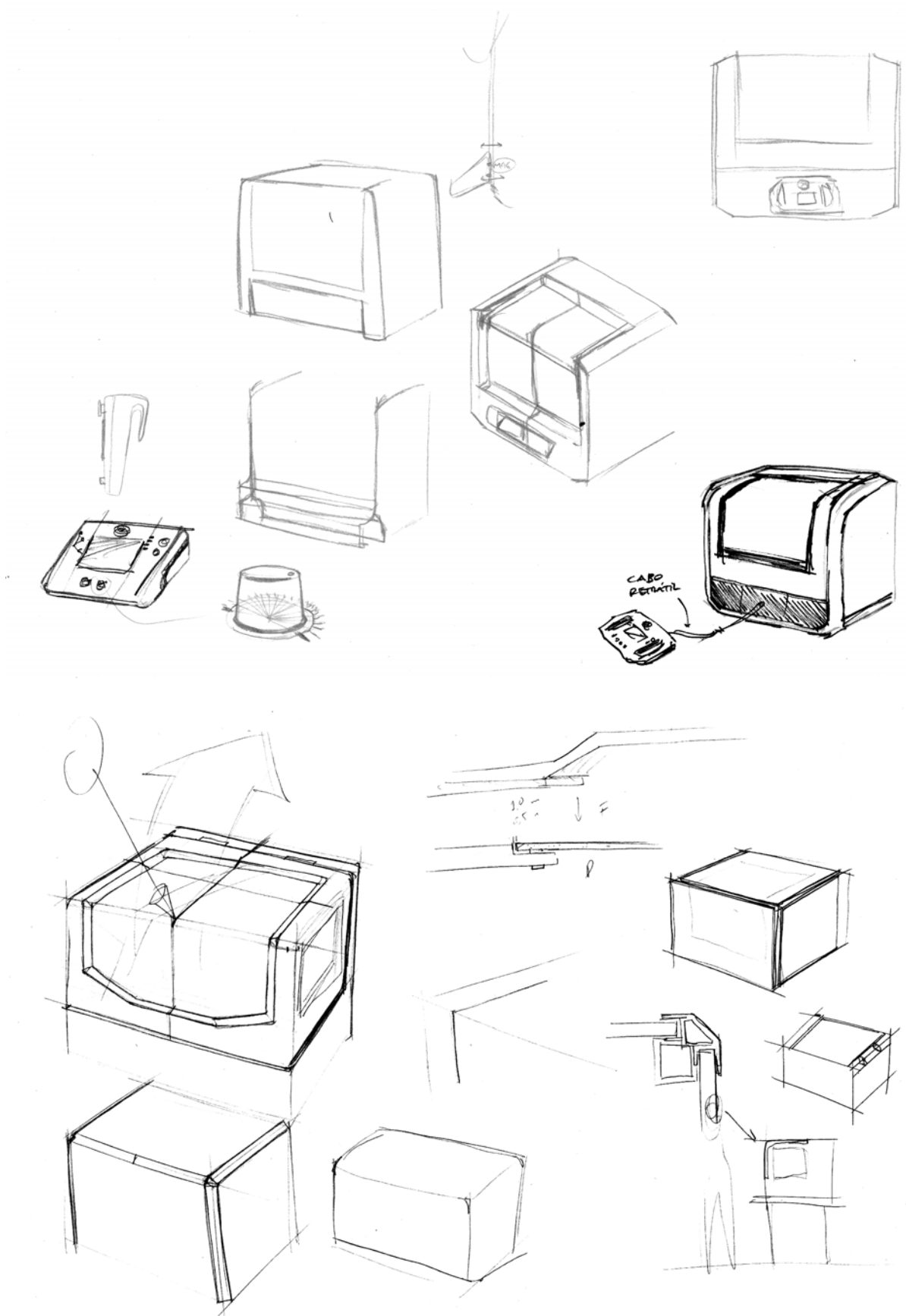
DIAL
RETRATIL
SPINDLE F
FEDERATE

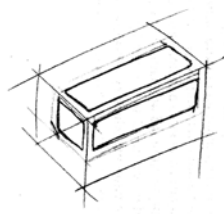
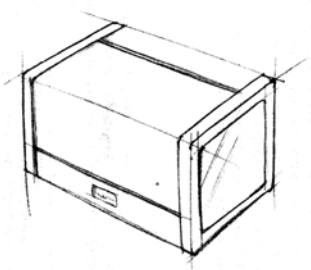
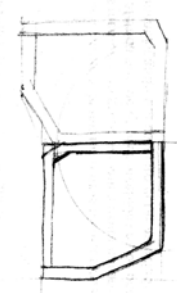
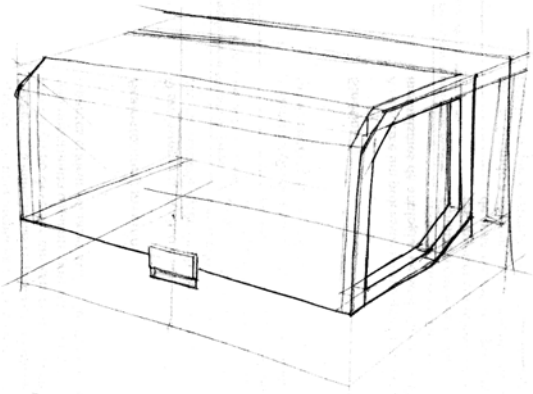
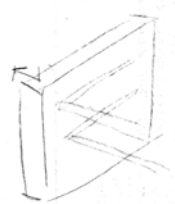
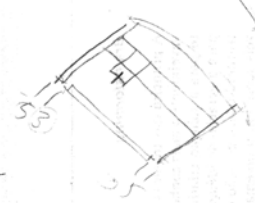
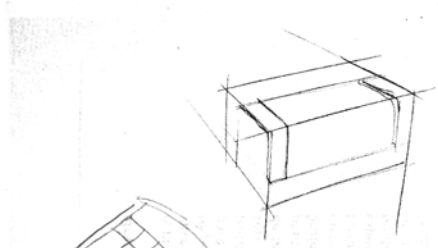
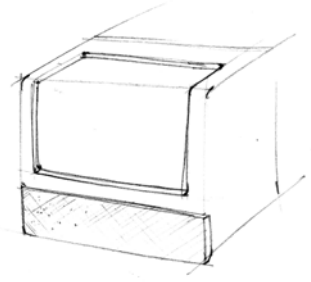
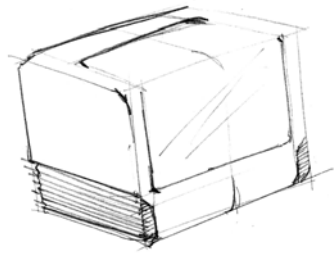
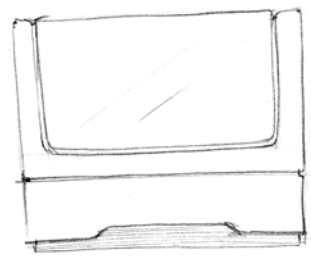
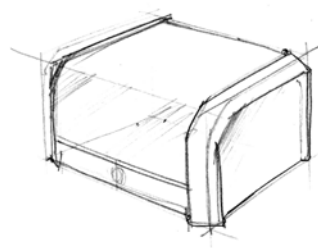
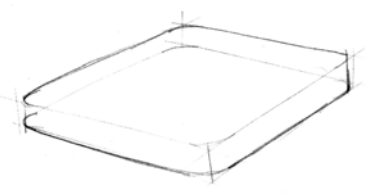
45°
VIEW

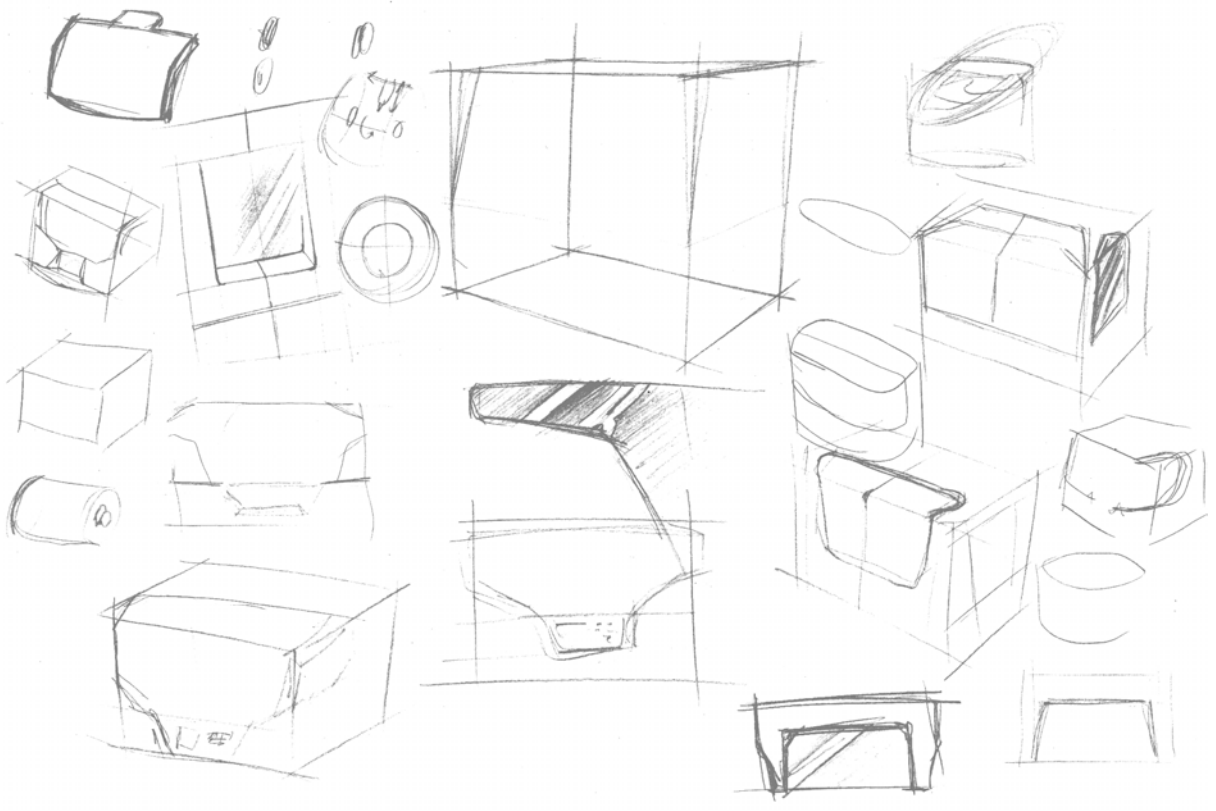
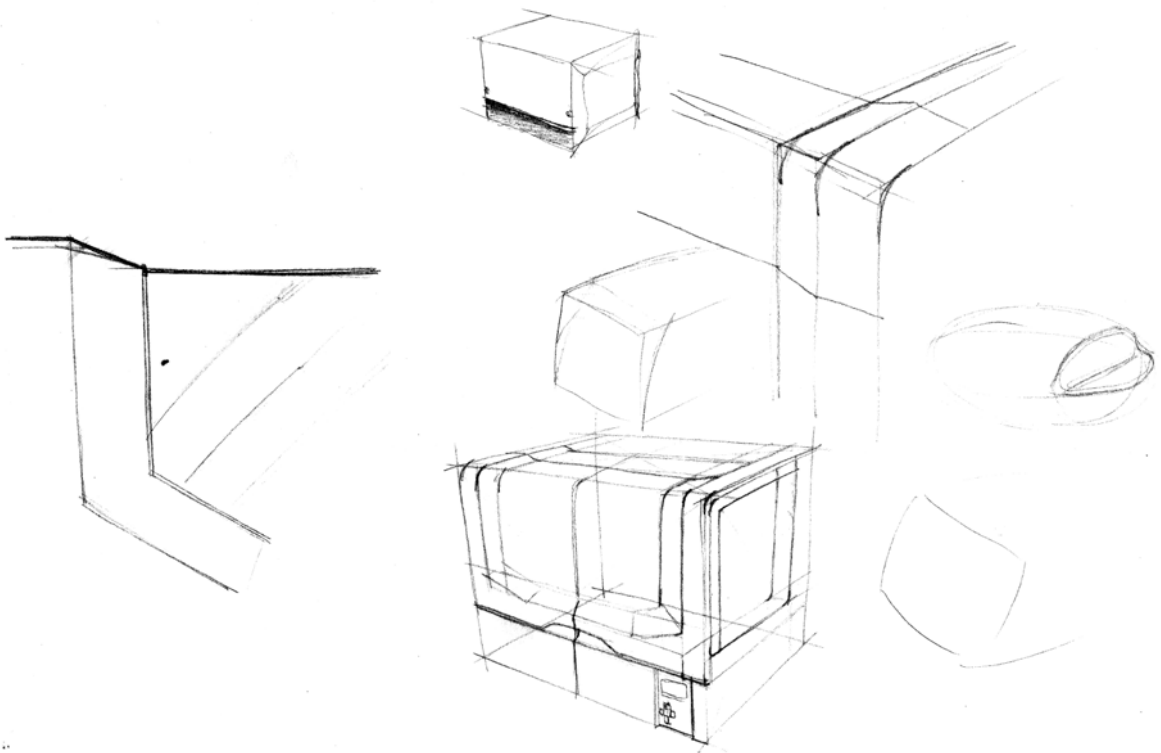
FIO RETRATIL

LIMPA

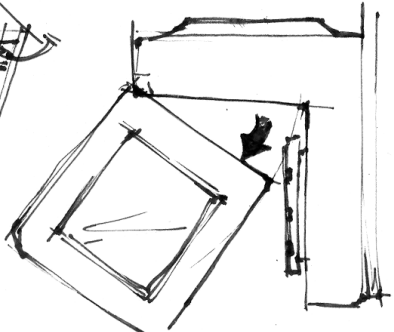
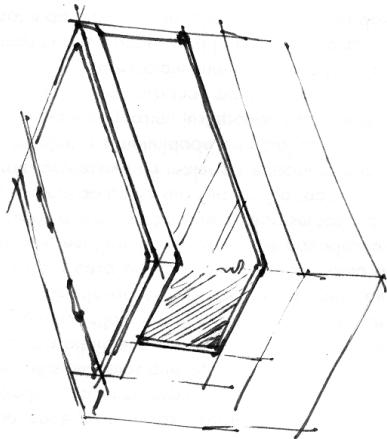
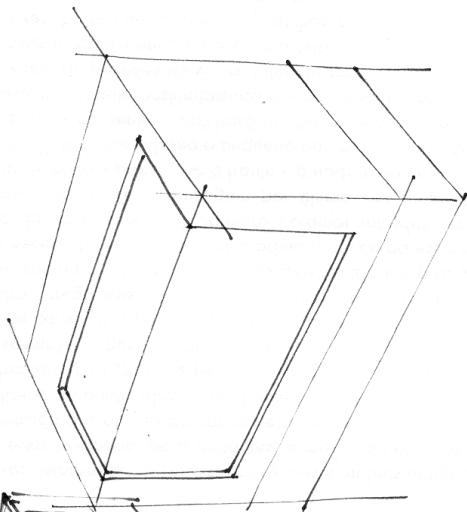
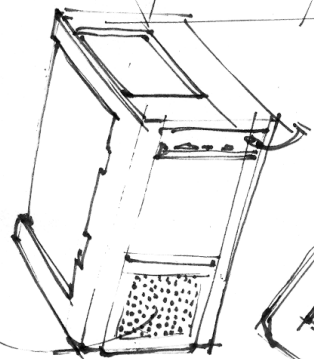
APÊNDICE B - DESENHOS DO AUTOR PARA ESTUDO DA FORMA



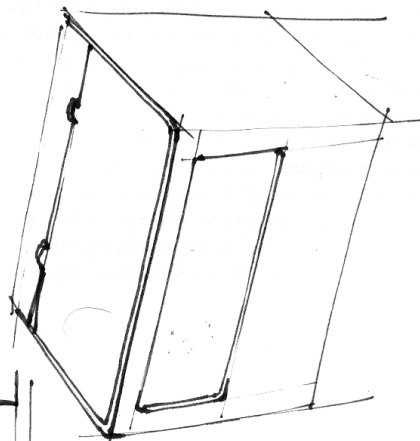
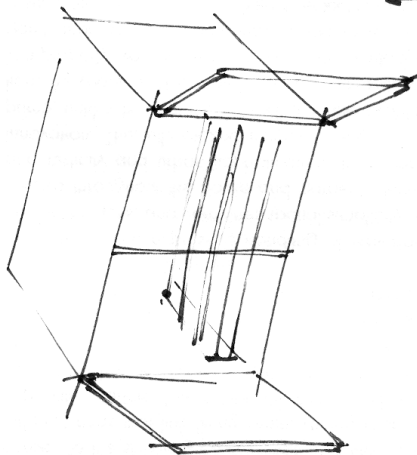
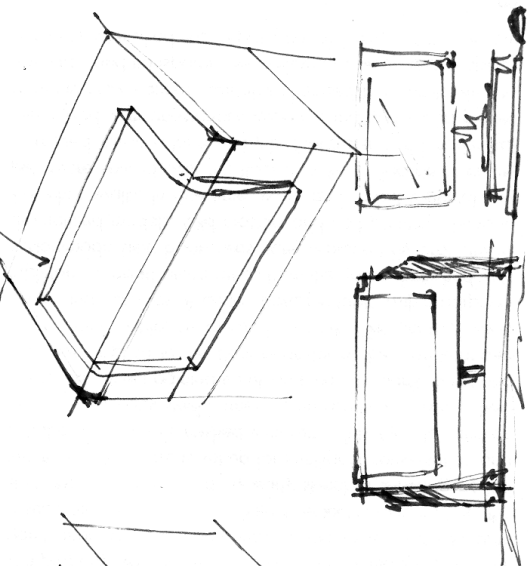


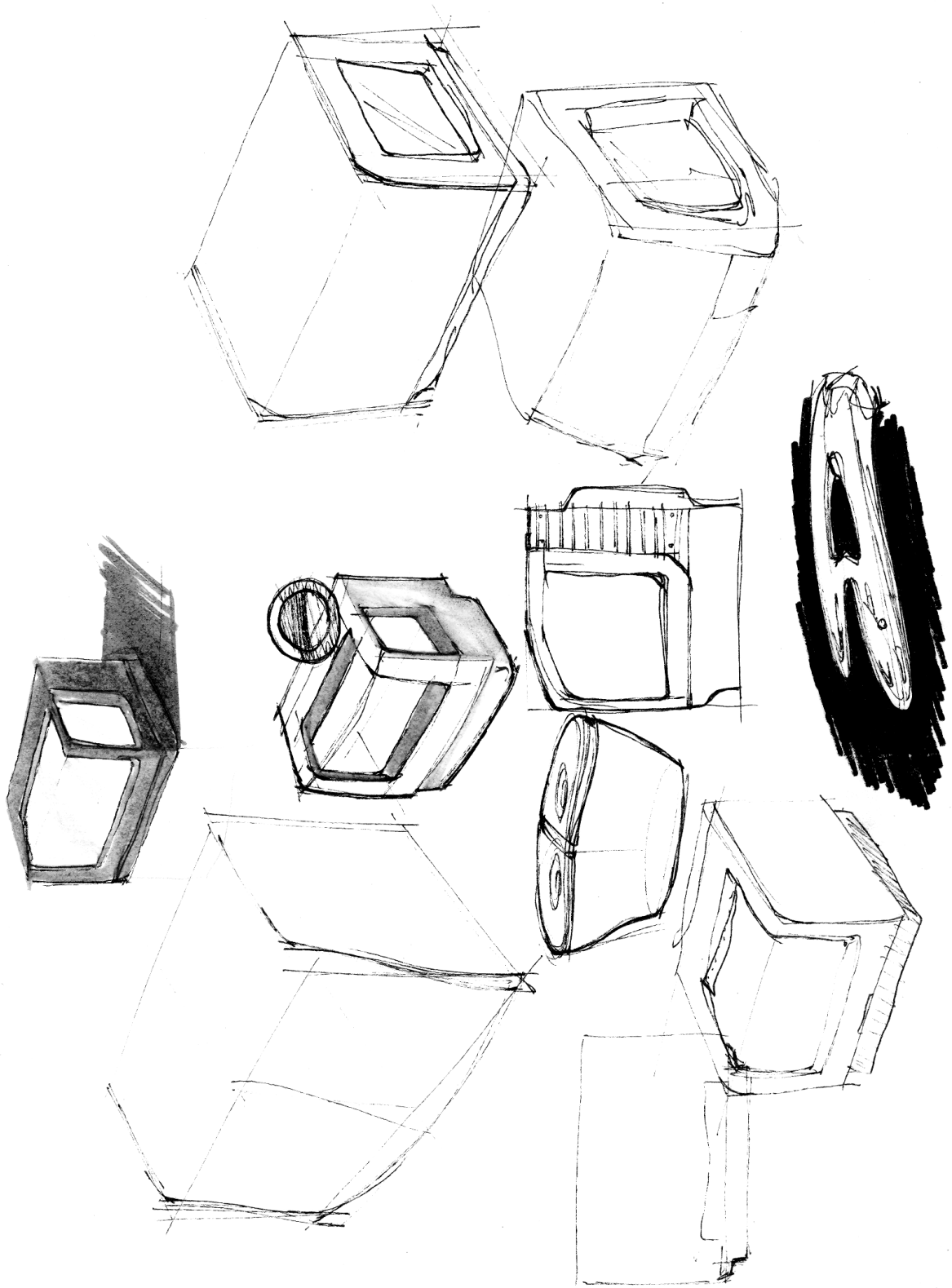


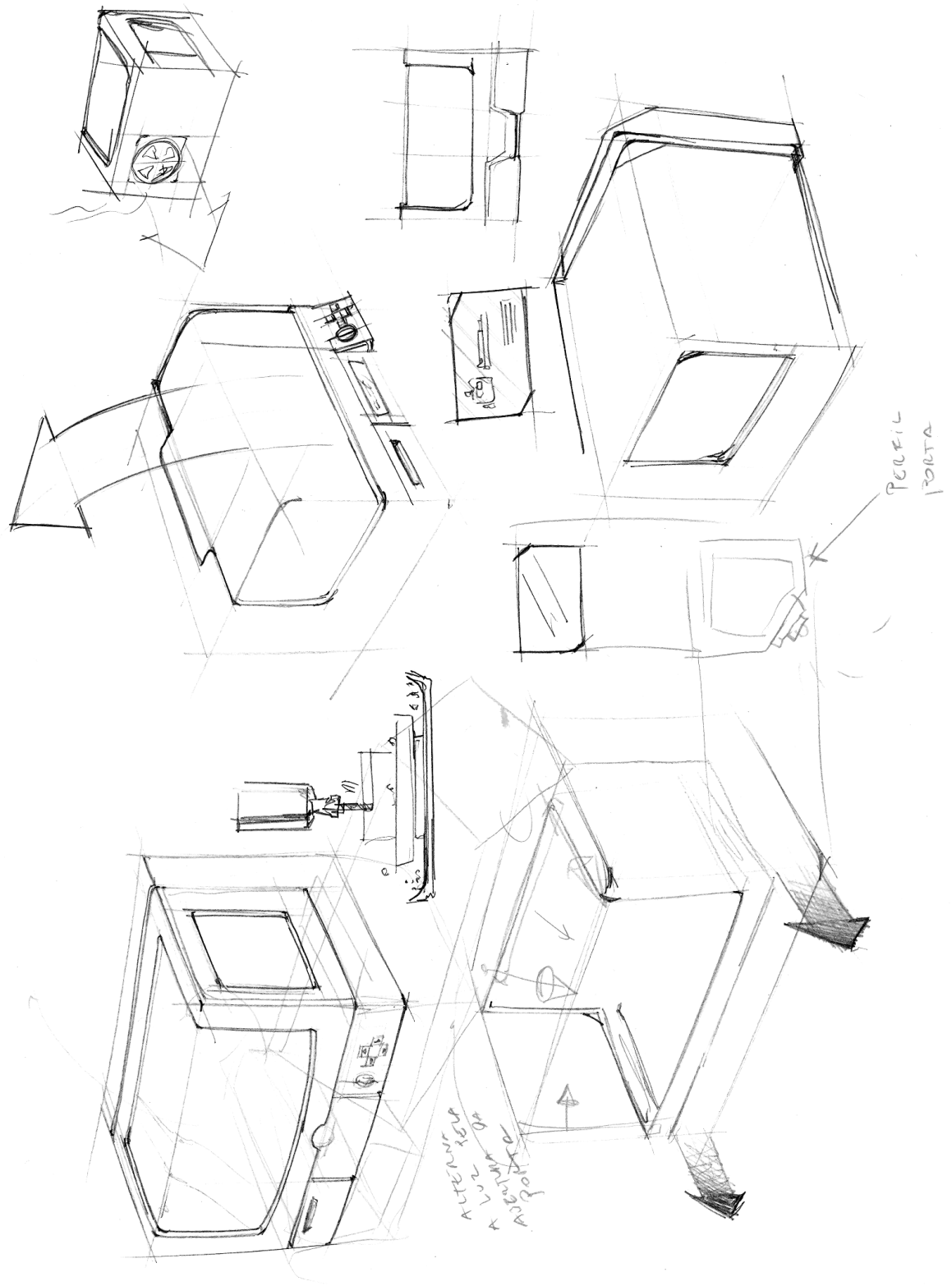
EXISTENTE

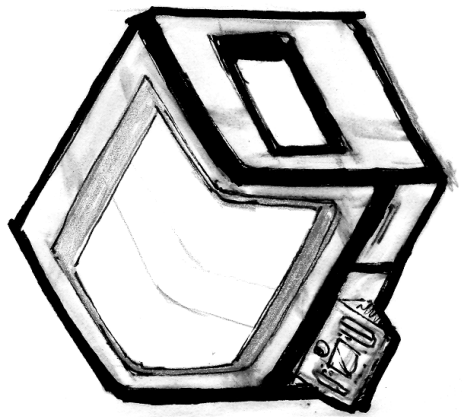
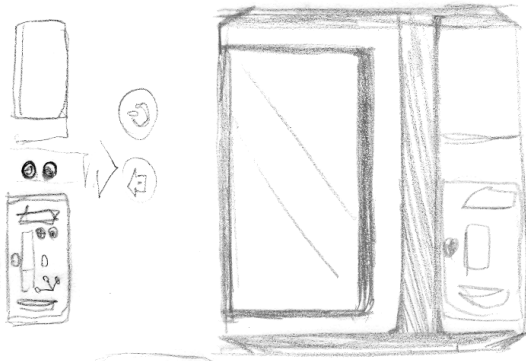
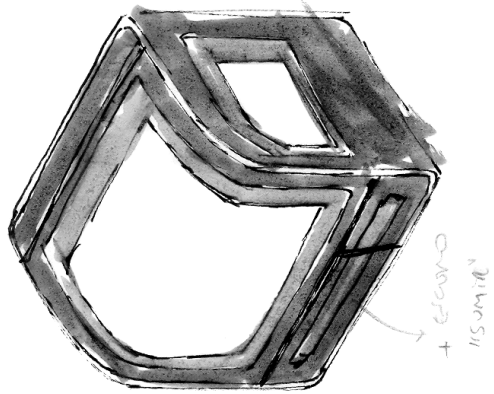
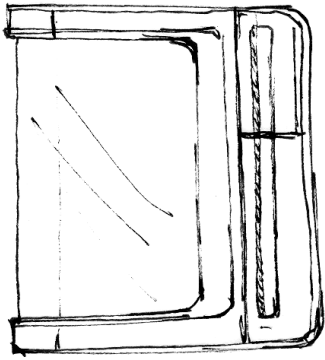


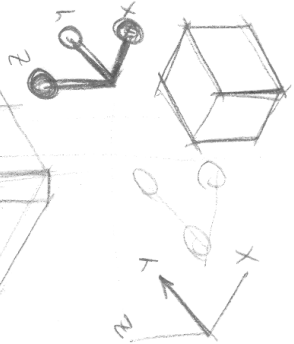
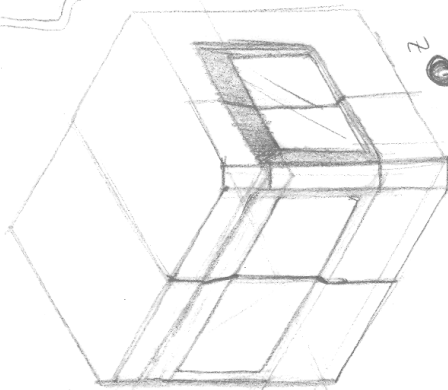
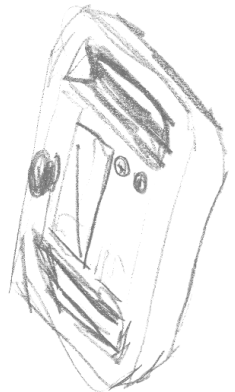
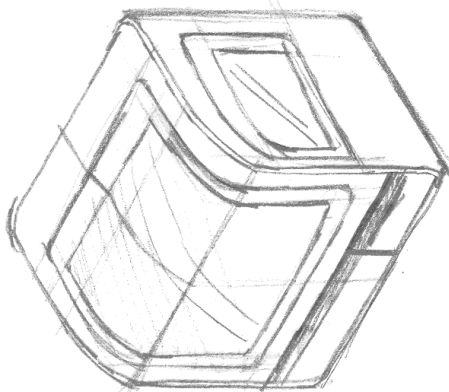
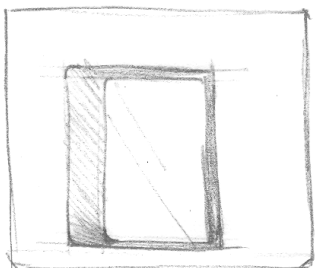
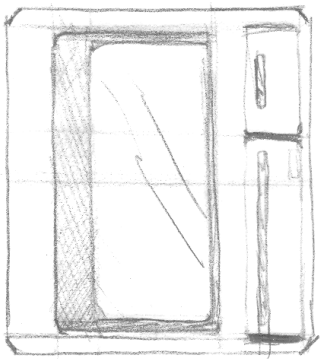
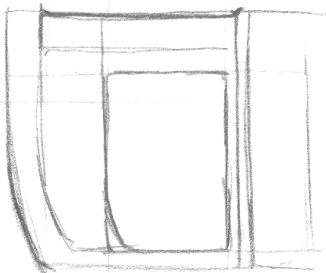
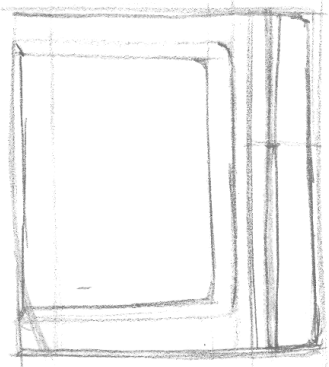
SAINDO DO PLANO

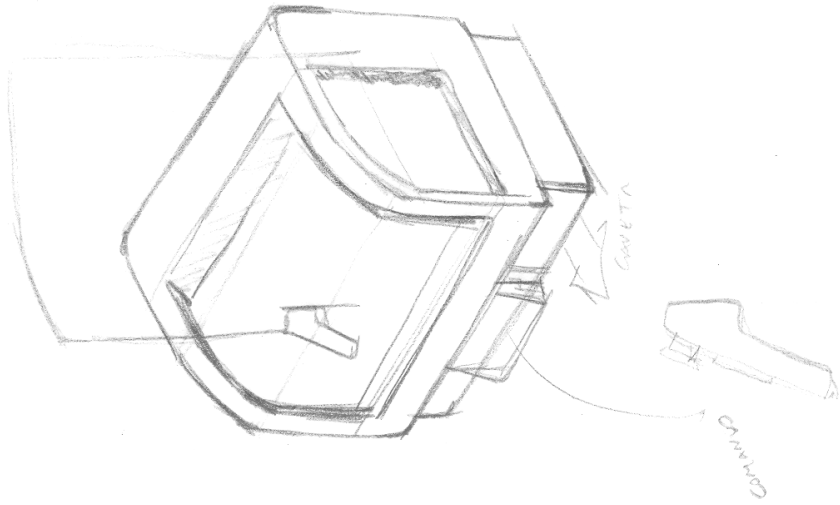
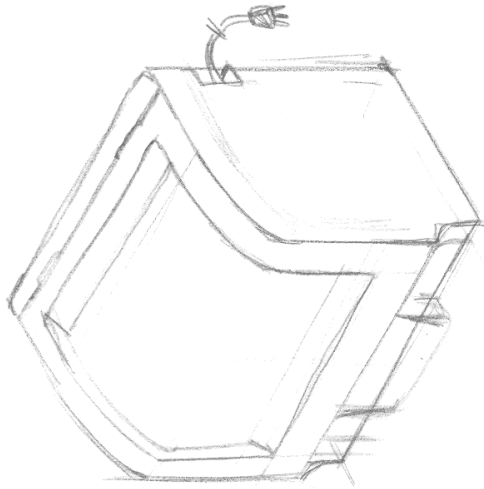
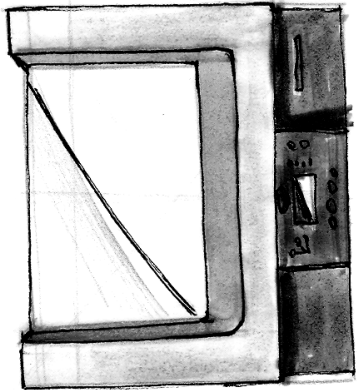


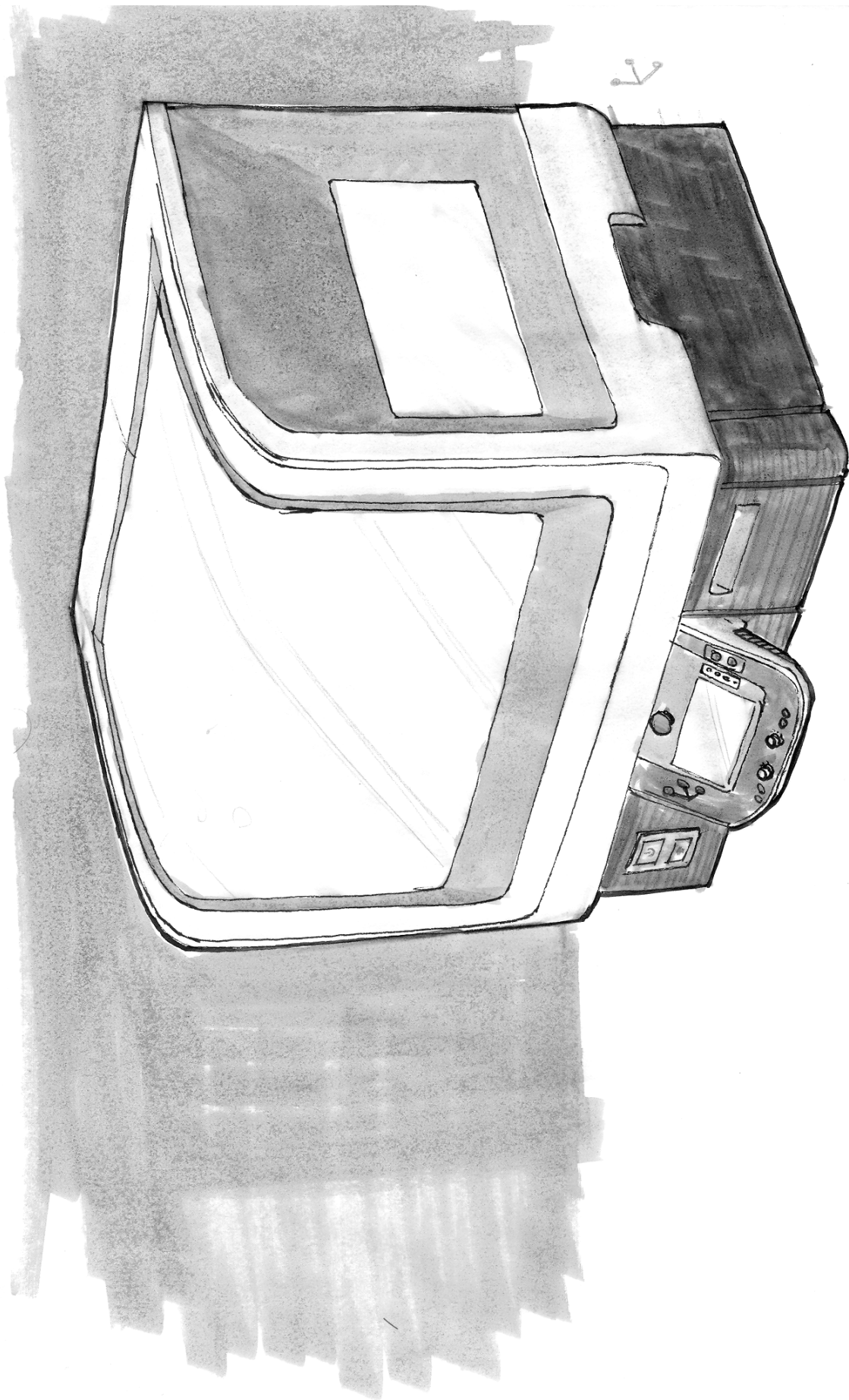








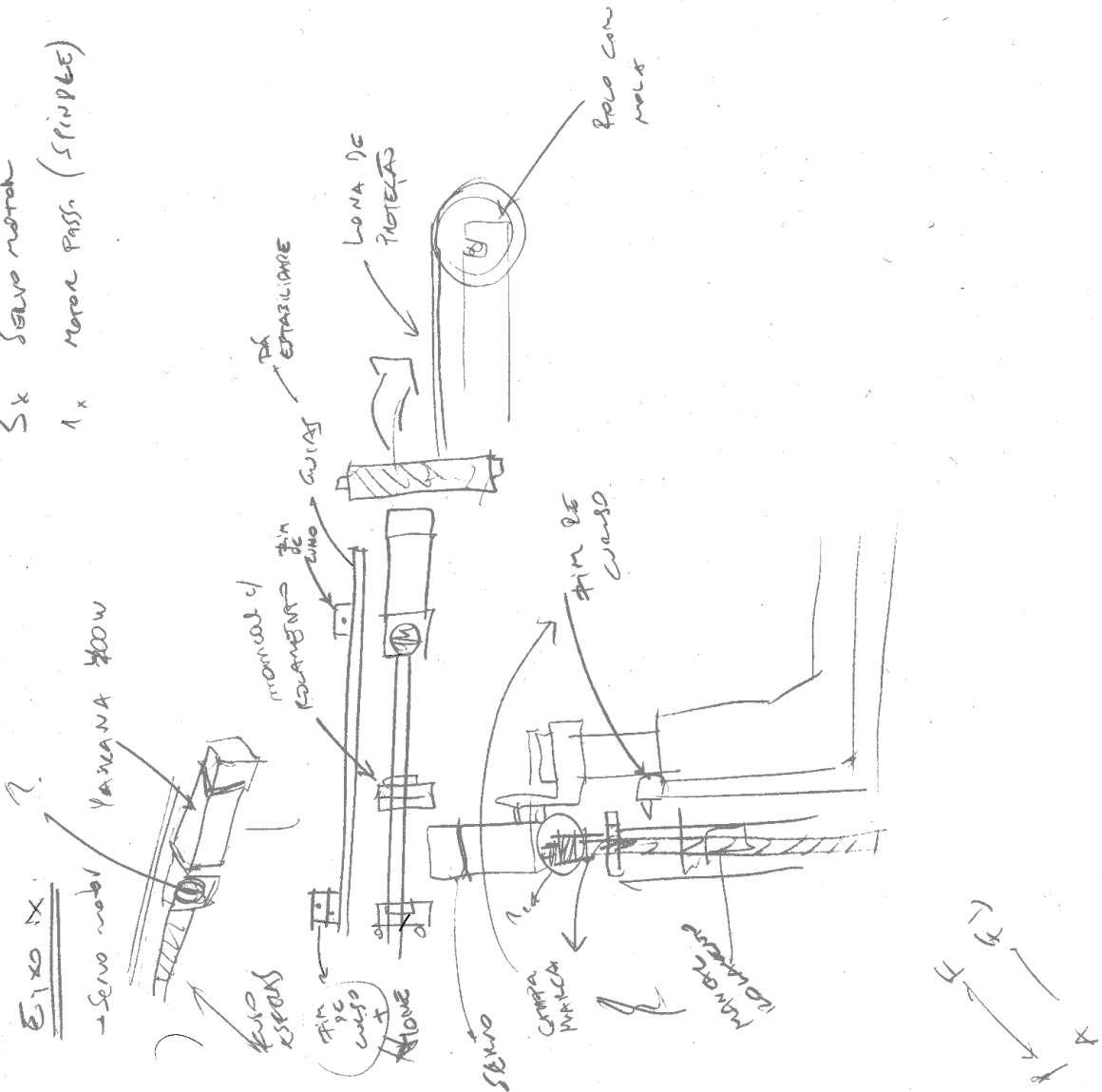




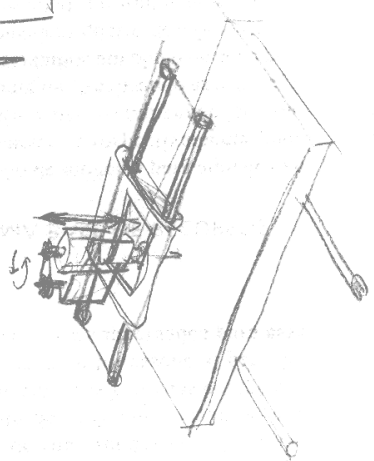
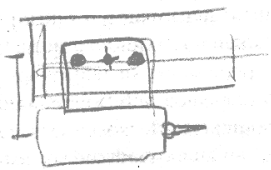
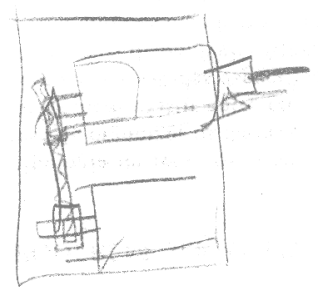
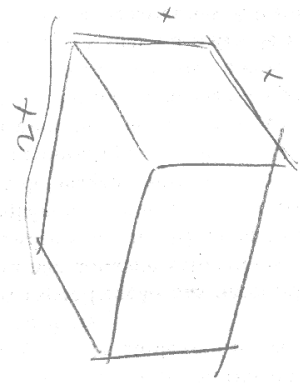
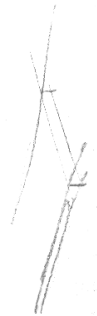
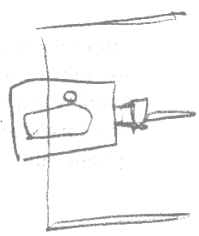
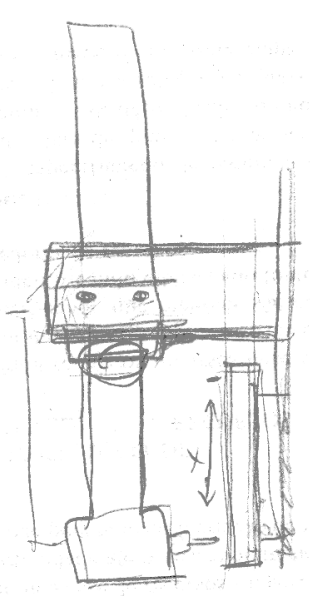
APÊNDICE C - DESENHOS DO AUTOR PARA ESTUDO DE DETALHAMENTO

DSM 19/05
 ANÁLISE FIC 3000RA
 FESMA ⇒ TR LUG

3x SERVO MOTOR
 1x MOTOR PASS (SIMPLE)

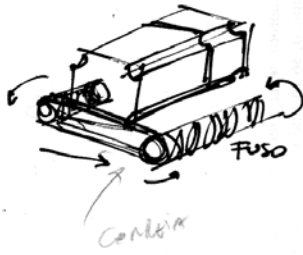


- Comparação e largura da mesa
- 6. no da mesa
- Máximas distâncias DA MESA
- MIN-MAX RPA SIMPLE
- Avanço mm/min
- Velocidade e potência do motor
- REIO QUE A MÁQUINA SUPORTA



→ APROVEITAR ESPAÇO

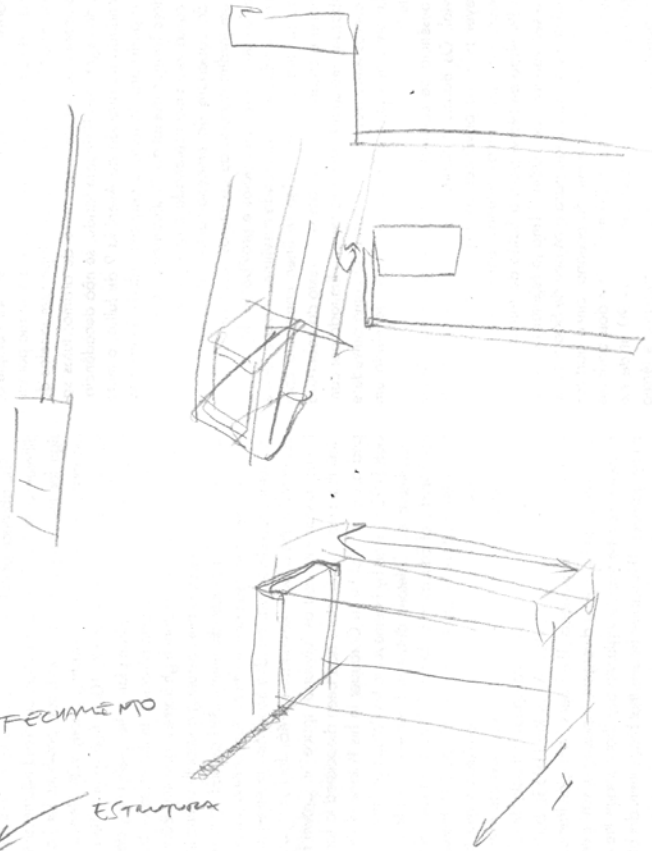
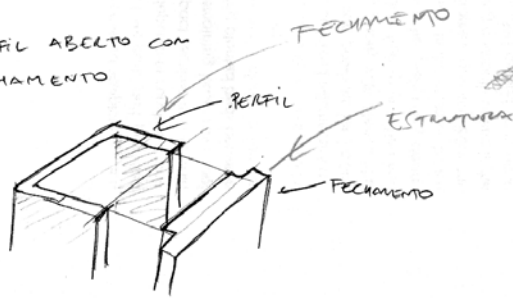
→ TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO

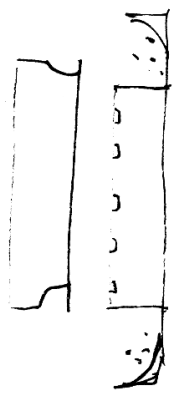
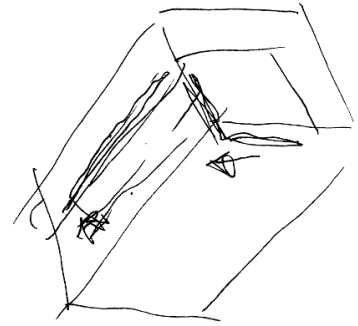
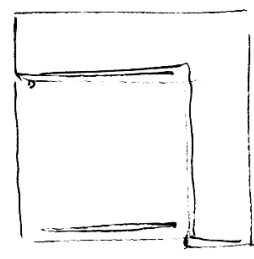
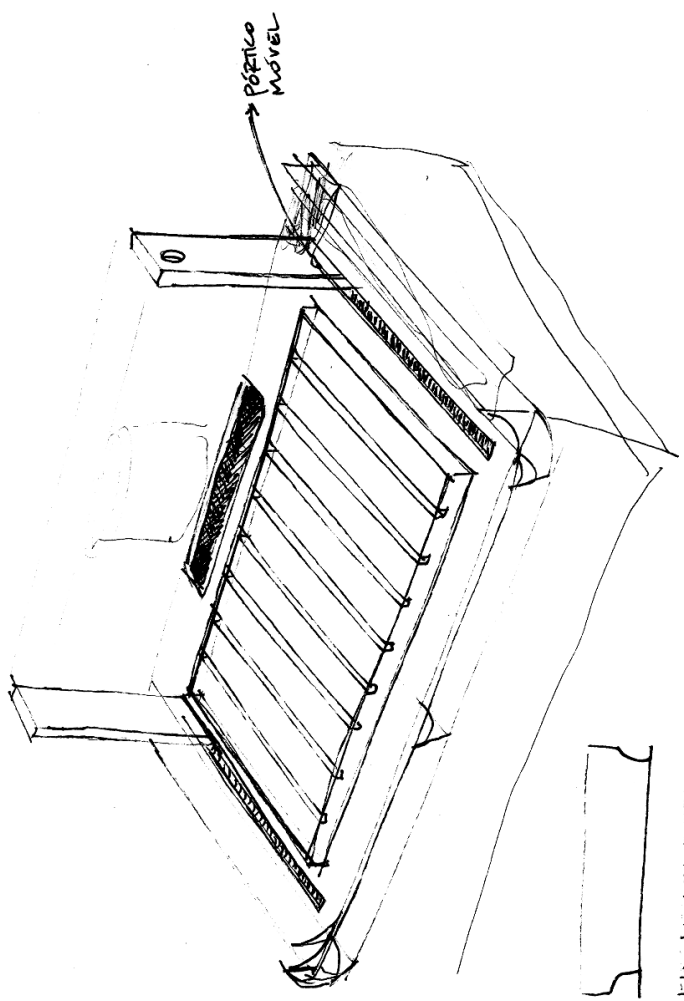
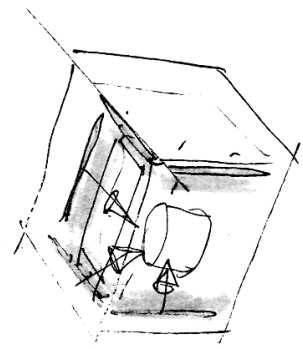
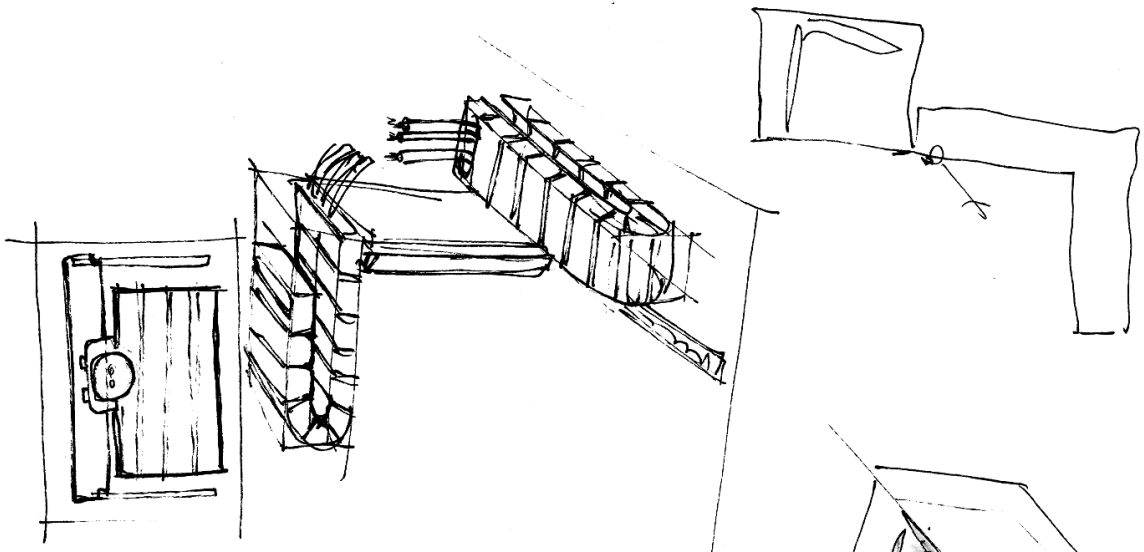


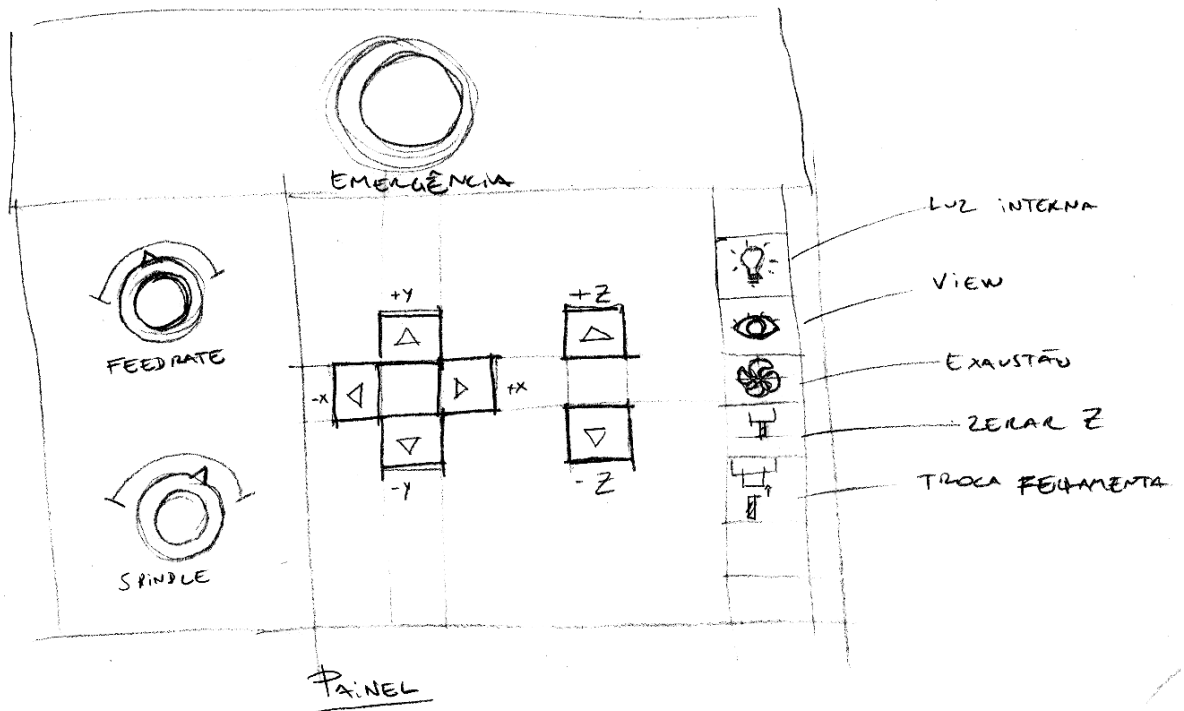
→ ESTRUTURA

↳ PERFIL FECHADO
COM COMPONENTES
EXTERNOS?

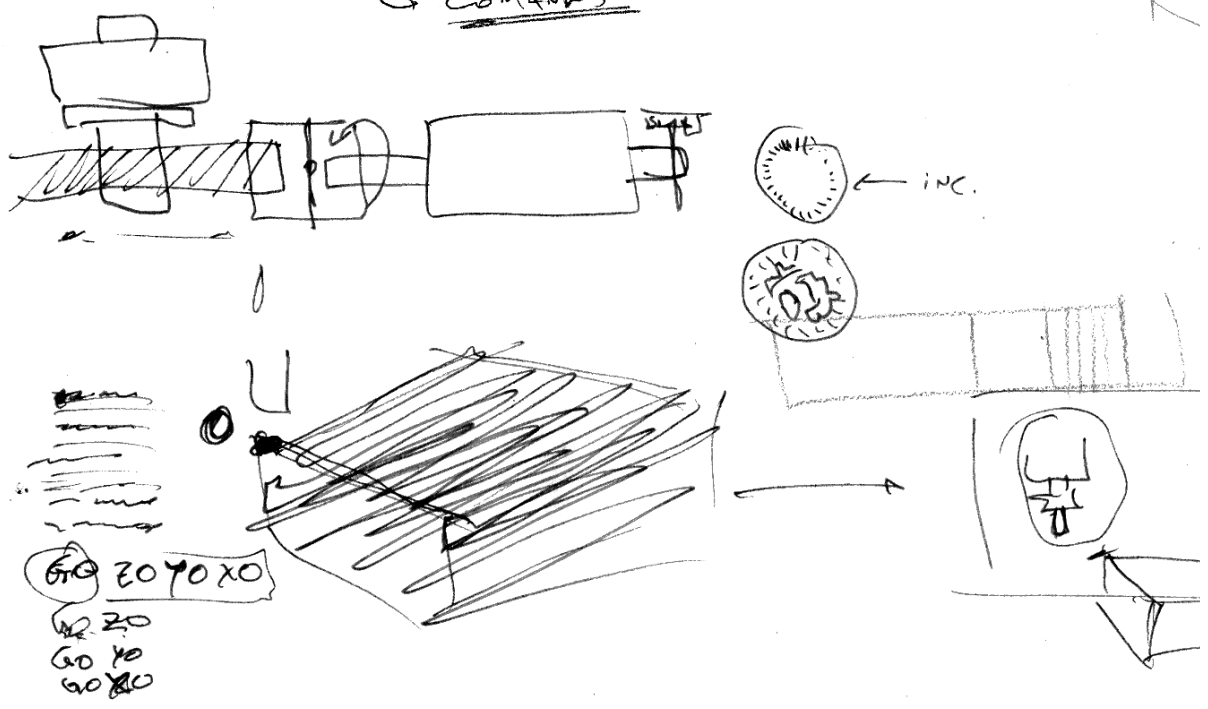
↳ PERFIL ABERTO COM
FECHAMENTO





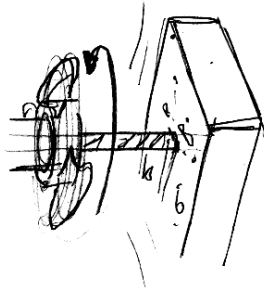


COMANDOS



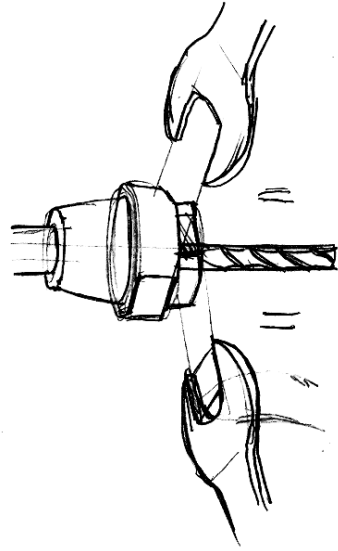
IDEIAS

→ Hélice (ventilador) junto à pinça



→ Pinça magnetizada (facilita troca)

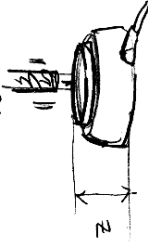
↳ TIPS APALAFUSADEIRA



→ Bloco padronizado

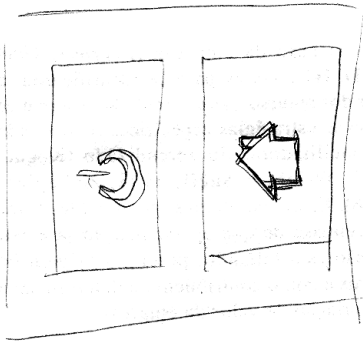
↳ GUIAS DE FIXAÇÃO

→ Dispositivo para zerar Z

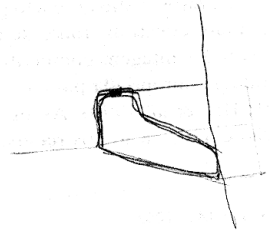
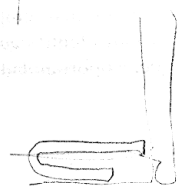
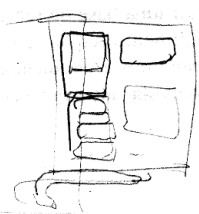
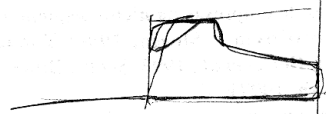
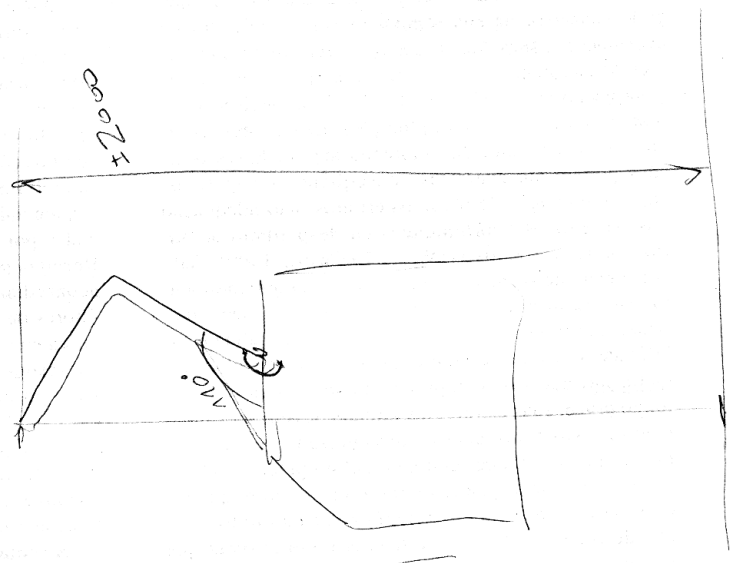
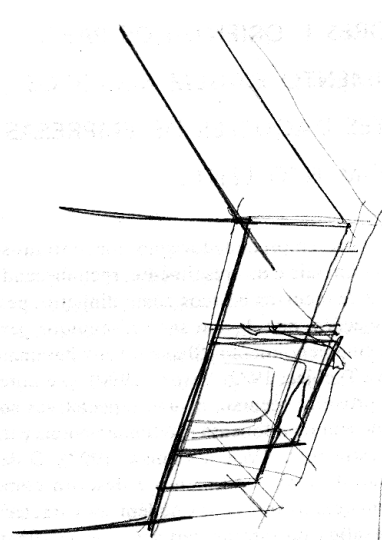
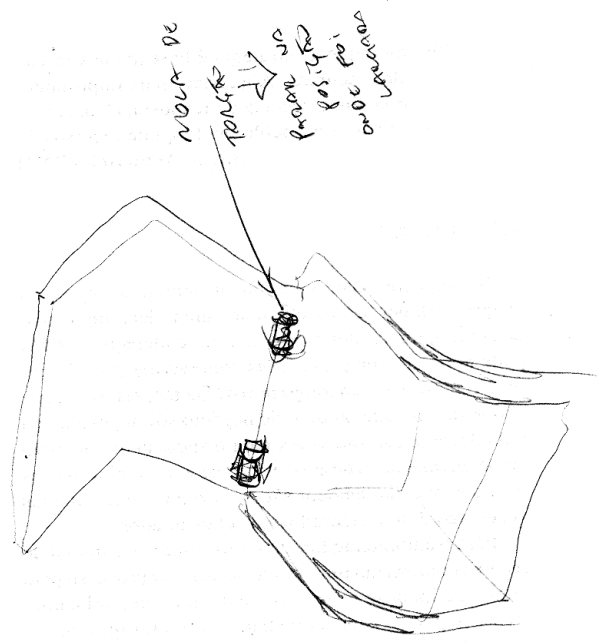


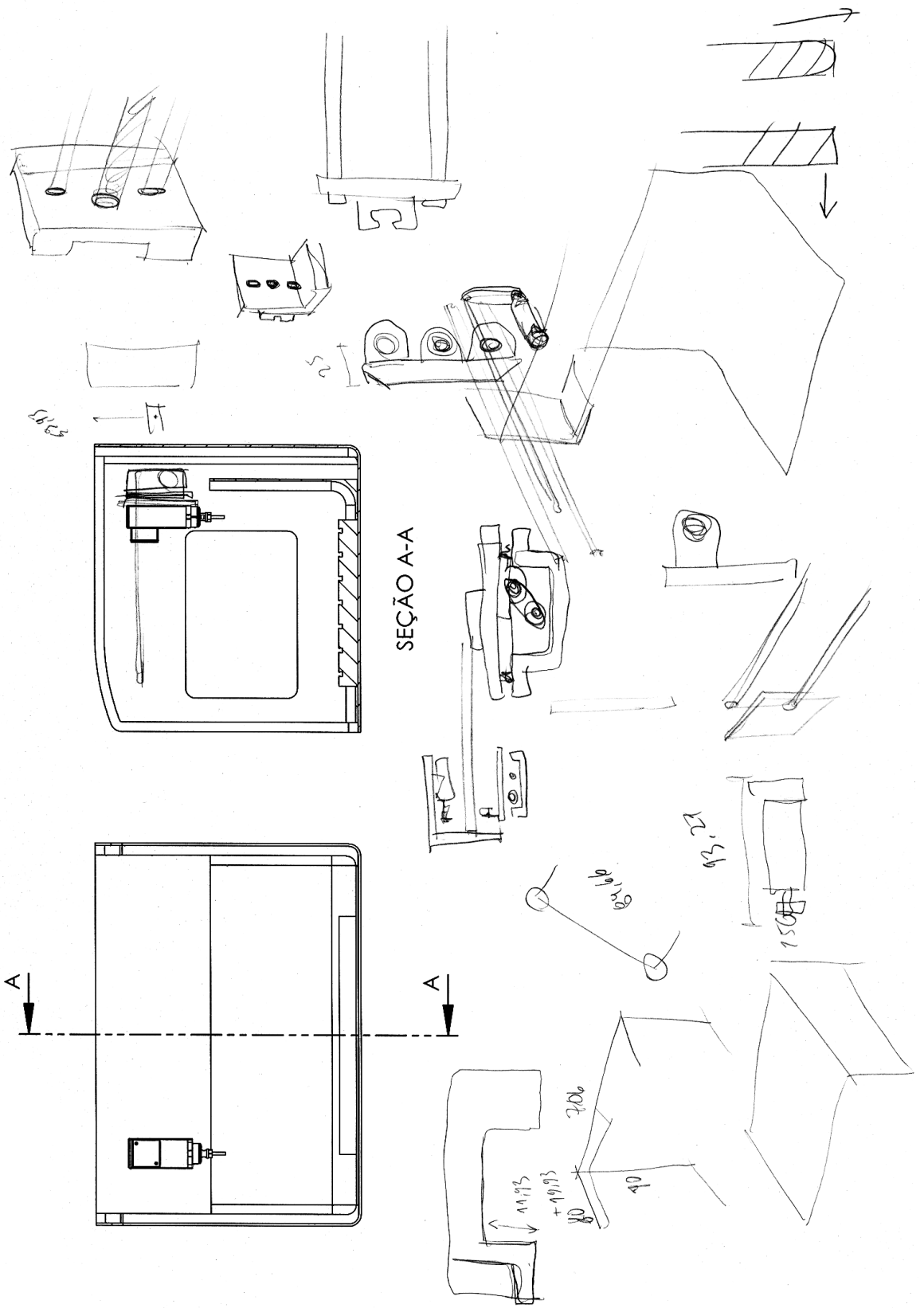
→ Controle remoto

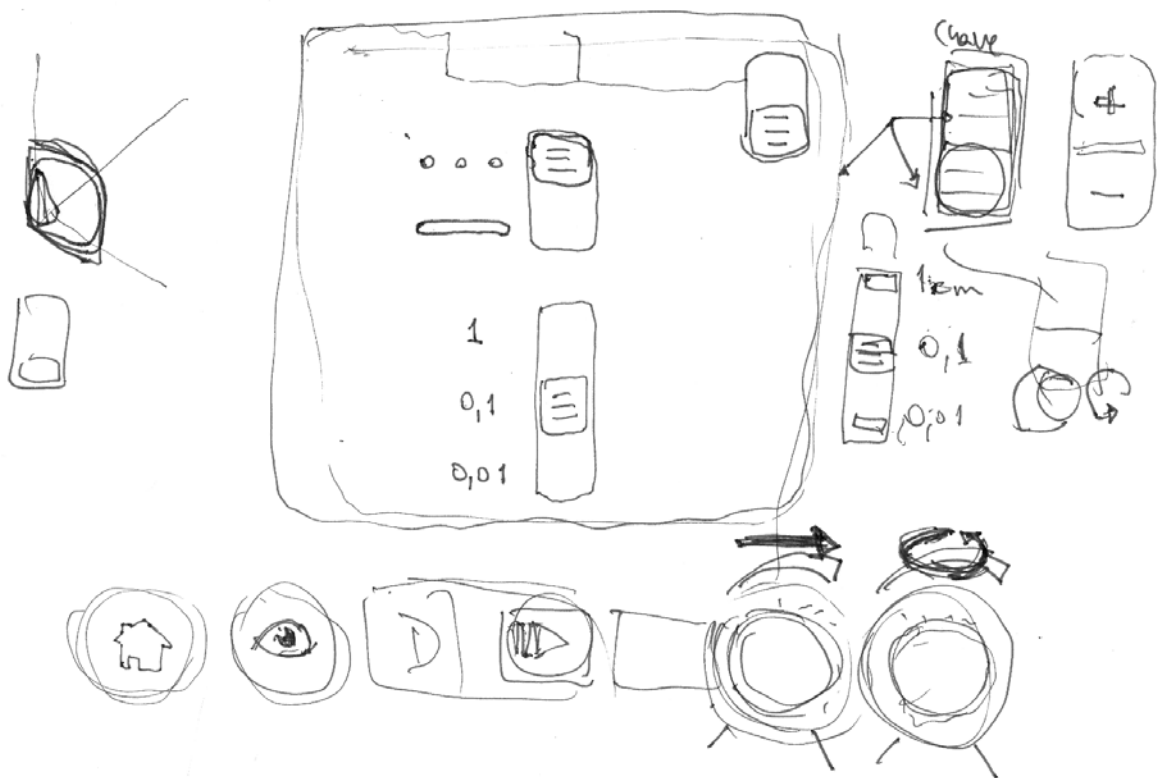
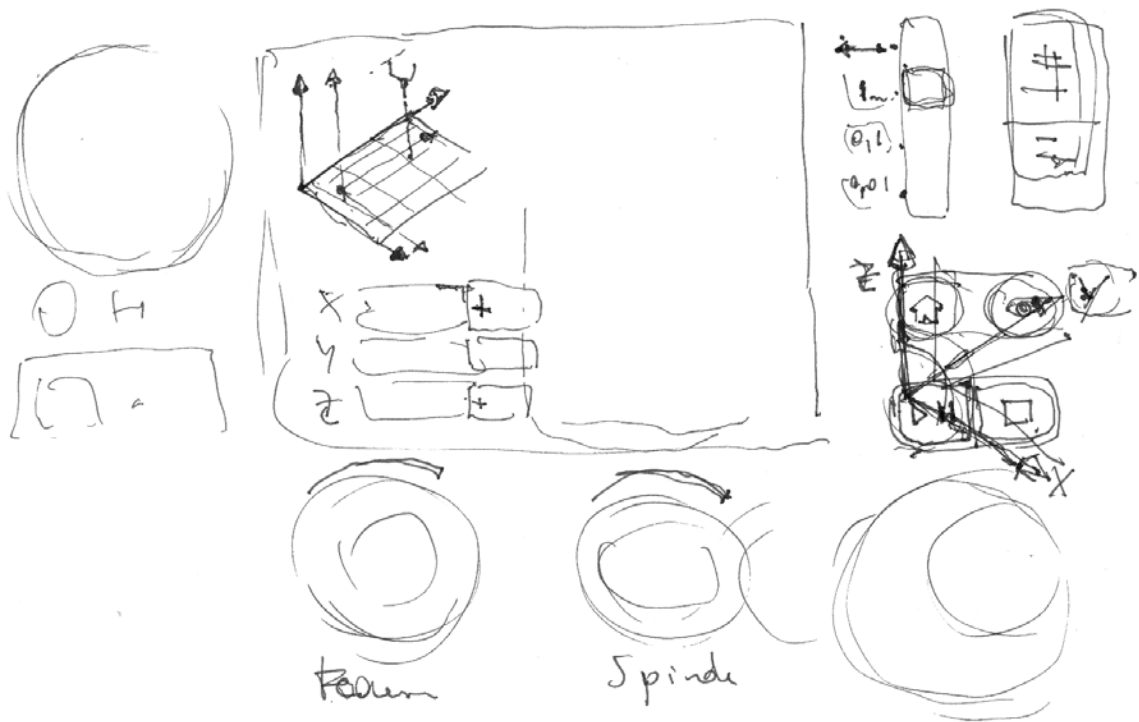
↳ COM FIO (SEGURANÇA)

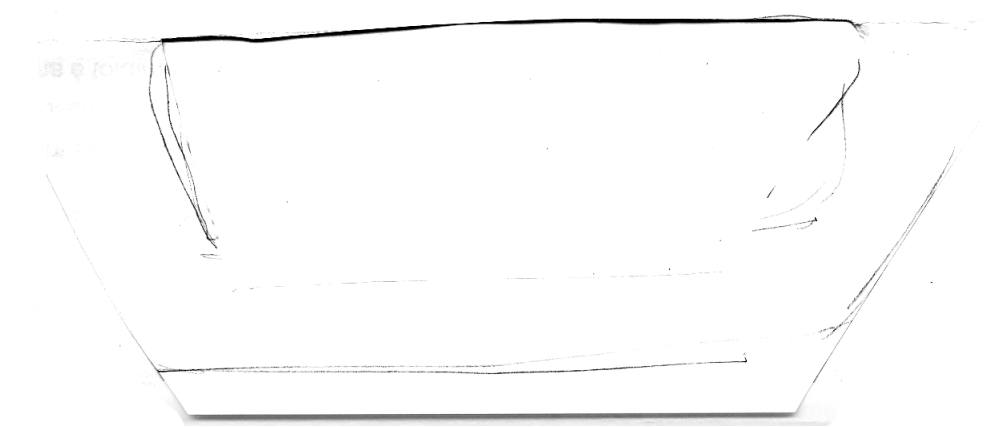
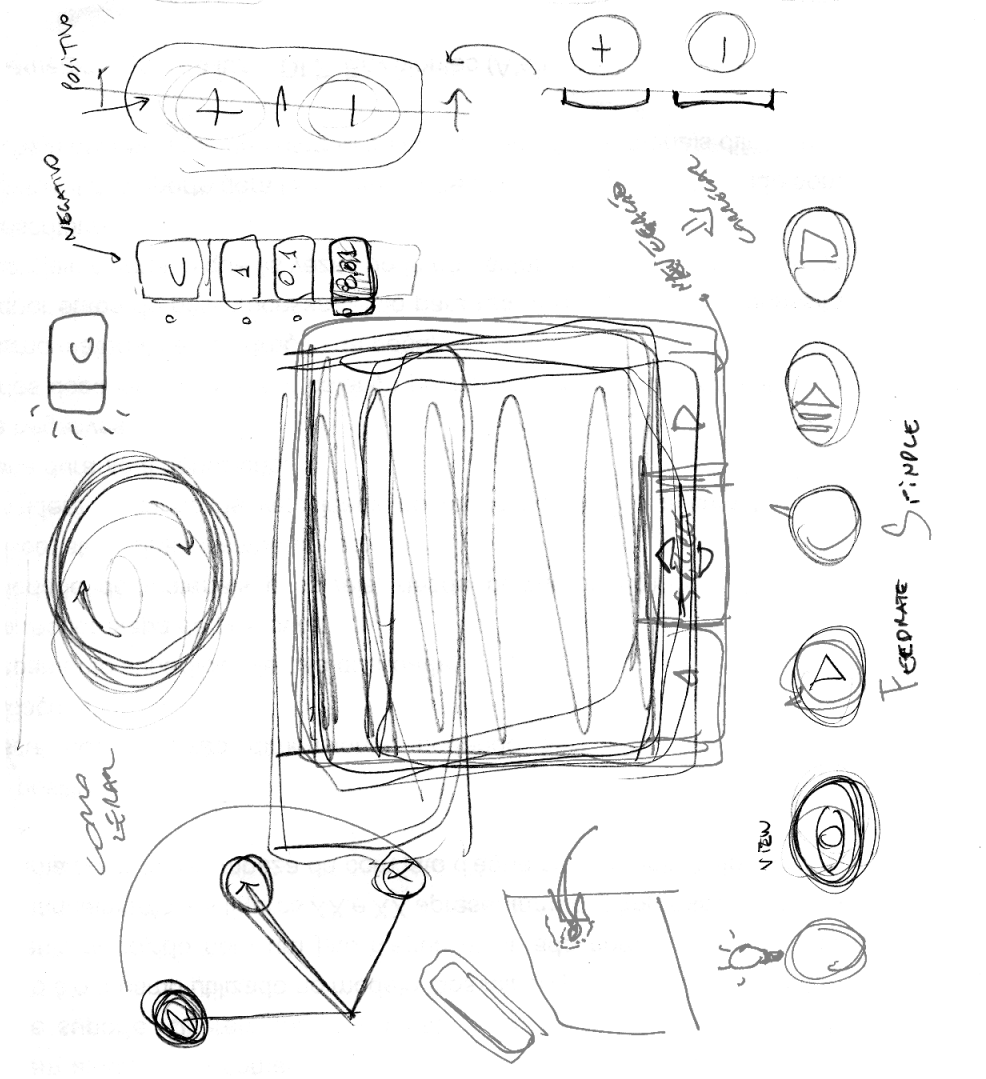
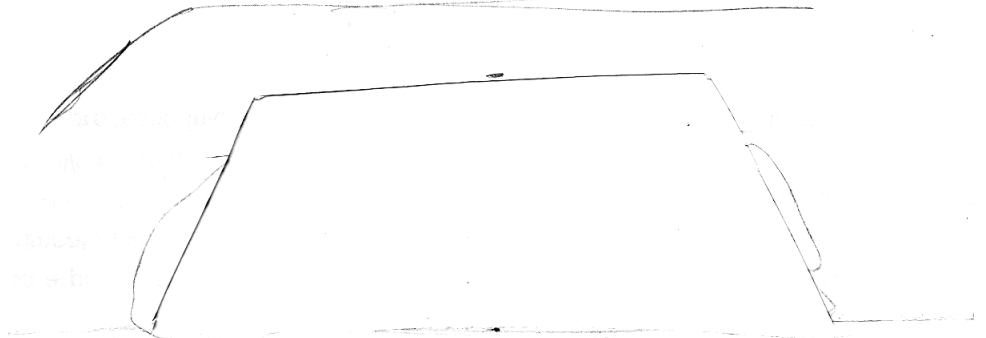


025

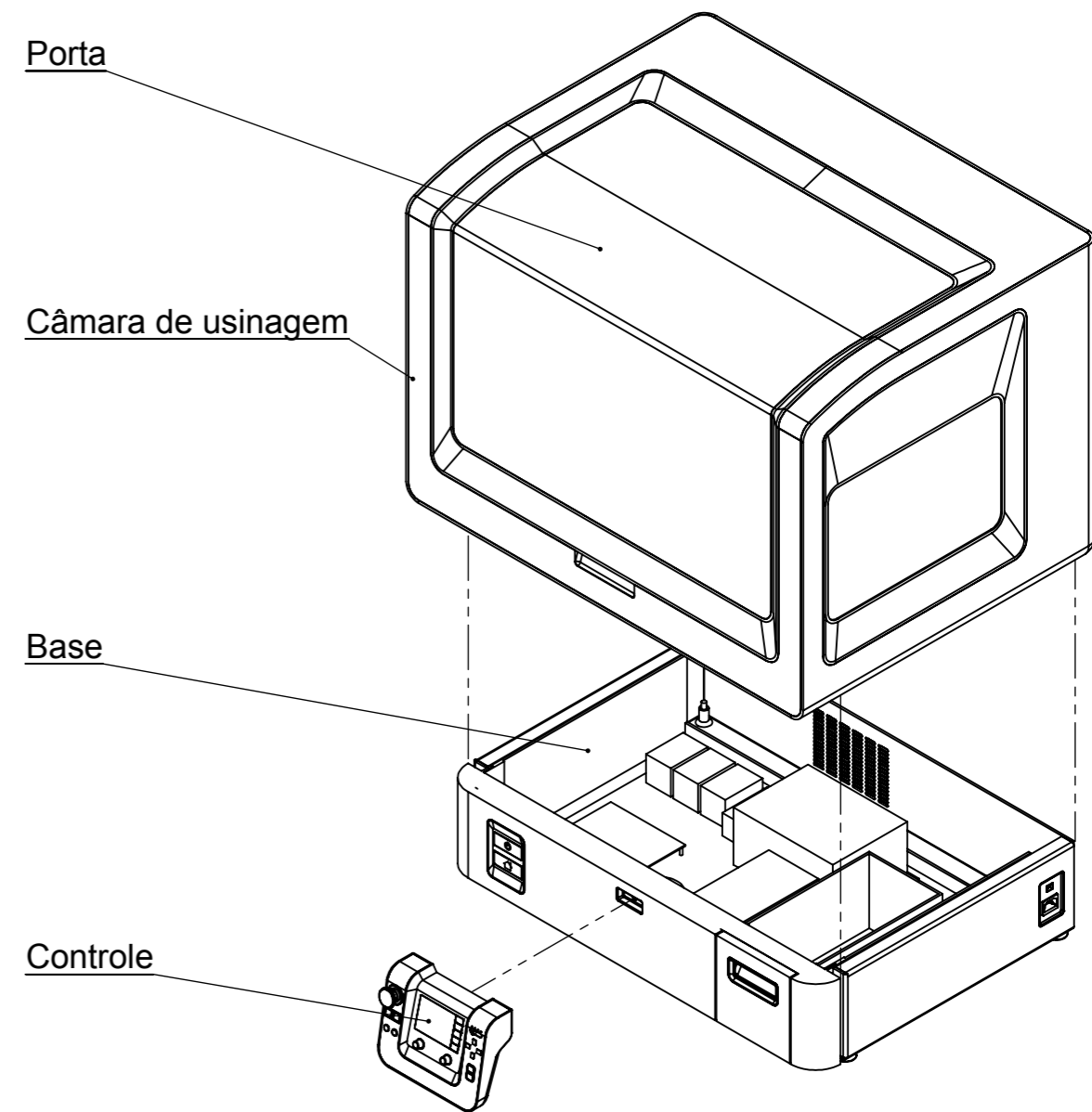
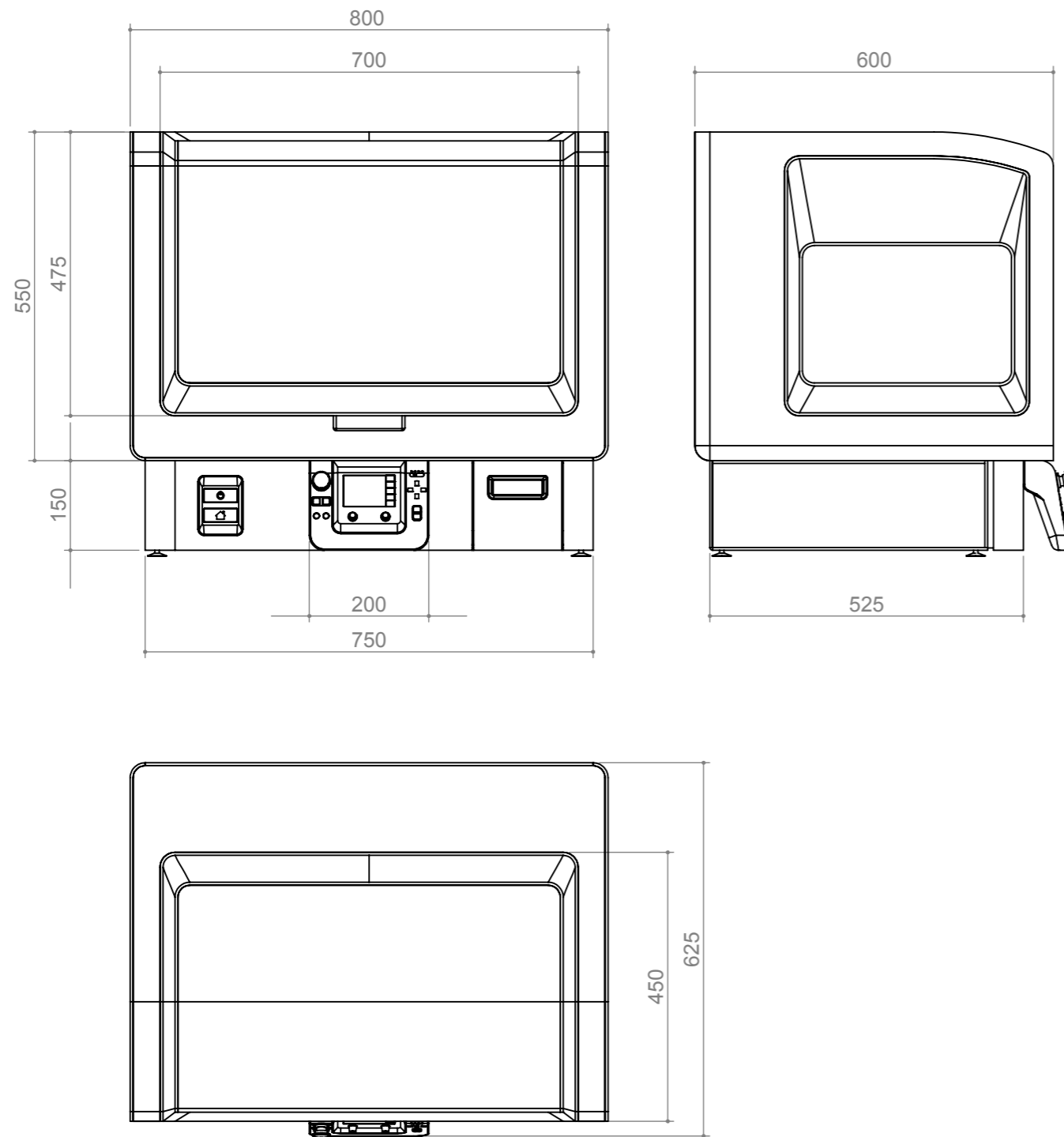








APÊNDICE D - DETALHAMENTO TÉCNICO



Medidas gerais

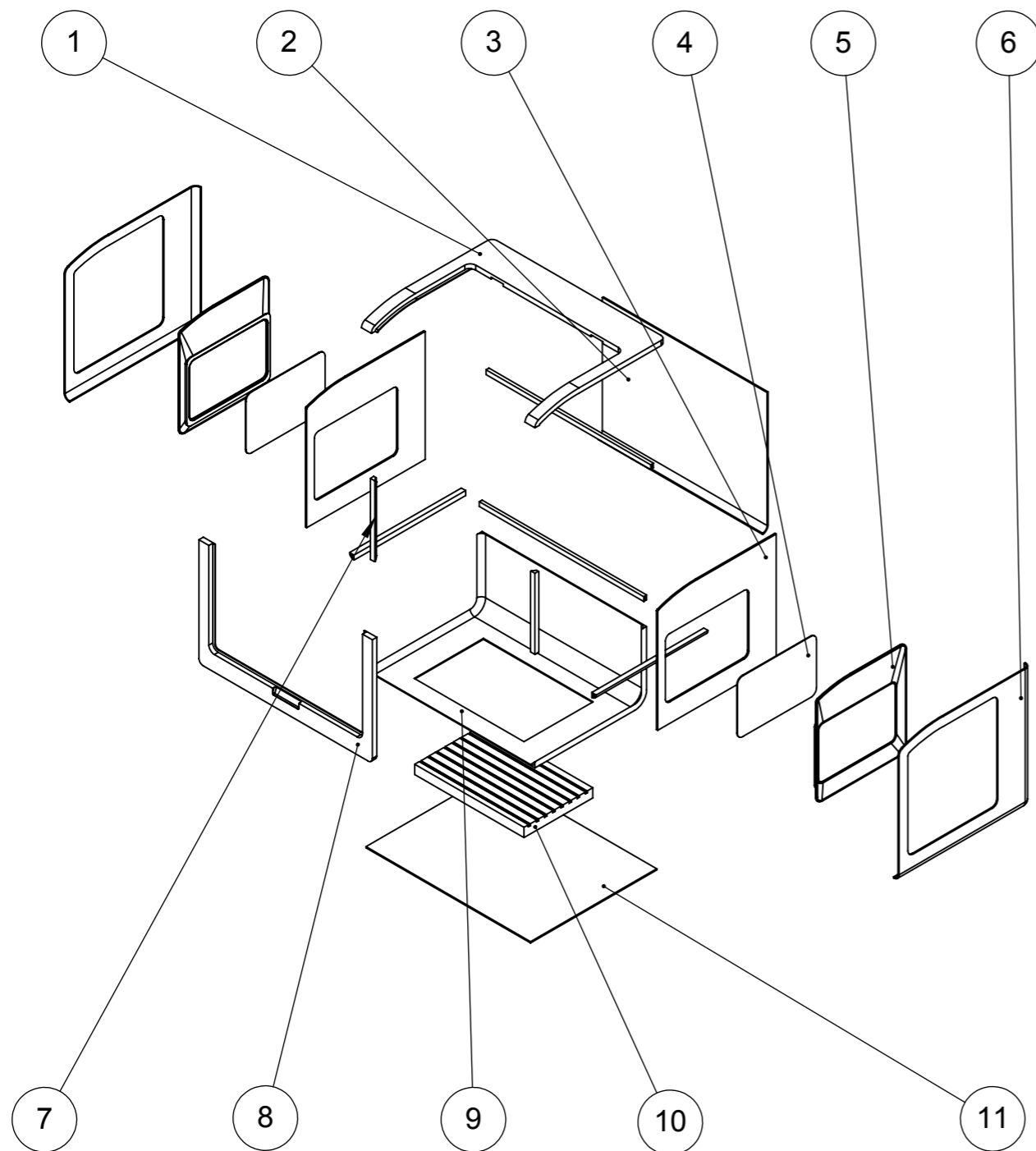
Escala: 1:10

Projeto: Equipamento para confecção de modelos



Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros



Nº do componente	Nome da peça	Descrição	Qtd.	Página
1	Fechamento superior	Peça injetada em ABS	1	8
2	Fechamento traseiro	Peça injetada em ABS	1	9
3	Estrutura lateral	Chapa de alumínio 6mm recortada	2	10
4	Janela lateral	Chapa de policarbonato 5mm	2	10
5	Suporte janela lateral	Peça injetada em ABS	2	11
6	Fechamento lateral	Peça Injetada em ABS	2	12
7	Iluminação interna	Fita de LED com suporte em ABS	2	13
8	Fechamento frontal	Peça injetada em ABS	1	14
9	Bandeja	Peça injetada em ABS	1	15
10	Mesa	Peça em aço fundido com acabamento usinado	1	16
11	Suporte da mesa	Chapa de aço 5mm recortada	1	16



Câmara de usinagem - explodida

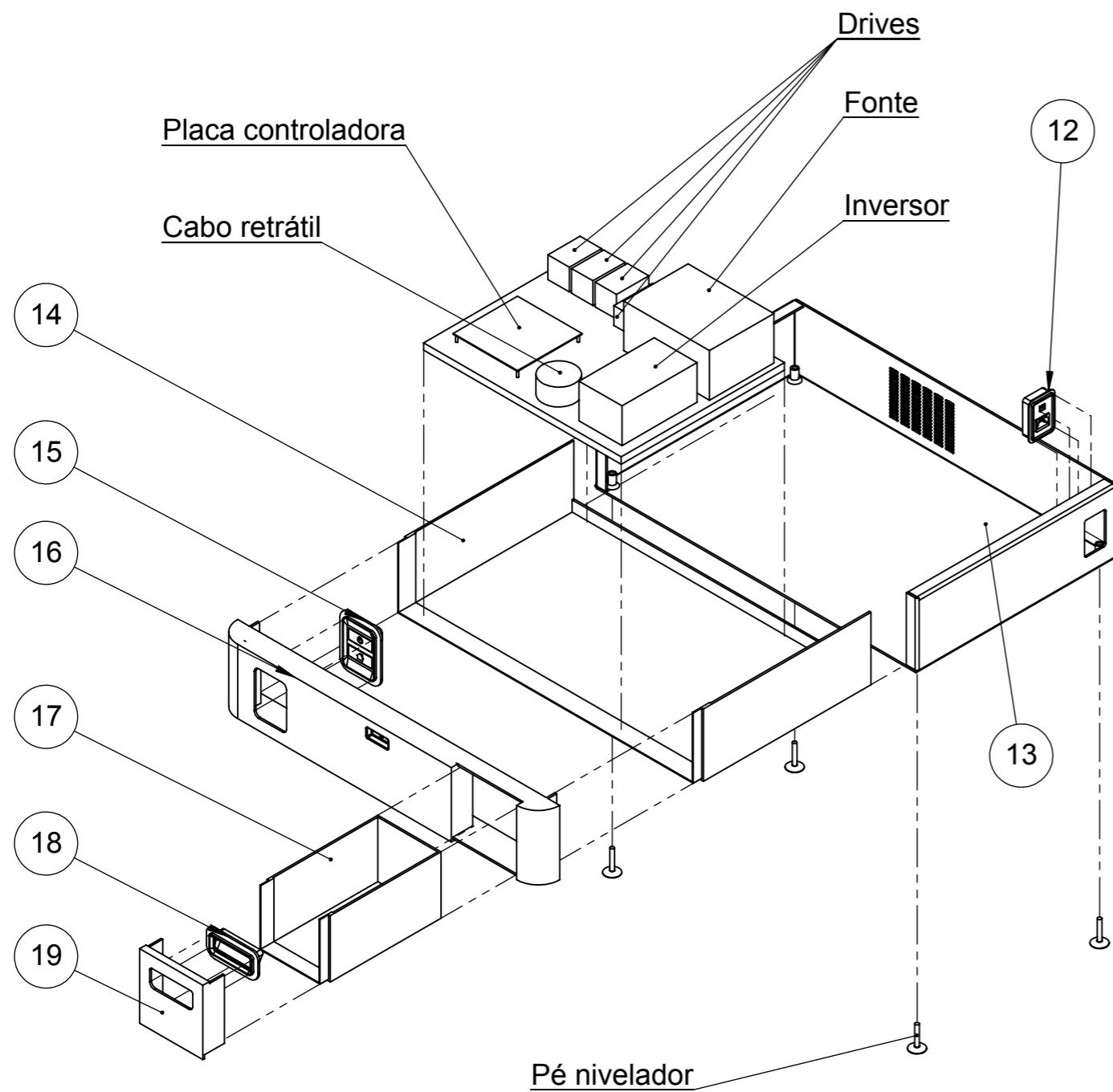
Escala: 1:20

Projeto: Equipamento para confecção de modelos



Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros



Nº do componente	Nome da peça	Descrição	Qtd.	Página
12	Espelho USB e alimentação	Peça injetada em ABS	1	17
13	Carenagem base	Chapa de aço 4mm corte e dobra com pintura eletrostática	1	18
14	Fundo da gaveta de componentes	Peça injetada em ABS	1	19
15	Espelho de comandos de inicialização	Peça injetada em ABS	1	20
16	Frente da gaveta de componentes	Peça injetada em ABS	1	21
17	Fundo da gaveta de ferramentas	Peça injetada em ABS	1	22
18	Puxador da gaveta de ferramentas	Peça injetada em ABS	1	23
19	Frente da gaveta de ferramentas	Peça injetada em ABS	1	23



Base - explodida

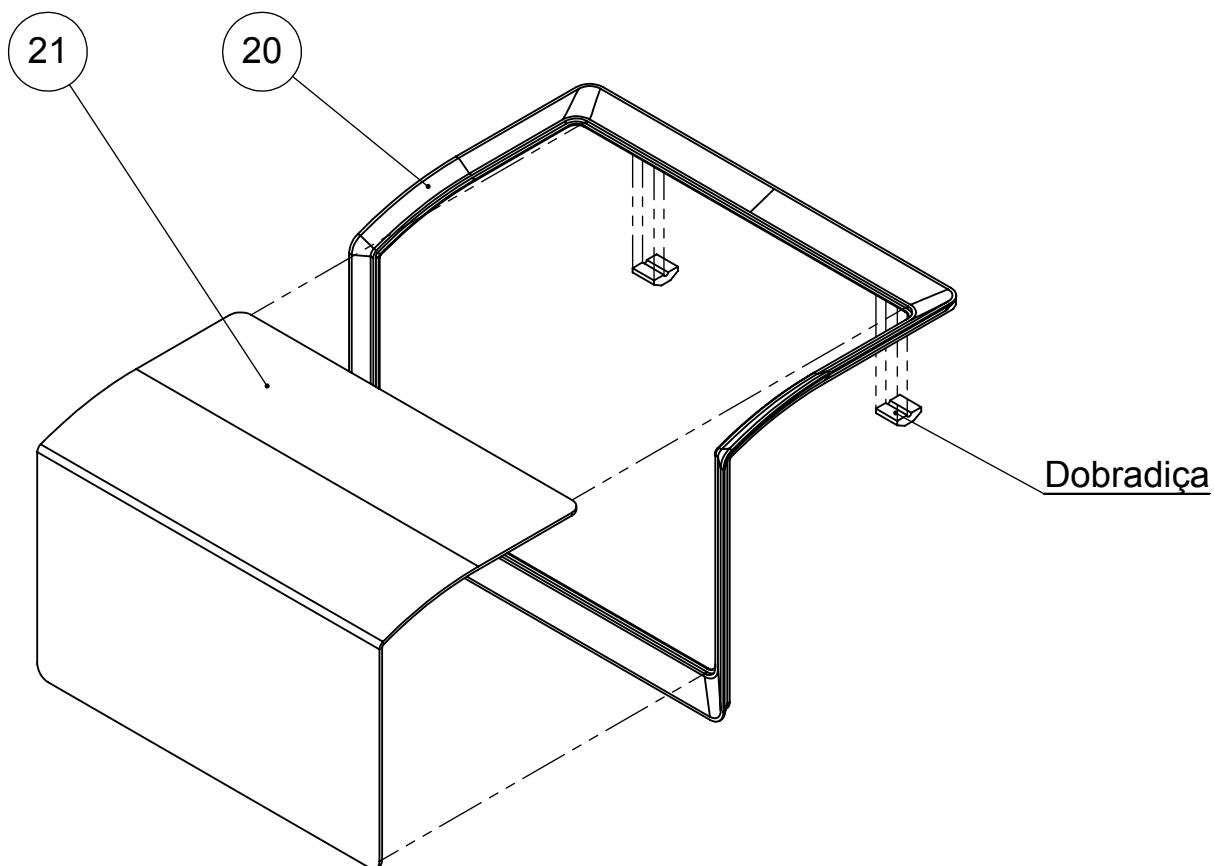
Escala: 1:10

Projeto: Equipamento para confecção de modelos



Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros



Nº do componente	Nome da peça	Descrição	Qty.	Página
20	Fechamento da porta	Peça injetada em ABS	1	24
21	Janela frontal	Chapa de policarbonato 5mm	1	25



Porta - explodida

Escala: 1:10

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

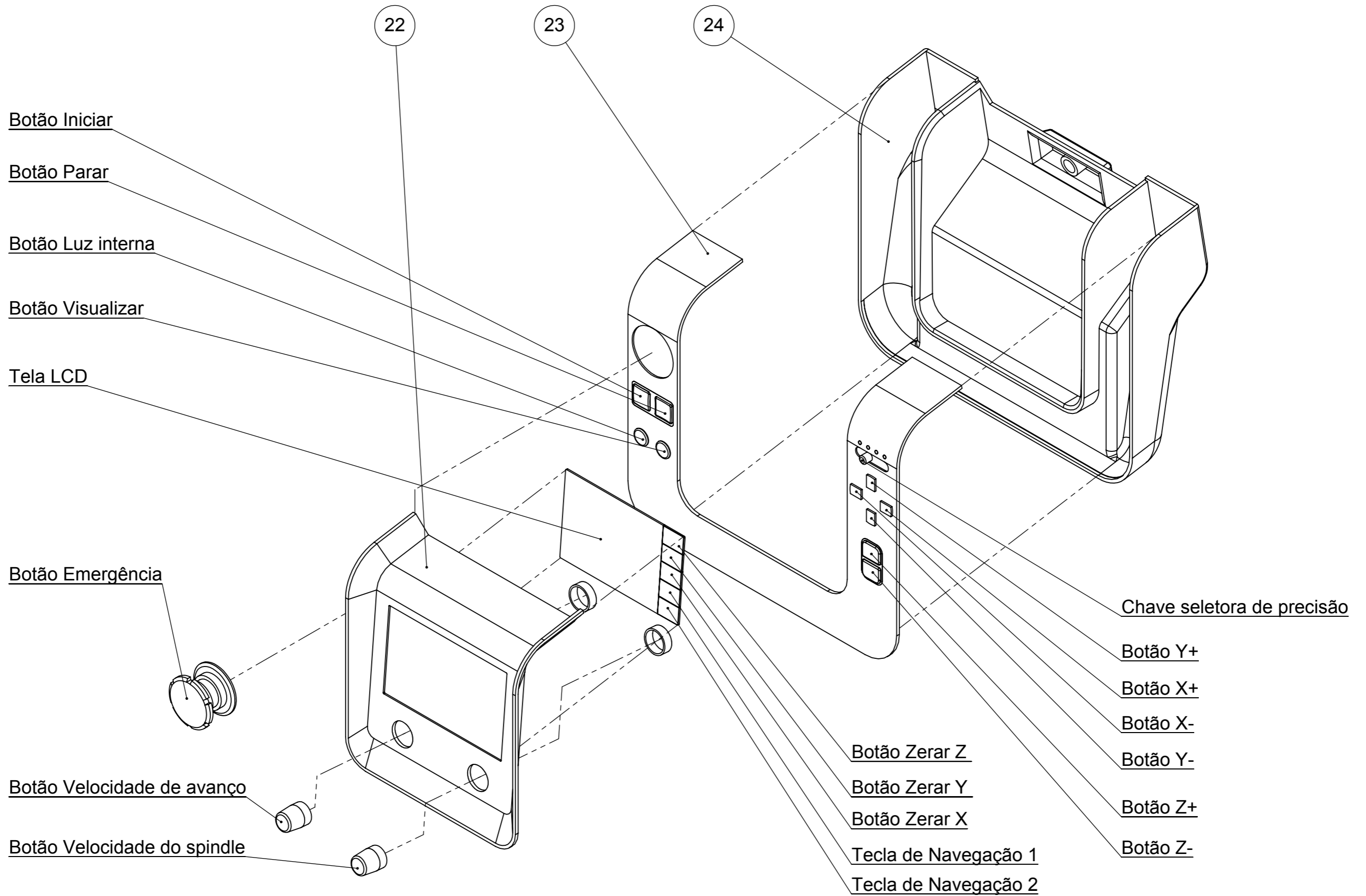


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

4/28



Nº do componente	Nome da peça	Descrição	Qtd.	Página
22	Borda da tela do controle	Peça injetada em ABS	1	26
23	Fechamento frontal do controle	Peça injetada em ABS	1	27
24	Fechamento traseiro do controle	Peça injetada em ABS	1	28


UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Controle - explodida

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

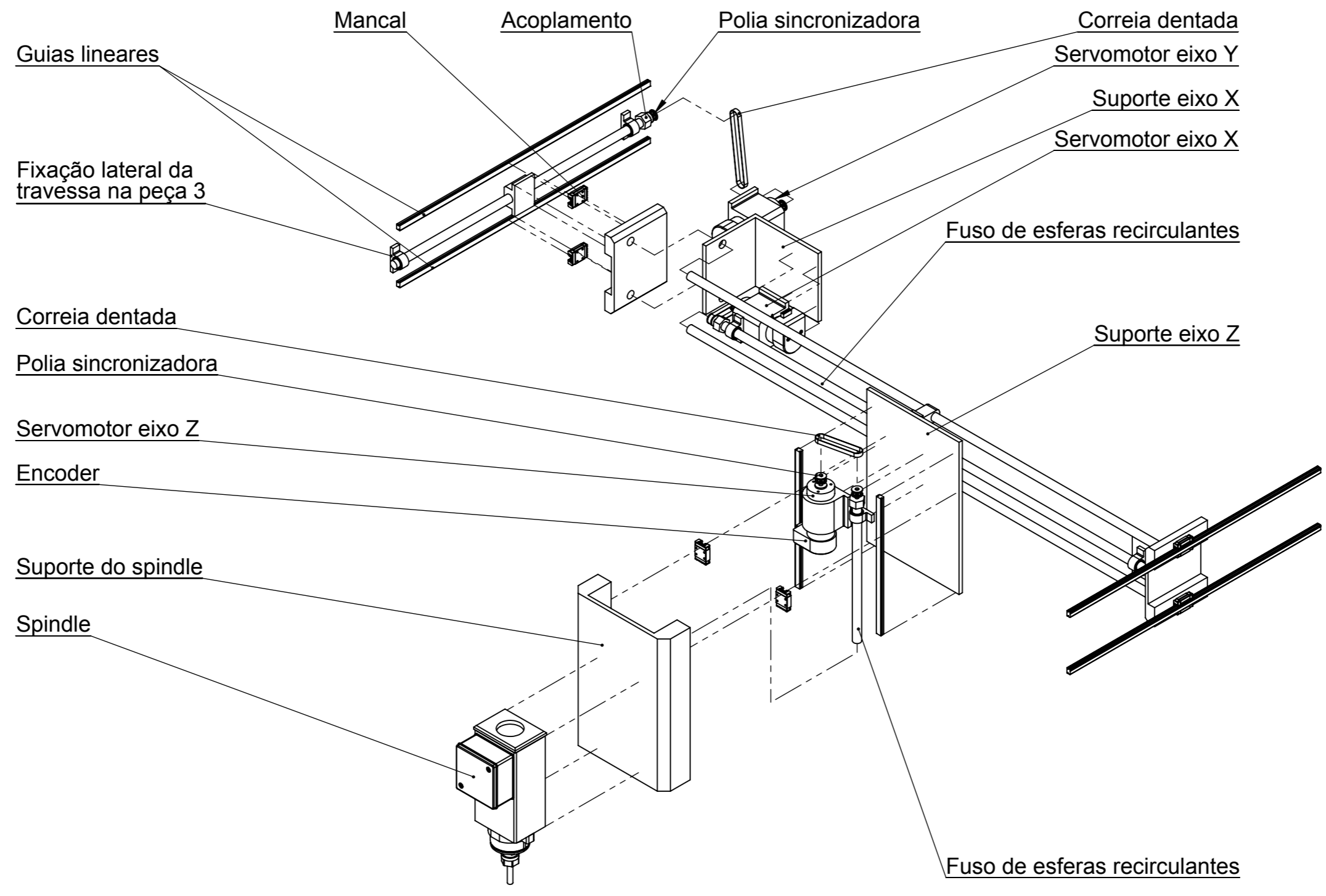
Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

Escala: 1:2

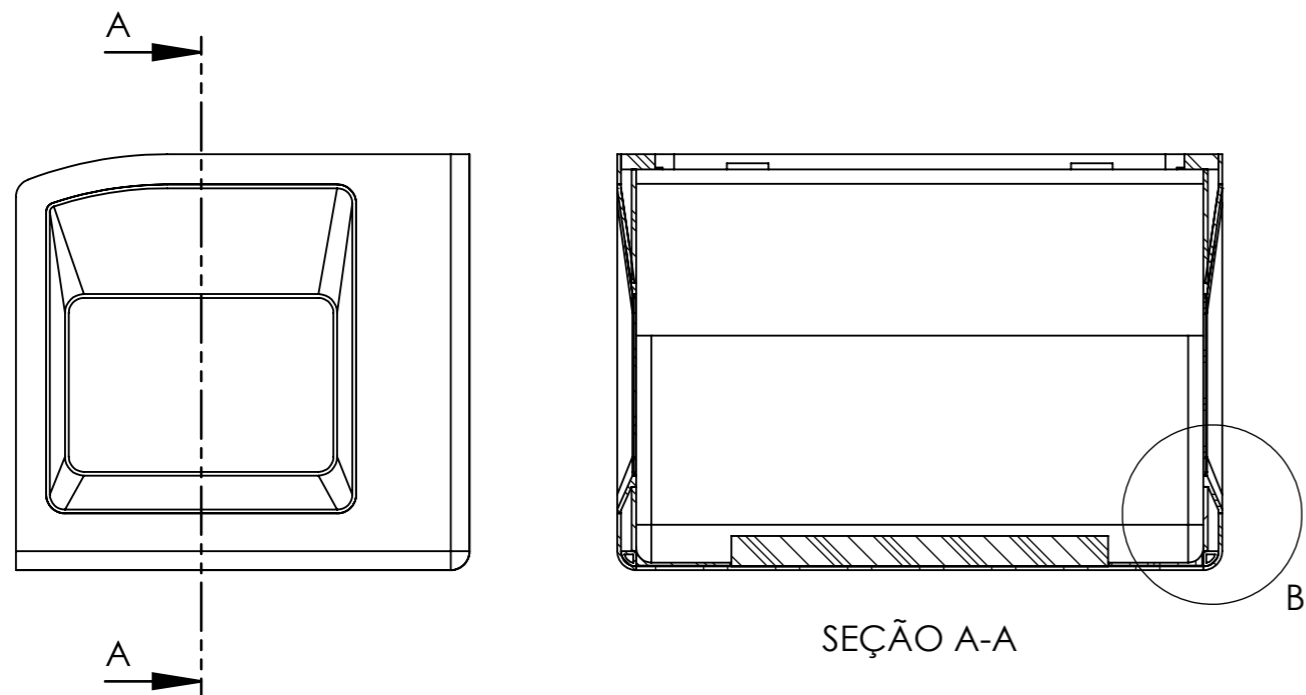


Unidade: Milímetros

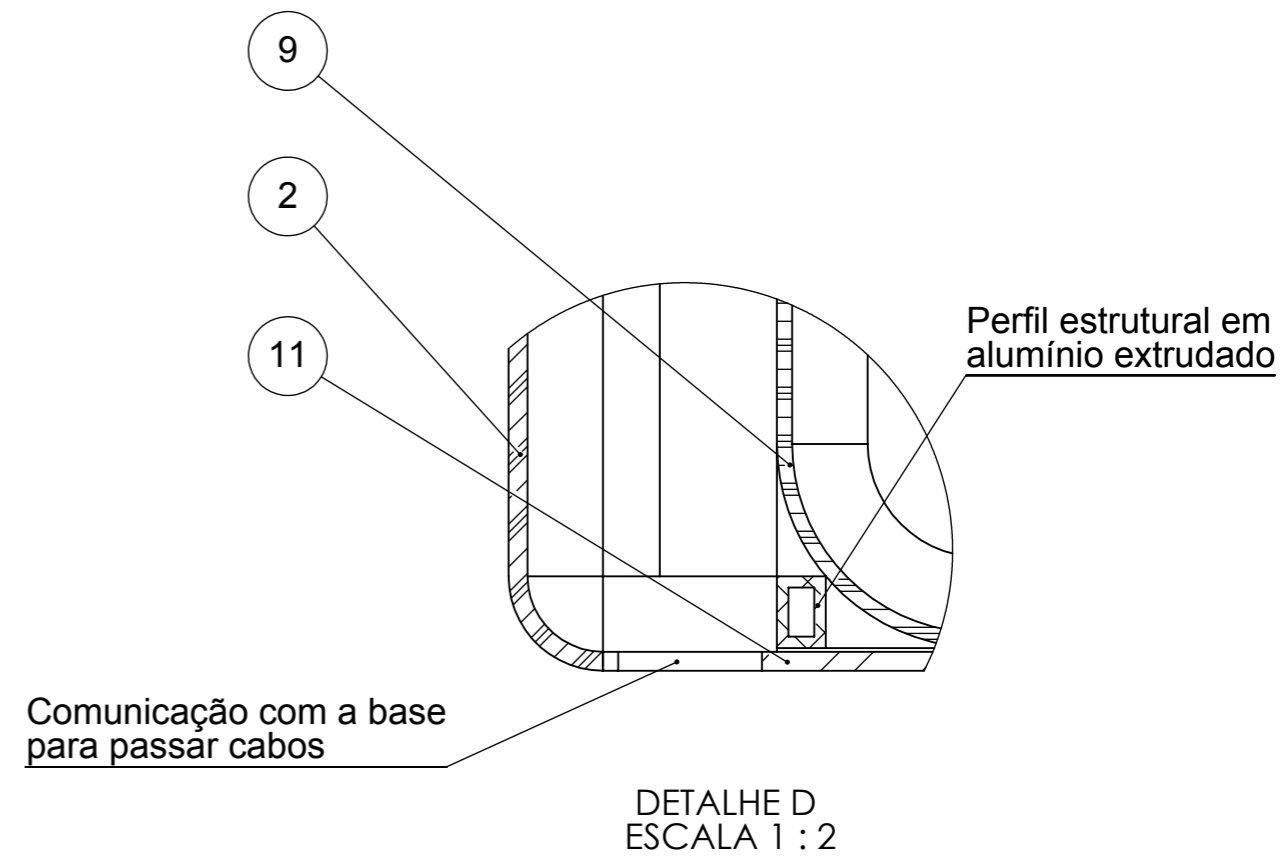
5/28



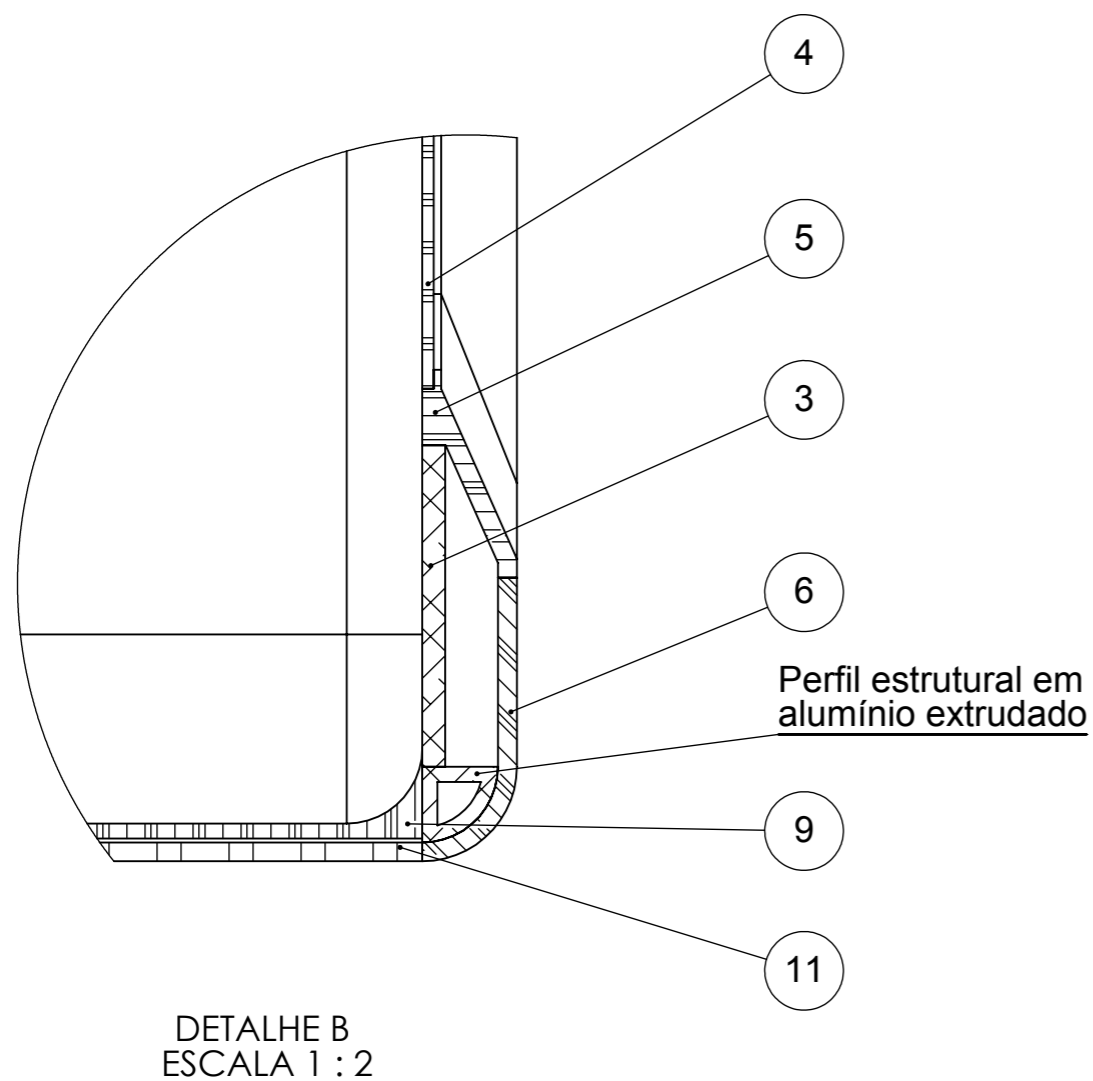
	Travessa Móvel	Escala: 1:5
Projeto: Equipamento para confecção de modelos		
Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera		Unidade: Milímetros
Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS		6/28



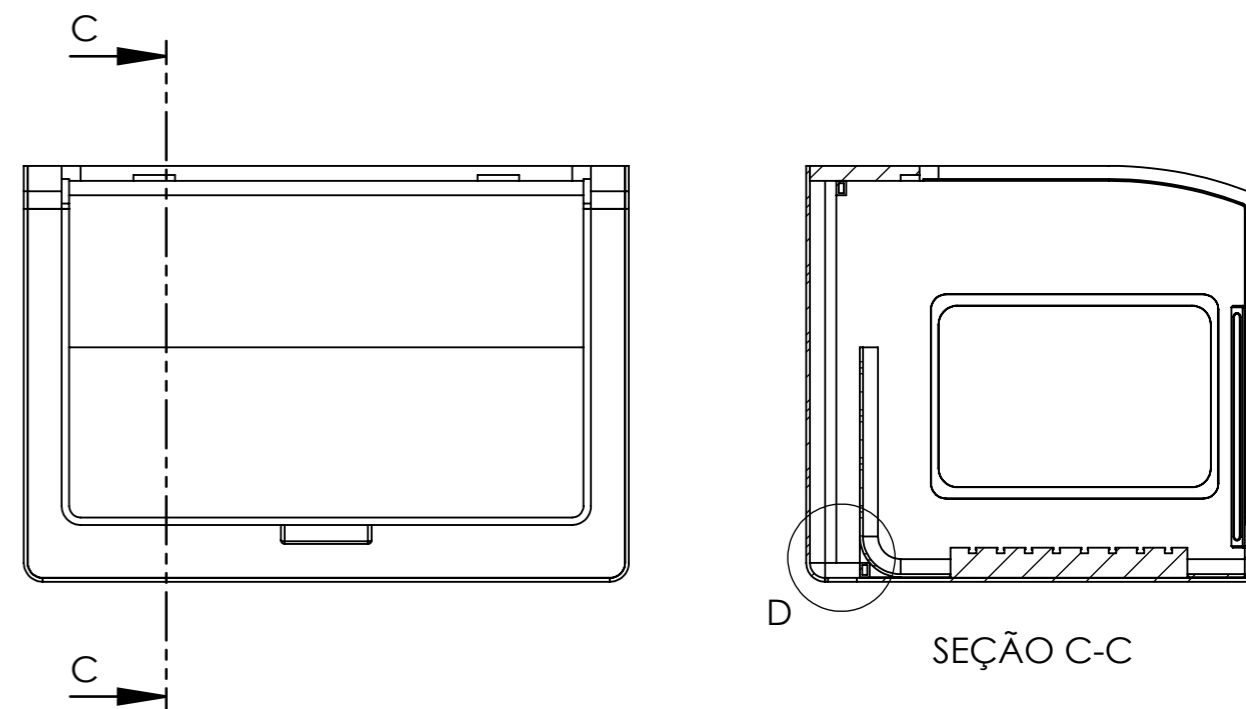
Corte longitudinal da câmara de usinagem
Escala 1:10



DETALHE D
ESCALA 1 : 2

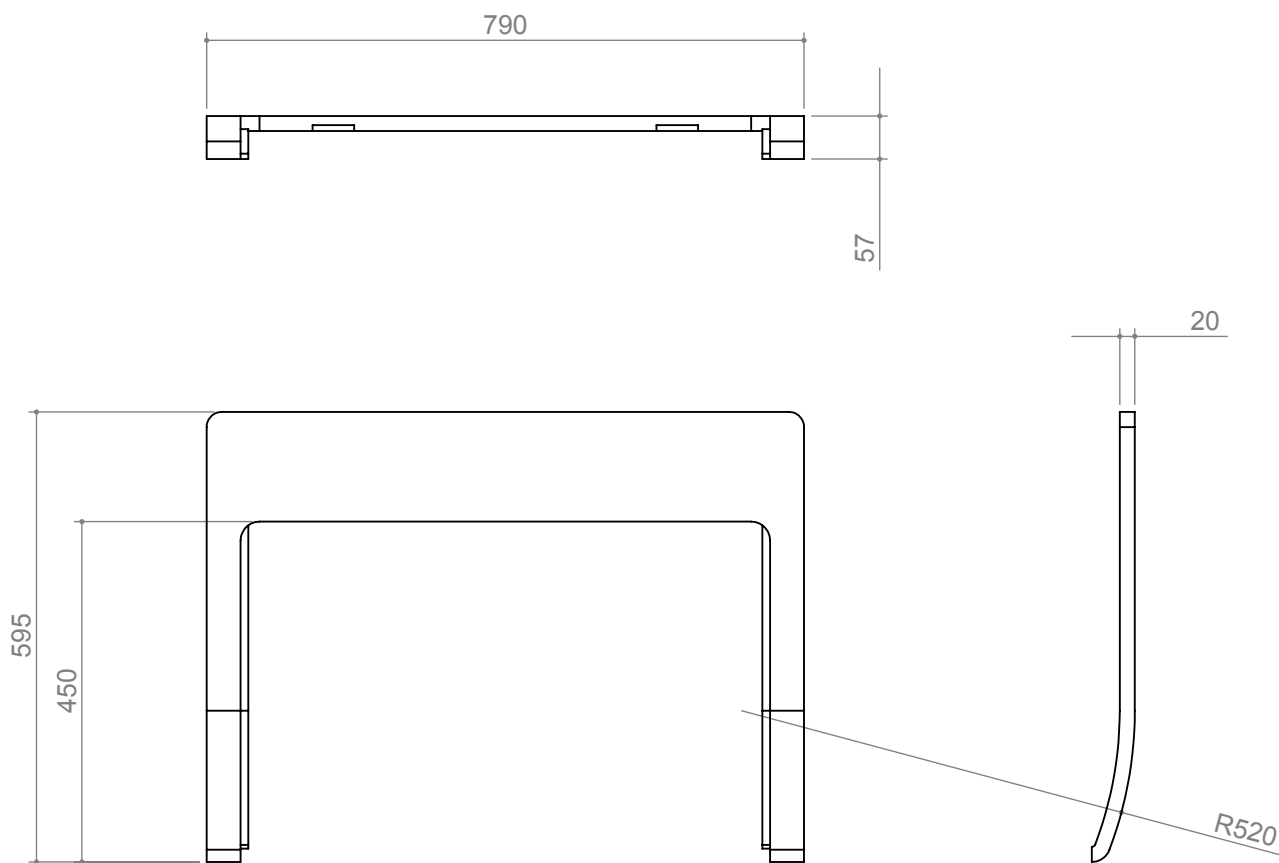


DETALHE B
ESCALA 1 : 2



Corte transversal da câmara de usinagem
Escala 1:10

	Câmara de usinagem - cortes	Escala indicada
Projeto: Equipamento para confecção de modelos		
Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera		Unidade: Milímetros
Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS		7/28



Fechamento superior

Escala 1:10

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

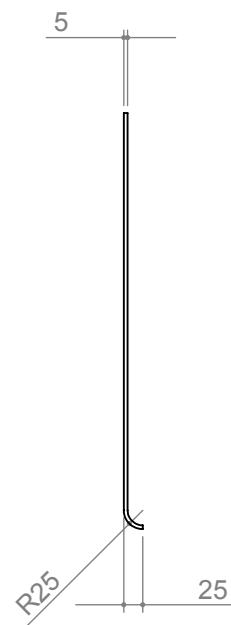
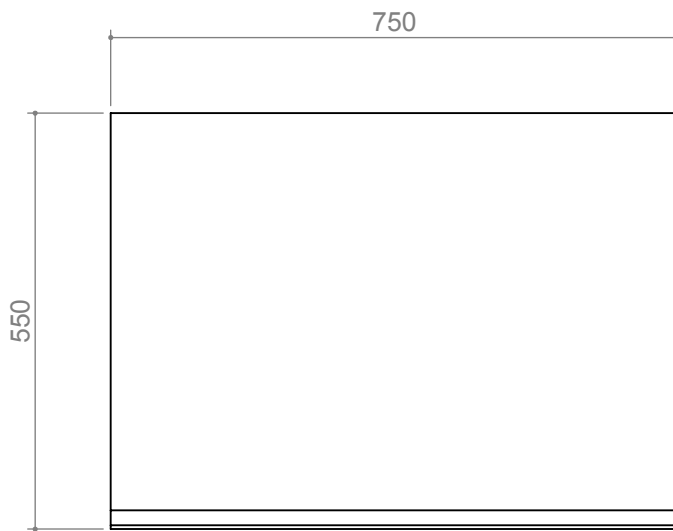


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

8/28



Fechamento traseiro

Escala 1:10

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

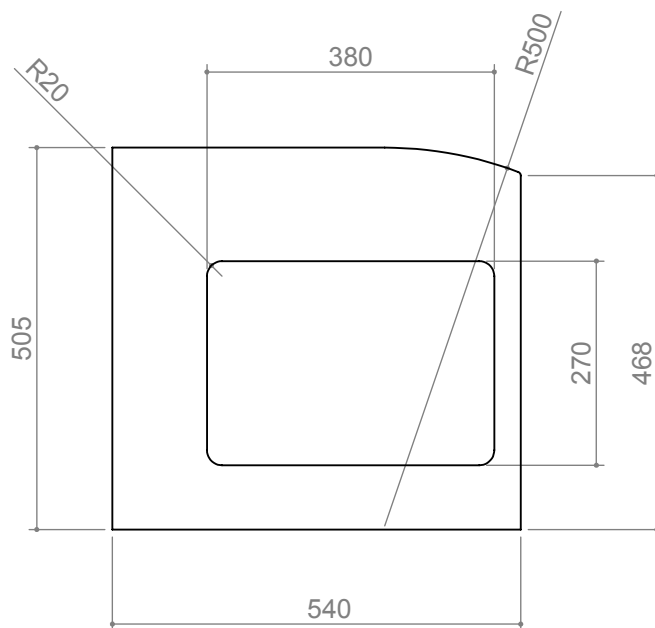


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

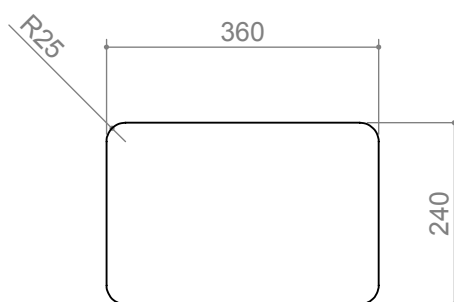
Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

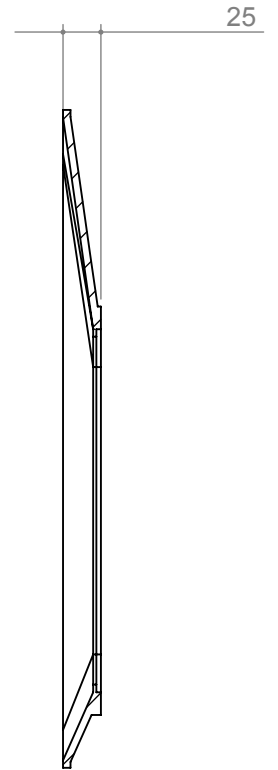
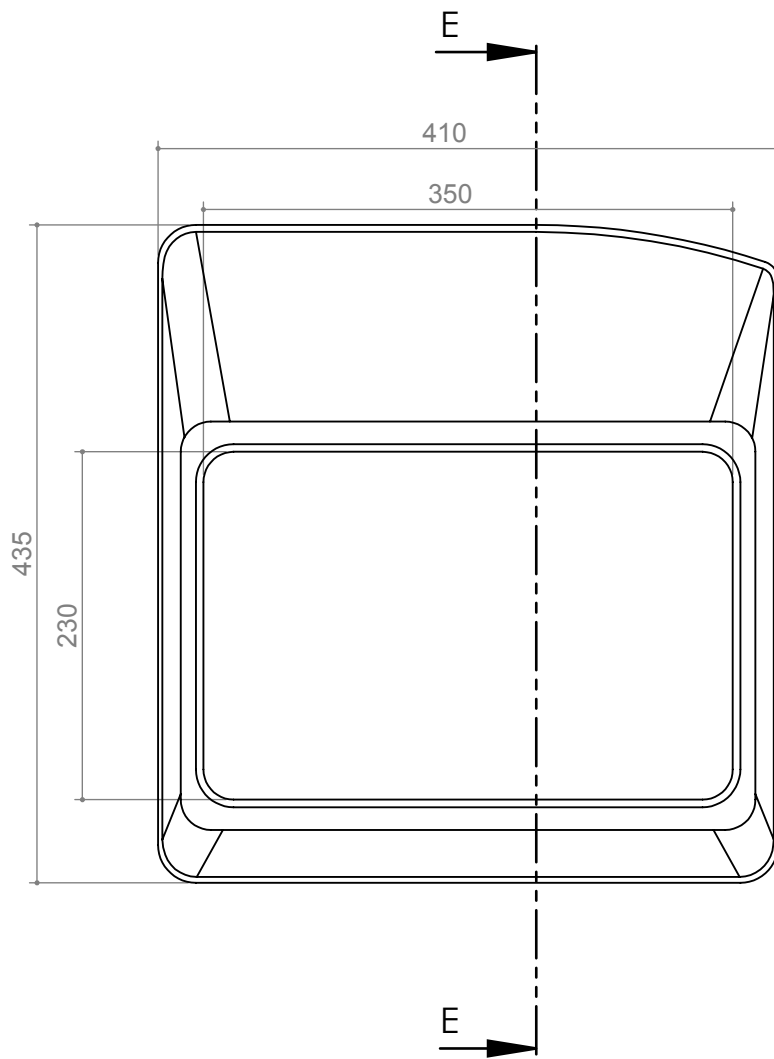
9/28



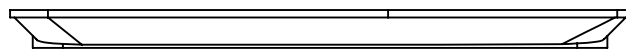
Estrutura lateral
Espessura 6mm



Janela lateral
Espessura 5mm



SEÇÃO E-E
ESCALA 1 : 5



Suporte janela lateral

Escala 1:5

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

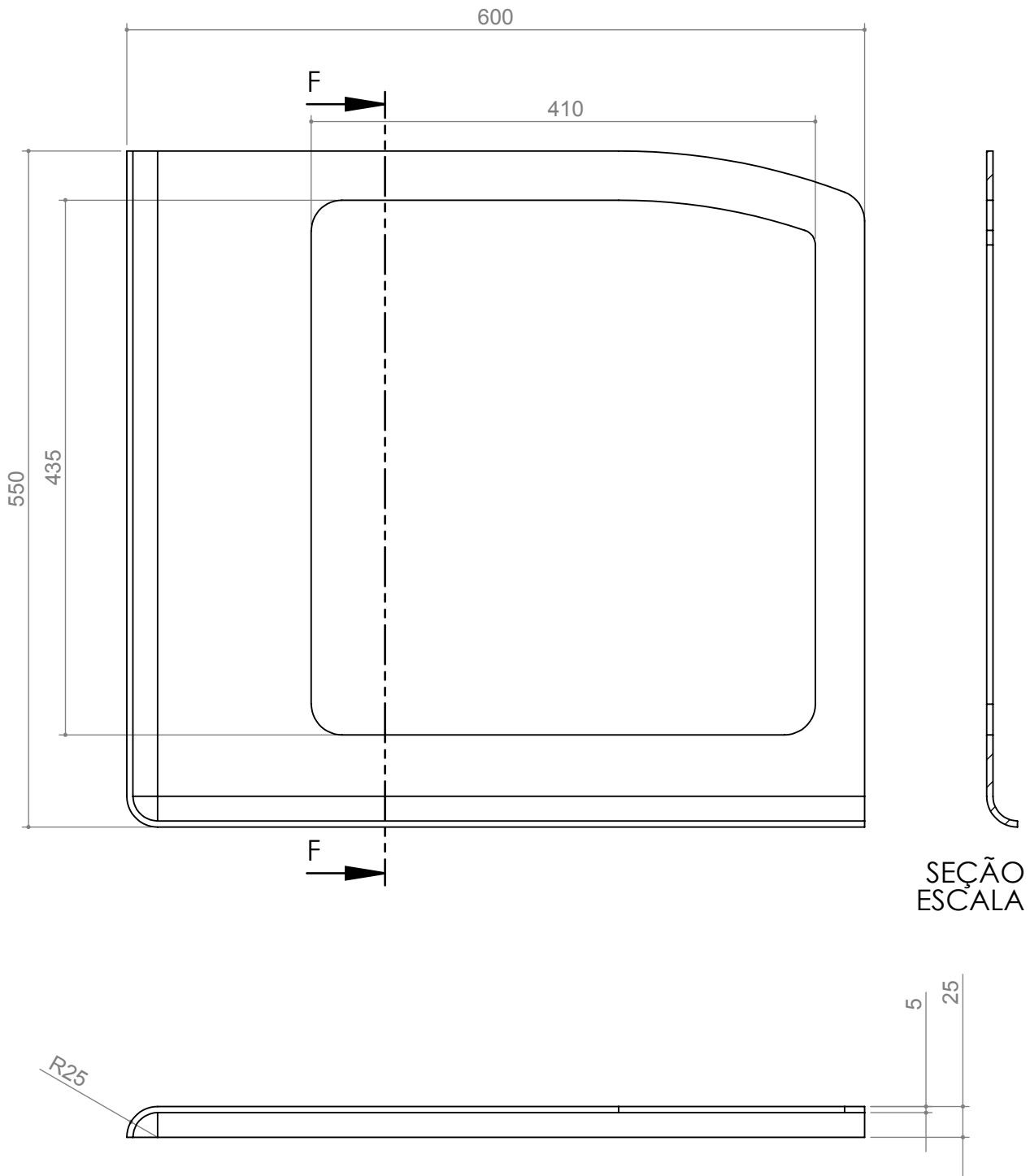


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

11/28



SEÇÃO F-F
ESCALA 1 : 5



Fechamento lateral

Escala 1:5

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

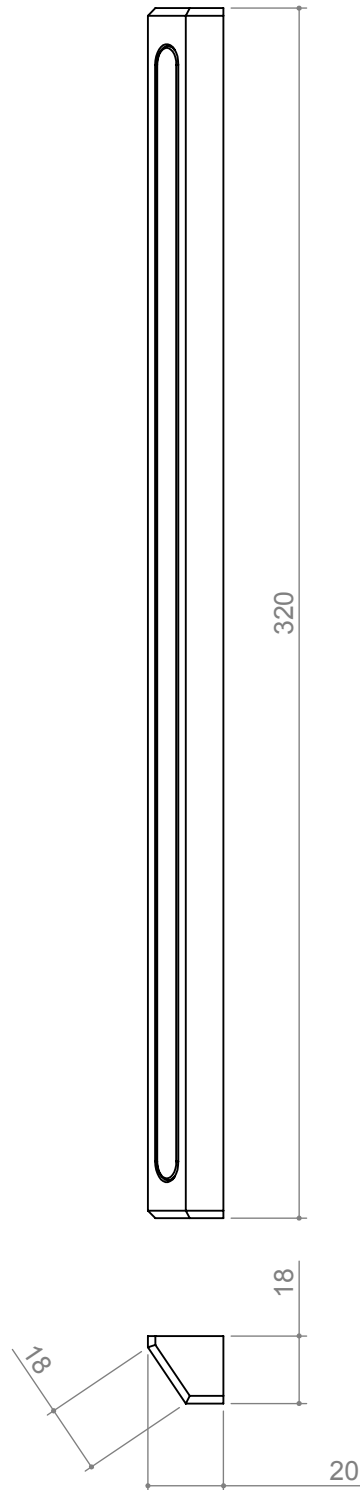


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

12/28



Iluminação interna

Escala 1:2

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

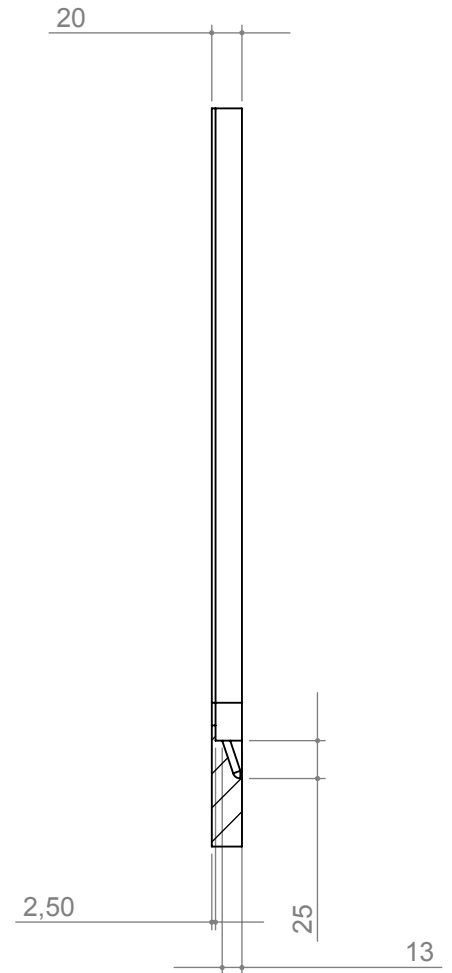
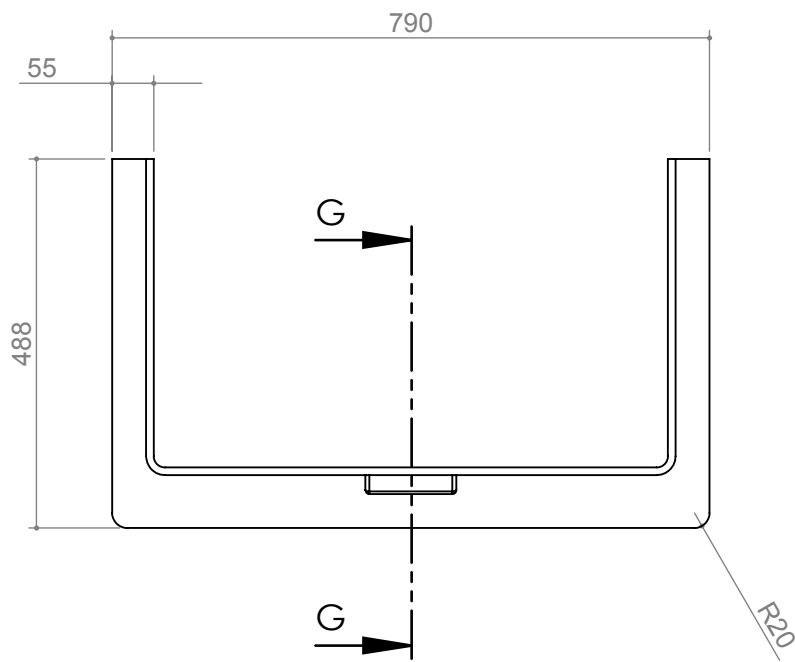


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

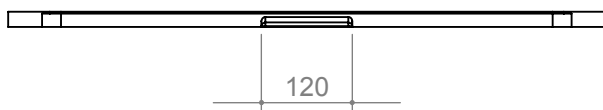
Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

13/28



SEÇÃO G-G
ESCALA 1 : 5



Fechamento frontal

Escala 1:10

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

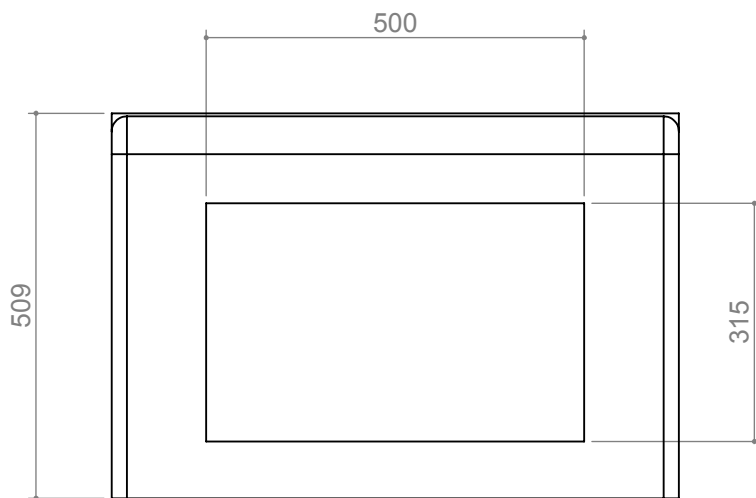
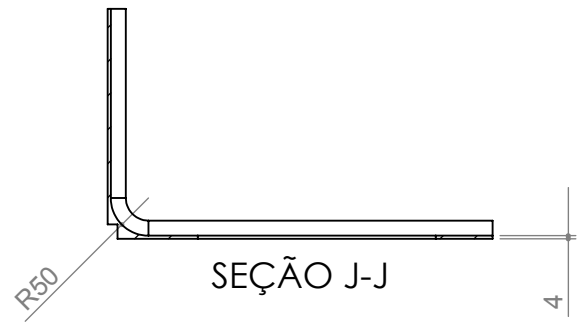
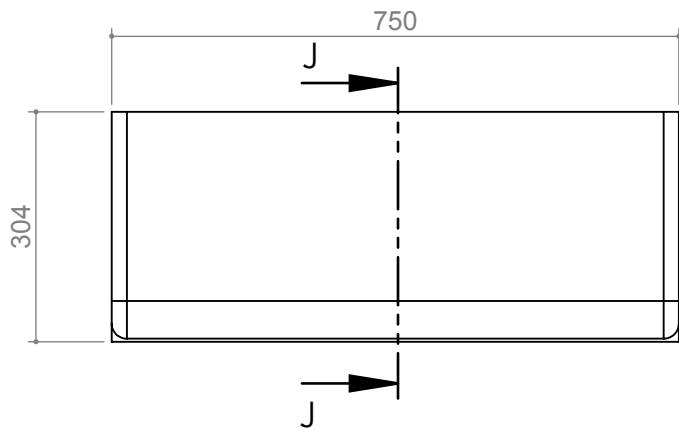


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

14/28



Bandeja

Escala 1:10

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

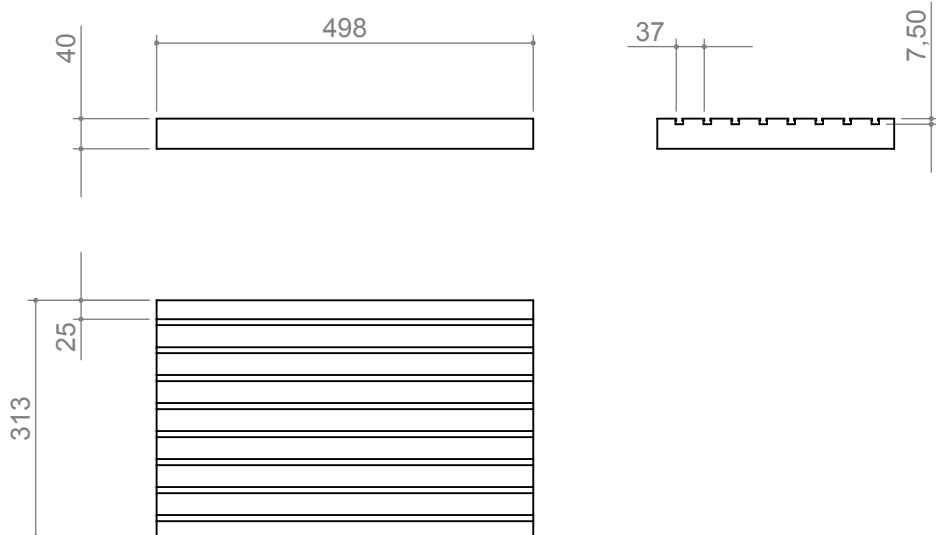


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

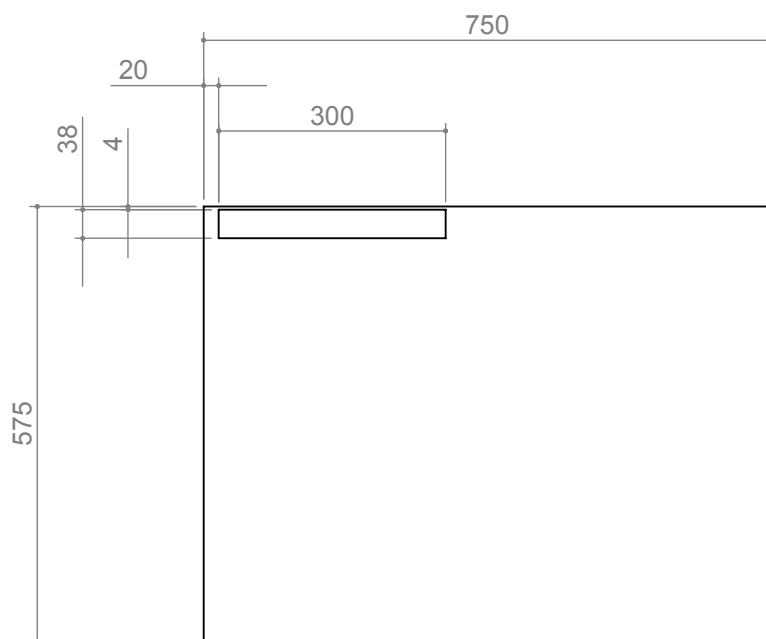
Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

15/28



Mesa



**Suporte da mesa
Espessura 5mm**



Mesa e suporte da mesa

Escala 1:10

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

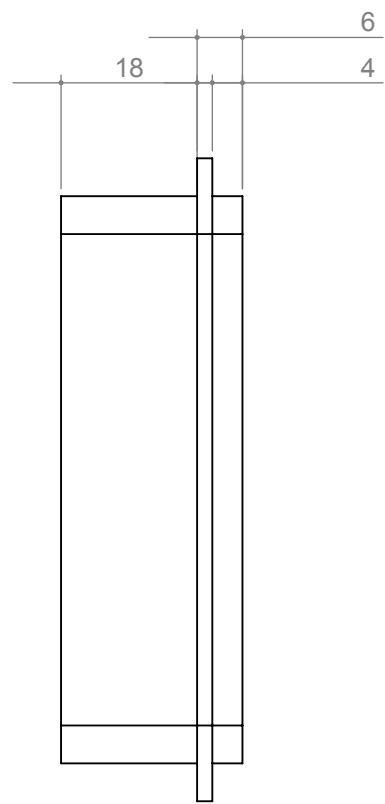
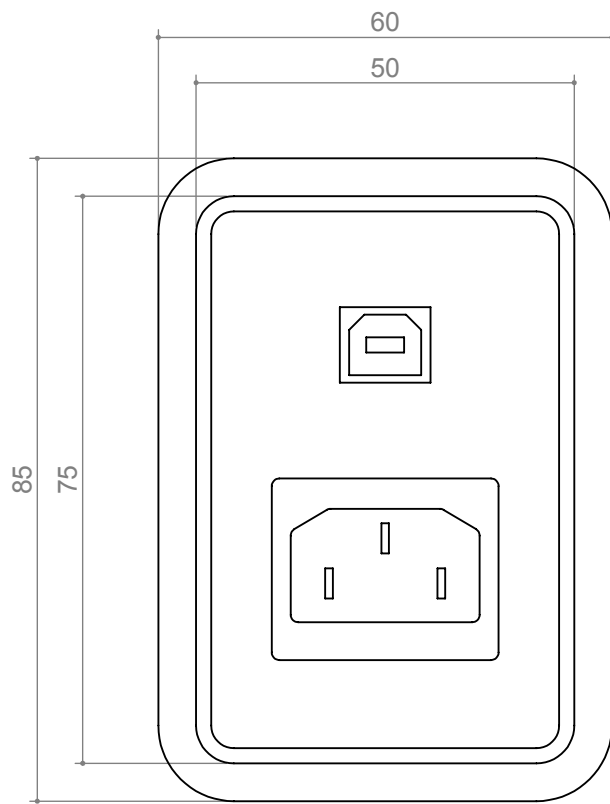


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

16/28



Espelho USB e alimentação

Escala 1:1

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

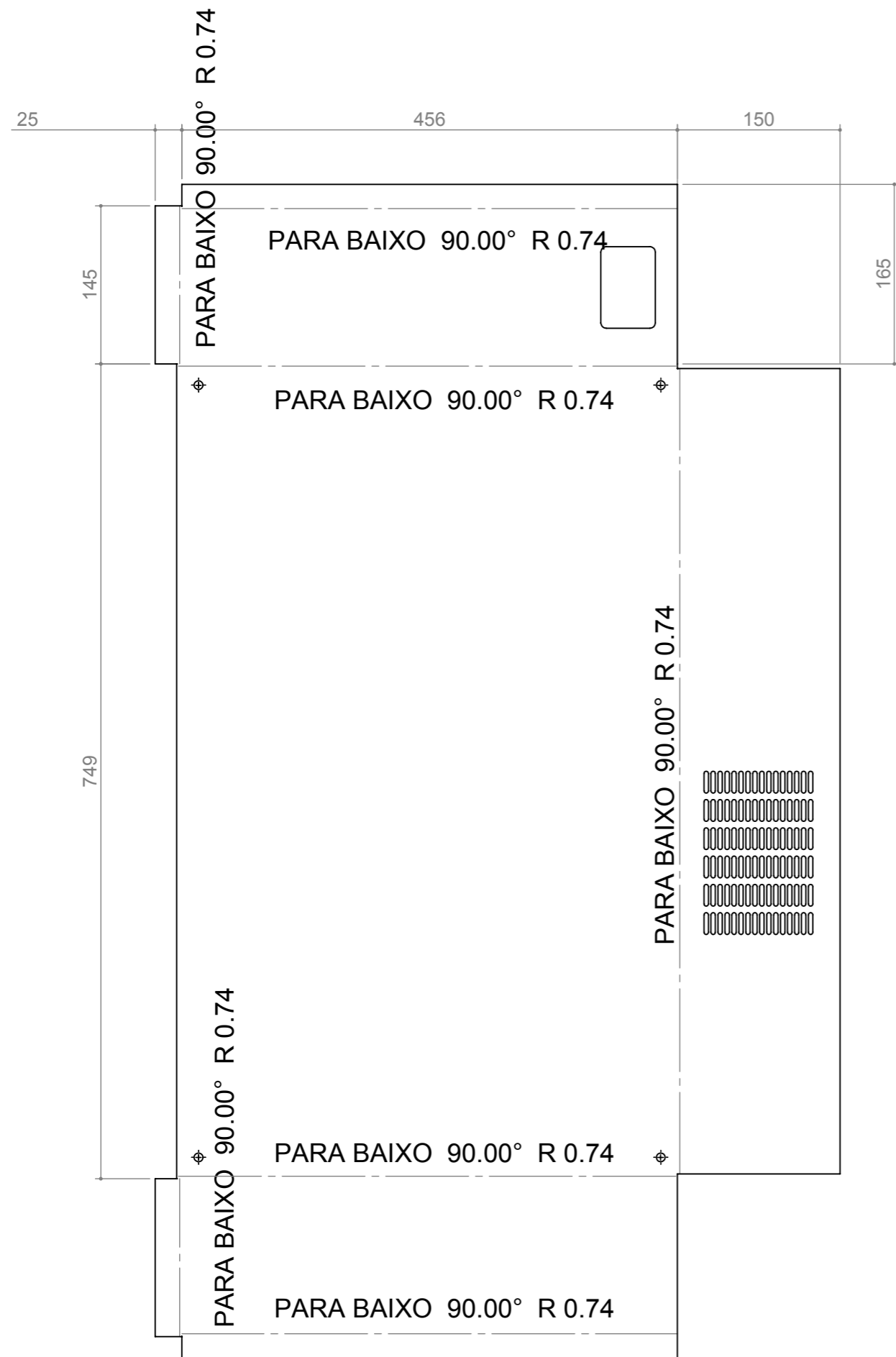


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

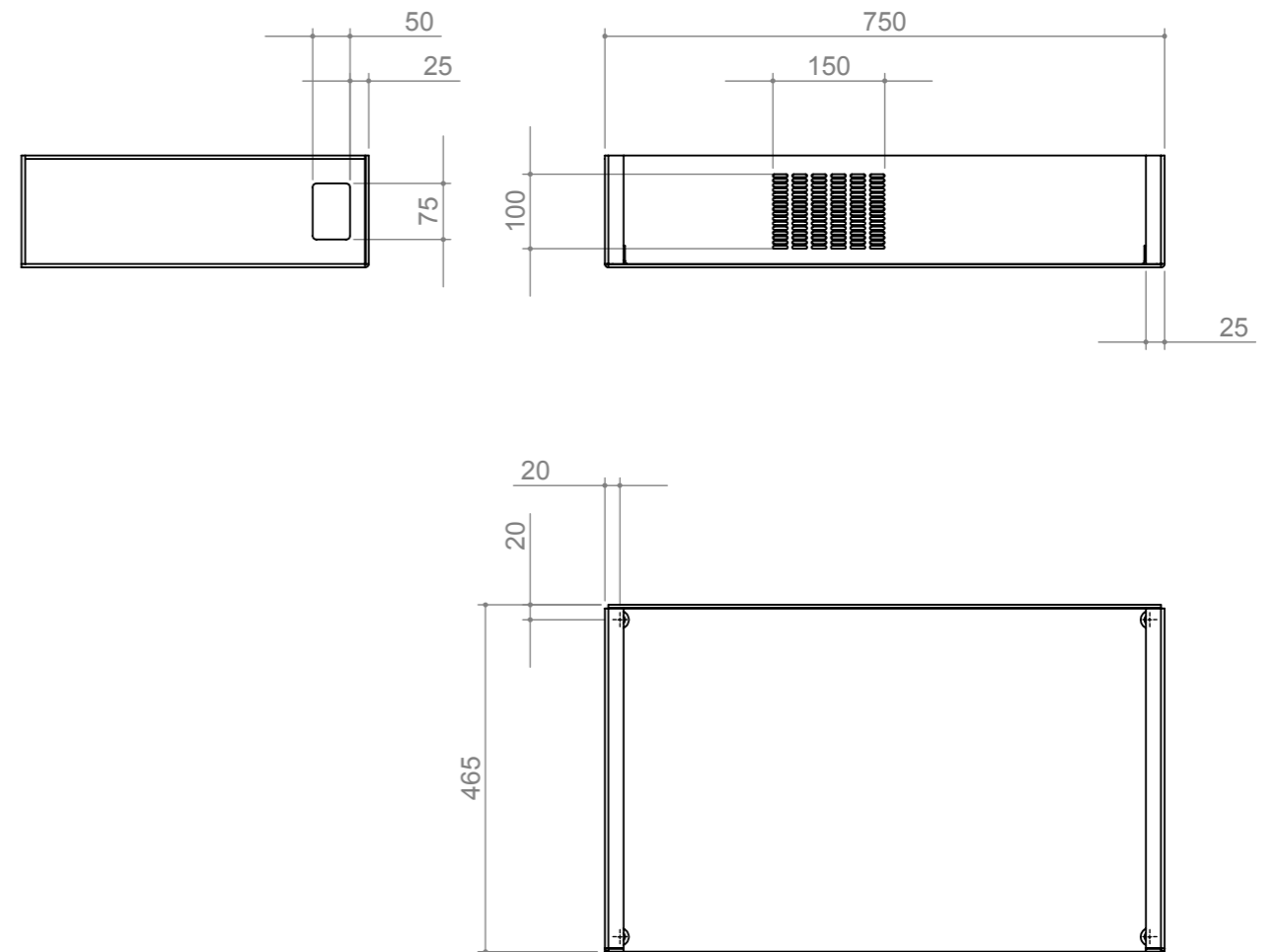
Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

17/28



Planificação da chapa
Escala 1:5



Carenagem base

Escala 1:10

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

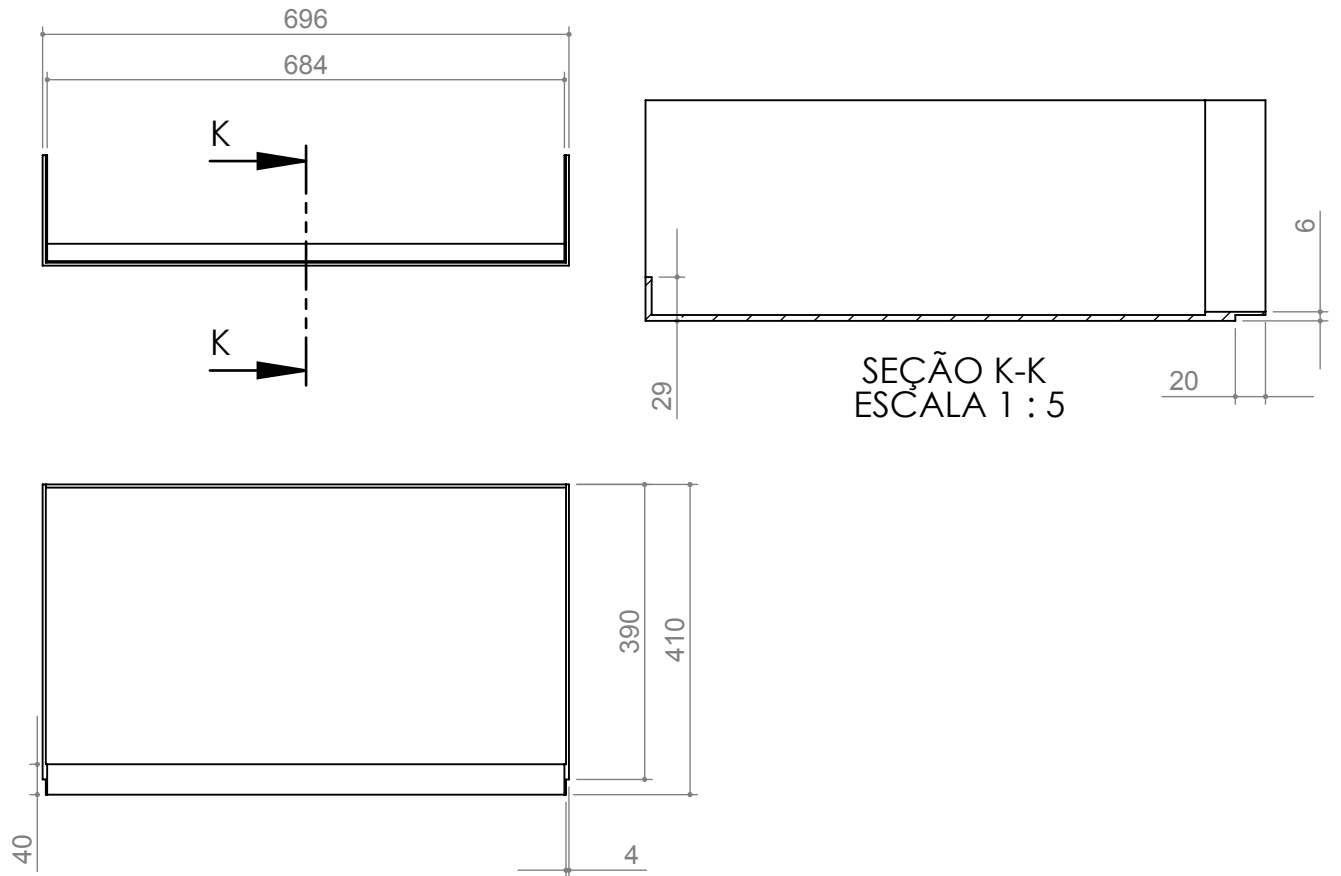


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

18/28



Fundo da gaveta de componentes

Escala 1:10

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

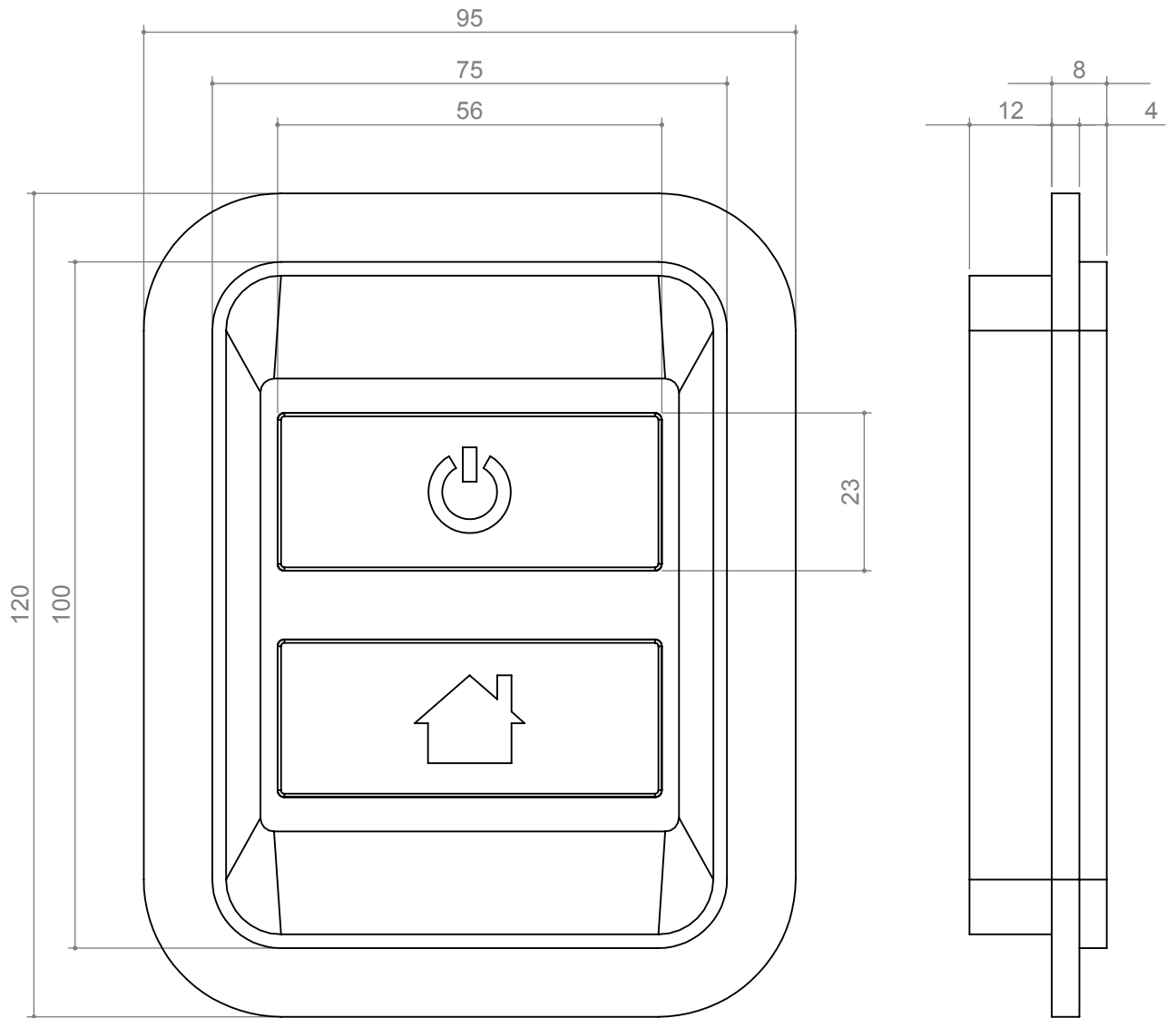


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

19/28



Espelho de comandos de inicialização

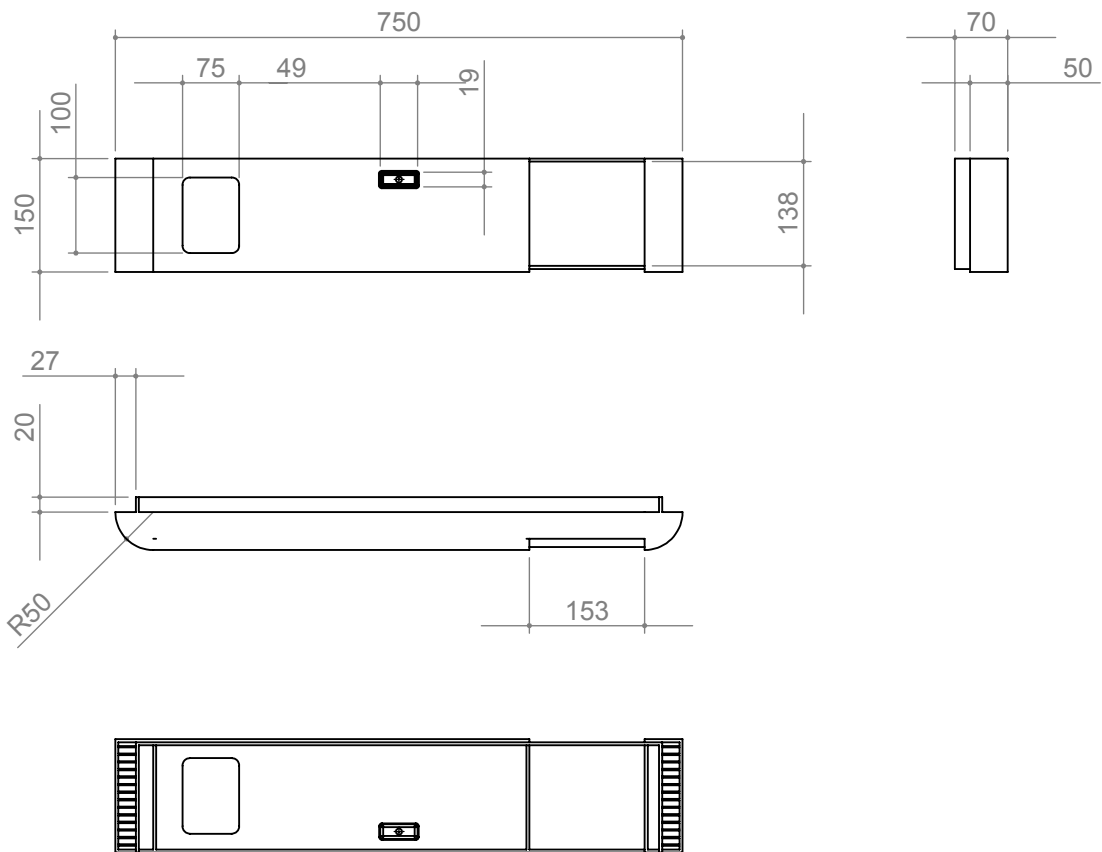
Escala 1:1

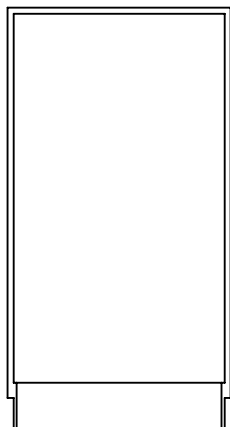
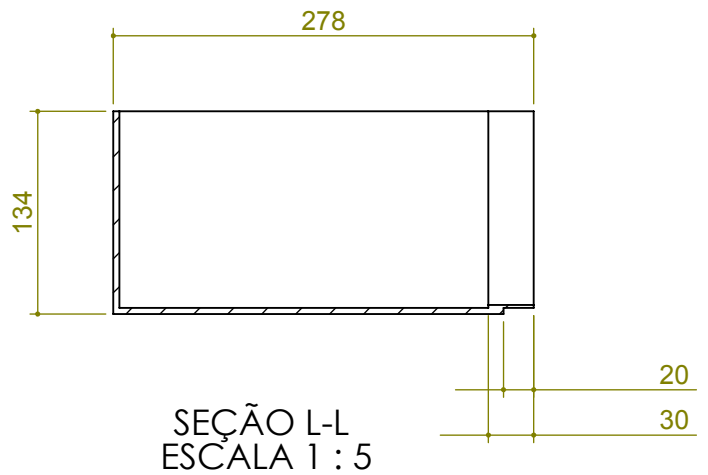
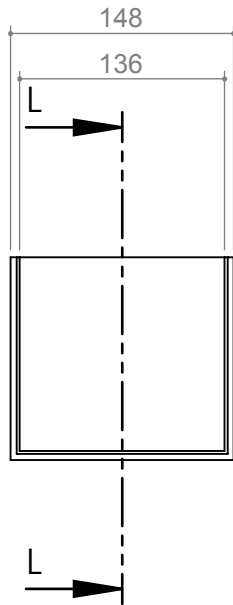
Projeto: Equipamento para confecção de modelos



Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros





Fundo da gaveta de ferramentas

Escala 1:5

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

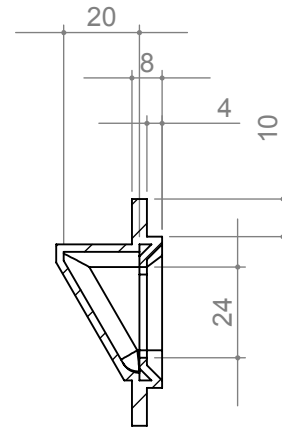
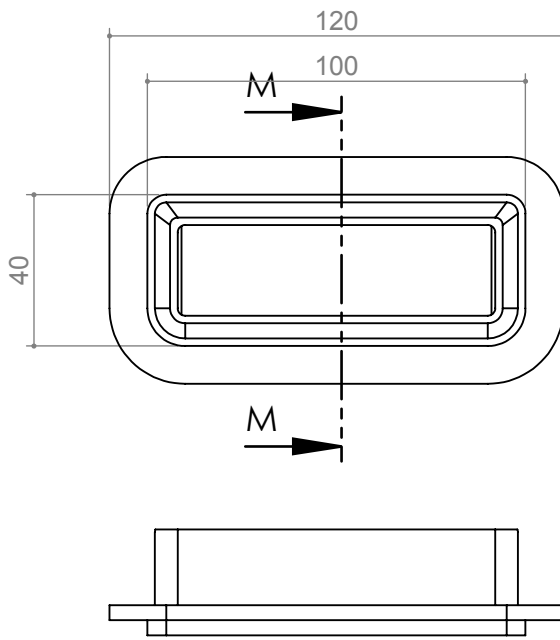


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

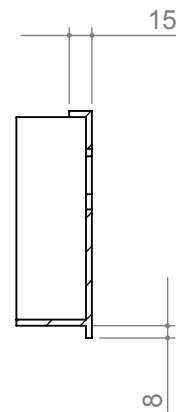
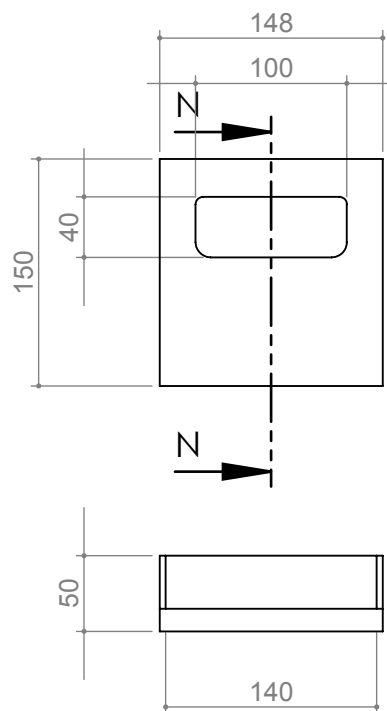
Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

22/28



SEÇÃO M-M
ESCALA 1 : 2

Puxador da gaveta de ferramentas
Escala 1:2



SEÇÃO N-N
ESCALA 1 : 5

Frente da gaveta de ferramentas
Escala 1:5



Puxador e frente da gaveta de ferramentas

Escala indicada

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

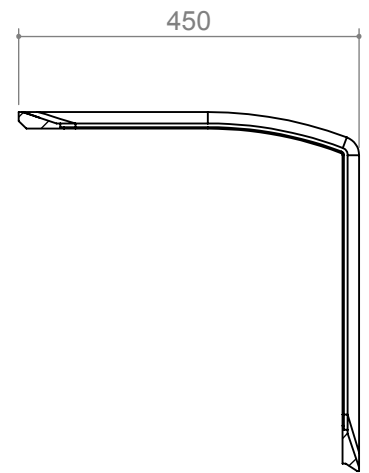
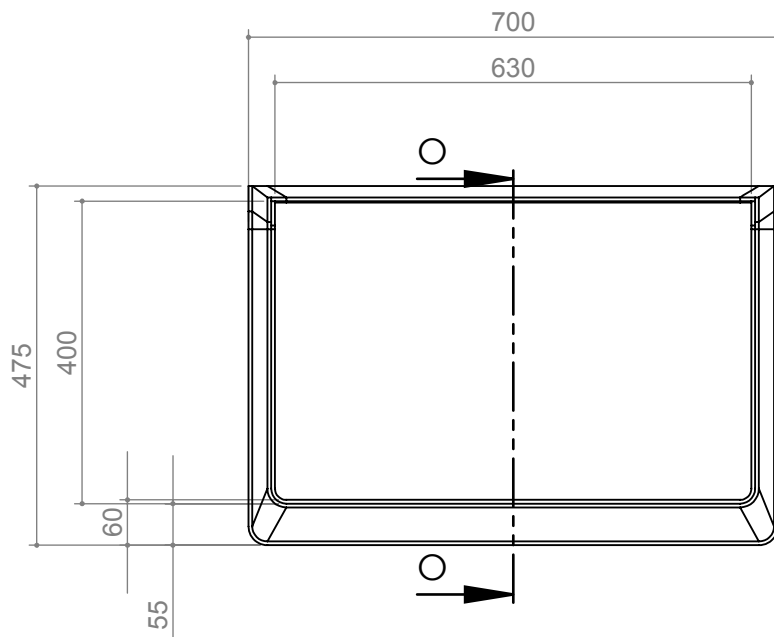


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

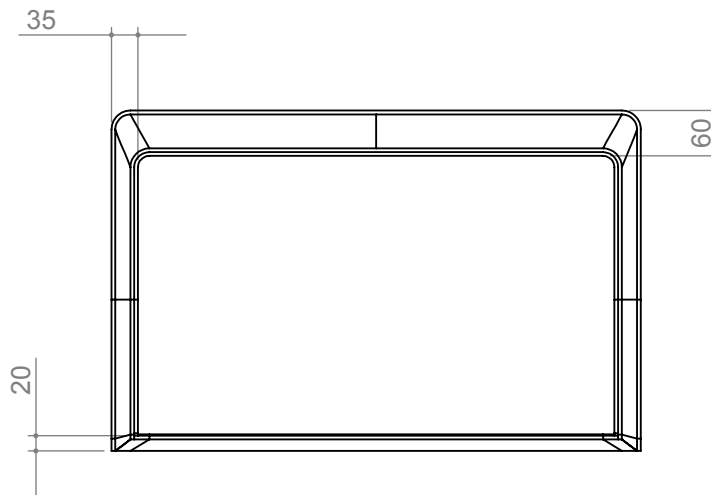
Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

23/28



SEÇÃO O-O
ESCALA 1 : 10



Fechamento da porta

Escala 1:10

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

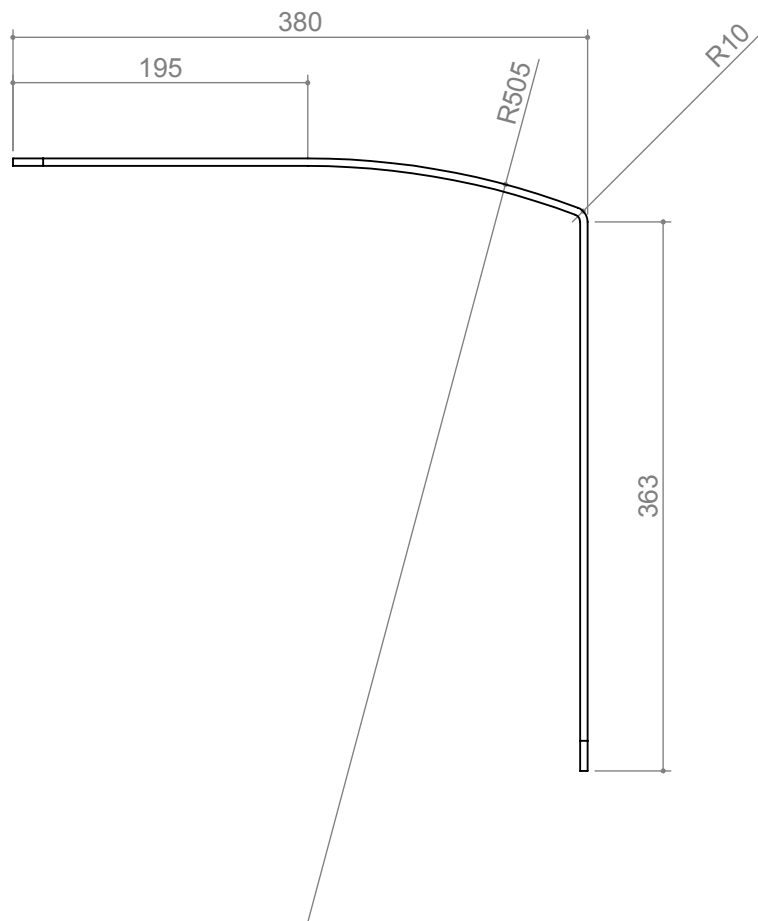
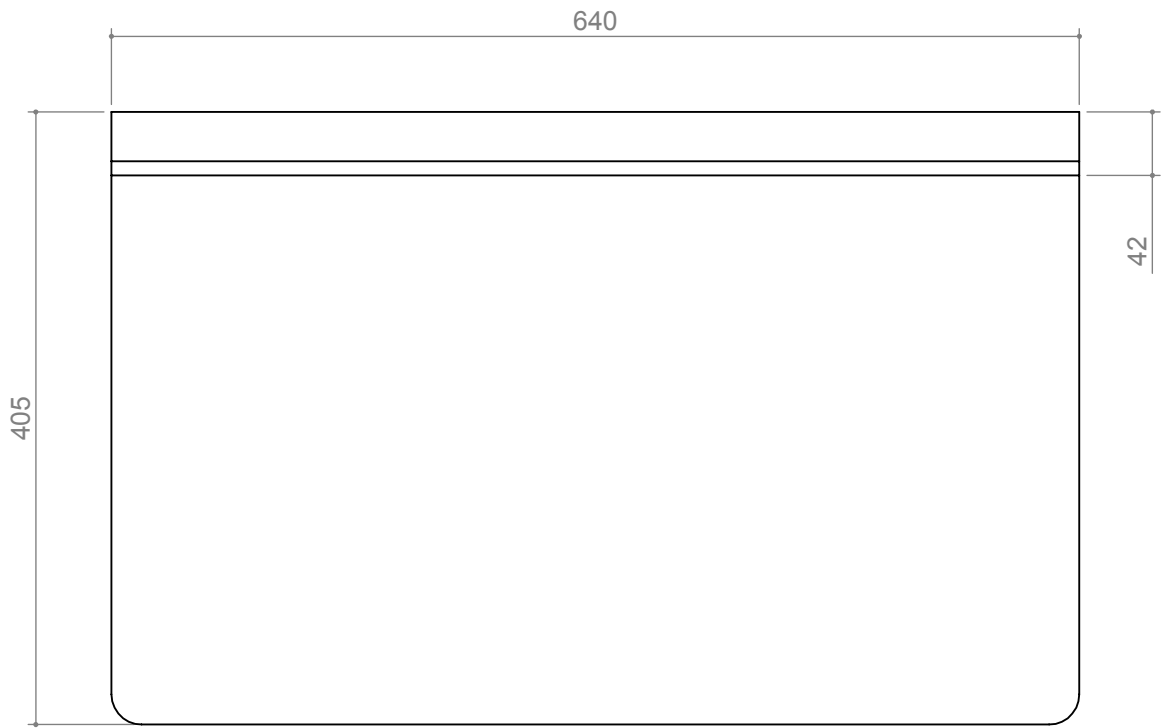


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

24/28



Janela frontal

Escala 1:5

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

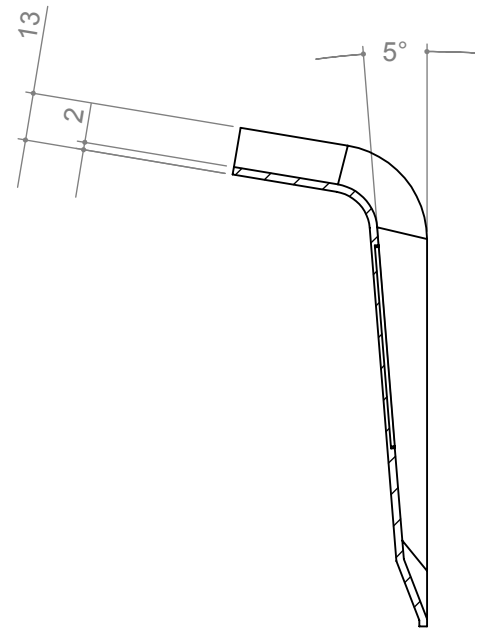
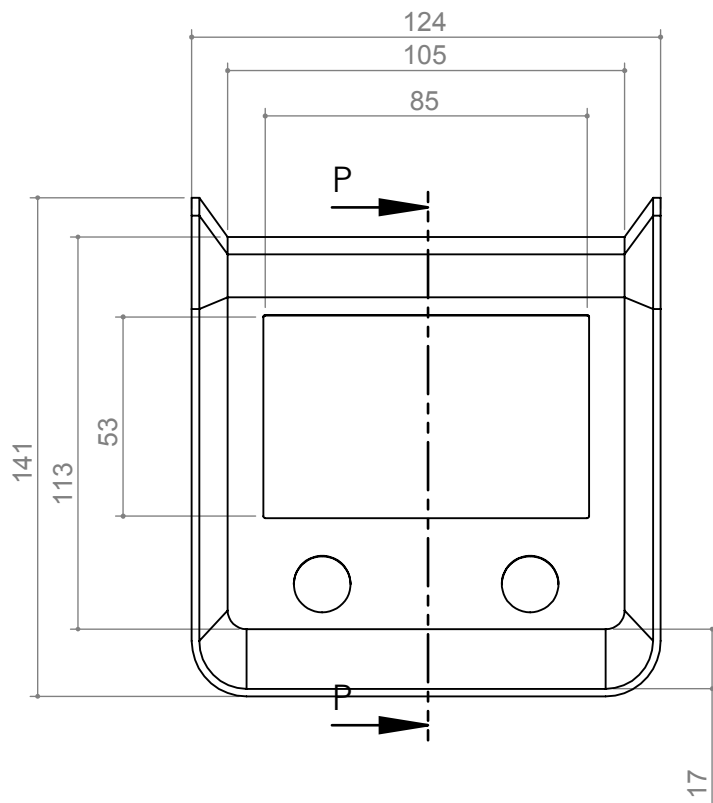


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

25/28



SEÇÃO P-P



Borda da tela do controle

Escala 1:2

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

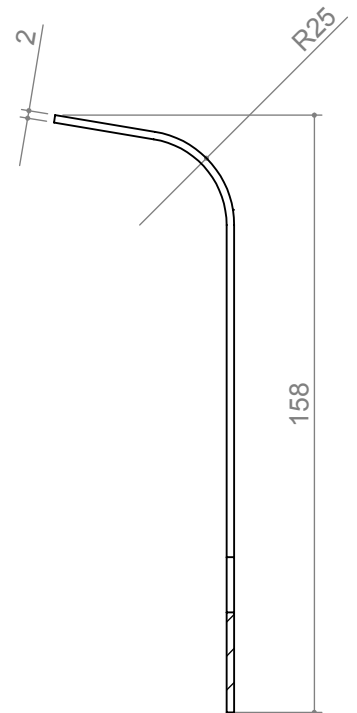
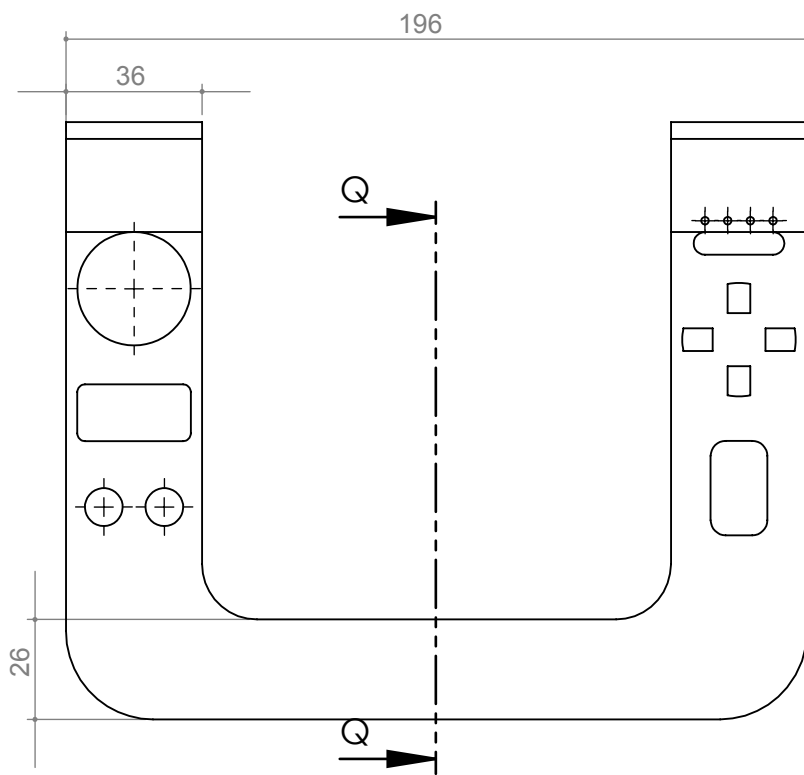


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

26/28



SEÇÃO Q-Q



Fechamento frontal do controle

Escala 1:2

Projeto: Equipamento para confecção de modelos

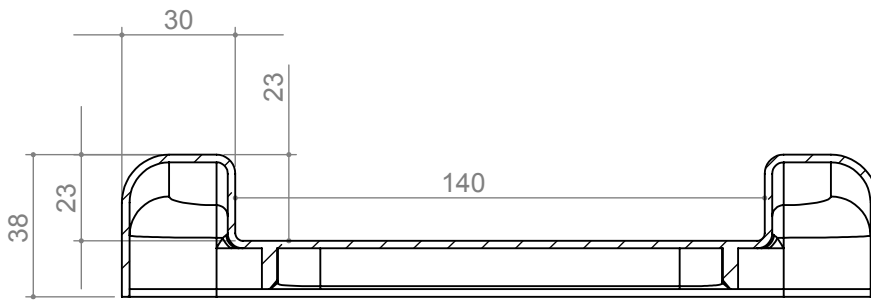
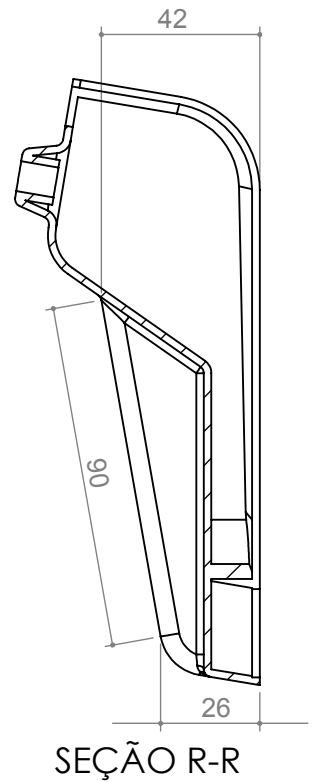
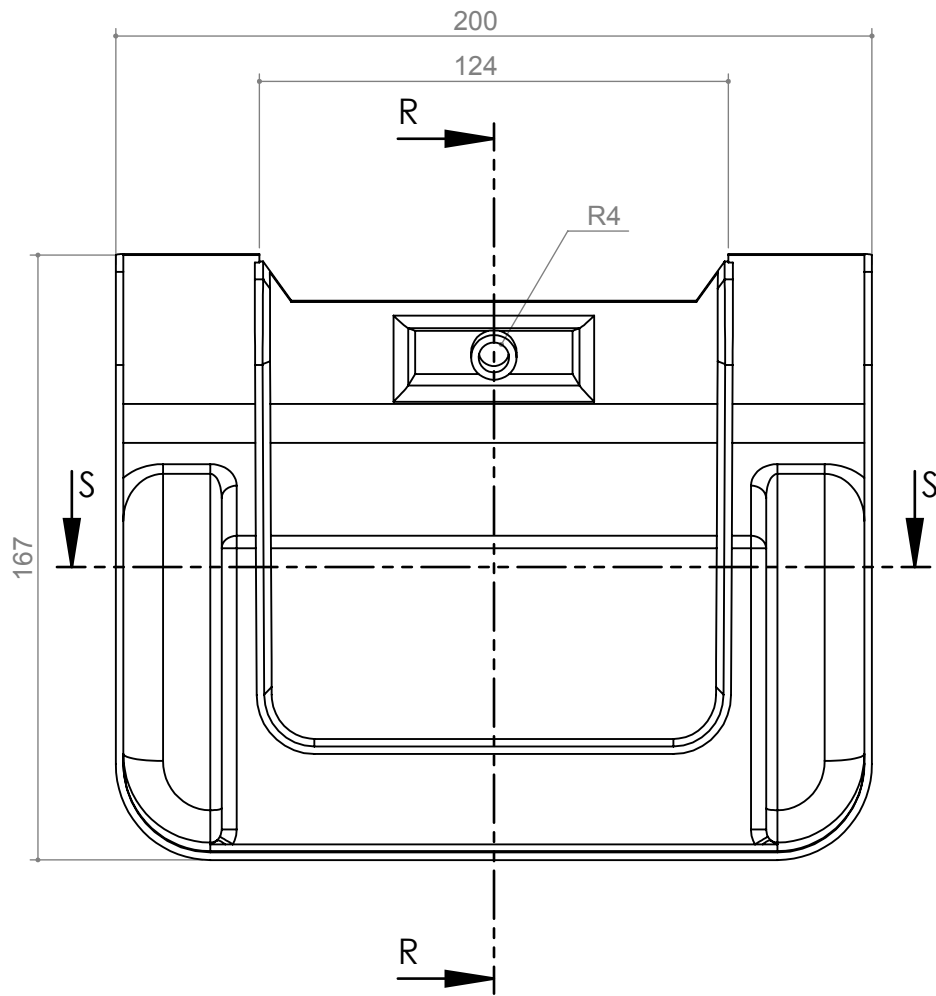


Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

27/28



SEÇÃO S-S



Fechamento traseiro do controle

Escala 1:2

Projeto: Equipamento para confecção de modelos



Projetista: Gabriel Altenhofen Silvera

Unidade: Milímetros

Trabalho de Conclusão de Curso. Design de Produto. UFRGS

28/28