

RAFAEL OLIVEIRA RABELO
RODRIGO TREVISAN OKAMOTO

DESENVOLVIMENTO DE UMA SUPERFICIE MULTI TOQUE

Relatório Parcial apresentado a Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
referente à disciplina PMR2500 – Projeto
de Conclusão de Curso I.

São Paulo
2010

RAFAEL OLIVEIRA RABELO
RODRIGO TREVISAN OKAMOTO

DESENVOLVIMENTO DE UMA SUPERFICIE MULTI TOQUE

Relatório Parcial apresentado a Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
referente à disciplina PMR2500 – Projeto
de Conclusão de Curso I.

Área de Concentração:
Engenharia Mecatrônica

Orientador:
Prof. Dr. Marcos Ribeiro Pereira Barretto

São Paulo
2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DA ENGENHARIA
MECÂNICA/NAVAL DA ESCOLA POLITÉCNICA (EPMN) – USP.

Okamoto, Rodrigo Trevisan
Desenvolvimento de uma superfície multi toque / R.T.
Okamoto; R.O. Rabelo. -- São Paulo, 2011.
36 p.

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de
Sistemas Mecânicos.**

**1. Interface homem computador 2. Eletrônica 3. Softwares
4. Custo econômico I. Rabelo, Rafael Oliveira II. Universidade de
São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia
Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos III. t.**

Aos nossos pais

Agradecimentos

Ao professor Dr. Marcos Ribeiro Pereira Barretto, pelo apoio e orientação transmitidos durante todo o trabalho.

Aos nossos pais pelos fundamentos de nossas personalidades e pelos sacrifícios para a oclusão de nossos estudos

Ao professor Dr. Lucas Antonio Moscato e ao professor Dr. Edson Gomes pela co-orientação e ensinamentos transmitidos.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na execução deste trabalho.

Resumo

A idéia de usar o toque para controlar e manipular aparelhos eletrônicos é anterior até mesmo ao desenvolvimento dos computadores pessoais. No final dos anos sessenta a IBM começa a trabalhar na primeira tela de toque e em 1982, a primeira interface multi toque foi construída. A partir desse ponto o desenvolvimento de interfaces multi toque aumentou consideravelmente trazendo novas tecnologias para o uso.

O objetivo deste trabalho é projetar, desenvolver e construir uma superfície multi toque que, até ao final do processo, possa ser comercializado. O projeto foi dividido em duas partes principais que vão ser abordadas de forma independente, a parte mecânica e o software. Na parte mecânica, a meta é reduzir o custo e o tamanho da montagem mantendo o tamanho da tela. No software, o objetivo é desenvolver um ambiente de usuário amigável capaz de adquirir e interpretar a informação multi toque.

No início do projeto foi realizada uma pesquisa para determinar a melhor maneira de fazer a projeção da imagem e a aquisição da posição. O método Rear Diffused Illumination (RDI) foi escolhido devido às suas vantagens com relação ao material da tela e os custos. O método usa um projetor para a construção da imagem e luz infravermelha para adquirir a posição do toque.

Palavras chave: Multi toque, Iluminação Difusa, Projeção Óptica, LED's Infravermelhos.

Abstract

The idea of using touch to control and manipulate electronic devices is prior even to the development of the personal computers. In the late sixties IBM start working on the first touch screen and in 1982 the first multi touch interface was build. From that point on the development of multi touch interfaces has greatly increased bringing new technologies to use.

This paper goal is to project, develop and build a multi touch surface that, by the end of the process, is able to be commercialized. The project has been divided in two major parts that are going to be addressed independently, the mechanical part and the software. In the mechanical part the goal is to reduce cost and assembly size maintaining the screen size. In the software the objective is to develop a user friendly environment capable of acquiring and interpreting multi touch information.

At the start of the project a research was conducted to determinate the best way of doing the image projection and the position acquiring. The Rear Diffused Illumination (RDI) method was chosen due to its facilities regarding screen material and costs. The method uses a projector to buildup the image and infra red light to acquire the touch position.

Keywords: Multitouch, Rear Diffused Illumination, Optical Projection, Infrared LED's.

Lista de Figuras

FIGURA 4.1.1 - EXEMPLO DE MESA MULTI TOQUE	1
FIGURA 4.1.1 – INTERFACE MULTI TOQUE	4
FIGURA 4.1.2 - TELA CAPACITIVA.....	5
FIGURA 4.1.3 - MÉTODO DA REFLEXÃO TOTAL INTERNA FRUSTRADA	5
FIGURA 4.1.4 - MÉTODO DA ILUMINAÇÃO DIFUSA INFERIOR	6
FIGURA 4.1.5 - MÉTODO DA ILUMINAÇÃO DIFUSA SUPERIOR	6
FIGURA 4.1.6 - MÉTODO DO PLANO DE LASER.....	7
FIGURA 4.1.7 - MÉTODO DA ILUMINAÇÃO DIFUSA DE SUPERFÍCIE	7
FIGURA 4.2.1 - SISTEMA DE PROJEÇÃO	10
FIGURA 4.3.1 - SISTEMA DE CAPTAÇÃO	13
FIGURA 4.4.1 - DESENHO ESQUEMÁTICO DA MESA	15
FIGURA 4.4.2 - MÉTODO USADO PARA DETERMINAR O SISTEMA DE PROJEÇÃO	15
FIGURA 4.4.3 – SOLUÇÃO FINAL DO SISTEMA DE PROJEÇÃO	16
FIGURA 4.4.4 – SOLUÇÃO FINAL DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO	16
FIGURA 4.4.5 – ESPAÇO DISPONÍVEL PARA A INSTALAÇÃO DO COMPUTADOR	17
FIGURA 4.4.6 – ESTRUTURA CONSIDERADA	18
FIGURA 4.4.7 – DIAGRAMA DE ESFORÇOS SOLICITANTES	19
FIGURA 4.4.8 – ESBOÇOS DE CARENAGEM	20
FIGURA 4.4.9 – CONFIGURAÇÃO FINAL	21
FIGURA 4.4.10 – IMAGEM CAPTURADA PELA CÂMERA E IMAGEM APÓS TRATAMENTO	21
FIGURA 5.2.1-TELAS DOS 3 SISTEMAS OPERACIONAIS PESQUISADOS, TODOS EM MODO MULTI TOQUE.....	22
FIGURA 5.6.1- TRAJETÓRIA EFETUADA PELOS PONTOS DE INTERAÇÃO USUÁRIO/MAQUINA.....	24
FIGURA 5.6.2 – IMAGEM ROTACIONADA E AS MARCAS DOS PONTOS DE CONTATO DO USUARIO	24
FIGURA 5.6.1 – CRONOGRAMA DA PRIMEIRA ETAPA DO PROJETO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
FIGURA 5.6.1 – CRONOGRAMA DA SEGUNDA PARTE DO PROJETO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

Lista de Tabelas

TABELA 3.1 - COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS..... 8

TABELA 4.1 - PROJETORES.....11

TABELA 4.2 - PROCESSOS PARA A CONFECÇÃO DE TELA12

TABELA 5.1 - DADOS DOS LEDS14

TABELA 6.1 – MASSAS DOS COMPONENTES18

TABELA 7.1 – ORÇAMENTO25

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	HISTORIA	2
3	METODOLOGIA.....	3
4	PROJETO MECÂNICO.....	4
4.1	INTERFACE MULTI TOQUE.....	4
4.1.1	<i>Definição</i>	4
4.1.2	<i>Tipos de Interface</i>	4
4.1.2.1	<i>Método da Tela Capacitiva</i>	4
4.1.2.2	<i>Método da reflexão total interna frustrada (FTIR).....</i>	5
4.1.2.3	<i>Método da iluminação difusa inferior.....</i>	6
4.1.2.4	<i>Método da iluminação difusa superior</i>	6
4.1.2.5	<i>Método do plano de laser</i>	7
4.1.2.6	<i>Método da iluminação difusa de superfície</i>	7
4.1.2.7	<i>Conclusão.....</i>	8
4.2	SISTEMA DE PROJEÇÃO	10
4.2.1	<i>Definição</i>	10
4.2.2	<i>Objetivos</i>	10
4.2.3	<i>Projetor</i>	10
4.2.4	<i>Elementos Ópticos</i>	11
4.2.5	<i>Tela</i>	12
4.3	SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE TOQUE.....	13
4.3.1	<i>Definição</i>	13
4.3.2	<i>Objetivos</i>	13
4.3.3	<i>Câmera.....</i>	13
4.3.4	<i>Iluminação infravermelha difusa</i>	14
4.3.5	<i>Anteparo opaco</i>	14
4.4	PROJETO DA MAQUINA	14
4.4.1	<i>Objetivos</i>	14
4.4.2	<i>Restrições do projeto</i>	15
4.4.3	<i>Desenvolvimento do Sistema de Projeção.....</i>	15
4.4.4	<i>Desenvolvimento do Sistema de Captação.....</i>	16
4.4.5	<i>Desenvolvimento do Sistema de Controle</i>	17
4.4.6	<i>Desenvolvimento da estrutura de fixação e suporte.....</i>	17
4.4.7	<i>Desenvolvimento da Carenagem Externa</i>	20
4.4.8	<i>Configuração Final</i>	20

5	SOFTWARE.....	21
5.1	OBJETIVO	21
5.2	SISTEMA OPERACIONAL	22
5.3	LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO	22
5.4	SOFTWARE DE CAPTAÇÃO DE IMAGEM	23
5.5	PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO	23
5.6	SOFTWARE BASE DE INTERAÇÃO DO EQUIPAMENTO	24
6	COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÕES.....	25
7	PRÓXIMOS PASSOS.....	26
8	BIBLIOGRAFIA	26
9	APÊNDICE 1 – PLANTAS.....	28

1 Introdução

Há tempos as interfaces naturais com o usuário (NUI – Natural User Interface) têm ganhado espaço e popularidade. Uma de suas principais vertentes é o uso de superfícies capazes de detectar múltiplos toques para permitir a interação de um ou mais usuários. Esta vertente, desde o lançamento do iPhone e do iPod touch em 2007, vem crescendo rapidamente tanto em número de empresas quanto no tamanho das mesmas. Hoje mais de 20 empresas atuam no setor, principalmente nos Estados Unidos. Sendo que os principais nomes do setor são Apple, Microsoft, Asus, Motorola, Acer, 3M e Dell.

No Brasil esta é uma área nova onde, atualmente, não existem produtos disponíveis no mercado. Em face disso este trabalho visa desenvolver o projeto de uma superfície sensível a multi toque que possa ser aplicada tanto como mesa, na horizontal, quanto como quadro ou totem, na vertical.

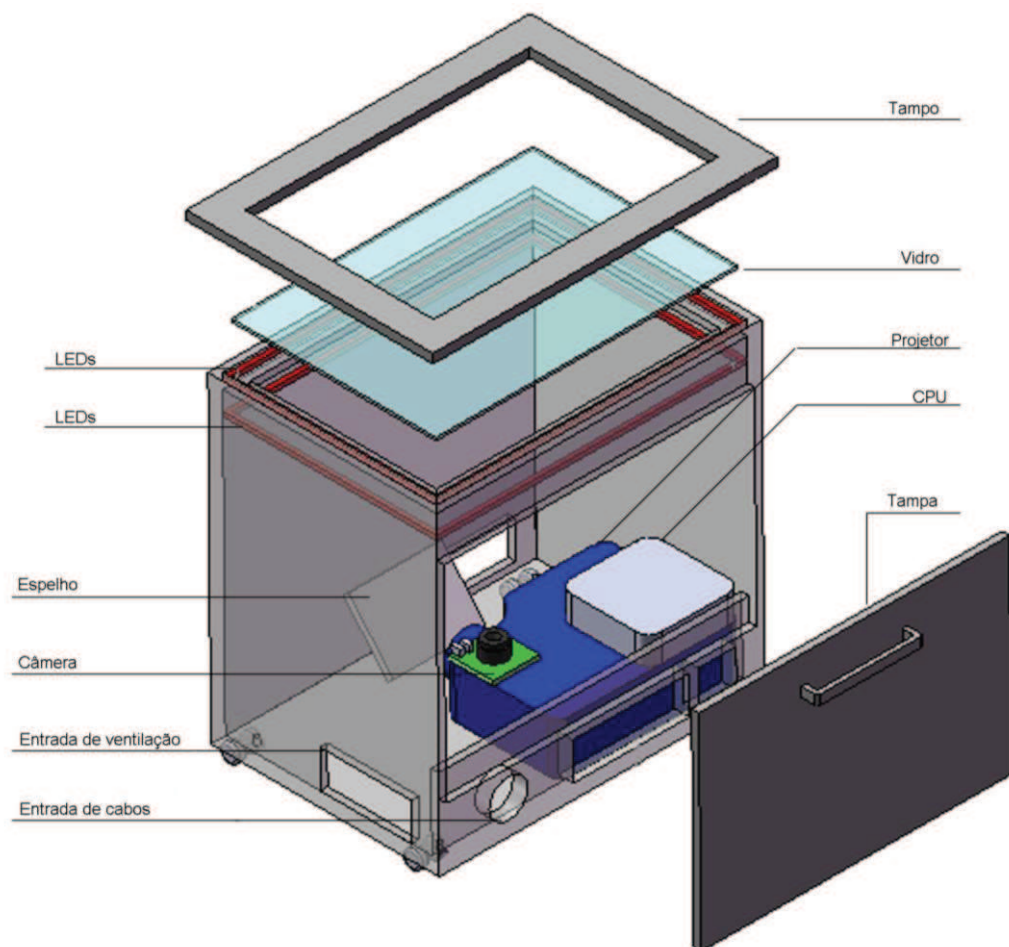


Figura 4.1.1 - Exemplo de Mesa Multi Toque

2 Historia

Os primeiros registros do uso de multi toque para efetuar o controle de equipamentos eletrônicos datam de meado da década de 60 quando Hugh Le Caine Robert Moog desenvolveram instrumentos musicais controlados por sensores capacitivo. Em 1972 a Control Data Corporation lançou o primeiro computador controlado por toque simples que era usado para fins educacionais.

A primeira interface computacional multi toque foi implementada pelo centro de pesquisas nucleares europeu em 1977 empregando a tela capacitiva desenvolvida por Bent Stumpe em 1973. Ela foi usada na sala de controle do super sincrotron de prótons.

Em 1983 foi publicado pelo Bell Laboratories o primeiro livro sobre tecnologias sensíveis a toque. Em 1984 eles lançaram uma tela sensível a toque capaz de detectar a interação de mais de uma mão simultaneamente.

Em 1991, Pierre Wellner lança artigos sobre a sua mesa multi toque. E a partir disso diversas empresas começaram a fazer pesquisas em tecnologias multi toque.

Em 2004 a Microsoft mostra um protótipo de tecnologia multi toque chamado "TouchLight" que se baseia em projeções e luz infravermelha para detectar o toque do usuário. Um ano mais tarde Jeff Han, pesquisador da universidade de Nova York constrói uma tela multi toque de grande porte capaz de interpretar movimentos de todas as partes do corpo.

O iphone é lançado em 2007, sendo primeiro aparelho com tecnologia multi toque amplamente comercializado. Um ano depois a Microsoft lança a Microsoft Surface que é uma mesa multi toque como aplicação da tecnologia "ToucLight" desenvolvida anos antes. Com isso diversos aparelhos multi toque de pequeno porte são lançados no mercado. A previsão é de que até 2012 existam 21 milhões de aparelhos multi toque, um numero bastante expressivo quando comparado aos 600 mil que existiam em 2007

3 Metodologia

A metodologia adotada favorece o projeto sistêmico e interdisciplinar. Parte-se de análises globais e impactantes sobre o projeto para chegar progressivamente na engenharia de componentes e definição completa de cada elemento do equipamento. Para tanto, é feita a divisão do projeto em quatro etapas:

Projeto Conceitual: etapa em que o conceito do equipamento é definido. Poucos cálculos são realizados em favorecimento de análises de projetos já existentes e análises de sensibilidade, alternativas de projeto e soluções conceituais.

Projeto Preliminar I: Etapa a onde são definidos os componentes a serem usados nos diferentes subsistemas do projeto. Bem como são escolhidas soluções iniciais para a configuração dos mesmos.

Projeto Preliminar II: a partir das soluções esboçadas no projeto preliminar I é realizado refinamento de todos os cálculos e modelos. Apesar de os subsistemas serem tratados em separado optou-se por focar o trabalho em um projeto global e integrado de forma a não impor restrições desnecessárias. Nessa etapa também são efetuados protótipos de cada subsistema para garantir seu funcionamento.

Projeto Detalhado: nesse momento, todos os subsistemas já estão dimensionados e definidos e os últimos ajustes construtivos são feitos. É efetuada a construção do protótipo final, e por fim os últimos testes são efetuados para garantir a integridade do projeto.

4 Projeto Mecânico

4.1 Interface Multi Toque

4.1.1 Definição

A tecnologia de interface por multi toque é uma evolução da tecnologia de tela sensível ao toque que visa possibilitar ao usuário a utilização de vários dedos para manipular o dispositivo permitindo assim o uso de comandos complexos. Além disso ele também permite o uso do equipamento por vários usuários simultâneos.

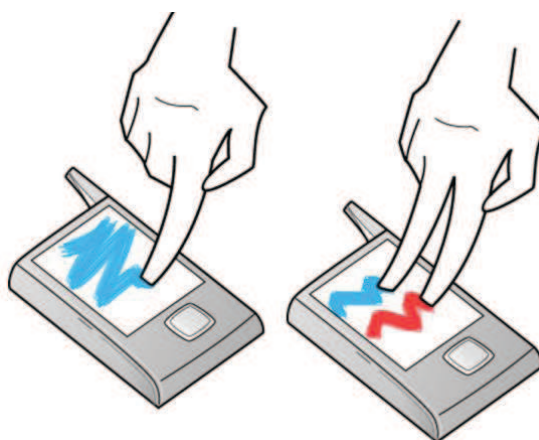


Figura 4.1.1 – Interface Multi Toque

4.1.2 Tipos de Interface

4.1.2.1 Método da Tela Capacitiva

Estas são feitas de um material com pequena capacitância que, em contato com outro corpo capacitivo, tem a capacitância nesta posição alterada possibilitando a determinação da posição do toque. Estas telas apresentam precisão próxima a 100% e grande durabilidade. Porém possui um custo elevado e não podem trabalhar em ambientes com grandes variações térmicas.

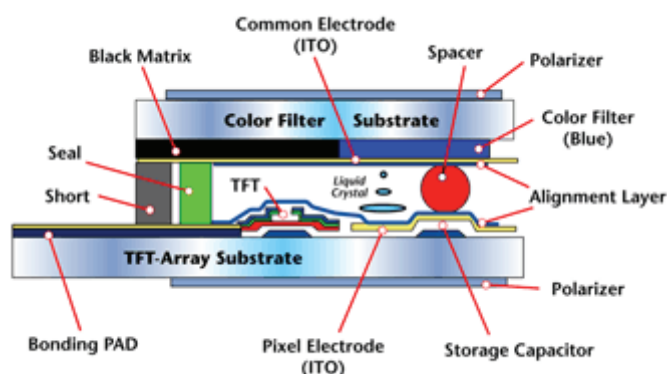


Figura 4.1.2 - Tela Capacitiva

4.1.2.2 Método da reflexão total interna frustrada (FTIR)

Este método foi desenvolvido por Jeff Han em 2005 e se utiliza o princípio da reflexão total interna com o uso de luz infravermelha. Os raios luminosos entram em um material transparente e, devido a diferença entre os ângulos de refração, ficam presos dentro do mesmo. Quando se efetua o toque na superfície do material o índice de refração no ponto de contato se altera o que possibilita que a luz saia, podendo assim ser capturada por uma câmera. Fazendo um mapeamento da imagem obtida é possível obter a posição do toque. Em geral ele necessita de uma camada de contato, em geral feita de silicone ou similar sobre a superfície a ser tocada para melhorar a visualização.

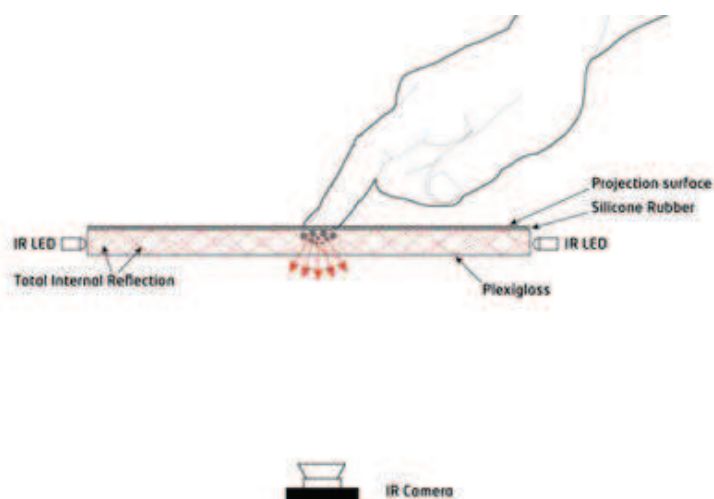


Figura 4.1.3 - Método da reflexão total interna frustrada

4.1.2.3 Método da iluminação difusa inferior

A tela difusora é iluminada pela parte inferior. Quando qualquer objeto é posto próximo a tela ele reflete mais luz que o resto da imagem possibilitando seu mapeamento através de uma câmera disposta na parte inferior da superfície.

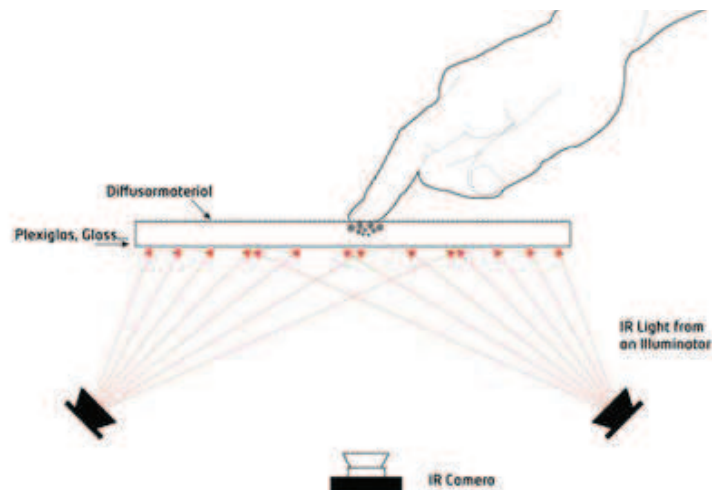


Figura 4.1.4 - Método da iluminação difusa inferior

4.1.2.4 Método da iluminação difusa superior

Este método é muito parecido com o de iluminação difusa inferior, mas ao invés de utilizar iluminação infravermelha. Ele utiliza a luz infravermelha do próprio ambiente e identifica as sombras produzidas pela aproximação do dedo ou objeto em questão.

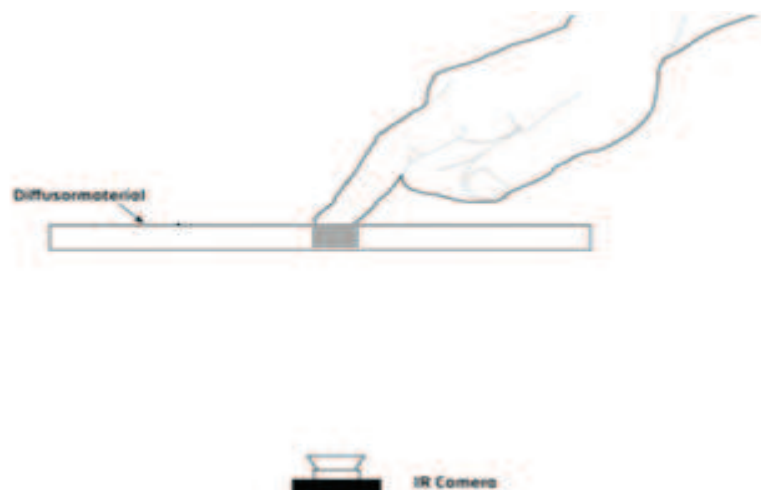


Figura 4.1.5 - Método da iluminação difusa superior

4.1.2.5 Método do plano de laser

Este método consiste em se fazer um plano de luz laser de 1 mm de espessura sobre a superfície de interesse usando se lasers. Ao se interromper o plano com um objeto os raios de luz são difratados e a câmera disposta na parte inferior da superfície passa a captar um ponto de luz.

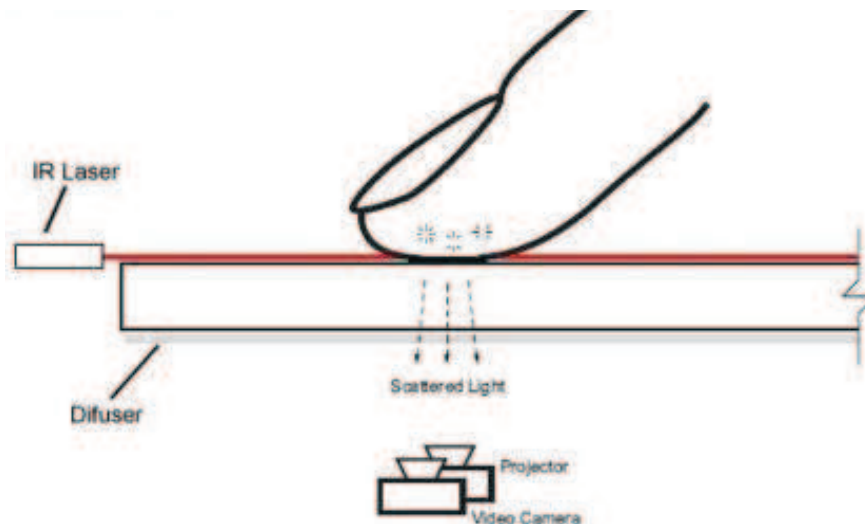


Figura 4.1.6 - Método do plano de laser

4.1.2.6 Método da iluminação difusa de superfície

Este método usa um tipo especial de acrílico para gerar uma iluminação uniforme na superfície de forma a iluminar qualquer objeto próximo e possibilitar seu mapeamento pela câmera posicionada em sua parte inferior

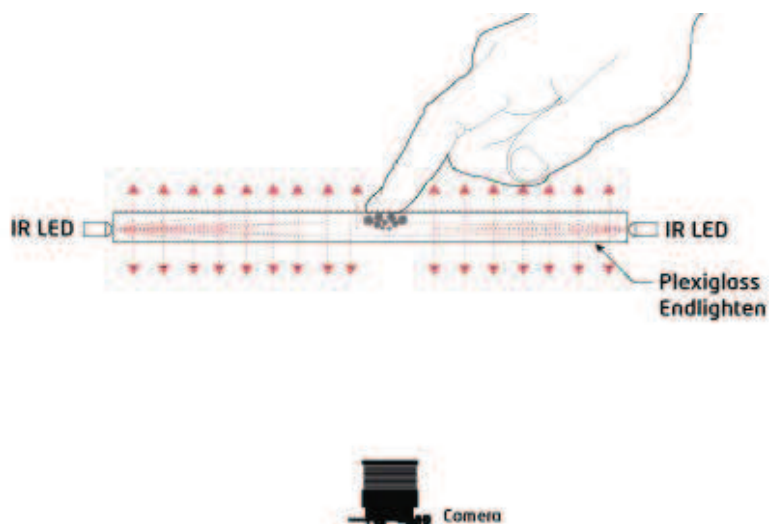


Figura 4.1.7 - Método da iluminação difusa de superfície

4.1.2.7 Conclusão

A Tabela 4.1 mostra as principais vantagens e desvantagens dos métodos pesquisados.

Tabela 4.1 - Comparação entre os métodos

Método	Vantagens	Desvantagens
Método da tela capacitiva	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidade • Precisão • Não necessita de uma caixa fechada • Não necessita de camada de contato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preço • Tamanho restrito • Susceptível a variações na temperatura • Não reconhece objetos.
Método da reflexão total interna frustrada	<ul style="list-style-type: none"> • Bom contraste. • Usando uma camada de contato apropriada consegue captar pequenos objetos. • Não necessita de uma caixa fechada 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessita da camada de contato para bom funcionamento. • Não reconhece objetos. • Não funciona com qual que material transparente de tela.
Método da iluminação difusa inferior	<ul style="list-style-type: none"> • Funciona qual qualquer material transparente de tela. • Consegue captar objetos e texturas. • Não necessita de camada de contato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessita de uma caixa fechada. • Dificuldade de se conseguir uma iluminação uniforme.

Método da iluminação difusa superior	<ul style="list-style-type: none"> • Não necessita de camada de contato • Funciona qual qualquer material transparente de tela. • Não necessita de uma caixa fechada • Não usa iluminação por LED's 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande dependência do meio-ambiente • Chance de aparecer pontos falsos • Dificuldade de garantir uma iluminação uniforme.
Método do plano de laser	<ul style="list-style-type: none"> • Não necessita de camada de contato • Funciona qual qualquer material transparente de tela. • Não necessita de uma caixa fechada 	<ul style="list-style-type: none"> • Não consegue captar objetos. • Sujeito a interferência quando um dedo oculta o outro da fonte de laser • Problemas relacionados saúde no caso de aproximação dos olhos com o pano laser.
Método da iluminação difusa de superfície	<ul style="list-style-type: none"> • Não necessita de camada de contato • Não necessita de uma caixa fechada • Não necessita de camada de contato. • Identifica objetos e diferentes toques 	<ul style="list-style-type: none"> • O acrílico especial que deve ser usado tem um custo bastante elevado • Tem restrições dimensionais por o acrílico necessário apresenta baixa resistência mecânica.

Com base nisso foi escolhido o método da iluminação difusa inferior por não depender de nenhum material específico para a fabricação da tela bem como por possibilitar um uso mais refinado como percepção de sinais, figuras e desenhos nos objetos. Além disso ele mostra se mais barato e robusto.

4.2 Sistema de Projeção

4.2.1 Definição

É o sistema que possibilitará a formação de uma imagem na tela com a qual o usuário devere interagir. É composto por projetor, elementos ópticos, tela. A Figura 4.2.1 ilustra o sistema de projeção.

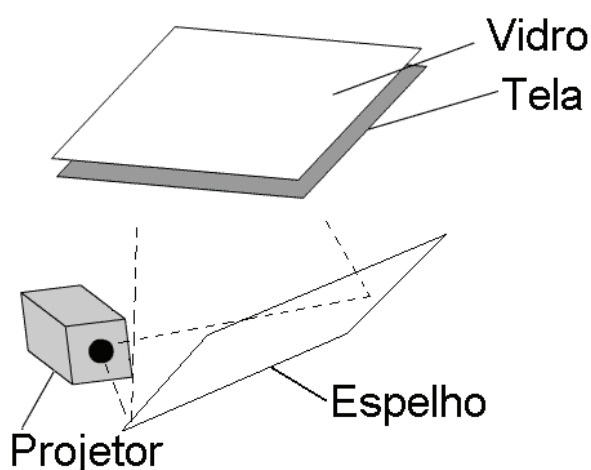


Figura 4.2.1 - Sistema de Projeção

4.2.2 Objetivos

Dado que este subsistema é o maior responsável pelo tamanho final do equipamento temos que nos focar em conseguir reduzir ao máximo a distância de projeção. Para isso podemos caminhar por dois caminhos distintos: Achar projetores com menor distância de projeção e projetar uma lente que em série com a do projetor produza as mudanças desejadas. Optou-se por levar os dois caminhos em paralelo de forma a conseguir o melhor resultado possível.

4.2.3 Projetor

As características que foram escolhidas como prioritária foram distância de projeção, como explicado à cima, preço, de forma a evitar que o custo total do projeto fique muito elevado, e comprimento da máquina, de forma a colaborar para a redução do tamanho total da máquina.

Assim diversos projetores de diversas marcas foram pesquisados sempre buscando a melhor relação entre custo, tamanho da maquina, distancia de projeção e levando-se em conta a disponibilidade no mercado brasileiro.

As melhores soluções analisadas foram mostradas na Tabela 4.2abaixo.

Tabela 4.2 - Projetores

Modelo	Distancia de projeção(m)	Comprimento da maquina(m)	Custo (R\$)
BenQ MP515st	0.62	0.254	1700
Acer S1200	0.30	0.270	1750
Dell S300	0.5656	0.304	*
BenQ MP522st	0.66	0.254	2300
Epson 400 w	0.70	0.327	*
Htachi CP-X10000	0.80	0.357	7000
* Não comercializado no Brasil			

Dentre esses se optou pelo projetor Acer S1200 que apresenta uma distancia mínima de projeção de 300 mm e custa aproximadamente R\$1750.

4.2.4 Elementos Ópticos

Iniciou-se o projeto dos componentes ópticos fazendo-se uma analise para avaliar a viabilidade do desenvolvimento de uma lente que pudesse ser associada em serie com a lente já existente no projetor de forma a reduzir a distancia focal do conjunto e por tanto reduzir ainda mais a distancia de projeção. Ao termino da analise concluiu se que não era viável desenvolver essas lentes, pois o custo do projeto ficaria por demasiado alto como também possivelmente decorreriam aberrações cromáticas e monocromáticas na imagem final de forma a inviabilizar o projeto. Com essa análise em mente os elementos ópticos foram restringidos somente a espelhos planos. Essa escolha é devida ao fato de os espelhos planos serem os únicos elementos ópticos que não geram deformações na imagem bem como por seu preço substancialmente mais baixo.

4.2.5 Tela

Para a manufatura da tela foram testados diversos materiais, sendo que as principais características almejadas para o projeto da tela do sistema de projeção são qualidade da imagem projetada, resistência do material e preço. Os materiais testados foram vidro, policarbonato, acrílico e vidro temperado. Dentre esses materiais o vidro e o acrílico apresentaram as melhores características e por isso foram escolhidos para uma análise de processos para permitir a projeção de imagens. Os Seguintes processos foram analisados sendo que seus principais pros e contras foram listados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Processos para a confecção de tela

Processo	Qualidades	Desvantagens
Jateamento	<ul style="list-style-type: none"> • Bom resultado visual, • Não necessita de manutenção • Bom resultado funcional 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo
Colagem de papel vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Bom resultado visual • Bom resultado funcional 	<ul style="list-style-type: none"> • Sujeito a manutenção periódica • Não é impermeável
Aplicação de resina com pó de vidro.	<ul style="list-style-type: none"> • Bom resultado funcional 	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil aplicação sem causar deformações na imagem projetada

Com isso optou-se por utilizar a solução do vidro jateado, pois o vidro é um material relativamente barato com boa resistência mecânica e ótimas qualidades para a projeção, e o uso do jateamento implica na não necessidade de manutenção o que supera o benefício do menor custo associado ao papel vegetal. A hipótese do uso da resina foi descartada devido a suas desvantagens.

4.3 Sistema de captação de toque

4.3.1 Definição

O sistema de captação de toque é o sistema mecânico responsável por possibilitar a coleta dos pontos onde ocorra interação com a tela. Ele, segundo a escolha explicada na seção 4.1.2.7, é composto por uma câmera infravermelha, um sistema de iluminação infravermelho difuso e um anteparo opaco que causa difração nos raios de luz infravermelha de forma que somente os objetos encostados nela possam ser vistos pela câmera. A Figura 4.3.1 mostra o sistema de captação.

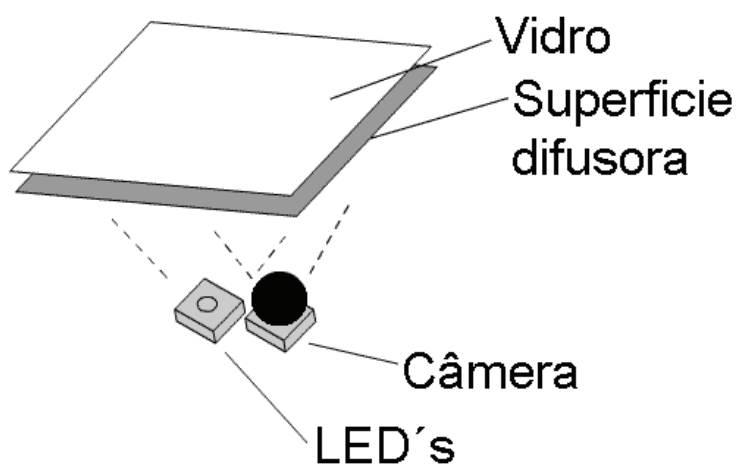


Figura 4.3.1 - Sistema de Captação

4.3.2 Objetivos

Esta etapa tem como meta aperfeiçoar a capacidade de captação de toque da tela. Para isso é necessário a escolha de uma câmera com as qualidades necessárias, bem como um ensaio detalhado da quantidade de luz infravermelha e da tela.

4.3.3 Câmera

A câmera a ser aplicada nesse projeto tem que ter uma boa razão definição por quadro por segundo bem como ser capaz de captar o espectro infravermelho e ter um preço acessível. Quase todas as câmeras disponíveis no mercado vêm com um filtro para luz infravermelha. Assim a pesquisa se iniciou buscando as câmeras nas quais fosse fácil e barato remover o filtro de luz infravermelha e aplicar um filtro

passa banda para luz infravermelha com 850nm de comprimento de onda, excluindo assim a luz visível. Dentre as câmeras selecionadas foram analisadas as outras características importantes como definição, Quadros por segundo e custo. Ao final da pesquisa foi adquirida a câmera EYE da Sony. Que com uma definição de 800 x 600 conseguiu capturar em media 70 quadros por segundo.

4.3.4 Iluminação infravermelha difusa

Para a definição da iluminação foi utilizado um LED infravermelho com comprimento de onda de 850 nm e 2 W de potencia. Fez-se variações de um a cinco LED's e concluiu se que um LED ilumina com eficiência uma área de 0.15 m². Para sua alimentação foi utilizada uma fonte de computador. As principais características elétricas dos LED's são mostradas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Dados dos LEDS

Característica	Valor
Tensão	1,8 V
Corrente	1,1 A
Potencia	2 W
Comprimento de onda	850 nm
Ângulo de iluminação	80°

4.3.5 Anteparo opaco

A superfície jateada do vidro que será usado como tela apresenta todas as características necessárias para ser utilizada nesta função possibilitando assim o desenvolvimento de um projeto mais simples e robusto.

4.4 Projeto da maquina

4.4.1 Objetivos

Como o intuito deste projeto é o desenvolvimento de um produto, o principal foco desta etapa foi o desenvolvimento de um sistema simples, barato e que se adequasse a maior parte das aplicações possíveis

4.4.2 Restrições do projeto

Foi definido através de ensaios que a tela deveria ter 800x 600 mm. Com isso definido o problema passa a ser a altura h do aparelho, pois ela influi direto em qualquer aplicação.

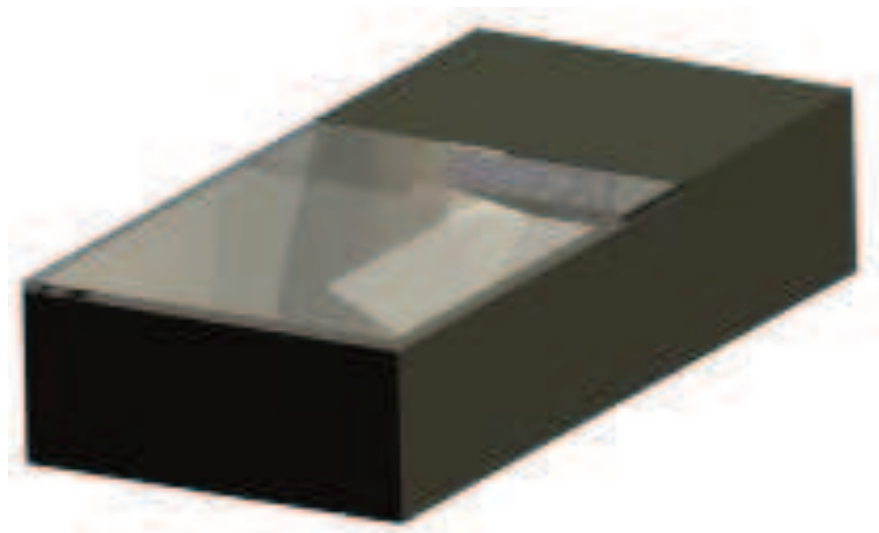


Figura 4.4.1 - Desenho esquemático da mesa

4.4.3 Desenvolvimento do Sistema de Projeção

Para o desenvolvimento do sistema de projeção optou se pelo uso de uma ferramenta de CAD. Iniciou se desenhando a tela da mesa e o projetor. Em seguida foram feitos os espelhos e os raios de luz que partem do projetor e chegam à tela passando pelos espelhos. Por fim foram usadas as ferramentas de vinculo para recriar as regras básicas de reflexão em espelhos planos (figura 6.2).

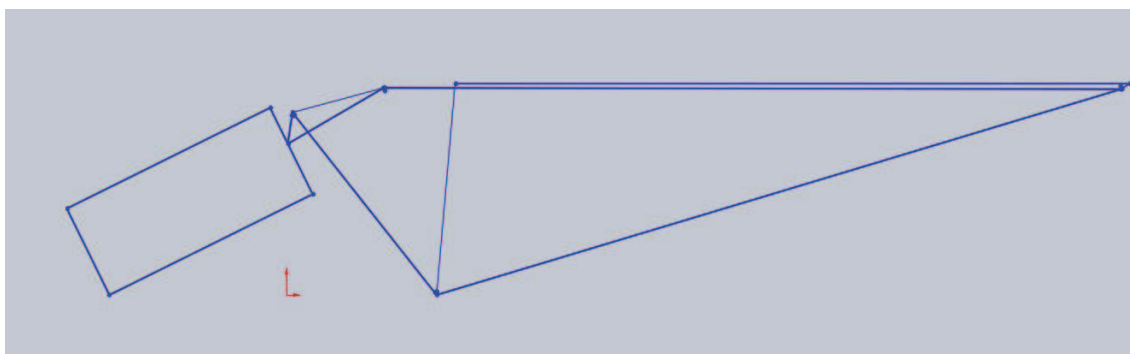


Figura 4.4.2 - Método usado para determinar o sistema de projeção

Foram realizadas simulações usando um, dois e três espelhos planos na tentativa de compactar ao maximo a estrutura da maquina. Após diversos testes chegou se a configuração mostrada na Figura 6.3

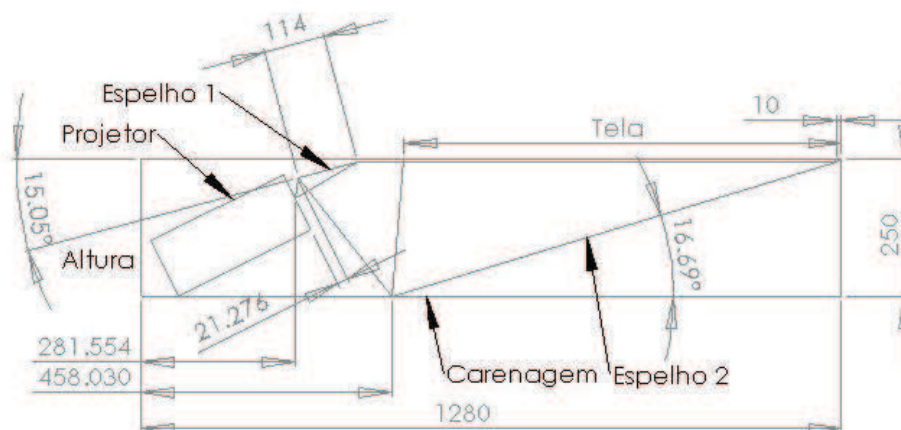


Figura 4.4.3 – Solução final do sistema de projeção

4.4.4 Desenvolvimento do Sistema de Captação

Tendo definido o projeto do sistema de projeção, passamos ao sistema de captação. Tendo em vista que o ângulo de iluminação dos LED's e o ângulo de abertura da câmera são consideravelmente superiores ao ângulo de abertura da imagem do projetor, seu posicionamento fica consideravelmente simples. Mais uma vez fez-se uso da ferramenta de CAD para efetuar o posicionamento dos componentes. A Figura 4.4.4 indica a configuração final escolhida.

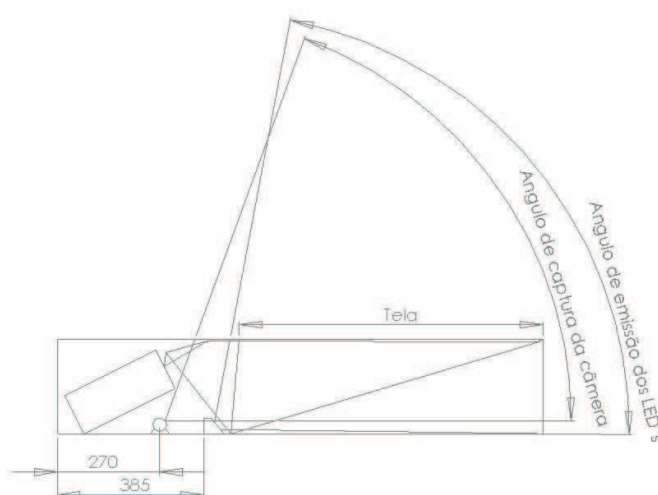


Figura 4.4.4 – Solução final do sistema de captação

4.4.5 Desenvolvimento do Sistema de Controle

O espaço disponível para a instalação do computador que será a base de funcionamento da máquina está indicado na Figura 4.4.5

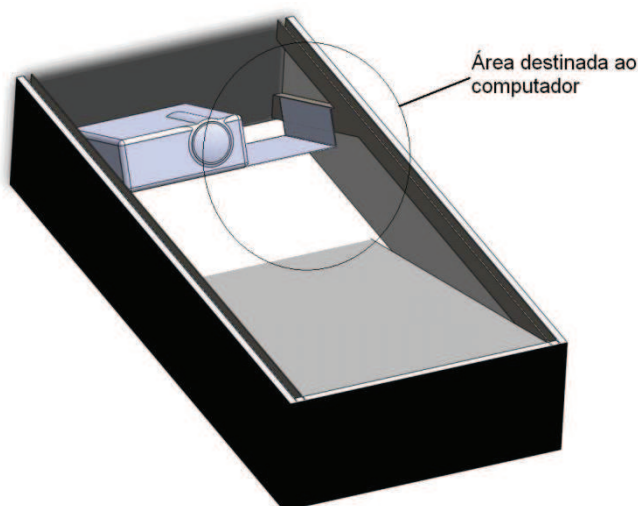


Figura 4.4.5 – Espaço disponível para a instalação do computador

Foram pesquisados modelos de placa-mãe de pequenas dimensões e consumo energético moderado de forma a diminuir e até mesmo evitar o uso de sistemas de refrigeração ativos, reduzindo assim a questão do barulho gerado.

As placas dos tipos micro-ATX, mini-ITX e nano-ITX atendem as restrições de forma e, para os três fatores de forma, existe um grande espectro de modelos no que diz respeito à capacidade de processamento e capacidade de processamento de vídeo. Assim, com a conclusão de que o espaço para o computador não será um problema, optou-se por esperar para se definir as especificações do mesmo mais adiante quando as necessidades de processamento estiverem mais claras.

4.4.6 Desenvolvimento da estrutura de fixação e suporte

Até este momento todos os componentes estavam simplesmente soltos no espaço. Foram então desenvolvidas as peças de fixação de cada componente.

Aqui será explicado o projeto das vigas principais que, no caso de a máquina ser usada como mesa, serão responsáveis por segurar todo o peso dela mesma bem como cargas externas devidas aos usuários. As outras peças podem ser vistas no “Apêndice 1 – Plantas”.

Para o cálculo foram estimados os pesos de cada componente e foram levantadas suas posições ao longo do comprimento. Além disso considerou-se uma estrutura

composta por duas vigas longitudinais e três vigas transversais (Figura 4.4.6). Por fim incluiu se uma carga devida ao usuário, foi estabelecido que um usuário de até 200 kg pudesse se apoiar na cabeceira da mesa sem causar sua falha. A Figura 4.4.7 mostra os carregamentos e os esforços solicitantes agindo em cada uma das vigas longitudinais.

Tabela 4.5 – Massas dos Componentes

Objeto	Peso (Kg)	Posição no comprimento(m)
Computador	2	15
Projektor	3	15
Espelho	10	65
Tampo	15	65
Carenagem	20	55
Usuário	200	110

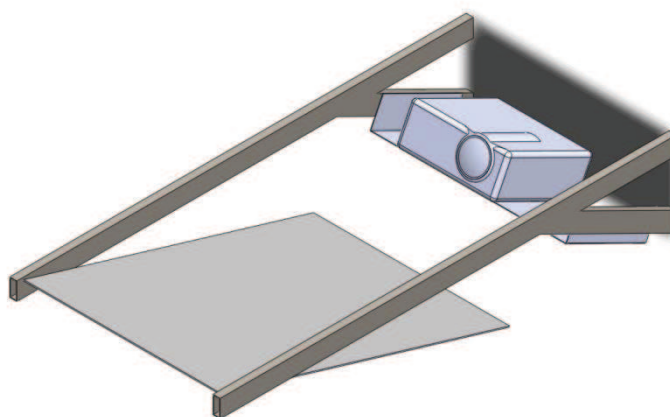


Figura 4.4.6 – Estrutura considerada

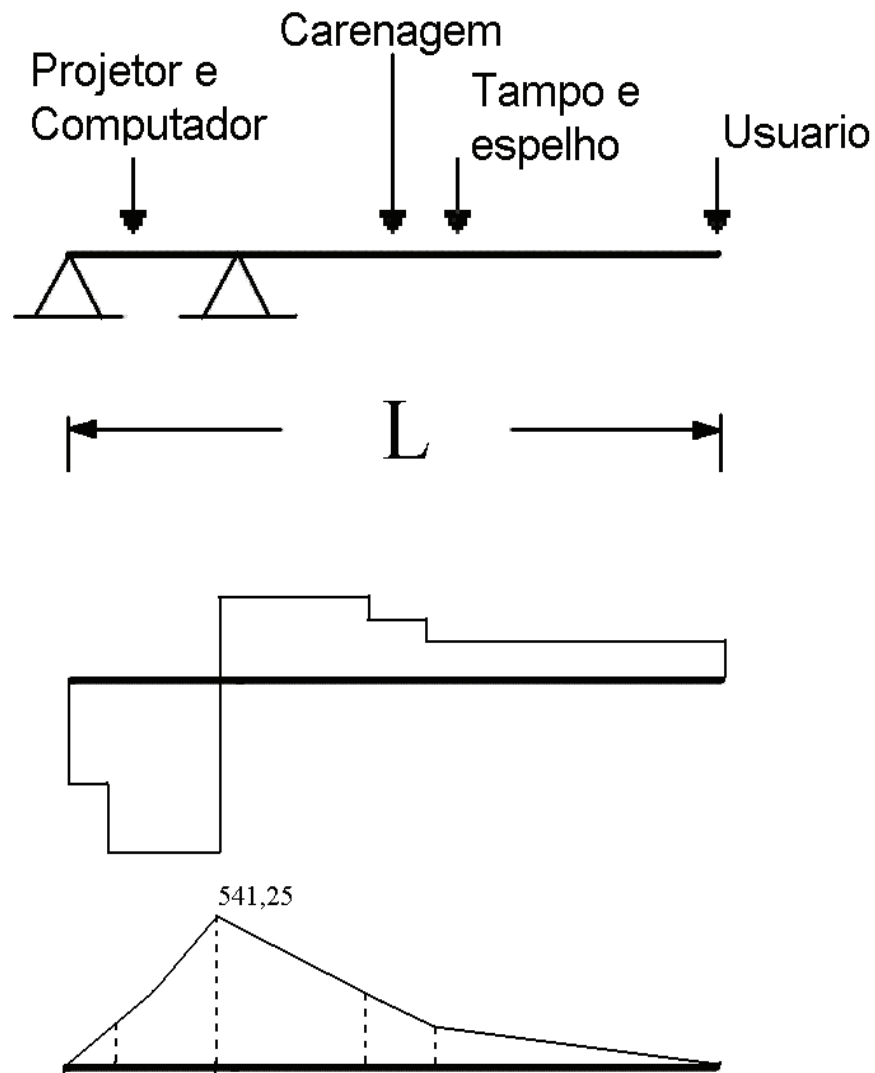


Figura 4.4.7 – Diagrama de esforços solicitantes

Assim temos que: _____, e

Sabendo que _____ e tirando _____ do gráfico, temos que _____. Assim:

Usando _____, e _____, medidas comerciais, temos _____. Assim está definida a viga a ser usada. Feito isso, a conta é recalculada levando se em conta o peso da própria viga e concluiu se que a viga

com as dimensões a cima citadas agüenta todos os esforços com fator de segurança maior que dois.

4.4.7 Desenvolvimento da Carenagem Externa

Para concluir o desenvolvimento da parte mecânica da maquina só falta o projeto de uma carenagem que atenda as questões estéticas e permita a entrada de ar para a ventilação. Foram feitos uma serie de esboços (Figura 4.4.8) e ao fim escolheu se a solução “c”. Com relação aos materiais para fabricação da carenagem foram selecionados dois materiais que possibilitam a sua construção mantendo reduzido seu peso: fibra de vidro e poliestireno.

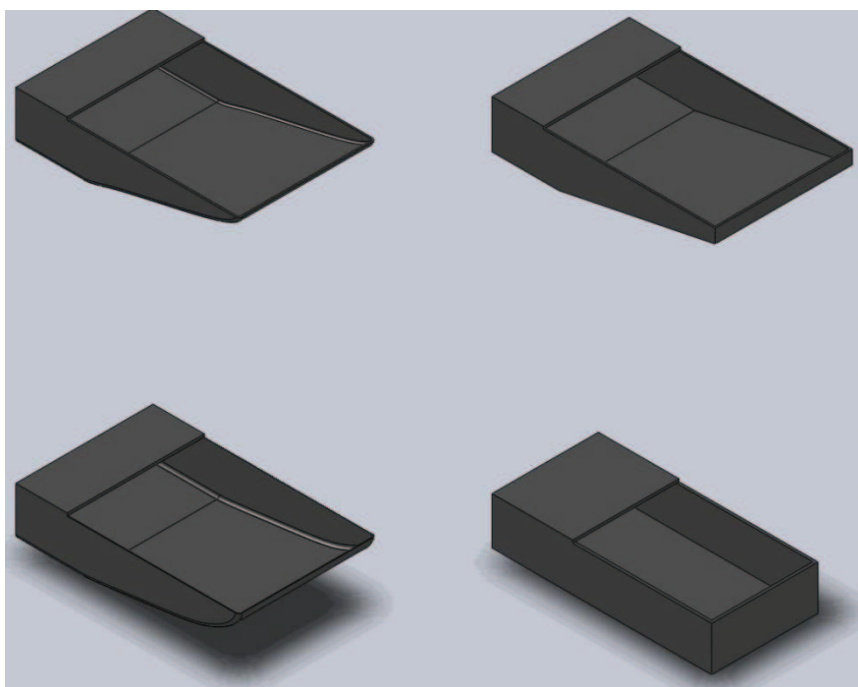


Figura 4.4.8 – Esboços de carenagem

4.4.8 Configuração Final

Segue na Figura 4.4.9 o desenho da configuração final escolhida. Os desenhos técnicos de cada peça seguem no Apêndice 1 – Plantas. E a Figura 4.4.10 mostra o resultado do sistema de captação de toque.

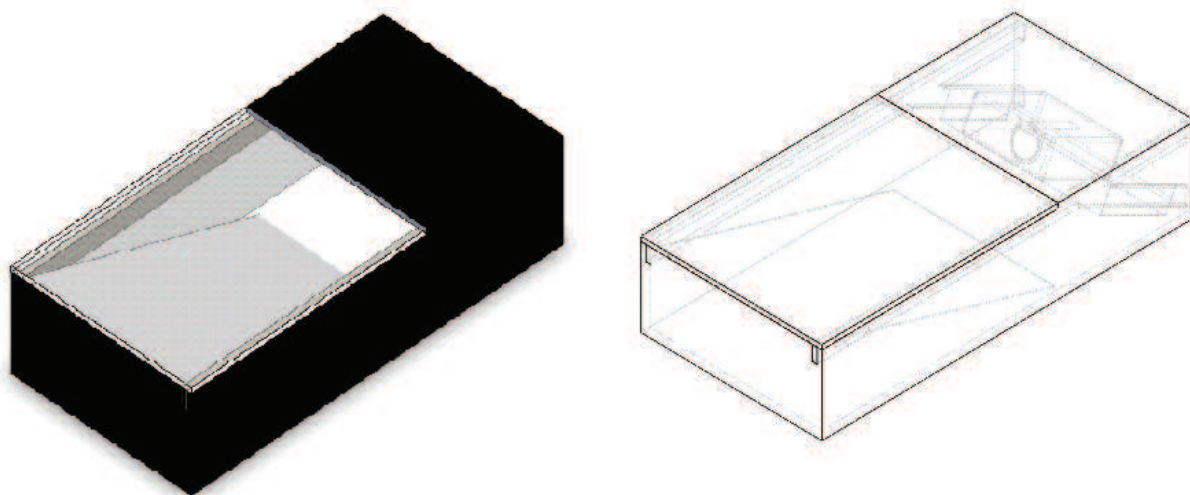


Figura 4.4.9 – Configuração final

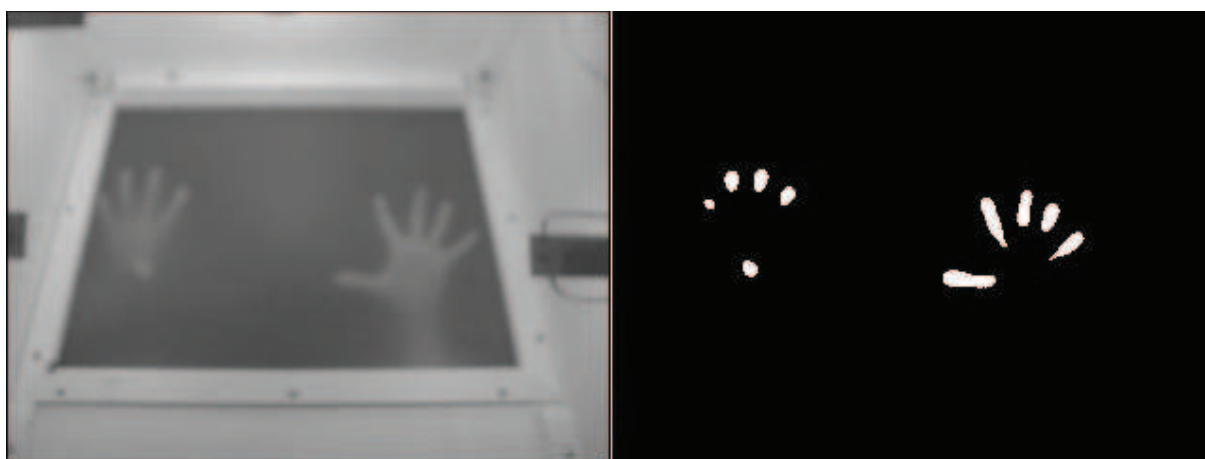


Figura 4.4.10 – Imagem capturada pela câmera e imagem após tratamento

5 Software

5.1 Objetivo

O objetivo desta etapa do projeto é desenvolver uma solução em termos de software que possibilite uma interação dos usuários do sistema multi toque que seja tanto satisfatória em termos de resultados quanto agradável para o usuário. Para isso deve-se levar em conta o custo computacional do programa, pois essa influência diretamente a resposta do programa a interação com vários usuários, bem como a facilidade de interação.

Para isso será necessário encontrar solução, em termo de software, para dois problemas. O primeiro é a captação da imagem da câmera e seu tratamento para obtenção dos pontos de contato do usuário. O segundo é o programa que tendo os pontos de contato com o usuário os interpreta e faz a interação com o usuário.

5.2 Sistema operacional

Com o intuito de se solucionar a questão da interpretação dos pontos optou se por pesquisar as tecnologias multi toque existentes nos principais sistemas operacionais existentes para computadores. Esses sistemas são o Mac OS X, o Windows 7 e o Ubuntu 10.10.



Figura 5.2.1-Telas dos 3 sistemas operacionais pesquisados, todos em modo multi toque

Todos os três sistemas trabalham com opção de operação tanto com mouse convencional quanto com multi toque. Para isso o sistema operacional efetua pequenas mudanças, como tamanho dos ícones, formato dos menus e disposição das coisas, quando o modo multi toque é selecionado.

Depois de analisar as características desses sistemas concluiu se que todos eles apresentavam diversas características que acabariam por restringir as possibilidades de configuração do software. Assim optou se por desenvolver uma interface multi toque que pudesse ser usada com qualquer um dos sistemas previamente citados alem de ainda incluir outras versões destes.

5.3 Linguagem de programação

Tendo em vista que o programa deveria funcionar em diversas plataformas foram levantadas as linguagens que atendiam a essa característica. Com isso resolvido foram levantadas todas as bibliotecas existentes que poderiam auxiliar no projeto. Ao fim da análise escolheu se trabalhar com a linguagem Processing.

Esta é uma linguagem de programação open source com um ambiente integrado de desenvolvimento (IDE). Ela foi desenvolvida em 2001 sendo baseada na linguagem de programação JAVA. E possibilita uma maior facilidade em se trabalhar com computação gráfica.

5.4 Software de captação de imagem

Para o software de captação foi efetuada uma pesquisa que indicou o software CCV satisfaria completamente os requisitos. Este é um programa open source multi plataforma desenvolvido como solução para problemas de visão computacional. Ele tem como entrada um streaming de vídeo e como saída dados de monitoramento, como coordenadas dos pontos de contato, tamanho do ponto de contato, etc. que podem ser enviados usando diversos protocolos, TCP, XML ou UDP. Além disso o programa possui diversas opções de tratamentos para as imagens como subtração de imagem de fundo, filtros, amplificadores, etc.

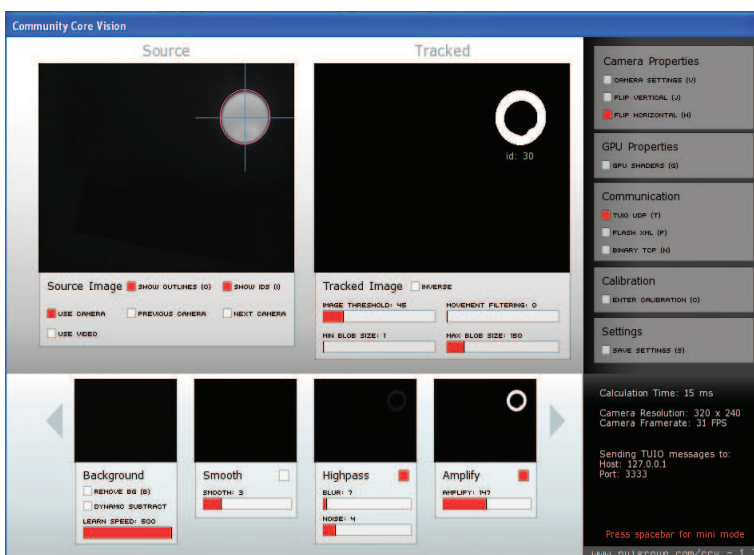


Figura 5.4.1 – Interface do programa CCV

5.5 Protocolo de comunicação

Dentre os protocolos disponíveis no programa CCV o mais adequado é o TUJO UDP que é framework aberto que define uma forma de protocolo entre programas para aplicações em computação visual. Em especial para aplicações em superfícies multi toque. Ele foi desenvolvido baseado em Open Sound Control e por tanto é funcional em qualquer plataforma com este suporte. Já existem bibliotecas para desenvolvimento do cliente em diversas linguagens, algumas delas são C/C++, C#, Java, Processing, Python, Objective C.

5.6 Software base de interação do equipamento

Começou se o desenvolvimento do software com uma análise das possibilidades e restrições. Ao fim desta análise optou se por desenvolver um software capaz de abrir imagens e vídeos de forma a possibilitar a execução de apresentações usando a superfície desenvolvida.

Para isso iniciou se o desenvolvimento com um programa que fazia a implementação do client do TUIO e desenhava na tela a trajetória feita pelos diversos pontos de interação.

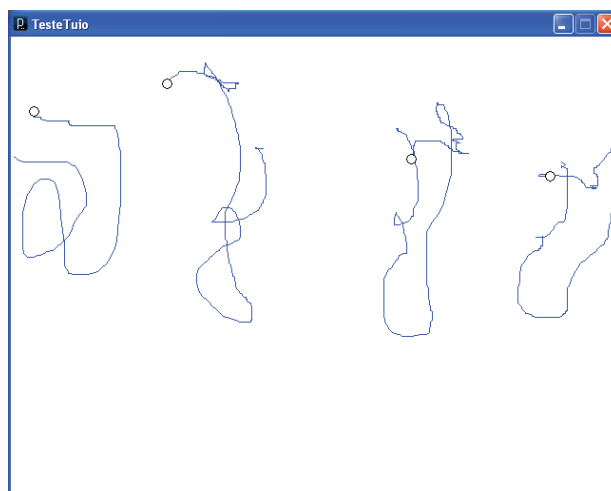


Figura 5.6.1- trajetória efetuada pelos pontos de interação usuário/máquina

Em seguida o foco passou a ser a manipulação de imagens iniciando pelo simples ato de abrir as imagens. Em seguida combinou se os dois programas em três estágios. No primeiro foi implementada a translação das imagens usando se a entrada do TUIO. Em seguida implementou se a capacidade de se efetuar o redimensionamento da imagem aproximando ou afastando se os dedos. Por fim foi feita desenvolvida a habilidade de se efetuar a rotação da imagem.

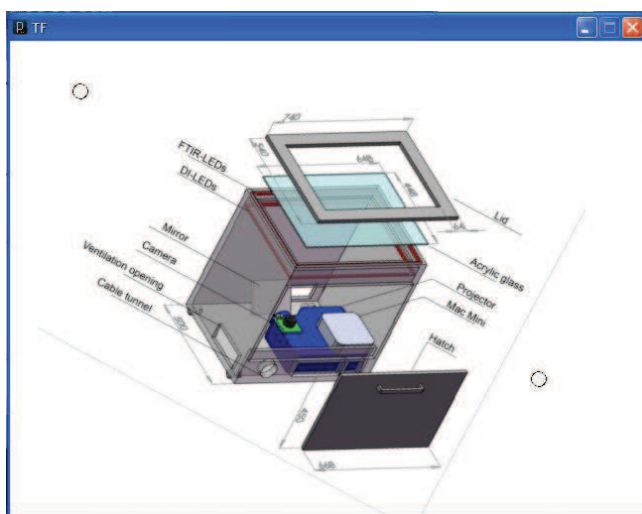


Figura 5.6.2 – imagem rotacionada e as marcas dos pontos de contato do usuário

O próximo passo foi realizar a mesma aplicação feita para imagens porem usando vídeos e implementando o controle para efetuar as funções de play e pause. Isso implicou em algumas complicações cujas soluções vieram através do uso do OpenGL para efetuar a renderização dos objetos. Por fim implementou se a parte de gerenciamento de arquivos que permite que o

programa monte a apresentação carregando as imagens e vídeos, disponíveis em sua pasta, na ordem alfabética. E a parte de controle para que seja possível passar para o próximo slide ou voltar para o anterior.

6 Comentários finais e conclusões

Ao longo do projeto se buscou estabelecer uma metodologia de projeto criteriosa e concisa. Buscando se sempre validar todos os subconjuntos bem como sua integração.

Assim ao fim do processo construiu-se um protótipo de forma a comprovar os conceitos aqui desenvolvidos. Esse protótipo demonstrou que os conceitos escolhidos tanto na parte mecânica quanto na parte de software formaram um projeto robusto e confiável.

Alem disso o custo total da maquina, que era um dos pontos significativos na analise de viabilidade do produto, ficou dentro de um patamar aceitável como pode ser visto na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Orçamento

Item	Custo unitário (R\$)	Numero de unidades	Custo total (R\$)
Projektor	1750,00	1	1750,00
Tampo	162,00	1	162,00
Espelho	127,00	1	127,00
LED	10,00	5	50,00
Câmera	130,00	1	130,00
Carenagem	300,00	1	300,00
Estrutura	320,00	1	320,00
Computador	1100,00	1	1100,00
Fonte	40,00	1	40,00
Total do projeto			3979,00

Encerando assim o trabalho e deixando a confiança de que este projeto possa vir a ser comercializado como produto em um futuro próximo.

7 Próximos Passos

A continuação lógica do projeto é continuar desenvolvendo a parte de software para que diversas outras funcionalidades possam ser inseridas de forma a fazer o produto ficar mais atraente e comerciável. Assim a pesquisa com relação à OpenGL bem como outras tecnologias para manipulação de imagens deve ser continuada visando reduzir a necessidade de capacidade tanto de processamento quanto de vídeo.

Alem disso deve se buscar uma aproximação com possíveis clientes no intuito de se desenvolver um produto que atenda suas necessidades e assim consiga uma abertura o mercado.



Figura 5.6.1 – Aplicação de uma superfície multi toque

8 Bibliografia

ANDREA CORRADINI, H. M. G. **Implementation and comparison of three architectures for gesture recognition**. Tech. Hochschule Ilmenau. Istanbul. 2000.

ANGEL, E. **Interactive Computer Graphics: a top-down approach using OpenGL**. 5 Edicao. ed. Boston: Pearson/Addison-Wesley, 2009. 828 p.

CERN. Another of CERN's many inventions! **CERN Document Serve**, 22 Março 2010. Disponível em: <<http://cdsweb.cern.ch/record/1248908?ln=pl>>. Acesso em: 22 Abril 2010.

CHAO CHEN, J. T. G. N. L. **Tela de Toque Tátil para Dispositivo Eletrônico**. 07121465.4, 23 Novembro 2007.

CORRADINI, A. **Real-time Gesture Recongnition by means of Hybrid Recognizers**. Oregon Graduate Institute of Science and Technology. Beverton, p. 13. 2000.

GARY BRADSKI, A. K. **Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV library**. Sebastopol: O'Reilly, 2008. 555 p.

INTERNATIONAL GESTURE WORKSHOP. **Gesture and Sign Language in Humam-Computer Interactionnn**. Londres: Springer, 2001.

JAIR MARQUES DA SILVA, M. L. G. M. **TELA DE VIDRO PARA PROJEÇÃO SIMULTANEA DE IMAGENS NAS DUAS FACES**. MU8600240-6 U2, 10 Março 2006.

KINGSLAKE, R. **Lens Design Fundamentals**. New York: Academic Press, 1978. 366 p.

LAIKIN, M. **Lens Design**. 2 Edição. ed. New York: Marcel Dekker, 1995. 446 p.

LENO S. PEDROTTI, F. L. P. **Optics and Vision**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998. 395 p.

MALACARA, D.; MALACARA, Z. **Handbook of Lens Design**. New York: Marcel Dekker, 1994. 649 p.

MICROSOFT. Welcome to Microsoft Surface. **Microsoft**, 2010. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/surface/en/us/default.aspx>>. Acesso em: 21 Maio 2010.

MUCCI, R. **Tela de Projeção**. PI9400429-3 A2, 31 Janeiro 1994.

PAIVA, C. M. **Desenvolvimento de um projetor de vídeo artesanal, de baixo custo, para uso educacional**. EPUSP. São Paulo. 2006.

RICHARD S. WRIGHT JUNIOR, B. L. N. H. **Open GL superbible: comprehensive tutorial and reference**. 4 Edição. ed. Upper Saddle Rivel: Addison-Wesley, 2007. 1205 p

9 Apêndice 1 – Plantas

Planta 1 – Carcaça

Planta 2 – Espelho principal

Planta 3 – Espelho secundário

Planta 4 – Tampo

Planta 5 – Viga principal

Planta 6 – Suporte do projetor

Planta 7 – Suporte do projetor planificado

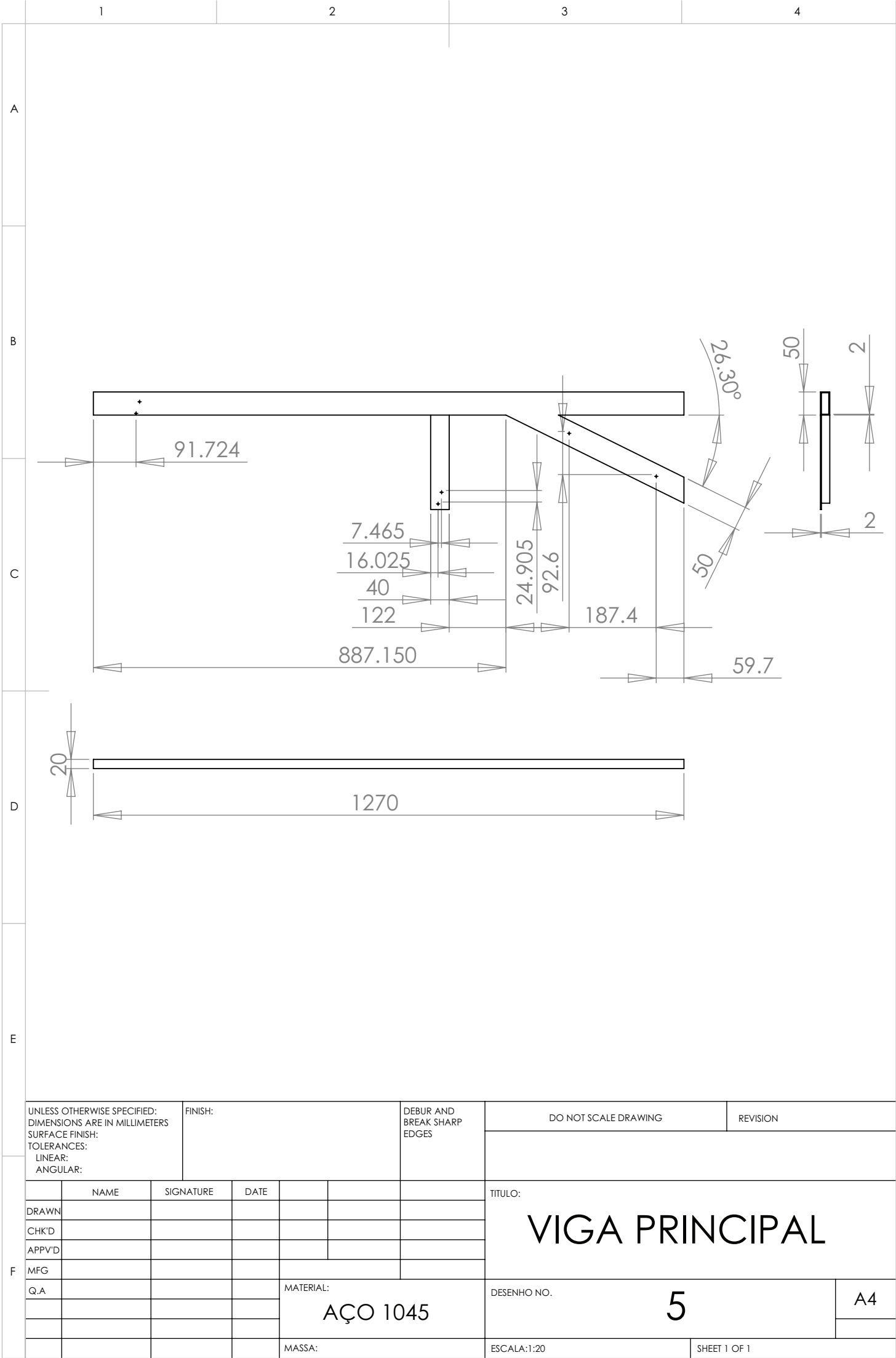
Planta 8 – Suporte do espelho

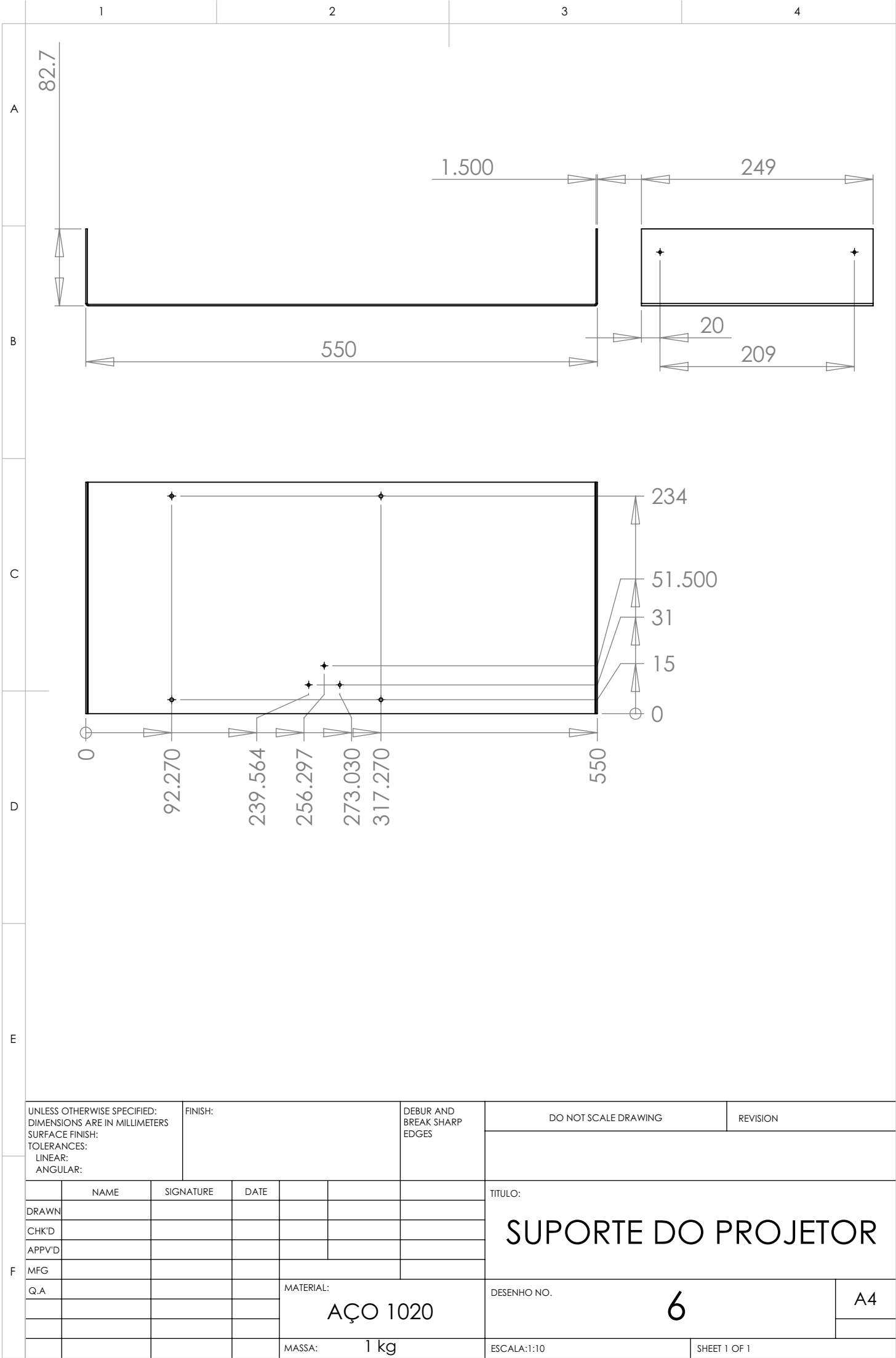
	1	2	3	4																																																																																							
A																																																																																											
B																																																																																											
C																																																																																											
D																																																																																											
E																																																																																											
F	<table><tr><td colspan="2">UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0.5 mm ANGULAR: 1°</td><td colspan="2">FINISH:</td><td colspan="2">DEBUR AND BREAK SHARP EDGES</td><td colspan="2">DO NOT SCALE DRAWING</td><td colspan="2">REVISION</td></tr><tr><td colspan="2">DRAWN</td><td colspan="2">NAME</td><td colspan="2">SIGNATURE</td><td colspan="2">DATE</td><td colspan="2">Título:</td></tr><tr><td colspan="2">CHK'D</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2" rowspan="4">Carcaça</td></tr><tr><td colspan="2">APPV'D</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="2">MFG</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="2">Q.A</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">MATERIAL:</td><td colspan="2">Desenho NO.</td><td>A4</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">Poliestireno</td><td colspan="2">1</td><td></td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">Massa: 9.8 kg</td><td colspan="2">ESCALA: 1:20</td><td></td></tr></table>				UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0.5 mm ANGULAR: 1°		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		Título:		CHK'D								Carcaça		APPV'D								MFG								Q.A														MATERIAL:		Desenho NO.		A4							Poliestireno		1									Massa: 9.8 kg		ESCALA: 1:20		
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0.5 mm ANGULAR: 1°		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION																																																																																			
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		Título:																																																																																			
CHK'D								Carcaça																																																																																			
APPV'D																																																																																											
MFG																																																																																											
Q.A																																																																																											
						MATERIAL:		Desenho NO.		A4																																																																																	
						Poliestireno		1																																																																																			
						Massa: 9.8 kg		ESCALA: 1:20																																																																																			

	1	2	3	4							
A											
	<div><div></div><div>4</div></div>										
B	<div><div></div><div>848</div><div></div></div>										
C	<div><div></div><div>540</div><div></div></div>										
D											
E											
F	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
		NAME	SIGNATURE	DATE			TITULO: <div>ESPELHO PRINCIPAL</div>				
	DRAWN										
	CHK'D										
	APPV'D										
	MFG						DESENHO NO. 2				
	Q.A										
							A4				
							ESCALA:1:20				
						SHEET 1 OF 1					
						MASSA: 3.4 kg					

	1	2	3	4							
A											
B											
C											
D											
E											
F	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
		NAME	SIGNATURE	DATE			TITULO: ESPELHO SECUNDARIO				
	DRAWN										
	CHK'D										
	APPV'D										
	MFG						DESENHO NO. 3				
	Q.A										
							A4				
							SHEET 1 OF 1				
		MATERIAL: VIDRO		MASSA: 0.3 kg		ESCALA: 1:2					

	1	2	3	4					
A	<div>810</div>								
	<div>15</div>								
B	<div>620</div>								
C									
D									
E									
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						TAMPO			
	NAME	SIGNATURE	DATE						
DRAWN									
CHK'D									
APPV'D									
F	MFG								
	Q.A					MATERIAL:		DESENHO NO.	
						VIDRO JATEADO		4	
						MASSA: 15 kg		A4	
						ESCALA:1:20		SHEET 1 OF 1	





1

2

3

4

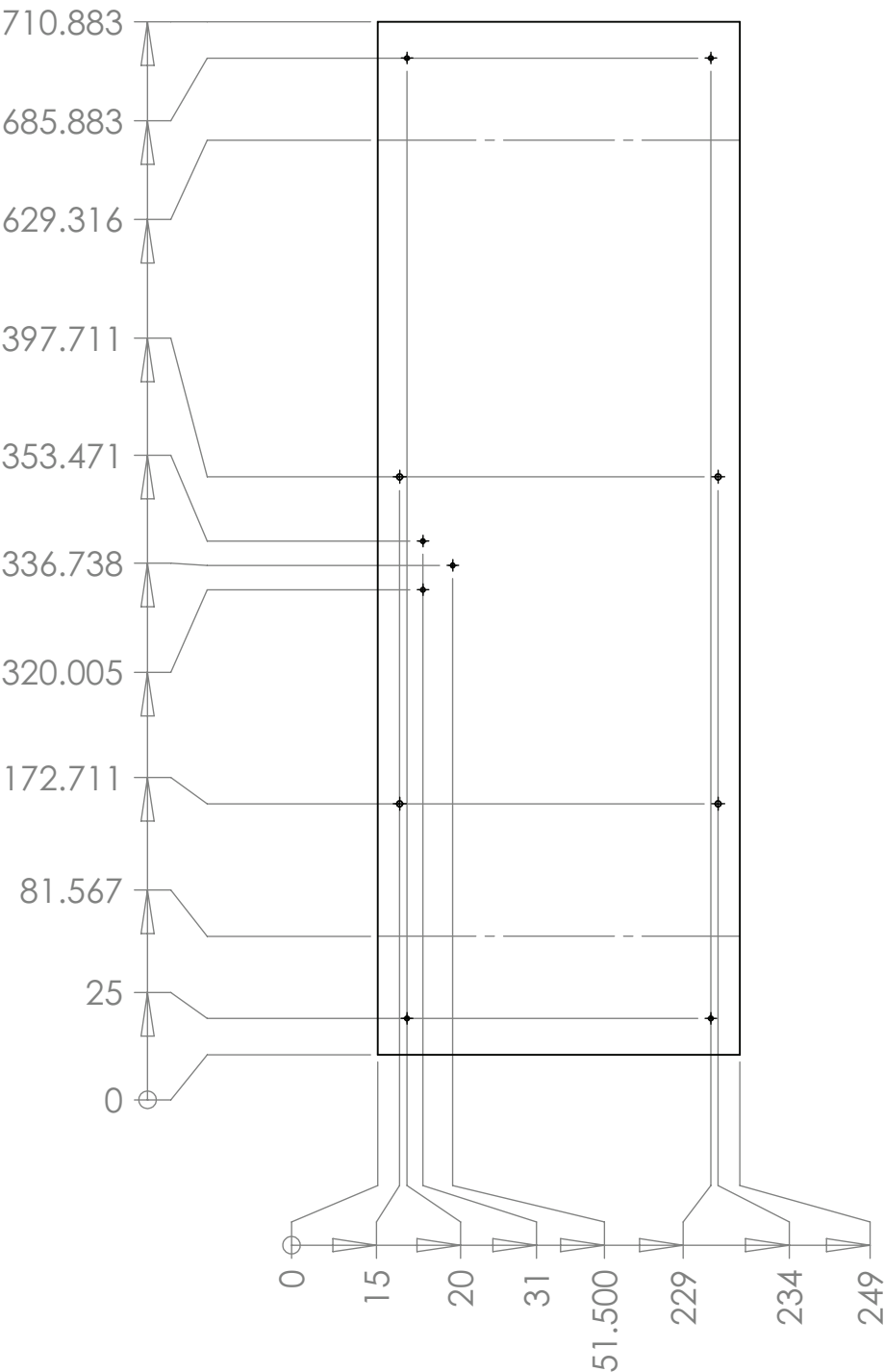
A

B

C

D

E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						

MATERIAL:

AÇO 1020

MASSA:

1 kg

TITULO:

SUPOORTE DO PROJETOR
PLANIFICADO

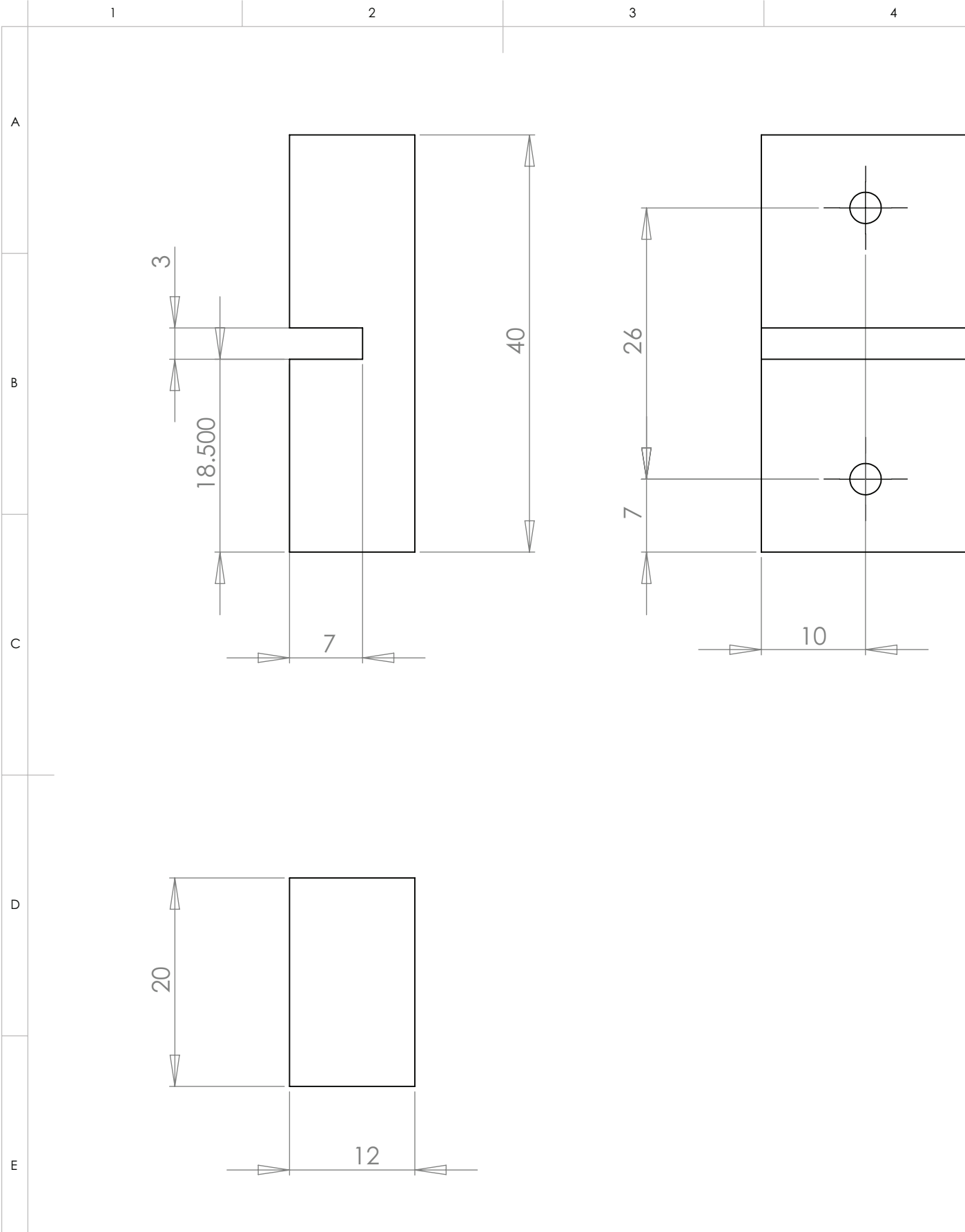
DESENHO NO.

7

A4

ESCALA:1:10

SHEET 1 OF 1



F	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								TITULO: SUPOORTE DO ESPELHO			
	NAME			SIGNATURE		DATE					
	DRAWN										
	CHK'D										
	APPV'D							DESENHO NO. 8			
	MFG										
	Q.A							A4			
								ESCALA:2:1			
MASSA: 0.045 kg							SHEET 1 OF 1				