



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Faculdade de Arquitetura
Curso de Design de Produto

DIOGO CASTRO DE MIRANDA

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO PARA AUTOMAÇÃO DE CORTE DE
TECIDO PARA CONFECÇÃO**

Porto Alegre
2017

DIOGO CASTRO DE MIRANDA

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO PARA AUTOMAÇÃO DE CORTE DE
TECIDO PARA CONFECÇÃO**

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

Orientador: Prof. Fábio Gonçalves Teixeira

Porto Alegre

2017

DIOGO CASTRO DE MIRANDA

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO PARA AUTOMAÇÃO DE CORTE DE
TECIDO PARA CONFECÇÃO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura, como requisito para a obtenção do título de Designer.

Orientador: Prof. Fábio Gonçalves Teixeira

Prof. Fábio Pinto da Silva

Prof. Stella Lisboa Sapper

Prof. Cintia Cristiane Mazzaferro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos pelo cuidado e atenção dedicados ao longo do curso, especialmente a minha família e a minha namorada, Cristiane Hahner, pelo apoio, carinho e colaboração nesta etapa tão importante da minha formação profissional.

RESUMO

Projeto de produto para desenvolvimento de equipamento de corte automatizado para pequenas e microempresas de confecção. O projeto engloba uma pesquisa para o entendimento das necessidades dos usuários, das ofertas disponíveis e das tecnologias que abrangem o trabalho com o intuito de analisar e esclarecer uma oportunidade de negócio. É desenvolvida a metodologia de Baxter (2011), apoiada em ferramentas propostas por Back (2013) para o desenvolvimento de projetos de produto. São desenvolvidas ferramentas de análise na etapa de planejamento para estruturar a fase de conceitualização, na qual são desenvolvidos os atributos do produto. A fase de configuração contém o detalhamento do projeto, juntamente as soluções finais para estrutura mecânica e composição estética. Estes pontos constituem o encerramento do projeto com a apresentação da solução resultante.

Palavras-chave: Design de produto. Corte automatizado. Corte de malha automático.

ABSTRACT

Product design for the development of automated cutting equipment for small and micro clothing making business. The project encompasses a research to understand the needs of users, available offers and technologies that cover the work in order to analyze and clarify a business opportunity. The Baxter's methodology (2011) is developed and tools proposed by Back (2013) are applied to support. Analysis tools are developed in the planning stage to structure the conceptualization phase, in which the attributes of the product are developed. The configuration and detailing phase of the project indicates the end of the project with the solution presentation generated.

Keywords: Product design. Automated cutting. Automated knitting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação entre a capacidade de produção, a variedade produtiva e o tipo de automação.....	23
Figura 2 - Elementos do processo de automação.....	25
Figura 3 - Exemplo de robô articulado	29
Figura 4 - Robô do tipo SCARA	30
Figura 5 - Robô cartesiano.....	31
Figura 6 - Equipamento para corte automatizado	32
Figura 7 - Estrutura da metodologia.....	38
Figura 8 - Ilustração do processo de corte.....	41
Figura 9 - Equipamento de corte automatizado, marca ZÜND.....	48
Figura 10 - Análise da função de produto DSC Cutter da empresa Gerber Technology.....	49
Figura 11 - Sistema selecionado para articulação.....	62
Figura 12 - Arranjo dos elementos	75
Figura 13 - Sketch da disposição básica.....	76
Figura 14 - Brainstorming e analogias da etapa representação.....	78
Figura 15 - Mapa mental	79
Figura 16 - Painel de referências visuais	80
Figura 17 - Sketches gerados (parte 1).....	81
Figura 18 - Sketches gerados (parte 2).....	82
Figura 19 - Robô Dobot M1	83
Figura 20 - Alternativa formal selecionada	85
Figura 21 - Configuração final dos mecanismos	86
Figura 22 - Configuração externa final	87
Figura 23 - Análise de esforço por carga. 570N.....	91
Figura 24 - Análise de esforço torçor. 570n.m.....	92
Figura 25 - Análise de flexão na segunda seção. 570N.....	92
Figura 26 - Análise de flexão no apoio do cabeçote. 250 N.....	93
Figura 27 - Análise deslocamento cabeçote. 250N.....	94
Figura 28 - Vista diagonal frontal dos componentes da carroceria.....	94
Figura 29 - Vista diagonal dos componentes da carroceria	95
Figura 30 - Render com simulação de cor e luz 1	95

Figura 31 - Render com simulação de cor e luz 2.....	96
Figura 32 - Render com simulação de cor e luz 3.....	96
Figura 33 - Render com simulação de cor e luz 4.....	96
Figura 34 - Vista lateral dos componentes mecânicos e estruturais	97
Figura 35 - Vista frontal dos componentes mecânicos e estruturais	97
Figura 36 - Vista diagonal dos componentes mecânicos e estruturais.....	98
Figura 37 - Modelo mecânico em escala 1:2.....	99
Figura 38 - Modelo da carenagem em escala 1:8	99

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Relação requisito de usuário e requisito de projeto	56
Gráfico 2 - Inter-relação entre requisitos de projeto	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Análise SWOT	36
Quadro 2 - Síntese do resultado da entrevista com usuários.....	42
Quadro 3 - Análise sincrônica	45
Quadro 4 - componentes de máquina de corte manual	47
Quadro 5 - Disposição e definição das necessidades.....	50
Quadro 6 - Conversão das necessidades de usuário em requisitos de usuário.....	51
Quadro 7 - Requisitos preliminares do projeto	52
Quadro 8 - Requisitos finais de projeto	53
Quadro 9 - Especificações de projeto	58
Quadro 10 - Matriz morfológica.....	61
Quadro 11 - Matriz de Pugh	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação de valores e mão de obra empregada nos setores da indústria têxtil	17
Tabela 2 - Totais do segmento de têxteis em 2014.....	18
Tabela 3 - Tabela de investimentos totais (milhões de R\$).....	19
Tabela 4 - QFD.....	55
Tabela 5 - Matriz função de articulação x, y e z	64
Tabela 6 - Matriz função fixação do substrato.....	66
Tabela 7 - Matriz de decisão da função corte.....	67
Tabela 8 - Matriz função de segurança do cabeçote.....	68
Tabela 9 - Matriz função segurança da lâmina.....	70
Tabela 10 - Matriz função painel de gerenciamento do corte.....	71
Tabela 11 - Matriz função comunicação luminosa	72
Tabela 12 - Materiais por componente	90

SUMÁRIO

1 ESPECIFICAÇÃO DA OPORTUNIDADE.....	13
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 ANÁLISE DE OPORTUNIDADE	15
1.3.1 Cadeia Têxtil e de Vestuário Brasileira.....	16
1.3.2 Micro e Pequenas Empresas (MPEs).....	20
1.3.2.1 Processo Produtivo das MPEs.....	21
1.3.3 Tecnologias de Automação.....	22
1.3.3.1 Elementos de Automação	25
1.3.3.2 Tecnologias de Automação para Vestuário.....	31
1.3.4 NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.....	32
1.3.5 Análise SWOT.....	35
1.4 OBJETIVOS	36
1.5 METODOLOGIA.....	37
2 PLANEJAMENTO DO PRODUTO	39
2.1 QUALIDADE DO PRODUTO	39
2.1.1 Análise de tarefa.....	39
2.1.2 Entrevista com usuários.....	41
2.1.3 Análise sincrônica.....	43
2.1.4 Análise estrutural da ferramenta de corte manual elétrica.....	46
2.1.5 Análise funcional.....	48
2.2 ESPECIFICAÇÃO DA QUALIDADE DO PRODUTO.....	49
2.2.1 Necessidades dos usuários	50
2.2.2 Requisitos dos usuários.....	51
2.2.3 Requisitos de projeto.....	51
2.2.4 QFD.....	54
2.3 ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO.....	57
3.1 MATRIZ MORFOLÓGICA DE COMPONENTES	59
3.1.1 Função Articulação	62
3.1.2 Função Fixação do Substrato	65
3.1.3 Função Corte – Lâmina.....	67
3.1.4 Função Segurança do Cabeçote.....	67

3.1.5 Função Segurança da Lâmina	69
3.1.6 Função Gerenciamento de Corte - Painel	70
3.1.7 Função Comunicação Luminosa	71
3.2 SELEÇÃO DO MELHOR ARRANJO DE COMPONENTES	72
3.3 ESTRUTURA CRIATIVA	76
3.3.1 Identificação	76
3.3.2 Representação	77
3.3.3 Relação	79
3.4 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS	81
3.5 MATRIZ DE PUGH	82
3.6 APRESENTAÇÃO DA ALTERNATIVA SELECIONADA	85
4 CONFIGURAÇÃO E PROJETO DETALHADO	86
4.1 CONFIGURAÇÃO FINAL	86
4.1.1 Desenhos técnicos	87
4.1.2 Seleção de materiais	90
4.1.3 Análise estrutural	90
4.1.4 Renders	94
4.2 PROTOTIPAGEM.....	98
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS	101

1 ESPECIFICAÇÃO DA OPORTUNIDADE

A proposta deste trabalho é a realização de um projeto de equipamento para corte automatizado de tecidos para pequena escala de produção. Sua pertinência será apontada mediante os elementos apresentados a seguir, sob diferentes pontos de vista, como oportunidade tecnológica para projeto e fabricação, demandas e desejos de mercado, além do contexto econômico presente.

1.1 INTRODUÇÃO

A cadeia têxtil brasileira figura entre as maiores produtoras mundiais, sendo a 5º maior produtora em 2009, segundo o relatório da CNI para o setor (Têxtil e confecção: Inovar, desenvolver, sustentar). Este setor é responsável pelo emprego da mão de obra de milhares de brasileiros (GORINI 2005). Pressionadas pelo ambiente econômico desfavorável – devido a matrizes produtivas estrangeiras protecionistas e ao custo Brasil –, empresas brasileiras experimentaram uma retração econômica pela perda de competitividade. O resultado é expresso em saldo negativo na balança comercial do segmento (Troncoso, 2012).

Observando a cadeia e sua demanda por processos mais eficazes, em especial o setor de confecção, é possível perceber um elo altamente dependente da manufatura manual. A variação das demandas e a complexidade dos processos é um elemento relevante para o processo de confecção, afinal, a alternância de processos implica em períodos de trabalho com produtividade nula. O atual sistema de manufatura para enfiar e corte nas dimensões dos pequenos negócios é estruturado na operação e execução manual por profissionais auxiliados por equipamentos manuais e/ou mecanizados, como tesouras e ferramentas de corte elétrico.

Lamb (2015) considera a automação um catalisador para economias, por garantir processos mais rápidos e menos custosos, se comparados às operações manuais. A implantação da tecnologia resulta na potencialização da capacidade produtiva, confere maior qualidade no acabamento, menor tempo de produção e maior agilidade no lançamento de produtos. Em empresas de médio a grande porte, pode-se observar que a automação já é presente no processo de enfiar e corte,

porém o alto valor de aquisição do maquinário a restringe a um seleto grupo de empresas, com capital e gestão orientados para o desenvolvimento.

Como será apresentado neste trabalho, observaremos um mercado latente para o desenvolvimento de equipamentos que favoreçam a produtividade no segmento de moda em micro e pequenas empresas (MPEs). Do ponto de vista de oportunidade, tal segmento é relevante não só pelo valor econômico, como também pelo valor estratégico para a matriz produtiva nacional. Estabelecer processos produtivos automatizados para MPEs de confecção resulta no incremento da performance e qualidade dos produtos, elevando a capacidade de competição e impulsionando a produção.

1.2 JUSTIFICATIVA

A indústria têxtil brasileira foi responsável por produzir cerca de R\$ 126 bilhões do PIB no ano de 2014, empregando 1,6 milhão de trabalhadores. A cadeia produtiva representa cerca de 5,6% da produção da indústria de transformação e 16,9% dos trabalhadores. E a maior parcela de valores e empregos está localizada na área de confeccionados. Segundo o relatório Brasil Têxtil 2016, existe, no Brasil, mais de 30 mil empresas de confecção, 27 mil declaradas micro ou pequenas empresas (IEMI, 2016).

A indústria têxtil brasileira, especialmente o setor de confecções, vem enfrentando um intenso processo de renovação desde os anos 90. A abertura de mercados e fatores econômicos são situações que proporcionaram um novo ambiente para a cadeia produtiva, e foram fatores decisivos para o fechamento de muitas empresas desatentas ao cenário que se desenhava. O mercado brasileiro estava inapto a competir no mesmo nível de países como a China, por exemplo. A solução estava clara, para competir era preciso qualificar produtos e profissionais, era necessário adequar o parque produtivo modernizando-o (KON e CALEGARI).

A adoção de novas tecnologias está relacionada à produtividade, qualidade e flexibilidade da produção. Os principais avanços relacionados ao emprego de novas tecnologias na indústria de confecção são relativos à produção estética do vestuário, modelagem, encaixe e corte pela aplicação de tecnologias CAD/CAM (BITTENCOURT, 2011).

Para TRONCOSO (2012), os estudos desenvolvidos na área da moda privilegiam conteúdos subjetivos como: consumo, emoção, relações socioculturais e históricas. Dos aspectos técnicos, predominam a ergonomia e modelagem. E, por último, assuntos relacionados a mercados, marca e branding. Se considerado o design de produto, repara-se que tecnologias de produção e metodologias de projeto aplicadas a área da moda estão em menor número.

A implementação de sistemas CAD/CAM para corte representa vantagem competitiva para otimização de custos e no valor percebido. Isso resulta na formação de produtos notadamente distinto e de custos mais baixos (BITTENCOURT, 2011).

Matos e Cunha (2008) também afirmam que a quantidade de empresas sem acesso aos softwares CAD é significativa, tendo em vista o alto custo relacionado à implantação. De acordo com Alves (2010), a compra de softwares comerciais é de alto custo, e mesmo que facilitem a produção e minimizem o desperdício, na maioria dos casos é impraticável por pequenas empresas. Porém, a ausência da aquisição é determinante no desenvolvimento da empresa e no seu possível fechamento.

Tendo em vista o panorama apresentado, o designer, vivenciando o processo de projeto, está capacitado a definir e distinguir as prioridades de projeto, converter para requisitos técnicos os requisitos de usuário, e laborar soluções em novos produtos e sistemas aptos a melhorar as qualidades demandadas. O design favorece a mudança (Baxter, 2011).

Do campo do design e dos atributos relacionados aos equipamentos de produção de baixa escala industrial, os profissionais do design estarão se relacionando com faixas de transição entre manufaturas com pouco ou nenhuma divisão de trabalho à processos altamente segmentados. Essa faixa de transição está familiarizada com equipamentos de interface simplificadas, com tecnologias aplicadas para o desempenho da função e da satisfação do usuário. A relação usuário-máquina é observada com maior cuidado, assim como máquina e meio ambiente. Dos atributos observados, usabilidade, ergonomia, segurança e valor estético são elementos chave.

1.3 ANÁLISE DE OPORTUNIDADE

Os principais elos relacionados ao projeto serão apresentados e aprofundados à medida que o trabalho desenvolve a especificação da oportunidade. Este capítulo se inicia com a apresentação da cadeia produtiva pelo viés econômico até a realidade individual das microempresas. Na segunda etapa, são descritos os conceitos pertinentes às tecnologias de automação. A pesquisa desenvolvida nesta etapa é correspondente à fundamentação teórica e, ao final, é contextualizada uma análise SWOT de avaliação das oportunidades.

Baxter (2011) ressalta a importância em dedicar uma faixa de tempo relevante do período projetual à pesquisa e análise, que são fundamentais para identificar e justificar a oportunidade do projeto. O autor também aponta que pode haver dificuldade em reconhecer o ponto de término desta etapa, uma vez que sempre há algo adicional para se observar com cuidado. Existe uma tensão contínua por informações suplementares que possam especificar um pouco mais a oportunidade, porém, um indicativo do término de análise e pesquisa é a identificação de uma oportunidade viável. A confirmação da viabilidade comercial de uma oportunidade indica o alinhamento entre o desenvolvimento do produto e a estratégia adotada pela empresa. Em suma, os fins da pesquisa investigam as oportunidades de projeto por diretrizes estratégicas atreladas ao desenvolvimento de produto.

Baxter (2011) descreve o reconhecimento da demanda de dois modos. Primeiro: a exigência de atualização para vencer a concorrência entre produtos similares. Segundo: a existência de uma necessidade sem oferta que a atenda.

Neste trabalho será apresentada a oportunidade considerando duas linhas de análise: a demanda do mercado por produtos ainda não ofertados e a oferta de tecnologias que ainda não são empregadas no segmento de confeccionados.

1.3.1 Cadeia Têxtil e de Vestuário Brasileira

O processo produtivo brasileiro integra quase todos os elementos da cadeia têxtil e de vestuário e está entre os dez maiores produtores do mundo (GORINI, 2005) (SANT'ANA, 2010). No período de 2000 a 2014, o número de unidades produtivas do setor têxtil cresceu 23% e alcançou a marca de 3.045 estabelecimentos. Já o setor de confecção, registrou um crescimento superior a 80%, fechando o ano de 2014 com 29.942 empresas (IEMI, 2015). As empresas do

setor empregam cerca de 1,6 milhão de trabalhadores registrados, o que representa em torno de 16,9% do total de trabalhadores da indústria de transformação.

A Tabela 1 apresenta dados sobre o valor de produção e de pessoal ocupado e ressalta a importância do setor de confeccionados dentro do contexto produtivo, pois é responsável por mais de 95% do valor de produção da cadeia têxtil. E devido ao processo de manufatura intensiva, o segmento registra o maior número de postos de trabalho dentro do setor, 1,3 milhão de empregos, aproximadamente 81% do total.

Tabela 1 - Comparação de valores e mão de obra empregada nos setores da indústria têxtil

Valor da produção - 2014 (R\$ bilhões)		Pessoal ocupado - 2014 (1.000 empregados)	
Fibras e filamentos	2,6	Fibras e filamentos	6
Têxteis básicos	39,4	Têxteis básicos	286
Confeccionados	122,9	Confeccionados	1.300
Total do Setor	126	Total do Setor	1.592
Indústria de transformação	2.260,50	Indústria de transformação	9.427
Participação (%)	5,60%	Participação (%)	16,90%

Fonte IEMI/IBGE

A partir da Tabela 2, pode-se observar um quadro da base produtiva com um número reduzido de empresas, com alta média de empregados e alta capacidade produtiva. Este perfil se formou pelo processo de modernização do parque fabril e automação da produção. Processo decorrente da abertura comercial ocorrida na década de 90 e a necessidade de adequação às demandas de mercado por qualidade e preços competitivos.

Tabela 2 - Totais do segmento de têxteis em 2014

	Fibras / Filamentos	Têxteis	Confecção
Nº de empresas	19 unidades	3.045 unidades	29.942 unidades
Postos de trabalho	6 mil empregos	286 mil empregos	1,3 milhão de empregos
Volume de produção (ton/ano)	290,3 mil	2,2 mil	1,85 mil
Valor da produção em 2014	R\$ 2,6 bilhões	R\$ 39,4 bilhões	R\$ 123 bilhões
Média de empregados por unidade produtiva	316	94	43
Média do volume de produção por unidade produtiva (ton/ano)	15,3 mil	687,1 mil	61,9
Média do valor da produção por unidade produtiva	R\$ 139,5 milhões	R\$ 12,9 milhões	R\$ 4,1 milhões

Fonte: IEMI/ABRAFAS

Na outra ponta do processo, próxima ao consumidor, o segmento de confeccionados apresenta um número elevado de empresas e uma pequena média de trabalhadores por empresa. Pode-se constatar que a oferta de automação de processos nesta etapa é pouco desenvolvida, mantendo o perfil de manufatura intensiva corrente.

Gorini (2012) observa que o elevado volume de investimentos levou ao aumento da relação capital/trabalho na indústria têxtil, o que não ocorreu com as confecções, segmento marcado pela mão de obra intensiva, e aponta como entraves nas micro e pequenas empresas do segmento:

- Ausência de canais de venda eficientes e/ou inexperientes;
- Escassez de investimentos consistentes para o desenvolvimento de produtos e *design*;
- Baixa agilidade e problemas para produzir em lotes menores;

- Baixo investimento em modernização tecnológica no setor de confecção. A baixa produtividade, tamanho reduzido e baixa capacidade de investimento estão relacionados à informalidade na gestão.

As soluções disponíveis em automação observadas no mercado demonstram ser ofertas orientadas para empresas de grande porte. Fica claro o contrassenso em relação ao tamanho médio das empresas dentro do segmento de confeccionáveis e suas demandas. Comparando os valores de investimentos de acordo com a Tabela 3, observa-se que os investimentos da base produtiva de têxteis são maiores que a etapa final de acabamento de vestuário. Pode-se explicar por esse quadro a ausência de desenvolvimento de projeto de produtos orientados para segmentos de produção por batelada e com alta variabilidade, pois são abrangidos somente os segmentos de produções em larga escala e pequena variabilidade.

Tabela 3 - Tabela de investimentos totais (milhões de R\$)

Segmentos	2010	2011	2012	2013	2014
Fibras e filamentos	1.338,8	957,8	969,7	1.063,0	536,9
Têxteis	1.727,6	2.003,4	2.358,9	2.429,5	2.221,5
Fiação	457,8	794,2	829,5	885,8	780,7
Tecelagens	337,8	301,4	367,0	377,6	329,5
Malharias	313,3	338,1	373,4	316,6	247,9
Beneficiamento	528,3	499,0	707,3	757,8	764,4
Nãotecidos	90,4	70,7	81,7	91,6	99,0
Total de Confeccionados	907,3	998,5	1.394,7	1.544,4	1.537,4
Confeccionados	841,6	944,4	1.321,6	1.467,2	1.462,2
Outros	65,6	54,1	73,1	77,2	75,2
Total	3.973,7	3.959,7	4.723,3	5.036,8	4.295,8
Cotação média anual do dólar	1,7593	1,6745	1,9550	2,1605	2,3547

Fonte: IEMI

O trabalho desenvolvido no segmento de confeccionados está atrelado a um processo intrincado por detalhes de diversas ordens e naturezas. A habilidade da

mão de obra em conformar os elementos na montagem, orientar o encaixe, a pressão aplicada entre as camadas e muitas outras variáveis são a maior barreira para automatizar processos. Feghali (2001) revela que o caráter artesanal é a restrição mais expressiva. Oliveira (1996) reconhece a sofisticação das máquinas de costura e a automação de pontos específicos, porém não deixa de observar que a particularidade das aplicações ainda é restrita, e os avanços nas funções das máquinas dependente de seus operadores.

1.3.2 Micro e Pequenas Empresas (MPEs)

Como observado no capítulo anterior, o perfil do público alvo deste projeto é composto por empresas sem o hábito de investimentos contínuos em máquinas, equipamentos, instalações e treinamentos. Comparando essa estimativa com a Lei Geral das Microempresas e Empresas de Pequeno Porte, instituída pela lei nº123/2006, observamos que as empresas de pequeno porte se enquadram, economicamente, em um orçamento anual entre 360 mil reais e 3,6 milhões de reais.

Segundo dados do SEBRAE MT (2014), pequenas e microempresas produzem cerca de 25% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Ao todo são mais de 8 milhões de empresas que, juntas, contribuem para formar 27% do PIB, resultado que cresce anualmente.

A representatividade dos pequenos negócios cresceu rapidamente. Entre 2001 e 2011, a riqueza resultante sofreu um aumento de R\$ 144 bilhões para R\$ 599 bilhões. No comércio, micro e pequenas empresas (MPE) são as principais geradoras de riqueza e respondem por mais da metade, 53,4%, do PIB. No PIB da indústria, a situação se inverte, porém, as MPE (22,5%) têm crescido rapidamente e se aproximam a passos largos das empresas de médio porte (24,5%). No setor de serviços, 36,3% da riqueza tem origem nos pequenos negócios.

Os dados apresentados expressam a importância do setor e a capacidade de desenvolvimento, se observados a matriz produtiva e o perfil estratégico. No contexto atual, a força está no conjunto, principalmente na quantidade dele. O fato é que as MPEs são cruciais para a economia não só pelo valor econômico, como

também pela força de trabalho que emprega 52% da mão de obra formalizada, que é 40% da massa salarial.

A melhora em relação às demais empresas também está associada ao desembaraço das políticas de impostos com a criação do Supersimples, responsável pela redução e simplificação da carga tributária. O aumento da escolaridade e o crescimento dos mercados internos também são razões do incremento no setor.

O negócio próprio deixou de ser uma saída para a ausência de emprego para se tornar uma oportunidade após a observação e constatação de demanda por serviços e produtos. Isso proporciona empresas mais longevas e melhores posicionadas no cenário econômico brasileiro (SEBRAE MT, 2014).

1.3.2.1 Processo Produtivo das MPEs

Como observado anteriormente, o processo produtivo característico de sucesso das microempresas do setor de confecção de vestuário é a flexibilidade na produção, portanto, é de suma importância que as tecnologias aplicadas estejam de acordo com a demanda do processo.

Tecnologia de processo é o nome atribuído a qualquer tipo de elemento, seja ele máquina, ferramenta ou artefato, que transforma matérias, informação ou consumidores (SLACK, 1996). O progresso associado às tecnologias de processamento de matérias está vinculado a máquinas e ferramentas de controle numérico, centros automatizados, robótica, veículos guiados automaticamente e sistemas flexíveis de manufatura. A aplicação dos diferentes níveis está um tanto encadeada na relação imediata da razão volume/variedade. Observa-se que a automação do processo de corte precisa estar adequada à produção de pequenas escalas.

A tecnologia de processo também observa a relação de consumo e o fenômeno de “direção” que o usuário precisa estabelecer entre treinamento e aprendizado, para uma operação eficaz e segura de equipamentos, por exemplo. Comandar a tecnologia requer observar os atributos necessários para preparar o usuário nas competências pertinentes.

As tecnologias são descritas em três importâncias:

1. Grau de automação da tecnologia: nível de substituição do trabalho humano;

2. Escala da tecnologia: tamanho e capacidade da tecnologia;
3. Graus de interação da tecnologia: número de partes diferentes conectadas umas as outras.

Slack (1996) explica que a aplicação de ferramentas CAD, CAM e CIM com o uso de CNCs e robôs revolucionaram as linhas de produção, aumentando a produtividade e a qualidade dos itens produzidos. A função humana é direcionada no planejamento estratégico da utilização dos meios. Desta relação, se desenvolve o conceito de célula de manufatura que, pela estruturação, aplicando interface computacional, permite a execução dos processos com custos menores do que os processos anteriores.

As células de manufatura proporcionam diversos benefícios para a produção de elementos complexos dentro do escopo de grandes indústrias, como a automotiva, por exemplo, pois possibilita a elaboração de elementos complexos a um custo baixo, se aplicada à relação de volume produzida. Porém, a mesma ideia pode ser aplicada a MPEs, em que há baixa demanda, mas os atributos relacionados à execução da tarefa de corte, continuidade da operação e redução dos riscos do processo manual são os fatores relevantes para redução da escala de automação. A relação de custos e volume de produção é equilibrada, reduzindo as funções dos equipamentos às essenciais à tarefa.

1.3.3 Tecnologias de Automação

Historicamente, a origem do termo automação é atribuído a um dos engenheiros da Ford Motors Company, que o utilizou pela primeira vez em 1940 para descrever ações e controles automáticos que operam sem esforço ou inteligência humana (LAMB, 2015). Entretanto, mecanismos com atuação semelhante ou idêntico são encontrados muito antes do advento de processos informatizados, utilizando recursos analógicos como, por exemplo, o fluxo de água em caixas d'água.

A aplicação da automação de processos mudou o panorama da produção industrial. Aplicada com o intuito de facilitar processos, a automação otimiza a produção de bens, reduzindo custos e tempo, enquanto mantém um padrão de qualidade uniforme (ROSÁRIO, 2009).

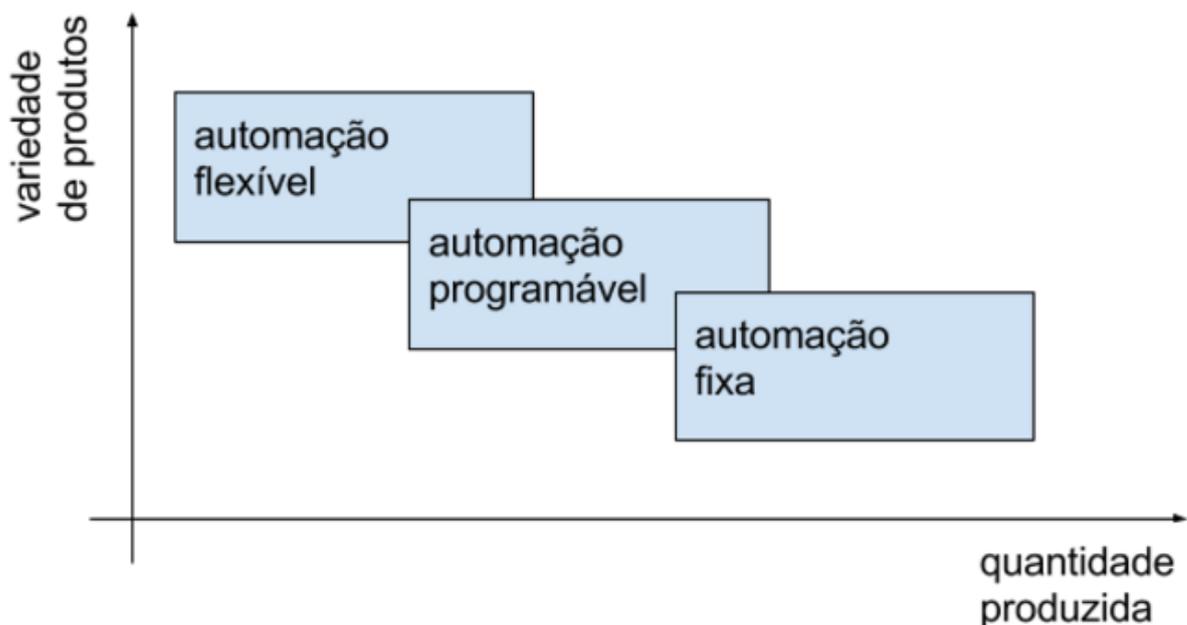
Também é reconhecida por impulsionar a economia de empresas e sociedades. Alemanha e Japão apresentaram expressivo crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e da qualidade de vida ao longo do século XX após a incorporação da automação em diversos segmentos, tais quais: de armamento, automobilístico, têxtil e bens de exportação (LAMB, 2015).

Conceitualmente, Lamb (2015) define automação como a substituição das atividades manuais de tomada de decisão de seres humanos pela aplicação de recursos lógicos programáveis e de equipamentos mecanizados. Camargo (2016) segue a mesma linha e descreve o processo automatizado como aquele que é capaz de perceber alterações e decidir sobre a realização de ações reparadoras, livre de intervenção humana. Rosário (2009) enfatiza a integração do conhecimento, sobrepondo a capacidade humana, através de mecanismos físicos e virtuais originados de especificações metodologicamente elaboradas.

A classificação dos processos autômatos está vinculada à sua origem com os processos produtivos, e é classificada pela flexibilidade e o nível de integração com as operações fabris, sendo dividida em: Automação flexível, programável ou fixa.

A Figura 1 relaciona os atributos da produção com os modelos de automação.

Figura 1 - Relação entre a capacidade de produção, a variedade produtiva e o tipo de automação



Fonte: Camargo (2016)

Camargo (2016) descreve os tipos de automação quanto à flexibilidade da seguinte forma:

- **Automação Fixa:** descrita como rígida, faz parte dos primeiros processos que envolveram aplicação de sistemas automatizados, pois são desenvolvidas para replicação contínua com pouca ou nenhuma taxa de variabilidade. Apresentam baixo custo operacional e grande capacidade de repetição, porém não apresentam flexibilidade e correm o risco de obsolescência a curto e médio prazo. Este modelo é comum em destilarias, transportadoras e agronegócio.
- **Automação Programável:** Utilizada por montadoras de veículos, este tipo de automação é aplicado em situações que exigem variabilidade dentro do processo. A produção de um mesmo modelo de veículo, por exemplo, exige detalhamentos diferentes, como aplicação de diferentes cores e diferentes acessórios. Desenvolvida para ser adaptável às variáveis, sua complexidade reside no esforço não trivial de programar e sequenciar as demandas. Os processos aplicados têm como característica a descontinuidade, variabilidade média ou baixa e média ou alta produção.
- **Automação Flexível:** este modelo divide suas qualidades entre as apresentadas anteriormente, pois apresenta características de ambas. A maior virtude deste modelo está na alta velocidade de troca entre diferentes produtos na linha, o que demanda uma alta conectividade e integração entre os elos de produção. Indicada para sistemas flexíveis com grande variedade de produtos e volume de produção médio ou baixo.

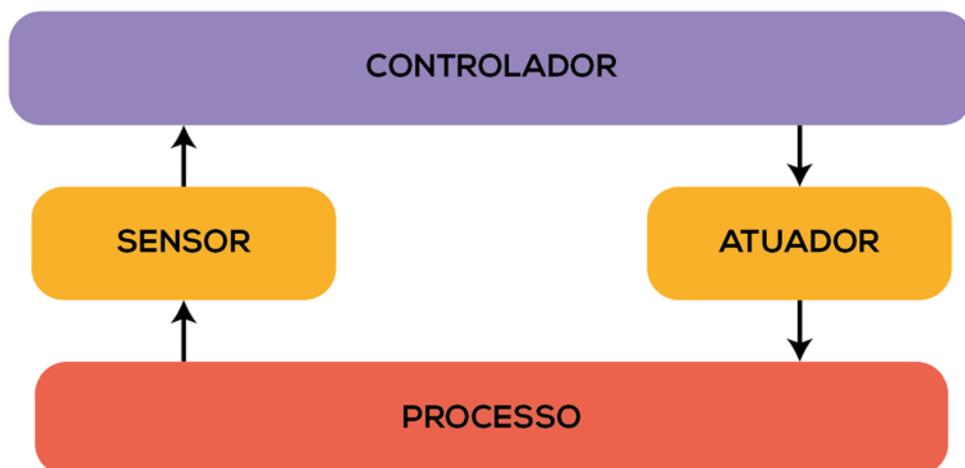
A descrição do modelo de automação flexível está de acordo com o perfil produtivo de micro e pequenas empresas, ou seja, capacidade de produção com alta flexibilidade diante das demandas de mercado, produção executada em bateladas, pequenos lotes ou peça única. Também reforça a necessidade da alta capacidade de coletores de dados e processamento como um fluxo informacional livre para coordenar o processo. Este é o modelo de automação que se encaixa no presente trabalho e que propõe economizar tempo em corte, facilitar o planejamento de corte e inspeção de material cortado, aumentar a precisão do corte, reduzir a taxa de erros, incrementar a organização da atividade e contribuir para a satisfação e qualidade da saúde do trabalho.

1.3.3.1 Elementos de Automação

Os processos automatizados operam com base em um método de coleta de dados, processamento dos dados coletados e ação sobre o processo apoiada nas informações obtidas e, então, processadas. Esta estrutura-base nos permite sintetizar um sistema de controle em quatro unidades distintas: processo, sensor, controlador e atuador.

A Figura 2 ilustra um processo qualquer sendo monitorado por um sensor, em que um controlador é responsável por acionar um atuador, de acordo com a programação aplicada.

Figura 2 - Elementos do processo de automação



Fonte: Camargo (2016)

Os elementos de automação e suas definições são claras e comuns ao setor têxtil, principalmente quando nos referimos à fiação, tecelagem e estamparia. Tecnologias de sensores, controladores e atuadores são corriqueiras na base produtiva, no entanto, estes processos são caracterizados pela produção contínua ou discreta, com pouca variabilidade de tarefas e ações. Também caracterizam estes processos, o uso de caldeiras e maquinários de grande porte, que demandam a aplicação de equipamentos hidráulicos e pneumáticos. Todavia, os processos encontrados na confecção possuem características opostas. Sua produção é executada em bateladas, com alta variabilidade e manufatura intensiva em

diferentes processos. Essas características mantêm o foco sobre os recursos eletrônicos e mecânicos que atendam a requisitos de precisão e compactação.

A seguir são descritos os itens diretamente relacionados ao perfil de tecnologia para automação de processos, relacionados, sempre que possível, às demandas do presente projeto.

- **Controladores:** oferecem o gerenciamento do sistema automatizado e podem atuar centralizados ou distribuídos.
- **Computadores:** recurso simples e de baixo custo, pode operar os requisitos básicos de softwares, transmissão de dados e permite a produção de códigos e programas.
- **Controle lógico programável (PLC):** equipamentos similares ao computador, mas desenvolvidos para função específica do controle de processos eletromecânicos. Possuem diversas entradas, faixa estendida de temperatura, resistência a ruídos elétricos e resistência a choques e vibração.
- **Controladores e sistemas embarcados:** elementos de propósito específico, desenvolvidos para realizar tarefas específicas como controle de temperatura, por exemplo.
- **Interface do operador:** A interação entre operador e produto objetiva a entrada ou saída de informações do sistema, da leitura de status da operação até o ajuste das opções configuráveis.
- **Interface baseada em texto:** recurso de visualização apoiada apenas em texto e são utilizados recursos de cor, tamanho e distribuição para ordenar as informações.
- **Interface gráfica:** recurso tecnológico recente, permite vasta capacidade de formatação graças ao uso de monitores de diferentes tamanhos e capacidades gráficas. Podem ser utilizados sistemas proprietários ou então baseados em sistemas já existentes.
- **Telas sensíveis ao toque:** meio utilizado para interação direta com o conteúdo informacional sem a necessidade de instalação de periféricos como mouse e teclado, por exemplo.
- **Sensores:** receptores de dados para o sistema de controle. Captam de diferentes fontes por sinais digitais ou analógicos os fenômenos físicos que podem ser mensurados.

- **Dispositivos discretos:** são sensores digitais que fornecem um sinal binário (liga/desliga). É exemplo simples desse recurso o uso de botões. Há também sensores fotoelétricos que são ativados pela luz, ou seja, a interrupção da fonte luminosa gera um sinal liga/desliga. Sensores de proximidade são utilizados para detectar a posição de objetos. Os interruptores de proximidade indutiva identificam metais. Já os sensores capacitivos operam para materiais diversos e podem detectar até líquidos. E também há os interruptores limite que são acionados mecanicamente e oferecem com precisão o ponto de atuação.
- **Analógicos:** também chamados transdutores, exigem calibração cuidadosa visto que realizam saídas proporcionais a propriedade medida e erros lineares e de compensação são comuns. Pressão, força, fluxo e torque são sensores analógicos comuns.
- **Botão, luzes piloto e outros controles:** Elemento padrão desenvolvido pela indústria e de aplicação direta na atuação sobre o sistema para a abertura ou fechamento de contatos elétricos, os botões são portas diretas de acesso ao sistema. As luzes se relacionam com os botões pela ligação direta ao sistema e permitem a leitura instantânea do status do equipamento, também disponível em modelos padrões. Há ainda disponível no painel outros controles que podem ser discretos ou não, como o potenciômetro para regulagem da velocidade de motores, por exemplo. Buzinas, sirenes e outros dispositivos de áudio podem ser instalados também.
- **Atuadores e movimento para controle de movimento:** considerado um conjunto de estudos a parte pelo vasto material disponível, o controle de movimento é amplamente utilizado no setor de embalagens, têxtil, base robótica e máquinas ferramentais CNC. Uma estrutura básica de sistema de controle de movimento requer:
 - Controlador de movimento para gerar a saída desejada;
 - Uma unidade ou amplificador para transformar o sinal em tensão ou corrente;
 - Um atuador, no caso um motor elétrico para o movimento de saída;
 - Um ou mais sensores de realimentação para retornar à posição ou velocidade a fim de fechar a malha de controle;

- Componente mecânico de transformação do movimento do atuador no movimento desejado, como uma engrenagem ou eixo elétrico, por exemplo.
- **Servomotores e motores de passo:** servomotores são construídos e desenvolvidos para uso em sistemas de controle retroalimentado. Seu mecanismo responde a servoacionamentos que fornecem velocidade precisa, torque e controle de posição ao utilizar um codificador de sinais. São componentes adicionais: um interruptor de início e a chave de fim de curso que previnem danos no atuador e na ferramenta. Já o motor de passo tem sua lógica de funcionamento no giro de graus com base no número de polos existentes. Neste caso, o motor converte as entradas de pulso digital em rotações do eixo. Os motores de passo são considerados mais rentáveis do que os servos para aplicação de posição, já que não há um retorno e ainda oferecem tanto torque quanto os servomotores, especialmente em alta velocidade.
- **Elementos de máquinas e mecanismos:** componentes básicos de um sistema mecânico, o propósito básico geralmente é a transmissão ou transformação da força em movimento ou o inverso, mas também podem desenvolver funções diversas de segurança e acionamento mecânico. São eles:
 - Sistema catraca/lingueta: mecanismo de trava para movimento rotativo em apenas uma direção;
 - Roda dentada: mecanismo simples de transmissão de movimento entre eixos paralelos;
 - Engrenagem helicoidal: mecanismo sofisticado de transmissão de movimentos entre eixos paralelos;
 - Engrenagem chanfrada: engrenagens cônicas para transmissão de movimento entre eixos perpendiculares;
 - Cremalheira: método comum de transformação de movimento rotativo em linear e vice-versa;
 - Engrenagem planetária: combinação feita para que os eixos sejam móveis entre si e economize espaço.
- **Rolamentos e polias:** os rolamentos são divididos entre o tipo de solicitação exigida, ao longo do eixo - axial - e perpendicular ao eixo - radial. Os axiais,

em geral, utilizam rolos na sua configuração interna, enquanto os radiais usam esferas. A polia, também conhecida como roldana, é uma roda montada em um eixo com uma cavidade. Utilizadas usualmente com correias de transmissão, também podem receber aplicações secundárias como guias de movimento.

- **Fuso de esferas:** é um atuador linear de transformação da rotação em movimento linear com pouca fricção, as esferas agem como uma porca e o fuso como um parafuso oferecendo grande precisão.
- **Robôs articulados:** há diversos padrões de articulação para braços robóticos, as mais conhecidas e difundidas são: robô articulado, robô tipo SCARA e robô de coordenadas cartesianas. Robôs articulados possuem de 3 a 6 eixos, em geral, mas podem ter ainda mais eixos. São descritos por J1-JX, sendo J1 o eixo mais próximo da base no plano horizontal. J2 e J3 tendem a ser no eixo vertical e, de J4 em diante, são tidos como articulações manipuladoras, como mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Exemplo de robô articulado



Fonte: Direct Industry¹

¹ Disponível em: <http://www.directindustry.com/prod/kuka-roboter-gmbh/product-17587-1653730.html>

Já robôs do tipo SCARA (Selective Compliant Assembly Robot Arm) apresentam 4 eixos, sendo J1 e J2 articulados horizontalmente. J3 articulado no eixo z e J4 um eixo rotativo na extremidade de J3, como na Figura 4.

Figura 4 - Robô do tipo SCARA



Fonte: Softpedia²

E o robô cartesiano (Figura 5) ou robô de gantry possui eixos lineares em X, Y e Z. O eixo X é usualmente apoiado em duas extremidades, o eixo Y entre eles e o eixo Z montado em Y. Este é o arranjo mais simples de controle para robôs uma vez que as coordenadas não precisam ser convertidas ou interplanadas. A aplicação mais comum é a máquina de Comando Numérico Computadorizados (CNC).

² Disponível em: <http://linux.softpedia.com/get/Science/SCARA-robot-100789.shtml>

Figura 5 - Robô cartesiano

Fonte: Toshiba Machine³

1.3.3.2 Tecnologias de Automação para Vestuário

O conteúdo relacionado à engenharia de produção e às ferramentas de otimização da qualidade, produção e distribuição são escassas na língua portuguesa. Na sua maioria, são textos acadêmicos, dissertações ou teses, até a bibliografia estrangeira não apresenta conteúdo muito mais relevante relacionado ao gênero (Trancoso, 2012).

Observando a história recente, após a crise da década de 80 e a abertura do comércio, os setores de base da cadeia da moda, como a tecelagem e a fiação, passaram por um amplo estágio de modernização dos equipamentos, redução inicial expressiva do contingente de mão de obra empregada e uma rápida retomada do crescimento. Este segmento apresentou um rápido ciclo de mecanização e automação devido ao volume e linearidade da produção. Porém, durante o mesmo período, os segmentos de transformação não apresentaram fenômeno similar.

As etapas finais da cadeia de produção da moda são caracterizadas pela aplicação de mão de obra intensiva. Os conjuntos de atividades relacionados ao acabamento das peças é um desafio para a automação, pela complexidade aplicada e desenvolvida por extenso treinamento das costureiras, por exemplo. Observando esse nicho, desenvolveram-se por via dos sistemas CAD/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing) e CNC (Comando Numérico

³ Disponível em: <http://www.toshiba-machine.com/csproductcatalog.aspx?dept=4>

Computadorizado) equipamentos para aprimorar a etapa de corte, etapa imediatamente anterior a costura e acabamento final (TRANCOSO, 2012).

O desenvolvimento de maquinário de corte automatizado, observado na Figura 6, para confecção por CNC foi elaborado e desenvolvido de acordo com o processo das etapas iniciais da cadeia de produção e perfis produtivos. Este equipamento favorece empresas de grande porte e com alta capacidade de investimento. Atualmente, os valores dos maquinários de menor porte representam investimentos de R\$ 500 mil.

Figura 6 - Equipamento para corte automatizado



Fonte: FIESC⁴

As principais empresas do segmento são estrangeiras. Foi encontrada apenas uma empresa nacional que produz equipamentos automatizados de corte, a Audaces, sediada em Santa Catarina. Dentre as empresas estrangeiras destacam-se Gerber Technology, Lectra Modaris e Morgan Tecnica.

1.3.4 NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos

⁴ Disponível em: <https://www.industriasc.com.br/loja/audaces/produto/10004/audaces-neocut>

Dos atributos legais e de cumprimento das normas, a NR 12 é a que tem por princípio definir normas técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção com objetivo de assegurar ao trabalhador a saúde e integridade física na operação e utilização de máquinas e equipamentos de todo tipo. A partir de agora, ela será sintetizada nos principais tópicos que abrangem este trabalho.

Introduzido o princípio geral, salienta-se que esta norma foi publicada no ano de 1978, resultado do avanço da consolidação das leis trabalhistas. Apesar do primeiro ano de publicação ser da década de 70, atualizações, notas técnicas e instruções normativas atualizaram ao longo do tempo, tendo como última atualização o ano de 2016.

Ainda no que se refere aos princípios gerais, estabelece-se ao empregador medidas protetivas ao trabalhador e as respectivas obrigações do último em relação à conduta no trabalho e ao cumprimento da formação recebida.

A norma será apresentada em tópicos na sequência em que é dividida e um breve resumo apresentado;

- Instalação e dispositivos elétricos:
Estabelece diretrizes e referencia normas para projetos e manutenção de equipamentos para manterem a prevenção ao risco de choque elétrico, incêndio e explosão. Indica pontos de risco e soluções para carenagem, invólucros ou outras partes condutoras de equipamentos e máquinas. Os requisitos mínimos de segurança indicados referente a este projeto são: sinalização quanto ao risco de choque elétrico, acesso a componentes mantidos fechados permanentemente e atendimento ao grau adequado em função do ambiente de uso.
- Dispositivos de partida, acionamento e parada:
Neste tópico foram selecionados os requisitos dos dispositivos de partida, acionamento e parada para projeto, sendo: não posicionado em zona perigosa, acionamento e desligamento por outra pessoa em caso de emergência e que não possa ser burlado. A aplicação de sistemas redundantes pode ser aplicada se indicada pela apreciação de riscos. Medidas de alerta adicionais podem ser aplicadas de acordo com a função e processo, como recurso luminoso, por exemplo.
- Sistemas de segurança:

É regulamentada a aplicação de sistemas de segurança por proteção fixa, proteção móvel e dispositivos de segurança interligados. Em sub item, sensores de detecção mecânica que detectam pessoas ou parte do corpo também são caracterizados como elementos de proteção, bastando cumprir os requisitos ordenados, entre eles: possuir conformidade técnica , estar sob vigilância automática, instalados a não ser burlados ou neutralizados e que esteja vinculado a paralização de movimentos perigosos.

- Dispositivos de parada de emergência:

É estabelecido que os dispositivos devem ter fácil acesso ao operador e a outras pessoas, não podendo prejudicar o sistema de segurança, gerar risco adicional ou restringir acesso ao socorro. São requisitos pertinentes: prevalecer sobre todos os comandos, ser de fácil atuação.

- Aspectos ergonômicos:

A norma atenta para as seguintes observâncias quanto ao projeto: atendimento da variabilidade antropométrica dos operadores; o respeito às exigências posturais, cognitivas, de movimento e força demandados do operador; comandos e indicadores devem ser claros e precisos; o uso de ícones, símbolos e sistemas interativos devem apresentar coerência. Desempenho e confiabilidade devem ser favorecidos.

Quanto aos comandos: instalação dos comandos acessíveis ao operador; localização e distância deve permitir o acesso fácil e seguro; a sinalização deve permitir a distinção entre si.

- Sinalização:

A fácil compreensão, clara localização e o destaque são os requisitos básicos para sinalização para usuários e terceiros. O uso de cores, símbolos, sons e iluminação também é compreendido desde que eficaz.

- Manuais:

É obrigação do fornecedor a entrega do manual com as informações relativas a segurança e operação.

Os manuais devem:

1. Ser escritos em português e que favoreçam a melhor legibilidade;
2. Ter objetivos e claros;
3. Conter sinais e avisos quanto a segurança;
4. Razão social, CNPJ e endereço do fabricante;

5. Tipo, modelo e capacidade;
 6. Identificar nº de série, modelo e ano de fabricação;
 7. Normas observadas para projeto e construção;
 8. Descrição detalhada da máquina ou equipamento;
 9. Diagrama de segurança e elétrica;
 10. Modo de utilização previsto;
 11. Definição das medidas de segurança;
 12. Especificações e limitações técnicas;
 13. Riscos quanto a adulteração;
 14. Procedimento para inspeção e manutenção;
 15. Procedimento em caso de emergência;
 16. Indicação da vida útil.
- Projeto, fabricação, importação, venda, locação, leilão, cessão a qualquer título e exposição:
É definida com clareza que o projeto deve levar em conta a segurança intrínseca nas fases de construção, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação, desmonte e sucateamento de acordo com o referencial técnico indicado na norma para garantia a saúde e integridade física do trabalhador.

1.3.5 Análise SWOT

A fim de sintetizar e ligar o projeto às informações coletadas nesta etapa, foi executada a ferramenta de Análise SWOT (Quadro 1). Segundo BAXTER (2014), a análise SWOT se trata de uma ferramenta para análises de cenário como base para gestão e planejamento estratégico. Através de um quadro que relaciona Forças (Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats), é possível verificar a viabilidade de um projeto de acordo com o cenário a que pertence.

Quadro 1 - Análise SWOT

	POSITIVO	NEGATIVO
INTERNO	<p>DEMANDA DE CONFECCIONADOS EM ALTA</p> <p>QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL ALTA.</p> <p>GESTÃO EMPRESARIAL PROFISSIONAL.</p> <p>CONHECIMENTO DOS PROCESSOS AUTOMATIZADOS.</p> <p>POTENCIAL DE PRODUÇÃO COM PEQUENOS INVESTIMENTOS.</p>	<p>BAIXO POTENCIAL DE INVESTIMENTO.</p> <p>PERFIL DE INVESTIMENTO CONSERVADOR.</p> <p>FALTA DE ESPAÇO PARA CRESCER.</p> <p>AUSÊNCIA DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO</p>
EXTERNO	<p>MERCADO INTERNO AQUECIDO.</p> <p>OFERTA DE SUPRIMENTOS PARA AUTOMAÇÃO CRESCER.</p> <p>TENDÊNCIAS DE MERCADO AUMENTAM O CONSUMO.</p> <p>INVESTIMENTO EM TECNOLOGIAS PRODUTIVAS EM ALTA.</p>	<p>INVESTIMENTO SUSCETÍVEL A ECONOMIA.</p> <p>PRODUTOS IMPORTADOS.</p> <p>LOGÍSTICA INSUFICIENTE.</p> <p>QUALIDADE ALTA DA COMPETIÇÃO.</p>

Fonte: Autor

1.4 OBJETIVOS

O trabalho tem por objetivo desenvolver um equipamento para automação do processo de produção de vestuário, para micro e pequenas empresas, considerando os equipamentos disponíveis no mercado, o ambiente econômico, o perfil de consumidores e a escala de produção.

Como objetivos específicos, estão:

- a) Conhecer o público-alvo e a função da produção para apresentar a base produtiva;
- b) Avaliar os processos produtivos existentes para corte de confeccionados;
- c) Levantamento de tecnologias automatizadas relacionadas ao corte para apresentar as ferramentas de confecção existentes;
- d) Qualificar, quantificar e analisar as necessidades dos futuros usuários do equipamento para definir requisitos projetuais;
- e) Desenvolver um equipamento para fabricação nacional para privilegiar a indústria local.

1.5 METODOLOGIA

O planejamento do projeto requer atenção e conhecimento. Tido como uma das mais difíceis etapas por Baxter (2011), indefinições e incertezas são uma constante. Angústia e vazio são parte de um cenário no qual muitos designers se precipitam e pulam etapas no intuito de proporcionar componentes mais palpáveis para si. A disciplina em cumprir as etapas do projeto em sua ordem na competência é imprescindível para prevenção de falhas e ajustes nas etapas finais. A direção marcada neste planejamento orientará as decisões e prevenirá a dispersão do foco sobre o projeto.

Para cumprir com êxito e, ao mesmo tempo, apoiado em valores próximos aos das gerências comerciais de empresas, as metodologias propostas por Baxter (2014) no livro “Projeto de Produto - Guia Prático Para Desenvolvimento de Novos Produtos” e Back et al (2013) no livro “Projeto Integrado de Produtos – Planejamento, Concepção e Modelagem” foram unificadas e adaptadas para este trabalho. A metodologia está dividida em quatro etapas. São elas: Especificação da oportunidade, Projeto conceitual, Planejamento do produto e Detalhamento do Projeto, que são descritas a seguir:

Especificação da oportunidade: É desenvolvida a introdução do trabalho juntamente a pesquisa e análise de oportunidade, a justificativa de oportunidade, a pesquisa de necessidades de mercado, objetivos, metodologia e fundamentação teórica.

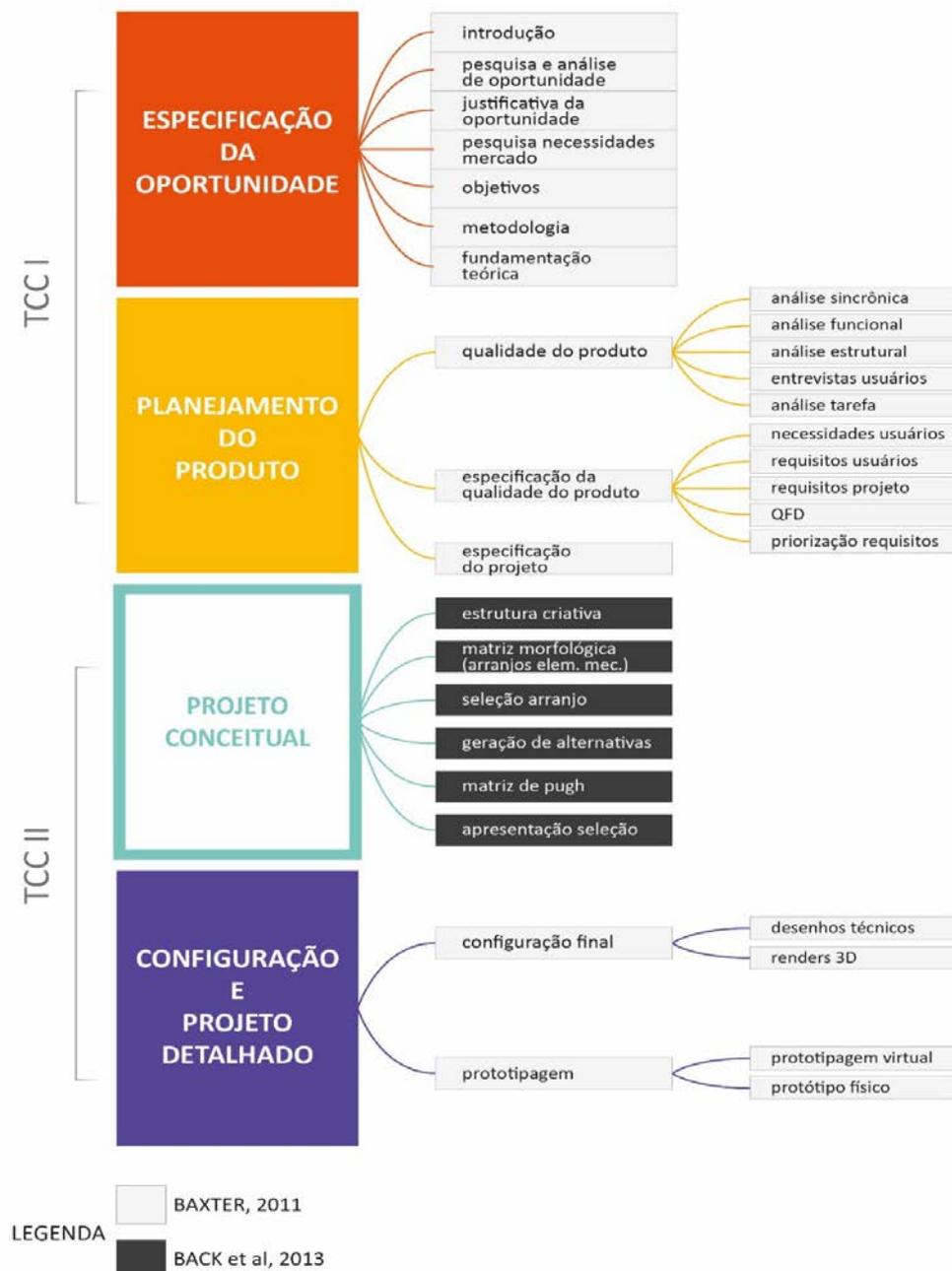
Planejamento do produto: No planejamento do produto serão desenvolvidas ferramentas para explorar os atributos de qualidade. Análise sincrônica, funcional, estrutural, entrevista com usuários e análise da tarefa. Feito isso, serão apresentadas as necessidades dos usuários, os requisitos dos usuários, requisitos do projeto e então montada uma matriz de desdobramento da qualidade. Por fim, os requisitos são priorizados e ao final é apresentada as especificações do projeto.

Projeto conceitual: Na etapa conceitual é desenvolvida a estrutura criativa, a matriz morfológica, a seleção do melhor arranjo, para, então, ser desenvolvida a geração de alternativas. Após, é feita a validação pela matriz de Pugh e finalizada com a apresentação da melhor seleção.

Detalhamento do projeto: Nesta última etapa, a configuração final é apresentada por recurso dos desenhos técnicos, renders 3D, protótipo virtual e físico.

A Figura 7 mostra as etapas da metodologia proposta para este projeto, bem como as principais ferramentas utilizadas.

Figura 7 - Estrutura da metodologia



Fonte: Baxter (2011) e Back (2013) – Adaptado

2 PLANEJAMENTO DO PRODUTO

O planejamento do produto é caracterizado pelo levantamento e ordenação da informação. Neste capítulo ocorre a seleção e aplicação de ferramentas, métodos de prospecção e avaliação para transformação de necessidades em requisitos até a especificação do projeto. Isto resulta na elaboração de valores que compõe o produto.

2.1 QUALIDADE DO PRODUTO

Neste subcapítulo serão apresentadas as ferramentas aplicadas para o esclarecimento de questões fundamentais ao entendimento do projeto e fatores relacionados. As ferramentas aplicadas auxiliam a coleta e análise de dados relevantes à formação dos atributos e formação das especificações de projeto e a posterior conceituação.

2.1.1 Análise de tarefa

Segundo Pazmino (2015), a análise de tarefa consiste em uma ferramenta de análise da atividade do usuário em relação a funções, produtos ou ambientes, de forma a compreender processos e identificar necessidades ou desconfortos a serem solucionados. A análise de tarefa a seguir foi realizada em uma microempresa de uniformes e consiste na observação e registro fotográfico do processo de corte de tecido manual com uso de ferramenta elétrica de corte. Em um primeiro momento será apresentada a divisão de etapas e uma breve descrição. A Figura 8 ilustra, com fotos, o processo de enfesto e corte.

Etapas de corte:

1. **Seleção e posicionamento do tecido:** Seleção da malha e posicionamento na mesa. É feita a seleção e posicionamento do material de acordo com o pedido.
2. **Início do enfesto:** O enfesto é a etapa de extensão e posicionamento da malha em camadas. Nessa etapa, o tecido precisa passar de um lado ao outro da mesa, exigindo força e sensibilidade para o posicionamento. Como a

ação transcorre por cima da mesa, é comum observar a projeção do tronco sobre a mesa. A posição exige força contínua na região do quadril e ombros.

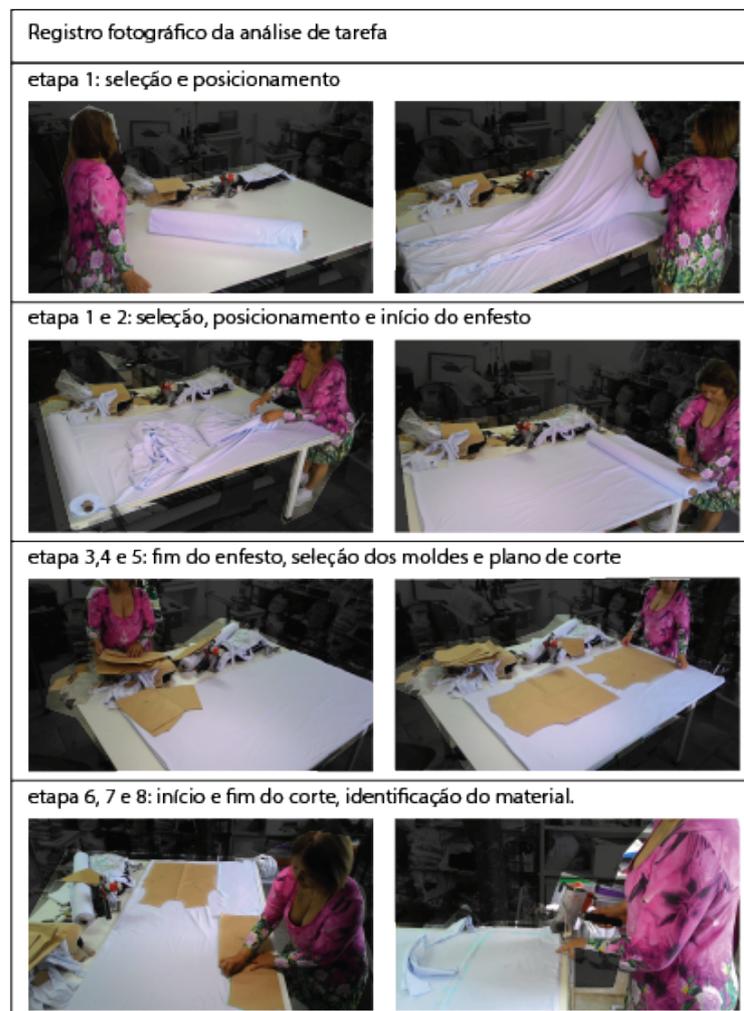
3. **Fim do enfesto:** O fim do enfesto é determinado pelo número de peças a ser cortado ou pelo limite de camadas que o equipamento é capaz de cortar.
4. **Seleção de moldes:** Finalizado o enfesto, os moldes são separados a partir de uma biblioteca física que contém todas as matrizes para corte. Os moldes são resultado de trabalho e preparação que resultam de experiência prática, mas o armazenamento e controle requer espaço e atenção com extravios ou acidentes que comprometem a qualidade.
5. **Seleção do plano de corte:** É estabelecido o plano de corte, que procura executar a tarefa com o menor desperdício possível. A prática contínua da operadora colabora para o aprimoramento na execução e economia, embora haja oferta de softwares capazes de calcular encaixes mais eficientes.
6. **Início do corte:** O corte é executado a partir de uma máquina de corte a disco. Nesta etapa, o risco de acidente decorre do equipamento e o perfil da base que, ao apoiar o equipamento, também aumenta o arrasto e deformação da malha durante a tarefa. Para a correta execução é preciso conduzir o aparelho por uma mão e firmar a malha com a outra.
7. **Fim do corte:** O fim do corte implica desligar o equipamento e deixar livre a área de trabalho para outras atividades ou mais bateladas de corte.
8. **Identificação do enfesto cortado:** Antes do enfesto ser dirigido para a fase de acabamento na costura, as pilhas de material são identificadas com etiquetas para então serem direcionadas para as etapas de acabamento.

Finalizada essa análise observam-se alguns aspectos importantes sobre o ambiente de trabalho e o usuário:

- O espaço de trabalho é congestionado e não demonstra espaço para mais equipamentos, o produto que for projetado deve se adequar a oferta de espaço restrito.
- Embora a usuária trabalhe com equipamentos antigos e aplique processos anteriores à introdução de tecnologias de automação, também divide espaço com tecnologias como notebook e tablets, portanto, a aplicação de tecnologias não aparenta restrição.

- Durante a visita, a usuária declarou receio quanto a dificuldade na manutenção dos equipamentos, embora se dirigisse a suas máquinas, ficando claro um receio quanto a tarefa de manusear equipamentos técnicos.
- Observou-se que a usuária divide o espaço de trabalho com a casa, esposo e até netos a interromperam no trabalho, o produto desenhado deve considerar a circulação de pessoas e os riscos de acidente.

Figura 8 - Ilustração do processo de corte



Fonte: Autor

2.1.2 Entrevista com usuários

A fim de compreender melhor os cenários de aplicação de máquinas de corte automatizado, assim como atributos pertinentes à implantação e ao cotidiano de uso, foram realizadas entrevistas com usuários diretos relacionados aos sistemas de

corte automatizados. Foram contatadas empresas e seus respectivos colaboradores relacionados à implantação ou operação do produto. Foi elaborado um guia de perguntas para orientar os entrevistados e o conteúdo foi sintetizado no Quadro 2, apresentando os principais tópicos relacionados ao trabalho. São estas as perguntas realizadas:

1. Região que a empresa está localizada?
2. Relação com a empresa?
3. Quanto tempo está na empresa?
4. Acompanhou a implantação do sistema de corte automatizado?
5. Qual a marca do equipamento?
6. Quantos equipamentos automatizados são e qual a tecnologia de corte?
7. Quanto tempo a empresa opera o sistema automatizado de corte?
8. Quais os pontos positivos que o processo trouxe para empresa?
9. Quais os pontos negativos que o processo apresenta?
10. Como foi a implantação?
11. Qual o custo de aquisição?

Quadro 2 - Síntese do resultado da entrevista com usuários

	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F
Estado.	RS	PR	PR	PR	SC	PR
Cargo.	Operador	Operador	Gerente	Sócio	Operador	Sócio
Tempo de trabalho.	5 anos	10 anos	7 anos	10 anos	4 anos	15 anos
Marca.	Automatiza	Gerber	Gerber	Bullmer	Lectra	Bullmer
Tipo de corte.	À laser	À faca	À faca	À faca	À faca	À faca
Quantos equipamentos	5 unid.	1 unid.	1 unid.	1 unid.	1 unid.	1 unid.
Quanto tempo instalado.	6 anos	10 anos	4 anos	1 ano	10 anos	6 meses
Prós da instalação.	Redução do efetivo Qualidade do corte.	Alinhou a produção Ganho de clientes.	Economia de mão de obra.	Pouco tempo para avaliar.	Ganho de competitividade no mercado.	Menos insalubre Redução do efetivo Aumentou a produção
Contras da instalação.	Valor alto da manutenção	Valor de aquisição	Valor de aquisição e manutenção	Pouco tempo para avaliar.	Problemas com assistência técnica. Para toda produção	Problemas técnicos no início Dificuldade para atendimento
Investimento	R\$ 50 mil	R\$ 1 mi	R\$ 1 mi	R\$ 800 mil	R\$ 1 mi	R\$ 700 mil

Fonte: Autor

De acordo com os dados já referidos, explicitam-se questões relevantes como:

- As soluções de corte automatizado oferecidas envolvem parceiros internacionais, tais parcerias são suscetíveis a variações econômicas de valorização e desvalorização da moeda brasileira que resultam em condicionamento de investimento a períodos de prosperidade econômica.
- A implantação de processos automatizados de corte é restrita a empresas com acesso a financiamento ou com reserva de caixa para investimento, afinal, o contrato declarado de menor valor é de aproximadamente R\$ 700 mil.
- Na amostra de entrevistados, a operacionalização do corte automatizado se traduz, de forma unânime, em um investimento que visa a diminuição dos custos de produção, aumento da qualidade do corte e, por consequência, aumento da competitividade e do lucro.
- A oferta de equipamentos automatizados para corte de confeccionados está direcionada para empresas com produção estabelecida e constante, não há oferta de versões de equipamentos menores ou específicos para segmentos, nem linhas de equipamentos para iniciantes, por exemplo.

De modo geral, é possível afirmar que o resultado das entrevistas propiciou a confirmação dos dados levantados na análise de oportunidade, além de trazer questões operacionais importantes ao desenvolvimento do trabalho.

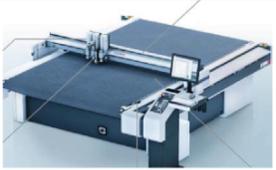
2.1.3 Análise sincrônica

A análise sincrônica, também conhecida na literatura como análise paramétrica, avalia características qualitativas, quantitativas e classificativas em uma mesma ferramenta. Quanto maior o grau de detalhamento, maior a facilidade para tomada de decisões a respeito de um projeto. Baxter (2011) explica que a análise paramétrica nos permite avaliar entre si produtos existentes, similares ou concorrentes, por variáveis mensuráveis.

As máquinas analisadas são resultados de pesquisa pela internet, por meio de catálogos dos fabricantes. Foram registrados os produtos que apresentavam perfil semelhante às necessidades identificadas na fase de análise de oportunidade,

características como: baixo investimento inicial, pequeno porte, produção de pequenos lotes e interface intuitiva. O Quadro 3 resume as principais informações coletadas.

Quadro 3 - Análise sincrônica

PRODUTO					
Modelo	DCS 1500	G3	Neocut	Advantage	XXXXX
Marca	Gerber Technology	Zund	Audaces	Autometrix	Lectra
Origem	Estados Unidos	Suíça	Brasil	Estados Unidos	Itália
Aplicação por segmentos	Indústria têxtil, técnico têxtil e do couro.	Indústria têxtil, técnico têxtil, de compósito, embalagem e de couro.	Indústria têxtil.	Indústria técnico têxtil e do couro.	Indústria têxtil, técnico têxtil e do couro.
Capacidade produtiva	Baixa produção, prototipagem e amostras	Baixa produção, prototipagem e amostras	Alta produção	Baixa produção, prototipagem e amostras	Baixa produção, prototipagem e amostras
Sistema de corte	Múltiplas ferramenta	Múltiplas ferramentas	Uma ferramenta	Uma ferramenta	Múltiplas ferramentas
Lâmina para têxteis	Disco estático	Disco rotativo	faca oscilante	Faca de arrasto	Faca oscilante
Dimensão de corte	1,5m x 1,5m	1,3m x 0,8m	1,8m x 2,0m	1,6m x 1,0m	1,5m x 1,5m
Preço	---	---	Sensores de movimentos contra choque no cabeçote de corte	---	---
Número de facas	Até 3	Até 3	1	1	Até 3
Cabeçote	Múltiplas config. de lâminas	Múltiplas config. de lâminas	Sem acessórios	Sem acessórios	Múltiplas config. de lâminas
Sistema de fixação do substrato	Pressão negativa				
Interface	Somente por painel de texto e botões físicos	Por painel de texto, botões e monitor LCD touchscreen	Por painel texto, botões e monitor LCD	Somente por botões	Duplo monitor LCD touchscreen com apoio de botões
Distribuição dos elementos	Cabeçote com motor e lâmina percorre a mesa por um sistema cartesiano apoiado por painel de controle acoplado a lateral.	Cabeçote com motor e lâmina percorre a mesa por um sistema cartesiano apoiado por painel de controle acoplado a lateral.	Cabeçote com motor e lâmina percorre a mesa por um sistema cartesiano apoiado por painel de controle acoplado a lateral.	Cabeçote com motor e lâmina percorre a mesa por um sistema cartesiano apoiado por painel de controle acoplado a lateral.	Cabeçote com motor e lâmina percorre a mesa por um sistema cartesiano apoiado por painel de controle acoplado a lateral.
Conexão entre projeto e produção	Separada	Separada	Separada	Separada	Separada
Efeito Estético	Equipamento industrial	Equipamento industrial muito sofisticado	Equipamento industrial sofisticado	Equipamento industrial	Equipamento altamente sofisticado
tecnologias de fabricação					
tecnologias de montagem					
Ruído em operação	Baixo	Médio	Alto	Alto	Médio

Fonte: Autor

2.1.4 Análise estrutural da ferramenta de corte manual elétrica

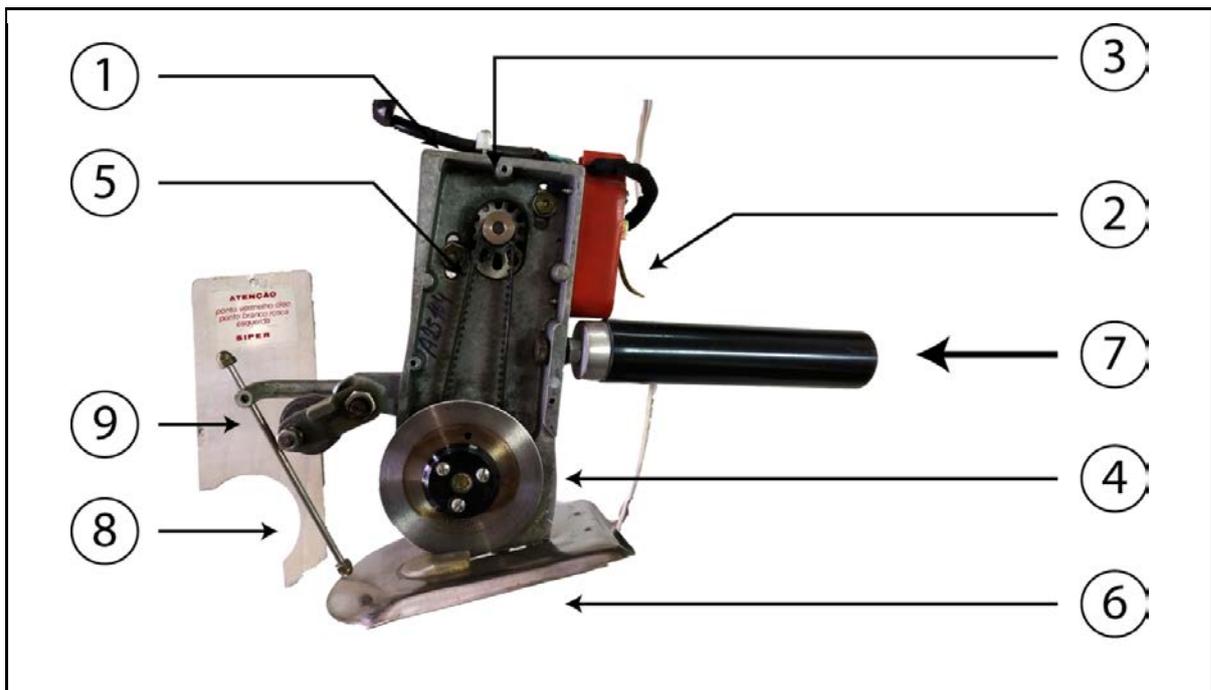
A ferramenta de análise estrutural é aplicada no intuito de obter informações por meio do reconhecimento de componentes, peças, princípios de montagem, tipos de conexão, número de peças e subsistemas (BONSIEPE, 1984).

Para esta análise foi utilizada a máquina de corte da marca Siper, para pequena e média produção, a mesma máquina utilizada na análise de tarefa descrita anteriormente. O produto teve a tampa da carenagem removida para observação dos componentes internos e como se conectam.

Ferramentas de corte elétrico manual são os utensílios mais difundidos do segmento de confecção, quando abordada a etapa de corte. Características como facilidade de aprendizado e manuseio, associadas a um baixo custo de aquisição e manutenção - se observada a disposição de investimentos em MPEs -, explica a difusão e assimilação do nicho. A segmentação por capacidade produtiva aumenta a abrangência dentro dos segmentos. Mecanicamente, este tipo de equipamento é separado pelo tipo de motor/transmissão (elétrico e elétrico por indução) e lâmina (de disco rotativo ou de faca oscilante).

A análise desta ferramenta permite dividir o produto nas partes apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - componentes de máquina de corte manual



Nº	Componentes	Qtde	Material
1	Chassi/carenagem	2	Liga de aço galvanizada
2	Botão de ignição	1	Liga de aço niquelado
3	Motor	1	Motor elétrico 7000 rpm
4	Lâmina	1	Lâmina circular de 4" em liga de aço
5	Sistema de transmissão	1	Correia de borracha
6	Base de apoio	1	Liga de aço
7	Manopla	1	Baquelite
8	Guia de proteção da lâmina	1	Liga de aço
9	Afiador	1	Pedra de Amolar acoplada a mecanismo de mola

Fonte: Autor

2.1.5 Análise funcional

O conhecimento do funcionamento de produtos pela análise funcional propõe o esclarecimento das funções e das estruturas que atendem as necessidades do produto. Para produtos originais com grau de inovação grande é comum que não haja amplo conhecimento das funções, subfunções e dos mecanismos que as conectam, mas em casos de reposicionamento de mercado ou inovações incrementais, por exemplo, é possível realizar a análise por produtos similares ou sistemas equivalentes. O método resulta em uma árvore invertida que aprofunda o conhecimento de forma lógica e objetiva, considerando aspectos do usuário e das funções desempenhadas (PAZMINO, 2015). Cross (2008) descreve a ferramenta como um diagrama de relações hierárquicas que mostra um esquema de relações e interconexões em formato de uma árvore ao contrário.

É apresentada a análise funcional de corte automatizado do equipamento S3 Cutter da ZÜND - Swiss cutting systems na Figura 9.

Figura 9 - Equipamento de corte automatizado, marca ZÜND

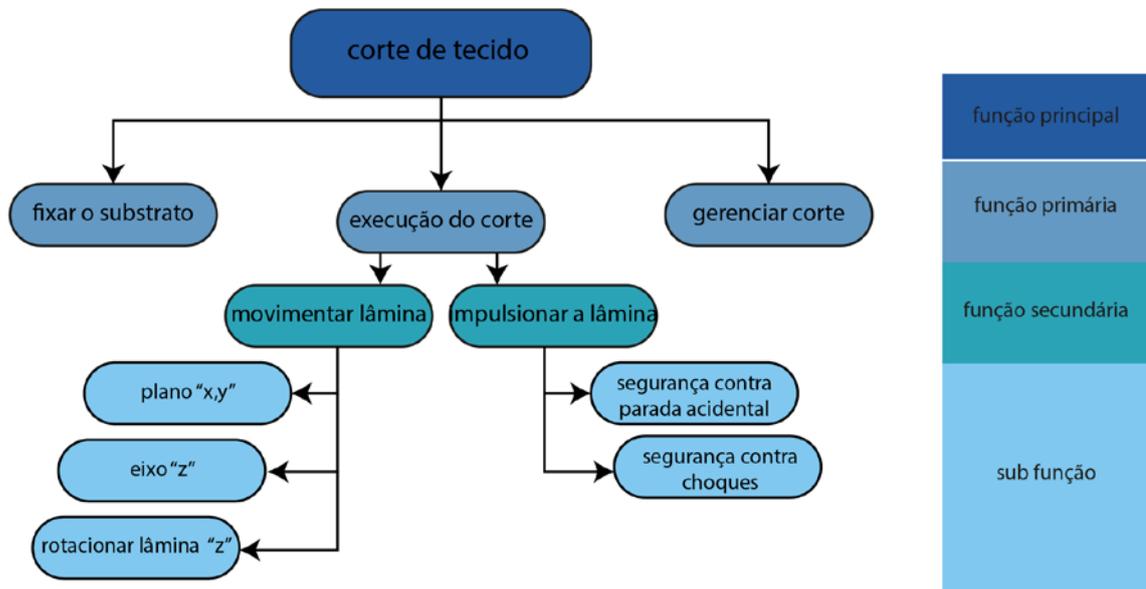


Fonte: Zund 5

O diagrama desenhado na Figura 10 ilustra a relação entre a função principal, primária, secundária e sub funções.

⁵ <https://www.zund.com/en/s3-digital-cutter>

Figura 10 - Análise da função de produto DSC Cutter da empresa Gerber Technology



Fonte: Autor

A função principal de corte do produto foi dividida em funções primárias, que são:

Fixação do substrato, execução do corte e gerenciamento do corte. A fixação do corte é executada por uma solução independente e não requer funções secundárias. O gerenciamento de corte está vinculado à solução de leitura física e do sistema de controle. A função primária, que requer maior atenção, está na execução mecânica da função de corte e está dividida no impulsionamento da lâmina, movimento no plano de corte e em mais 5 subfunções relacionadas aos movimentos e a segurança na operação.

2.2 ESPECIFICAÇÃO DA QUALIDADE DO PRODUTO

A partir das ferramentas aplicadas na fase anterior de planejamento do produto, foi possível coletar e analisar informações a fim de identificar os fatores norteadores do projeto. Dessa forma, foram detectadas as principais necessidades dos usuários. Estas foram convertidas em requisitos de usuários e, dessa forma, obteve-se os requisitos de projeto, sendo estes elencados de acordo com suas prioridades no QFD.

2.2.1 Necessidades dos usuários

O conjunto de análises sobre equipamentos, usuários e ofertas de mercado, assim como outros dados coletados, proporciona ao trabalho uma visão profunda sobre as diversas necessidades expressas, sendo elas explícitas ou implícitas, sobre as funções relevantes ao usuário.

O usuário deseja o aumento da produção sem comprometer o custo fixo e a responsabilidade com dívidas a longo prazo. Soluções que envolvam contratação de mão de obra, imobilização da flexibilidade produtiva em diversidade e quantidade são características desfavoráveis para os usuários.

A diversidade dentro do universo de usuários demanda produtos em que as necessidades podem ser vistas no Quadro 5.

Quadro 5 - Disposição e definição das necessidades

Necessidades do usuário	Definição
Ser acessível financeiramente	Micro e pequenas empresas de confecção tem baixo poder de investimento e mantêm um padrão conservador quando o fazem.
Ser fácil de usar	A diversidade de segmentos e de perfis de investidores do ramo requer um equipamento capaz de informar e orientar o usuário com clareza e objetividade.
Ser seguro	Equipamentos de corte representam riscos constantes e demandam mecanismos de segurança físicos e eletrônicos.
Ser eficiente	Índices de falha e erro na operação, assim como a disponibilidade de funcionamento, são elementos-chave na decisão de aquisição.
Ser compacto	A disponibilidade de espaço em MEPs é reduzida, é comum a utilização de espaços domésticos por parte desse modelo de empresas.
Ser bonito	A estética externa de equipamentos não industriais é relevante na aquisição, pois aumenta a tolerância ao erro, é compatível com ambientes onde o cliente acompanha a produção e até mesmo o espaço domiciliar.
Não desvalorizar	Contenha e comunique a oportunidade de produção independente do tempo.

Fonte: Autor

As necessidades apresentadas abordam diferentes pontos e suas relevâncias nos variados contextos de aplicação, como: uso, aquisição e relação final de manutenção contínua ou descontinuação pela venda, troca ou modernização do equipamento, por exemplo.

2.2.2 Requisitos dos usuários

Nesta etapa, as necessidades dos usuários são transformadas em requisitos de usuário, como apresentado no Quadro 6. Esta conversão sintetiza de forma objetiva a comunicação do usuário, esclarece a comunicação ao longo do projeto e facilita a conceituação.

Quadro 6 - Conversão das necessidades de usuário em requisitos de usuário

Necessidades do usuário	Requisitos do usuário
Ser acessível financeiramente	Baixo custo de investimento inicial
Ser fácil de usar	Usabilidade
Ser seguro	Segurança
Ser eficiente	Eficiência funcional
Ser compacto	Geometria compacta
Ser bonito	Estética agradável
Não desvalorizar	Ciclo de vida prolongado

Fonte: Autor

2.2.3 Requisitos de projeto

Constituídos os requisitos do usuário, foram elencados os requisitos de projeto, elementos norteadores do processo projetual. Nesta etapa, cada requisito do usuário se desmembra em um ou mais requisitos do projeto. Neste caso, para o equipamento de corte automatizado, as necessidades de usuário foram convertidas em 31 requisitos de projeto, apresentados no Quadro 7 e sintetizados em 24 diferentes requisitos no Quadro 8.

Quadro 7 - Requisitos preliminares do projeto

Requisitos do usuário	Requisitos de projeto
Baixo custo de investimento inicial	1. Possuir arranjo dos componentes otimizado.
	2. Utilizar processo de técnica de fabricação otimizado.
	3. Otimizar seleção de materiais
	4. Selecionar componentes eletrônicos simplificados
	5. Delegar desenvolvimento de software simplificado
	6. Possuir montagem fácil
Usabilidade	7. Ter interface física intuitiva
	8. Ter interface virtual intuitiva
	9. Possuir elementos de informação e sinalização redundantes
	10. Considerar fatores antropométricos para distribuição dos componentes de interface
	11. Ter elementos de sinalética intuitivos
	12. Possuir diferentes dispositivos de conectividade com computador
	13. Oferecer sistemas de informação luminosos
Segurança	14. Possuir elementos de informação e sinalização redundantes
	15. Ter mecanismo contra parada acidental
	16. Dispor de mecanismo contra choque no componente cortante
	17. Oferecer sistemas de informação luminoso
Eficiência funcional	18. Dispor de mecanismos redundantes contra interrupção do corte
	19. Otimizar seleção de materiais
	20. Possibilitar manutenção simplificada
	21. Oferecer sistemas de informação luminoso
	22. Portar selo de eficiência energética
	23. Cortar todo tipo de malha (sintética ou natural)
Geometria compacta	24. Dispor de elementos articuláveis
	25. Otimizar seleção de materiais
Estética agradável	26. Compreender um arranjo esteticamente agradável dos elementos físicos
	27. Ter sistemas de informação luminoso
	28. Otimizar seleção de materiais

Ciclo de vida prolongado	29. Ter baixo custo operacional
	30. Dispor de atualizações de software
	31. Utilizar consumíveis de fácil aquisição

Fonte: Autor

Um ou mais requisitos de usuário podem se desdobrar de forma repetida, isto não é incomum e demonstra a inter-relação entre os requisitos. A sintetização dos requisitos elimina as repetições e facilita a visualização das partes.

Quadro 8 - Requisitos finais de projeto

Requisitos de projeto	
1.	Possuir arranjo dos componentes otimizado.
2.	Utilizar processo de técnica de fabricação otimizado.
3.	Otimizar seleção de materiais
4.	Selecionar componentes eletrônicos simplificados
5.	Utilizar software simplificado
6.	Possuir montagem fácil
7.	Ter interface física intuitiva
8.	Ter interface virtual intuitiva
9.	Possuir elementos de informação e sinalização redundantes
10.	Considerar fatores antropométricos para distribuição dos componentes de interface
11.	Ter elementos de sinalética intuitivos
12.	Possuir diferentes dispositivos de conectividade com computador
13.	Oferecer sistemas de informação luminosos
14.	Ter mecanismo contra parada acidental
15.	Dispor de mecanismo contra choque no componente cortante
16.	Dispor de mecanismos redundantes contra interrupção do corte
17.	Possibilitar manutenção simplificada
18.	Portar selo de eficiência energética

19.	Cortar todo tipo de malha (sintética ou natural)
20.	Dispor de elementos articuláveis
21.	Compreender um arranjo esteticamente agradável dos elementos físicos
22.	Ter baixo custo operacional
23.	Oferecer atualizações de software
24.	Utilizar consumíveis de fácil aquisição

Fonte: Autor

2.2.4 QFD

A ferramenta de desdobramento da função qualidade, conhecida como QFD (Quality Function Deployment), realiza o cruzamento entre os requisitos de usuário e os requisitos de projeto, a fim de elencar a prioridade destes requisitos (BAXTER, 2011). Organizada em forma de matriz, são relacionados os requisitos de usuário na coluna e os requisitos de projeto em linha, como apresentado na Tabela 4.

Para mensurar a intensidade das relações observadas, é estabelecida uma escala que indica pouca relação (1), relação moderada (3) e relação intensa (5). Feito isso, cada requisito de usuário é avaliado em relação a cada um dos requisitos de projeto, e, após esta avaliação, o centro da tabela está preenchido. O resultado obtido está nos somatórios das colunas, das linhas e de observações pontuais do desenvolvimento.

Após esta etapa é desenvolvido o telhado, o topo da matriz. Ela resulta da avaliação dos requisitos entre si e segue o padrão de escala apresentado anteriormente. Também é aplicada uma escala de 1 a 3 aos requisitos de usuário, que indica a importância atribuída pelo usuário. O mesmo é indicado no Quadro 8 e expressa na matriz na coluna ao lado dos requisitos de usuário.

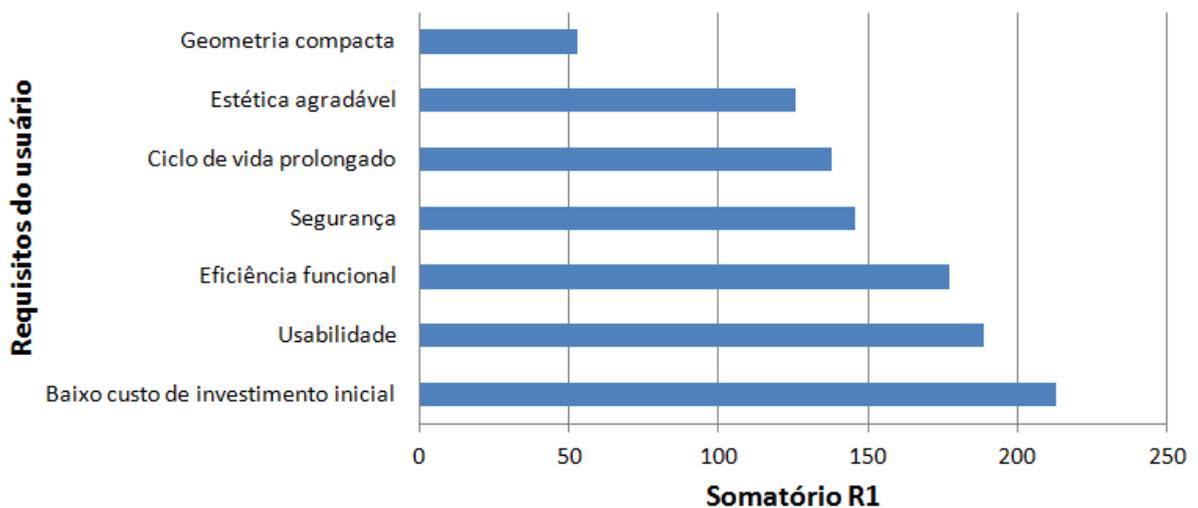
Tabela 4 - QFD

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	X					
Desdobramento da Função Qualidade		Possuir arranjo dos componentes otimizado.	Utilizar processo de técnica de fabricação otimizado.	Otimizar seleção de materiais	Selecionar componentes eletrônicos simplificados	Utilizar software simplificado	Possuir montagem fácil	Ter interface física intuitiva	Ter interface virtual intuitiva	Possuir elementos de informação e sinalização redundantes	Considerar fatores antropométricos para distribuição dos componentes de interface	Ter elementos de sinalética intuitivos	Possuir diferentes dispositivos de conectividade com computador	Oferecer sistemas de informação luminosos	Ter mecanismo contra parada acidental	Dispor de mecanismo contra choque no componente cortante	Dispor de mecanismos redundantes contra interrupção do corte	Possibilitar manutenção simplificada	Portar selo de eficiência energética	Cortar todo tipo de malha (sintética ou natural)	Dispor de elementos articuláveis	Compreender um arranjo esteticamente agradável dos elementos físicos	Ter baixo custo operacional	Oferecer atualizações de software	Utilizar consumíveis de fácil aquisição	Total de cada requisito de usuário			
3	Custo de investimento inicial	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	3	5	3	3	3	5	1	1	5	1	1	5	1	216			
3	Usabilidade	1	1	1	1	5	1	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	5	1	5	1	192				
2	Segurança	1	3	3	3	1	1	3	5	5	3	5	1	5	5	5	5	5	1	1	1	5	5	1	148				
3	Eficiência funcional	5	1	5	1	1	1	1	1	3	1	1	5	5	5	3	5	5	1	5	1	3	1	3	192				
1	Geometria compacta	5	5	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	1	1	1	5	3	5	1	54				
2	Estética agradável	1	1	1	1	3	3	5	5	5	5	5	3	5	1	1	1	1	1	3	5	1	5	1	128				
2	Ciclo de vida prolongado	5	5	5	5	3	1	1	1	1	1	1	3	1	3	3	3	3	5	1	1	3	5	5	140				
TOTAL		52	44	52	40	48	36	40	44	50	40	44	54	70	48	42	48	52	24	28	36	42	42	64	30				

Fonte: Autor

Os dados gerados no QFD foram condensados nos gráficos 1 e 2. O gráfico 1 demonstra que atender as demandas da geometria compacta está restrito a poucos requisitos, portanto, identificar e agir com precisão sobre estes aumenta as chances de sucesso para encontrar uma solução satisfatória. Em posição oposta se encontram os requisitos de baixo custo, usabilidade e eficiência funcional. Estes revelaram-se conectados a muitos dos requisitos de projeto e, assim sendo, serão atendidos não somente por respostas pontuais, mas pelo somatório de diversas soluções.

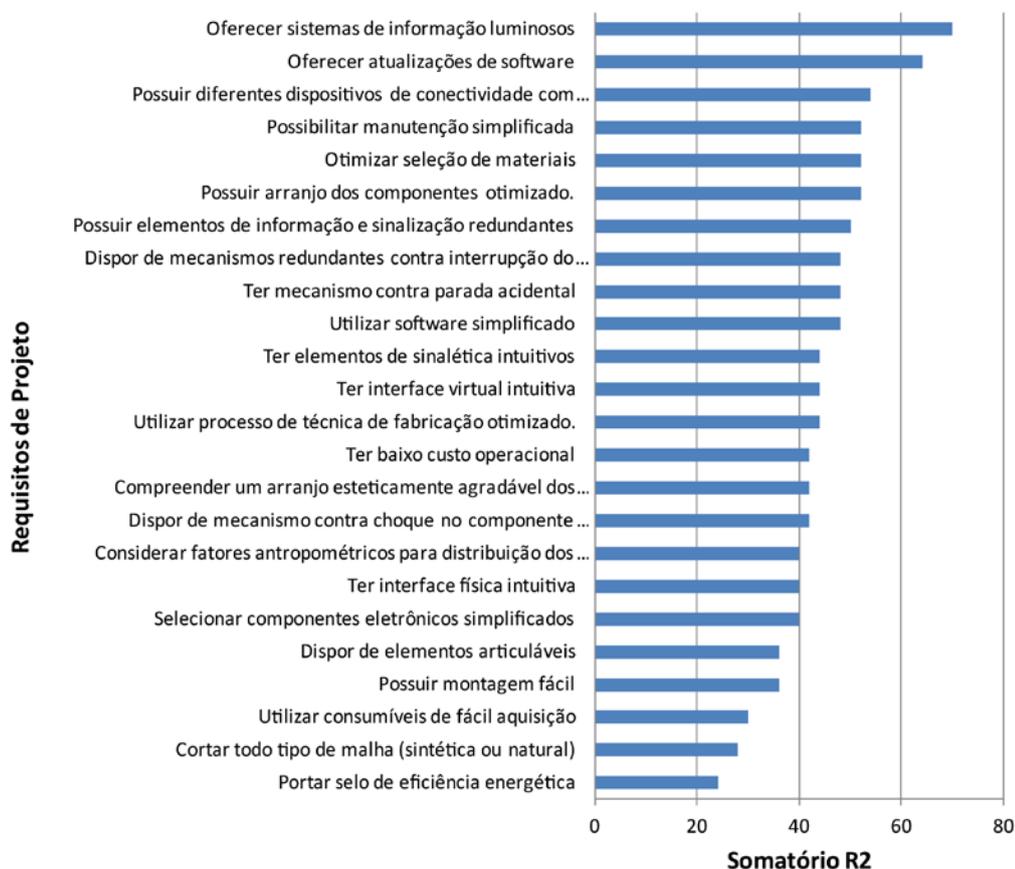
Gráfico 1 - Relação requisito de usuário e requisito de projeto



Fonte: Autor

No gráfico 2 são apresentadas do maior ao menor grau de inter-relacionamento entre requisitos de projeto. Quanto mais alto está na priorização, maior é a dependência em relação aos demais.

Gráfico 2 - Inter-relação entre requisitos de projeto



Fonte: Autor

2.3 ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO

A elaboração das especificações do projeto colabora para a compreensão e entendimento do produto para clientes e fabricantes, de forma a qualificar e quantificar os requisitos de projeto. É resultado da análise e observação de usuários, do estudo das tecnologias produtivas disponíveis e da adequação às normas regulamentares. As especificações de projeto aqui abordadas concentram a atenção nas principais causas de sucesso dos produtos: 1- aceitação pelo público, 2- se funcionará, 3- se poderá ser produzido e 4- revisão das normas e legislações relacionadas (BAXTER, 2011). Dessa forma, foi possível definir de maneira específica os itens a serem considerados no desenvolvimento do projeto, levando em consideração a relação de oferta e demanda no setor, quando observados os demais *stakeholders* da cadeia produtiva.

No Quadro 9 estão organizadas as especificações de projeto em relação aos requisitos de projeto. Na coluna da esquerda, os requisitos de projeto são agrupados por similaridade, e, à direita, são relacionadas as especificações de projeto pertinentes a cada grupo.

Quadro 9 - Especificações de projeto

Oferecer atualizações de software	
Possuir diferentes dispositivos de conectividade com computador	Micro controladores
Selecionar componentes eletrônicos simplificados	Painel de comando físico
Utilizar software simplificado	Monitor com tela sensível ao toque
Ter interface virtual intuitiva	
Dispor de elementos articuláveis	Articulação cabeçote de corte de até 10 cm de altura.
Possuir montagem fácil	Perfil ou bloco em material de baixa densidade
Utilizar processo de técnica de fabricação otimizado.	Velocidade de corte 2m/min.
Otimizar seleção de materiais	Mecanismo articulável
Possuir arranjo dos componentes otimizado.	Mecanismo retrátil
Compreender um arranjo esteticamente agradável dos elementos físicos	
Possuir elementos de informação e sinalização redundantes	Sistema de iluminação na interface de trabalho.
Oferecer sistemas de informação luminosos	Sistema de iluminação de apoio no equipamento
Ter elementos de sinalética intuitivos	Sistema de sinalética
Ter interface física intuitiva	
Considerar fatores antropométricos para distribuição dos componentes de interface	Configuração para uso sentado e de pé.
Possibilitar manutenção simplificada	Sensores de movimento contra choque
Ter mecanismo contra parada acidental	Sensor de parada do corte
Dispor de mecanismos redundantes contra interrupção do corte	Sensores de segurança redundantes
Dispor de mecanismo contra choque no componente cortante	Painel de comandos de emergência
Portar selo de eficiência energética	Uso de tecnologias consolidadas
Utilizar consumíveis de fácil aquisição	Alimentação Bivolt
Ter baixo custo operacional	
Cortar todo tipo de malha (sintética ou natural)	Capacidade de corte de enfiesto de 4cm
	Sistema de fixação do enfiesto
	Corte por lâmina
	Área de corte de 2m x 1m

Fonte: Autor

3 PROJETO CONCEITUAL

A etapa de projeto conceitual tem por finalidade a formação das concepções de projeto do novo produto. Ao término, o resultado exhibe atributos que atendem as demandas dos consumidores e o posiciona melhor do que seus concorrentes. São elaborados materiais que conceituarão o produto no aspecto formal e simbólico a partir dos atributos de qualidade e das especificações de projeto. Também são fundamentados os princípios de funcionamento do produto.

3.1 MATRIZ MORFOLÓGICA DE COMPONENTES

A solução de problemas de múltiplas variáveis envolve a coleta e análise de dados em grande volume, para encontrar a solução ideal ou a mais satisfatória, o que requer organização e planejamento. O método da matriz morfológica descrita por Back et al (2008) sistematiza a combinação de diferentes soluções com diferentes parâmetros, com o objetivo de encontrar uma solução única para o problema.

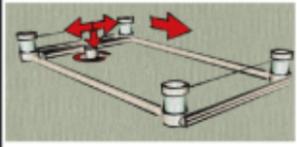
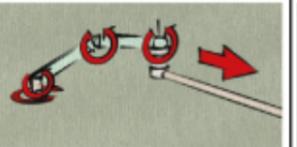
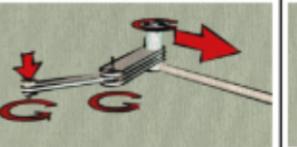
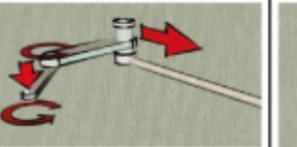
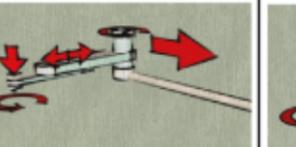
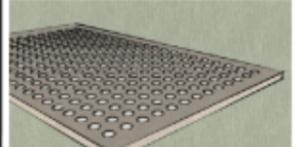
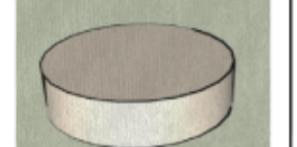
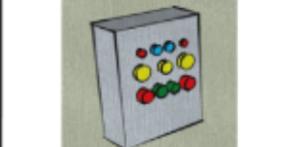
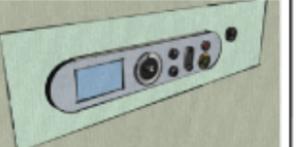
A matriz morfológica consiste nos seguintes passos:

1. Reconhecer funções e parâmetros da atividade;
2. A primeira coluna é dedicada as funções e parâmetros. As funções podem se desdobrar em sub funções e diferentes princípios e dispositivos;
3. Coletar soluções para cada função e desdobramento. Agora, cada item é observado individualmente e, para cada respectiva linha, são descritas as soluções encontradas de forma literal ou por representação gráfica, o importante é o registro da ideia. Neste caso, as soluções apresentadas são resultado das pesquisas, análises, profissionais consultados e da experiência acadêmica;
4. Investigação de alternativas para o problema global. A matriz feita, são desenvolvidas combinações pelos princípios propostos;
5. Apreciação e escolha. Várias soluções podem ser descartadas imediatamente por incompatibilidade ou inviabilidade. As resultantes são avaliadas com maior rigor para alcançar a melhor concepção;
6. Definir o leiaute e descrever o conceito. Definida a melhor solução, a mesma será desenvolvida até o melhor arranjo da concepção.

A aplicação destes passos conduziu o resultado visto no Quadro 8. A análise funcional aplicada no subcapítulo norteou o primeiro e segundo passo, além da divisão em funções. O 3º passo é resultado do aspecto global de pesquisa e do processo de coleção de soluções ocorrido. O 4º e 5º passos são feitos analisando individualmente as soluções e os requisitos de projeto com que se relacionam, resultando em uma sequência de matrizes de solução. Matrizes de solução são a reunião de elementos avaliadores, neste caso, requisitos de projeto. E, se necessário, são trazidos elementos que ultrapassam o primeiro filtro e esclarecem sobre a melhor tomada de decisão.

Da matriz morfológica apresentada no Quadro 10, aplicou-se uma matriz de decisão para cada linha, observando os requisitos de projeto pertinentes e o apoio de informações complementares. As informações vieram de profissionais, pesquisas e catálogos de fornecedores de produtos.

Quadro 10 - Matriz morfológica

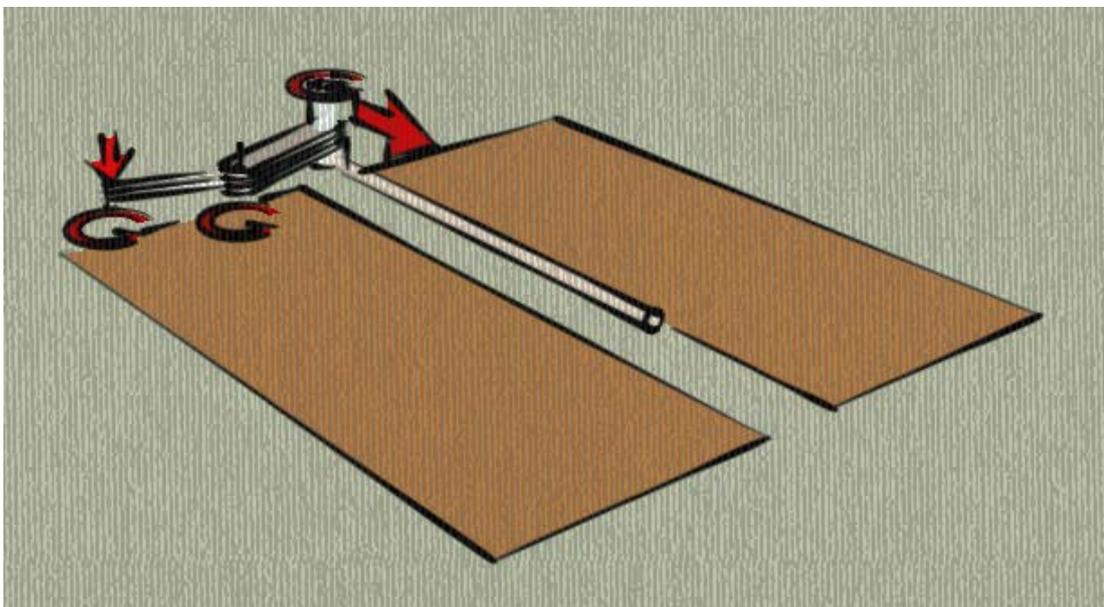
função de articulação x,y e z							
	modelo cartesiano	modelo articulo + guia	modelo SCARA + guia	Variação 1 do modelo SCARA + guia	variação 2 do modelo SCARA + guia	modelo SCARA + base móvel	modelo cartesiano + bases móveis
função de fixação do substrato							
	fixação por aspiração	peças amorfas	peças automatizadas				
função de segurança do cabeçote							
	sensor de movimento	barreira mecânica					
função de corte							
	disco circular	disco decagonal	faca longitudinal				
função de segurança da lâmina							
	sensor de movimento	barreira mecânica					
função de interface							
	painel de botões	painel LED mais botões	monitor mais teclado	monitor touch screen			
função de comunicação luminoso							
	LED	Botão iluminado	Painel e botão iluminado	painel e produto iluminado			

Fonte: Autor

3.1.1 Função Articulação

A primeira das funções avaliadas é a de articulação x, y e z, como mostra a Tabela 5. É importante salientar que esta ferramenta de matriz de decisão colabora no intuito de decisão, porém os requisitos de projeto avaliados não são os únicos pontos relevantes. Neste caso e nos demais também são avaliados fatores externos sempre que existirem, como as especificações de projeto, por exemplo. Para esta decisão, as especificações de projeto de caráter retrátil e articulado orientam a decisão a favor da terceira opção - modelo SCARA + guia. O sistema escolhido é o único capaz de articular até duas áreas de corte, como observado na Figura 11. O eixo da base permite que o equipamento possa operar duas áreas de corte independente, isto reduz o tempo de espera entre bateladas e garante ainda maior flexibilidade. Esta operação é relevante em caso de crescimento da demanda, visto que não requer investimento em novos equipamentos, apenas área disponível para uma segunda área de corte.

Figura 11 - Sistema selecionado para articulação



Fonte: Autor

Visto que as pesquisas sobre modelos articulados SCARA apresentam soluções não customizáveis orientadas a demandas específicas relacionadas a ambientes industriais, e os produtos ofertados são dirigidos a operação de linhas de produção, são compactos e tem raio de alcance menor se comparado a

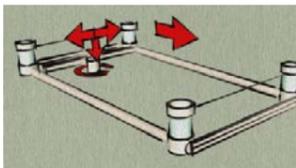
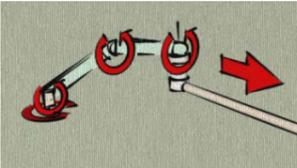
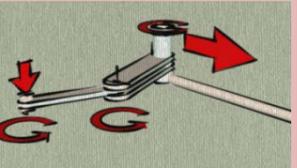
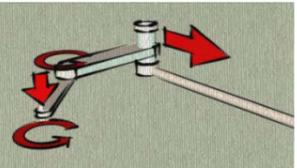
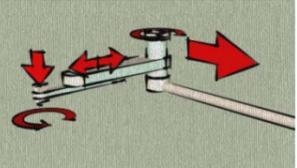
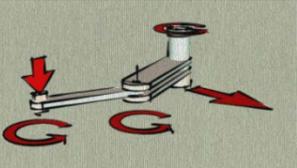
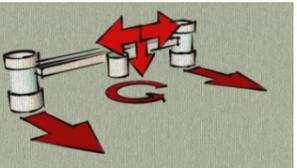
especificações determinadas, este projeto demanda o desenho de uma estrutura própria para os seus requisitos.

A realização desta tarefa foi assistida pela consulta a um engenheiro de automação especializado em projetos de automação industrial. Durante a consultoria técnica foram abordados o método de fabricação, a seleção de materiais, a vida útil dos componentes, a precisão que se deseja alcançar e outras questões pertinentes ao desenho e validação da solução. Concluiu-se a demanda por um desenho personalizado intercalado pela adoção de subsistemas já ofertado por empresas especializadas em automação, também foi elaborado uma composição eletrônica favorecendo a adoção de componentes que não requerem desempenho com faixas de operação tão largas.

O desenho da estrutura física e os elementos de transmissão de movimento do braço estão entre os elementos que serão formalmente constituídos durante o projeto detalhado. Isso não delimitou a orientação pelo uso de estruturas de alumínio em perfil ou bloco usinado.

A aplicação de subsistemas de movimento, como a guia linear com corrente dentada, esteira porta cabos, o uso de microprocessador e placa de interface, são parte das soluções já existentes disponíveis no mercado brasileiro.

Tabela 5 - Matriz função de articulação x, y e z

Função de articulação x, y e z							
	modelo cartesiano	modelo articulo + guia	modelo SCARA + guia	Variação 1 do modelo SCARA + guia	variação 2 do modelo SCARA + guia	modelo SCARA + base móvel	modelo cartesiano + bases móveis
Possuir arranjo dos componentes otimizado.	1	0	1	1	1	1	0
Utilizar processo de técnica de fabricação otimizado.	1	0	1	1	1	0	0
Selecionar componentes eletrônicos simplificados	1	0	1	1	1	1	1
Possuir montagem fácil	1	0	0	0	0	0	0
Ter interface física intuitiva	1	1	1	1	0	0	0
Possibilitar manutenção simplificada	1	1	1	1	1	1	1
Disponer de elementos articuláveis	0	1	1	1	1	1	1
Compreender um arranjo esteticamente agradável dos elementos físicos	0	1	1	1	1	1	1
Ter baixo custo operacional	1	0	1	1	1	0	0
Total	7	4	8	8	7	5	4

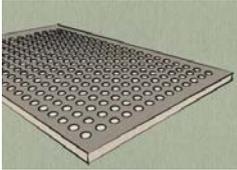
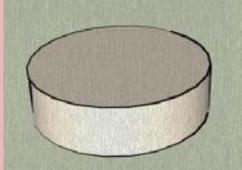
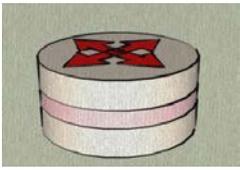
Fonte: Autor

3.1.2 Função Fixação do Substrato

A segunda matriz (Tabela 6) é dedicada a função de fixação do substrato. As soluções de apoio mecânico estático e apoio mecânico estático com orientação espacial estão empatadas na matriz de decisão distantes da fixação por aspiração. Esta última, embora amplamente adotada em equipamentos mais robustos, perde a função quando avaliada mediante os requisitos deste projeto.

O fator de decisão adotado é relativo ao grau de complexidade e as implicações relacionadas. A simplificação dos mecanismos a sua mínima função colabora para a redução de mecanismos, simplicidade da operação e, conseqüentemente, maior adesão à solução. Embora se possa argumentar que seja um elemento simples, incompatível com as funções desempenhadas por outros componentes, entretanto, quando articulada com as demais funções do equipamento, cumpre a função de estabilizar o corte em curvas de raio pequeno.

Tabela 6 - Matriz função fixação do substrato

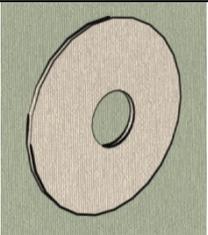
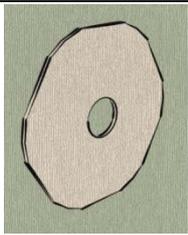
Função fixação do substrato			
	fixação por aspiração	peças amorfas	peças automatizadas
Possuir arranjo dos componentes otimizado.	0	1	1
Utilizar processo de técnica de fabricação otimizado.	0	1	0
Otimizar seleção de materiais	0	1	0
Selecionar componentes eletrônicos simplificados	1	1	0
Possuir montagem fácil	0	1	1
Ter interface física intuitiva	0	0	0
Possuir elementos de informação e sinalização redundantes	0	0	1
Ter elementos de sinalética intuitivos	0	0	1
Oferecer sistemas de informação luminosos	0	0	1
Possibilitar manutenção simplificada	0	1	1
Dispor de elementos articuláveis	0	1	1
Compreender um arranjo esteticamente agradável dos elementos físicos	0	1	1
Ter baixo custo operacional	0	1	1
Total	1	9	9

Fonte: Autor

3.1.3 Função Corte – Lâmina

A terceira função (Tabela 7) compreende as soluções relativas a tecnologia de corte. Como observado anteriormente, as tecnologias de corte para indústria têxtil e de confeccionados é um segmento cuja demanda é específica para a aplicação de lâmina. Essa opção decorre do baixo custo operacional, da limpeza do processo e a escalabilidade da demanda (estilete, tesoura, corte elétrico motorizado, corte automatizado). Quando comparada aos demais processos, não há deposição de resíduos ou aromas, diferente de tecnologias como corte a laser ou jato d'água, de larga utilização no corte de couro, mas que sempre requer pré ou pós tratamento ao corte. A decisão pelo disco decagonal está ligada à oferta e a diminuição do arrasto que essa geometria proporciona se comparado ao corte de disco, e ainda mais se comparado a faca oscilatória vertical.

Tabela 7 - Matriz de decisão da função corte

Função Corte			
Lâmina	disco circular	disco decagonal	faca longitudinal
Utilizar processo de técnica de fabricação otimizado.	1	1	0
Possuir montagem fácil	1	1	1
Possibilitar manutenção simplificada	1	1	0
Cortar todo tipo de malha (sintética ou natural)	1	1	1
Ter baixo custo operacional	1	1	0
Utilizar consumíveis de fácil aquisição	1	1	1
Total	6	6	3

Fonte: Autor

3.1.4 Função Segurança do Cabeçote

A quarta função, de segurança do cabeçote, está vinculada aos mecanismos de proteção contra acidentes e interrupções acidentais do processo. A Tabela 8 demonstra a vantagem do uso de sensores em relação a aplicação de barreiras físicas. Importante salientar que esta opção por sensores atende a norma NR12 e também foi indicada por profissional consultado. A indicação é justificada pela dificuldade de os usuários desativarem, assim sendo, é menor a possibilidade de uso incorreto ou inadequado. Na NR12 consta como requisito de operação de sistema de segurança.

Adotou-se para o projeto a aplicação de sensor laser de distância retro reflexivo pela margem de detecção de 0 mm a 300 mm de objetos brilhantes ou foscos, claros ou escuros, indistintos da cor. Também foram consideradas as dimensões compactas, 7 cm a maior dimensão.

Estes sensores agem em conjunto com o microprocessador e os atuadores, captam informação de objetos que se aproximarem do cabeçote, para que o equipamento possa interromper a ação de deslocamento e propulsão da lâmina, prevenindo acidentes.

Tabela 8 - Matriz função de segurança do cabeçote

Função segurança do cabeçote		
	sensor de movimento	barreira física
Otimizar seleção de materiais	1	1
Selecionar componentes eletrônicos simplificados	1	0
Possuir montagem fácil	1	0
Possuir elementos de informação e sinalização redundantes	1	1
Ter elementos de sinalética intuitivos	0	1

Dispor de mecanismo contra choque no componente cortante	1	1
Dispor de mecanismos redundantes contra interrupção do corte	1	1
Possibilitar manutenção simplificada	0	1
Compreender um arranjo esteticamente agradável dos elementos físicos	1	0
Ter baixo custo operacional	1	1
Total	8	7

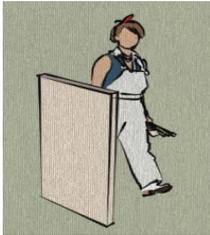
Fonte: Autor

3.1.5 Função Segurança da Lâmina

A quinta função é dedicada ao controle de segurança da lâmina contra paradas e interrupções acidentais. Na Tabela 9 são avaliadas novamente as soluções de sensores e sistemas mecânicos. O uso de sensores prevalece sobre o uso de componentes e sistemas mecânicos. Nesta etapa, pode-se constatar que as aplicações de recursos da automação operam com maior precisão, eficiência e controle, embora, quando avaliadas sobre os parâmetros dos requisitos, ainda apresentam certa similaridade no cumprimento da função.

Foi adotada a indicação do profissional de automação pela aplicação de um sensor de corrente elétrica para controle da alimentação do sistema. O sensor faz a leitura da variação da corrente e, de acordo com a parametrização, executa o desligamento do motor. Ao cumprir esta função, evita-se que, após qualquer interrupção ou parada acidental, o usuário possa manusear próximo a lâmina sem ser surpreendido pela retomada da operação do motor.

Tabela 9 - Matriz função segurança da lâmina

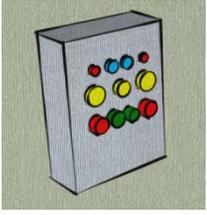
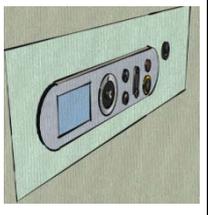
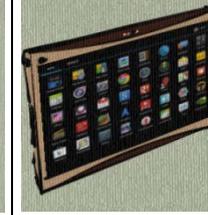
Função segurança da lâmina		
	sensor de movimento	barreira mecânica
Otimizar seleção de materiais	1	1
Selecionar componentes eletrônicos simplificados	1	0
Possuir montagem fácil	1	0
Possuir elementos de informação e sinalização redundantes	1	1
Ter elementos de sinalética intuitivos	0	1
Dispor de mecanismo contra choque no componente cortante	1	1
Dispor de mecanismos redundantes contra interrupção do corte	1	1
Possibilitar manutenção simplificada	0	1
Compreender um arranjo esteticamente agradável dos elementos físicos	1	0
Ter baixo custo operacional	1	1
Total	8	7

Fonte: Autor

3.1.6 Função Gerenciamento de Corte - Painel

A sexta função apresentada na Tabela 10 refere-se ao contexto dos atributos do painel de gerenciamento de corte e dos atributos físicos e estéticos dos componentes que o comporão. Neste aspecto é oportuno e relevante salientar que o fator estético constitui um atributo de suma relevância, inclusive na tolerância ao erro.

Tabela 10 - Matriz função painel de gerenciamento do corte

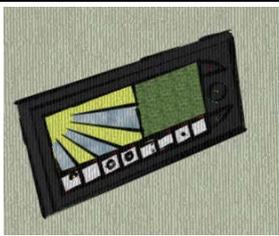
Função painel de gerenciamento de corte				
	painel de botões	painel LED mais botões	monitor mais teclado	monitor touch screen
Possuir arranjo dos componentes otimizado.	1	1	0	1
Selecionar componentes eletrônicos simplificados	0	0	0	1
Possuir montagem fácil	0	0	0	1
Ter interface física intuitiva	1	1	1	1
Possuir elementos de informação e sinalização redundantes	0	1	1	1
Ter elementos de sinalética intuitivos	1	1	1	1
Oferecer sistemas de informação luminosos	0	1	1	1
Possibilitar manutenção simplificada	1	1	0	0
Dispor de elementos articuláveis	0	1	0	1
Compreender um arranjo esteticamente agradável dos elementos físicos	0	0	0	1
Ter baixo custo operacional	1	1	0	1
Total	5	8	4	10

Fonte: Autor

3.1.7 Função Comunicação Luminosa

A sétima e última função também tem relevância estética e também é requisito de norma regulamentadora. A função de comunicação luminosa compõe a NR 12 e também é um recurso estético valioso, portanto, tem seu valor reconhecido e selecionado para aplicação no projeto, como demonstrado na Tabela 11. Ao invés de selecionar apenas uma solução, foi feita uma composição de soluções, tendo em vista a necessidade de atender diferentes requisitos de projeto que partem dos obrigatórios previstos na norma NR 12, de botões claros facilmente localizáveis até os sistemas de comunicação redundantes e de requisitos estéticos, com intuito de aumentar a tolerância ao erro e facilitar a experiência de uso.

Tabela 11 - Matriz função comunicação luminosa

Comunicação luminosa				
	LED	Botão iluminado	Painel e botão iluminado	painel e produto iluminado
Possuir montagem fácil	1	1	1	1
Ter interface física intuitiva	1	1	1	1
Possuir elementos de informação e sinalização redundantes	0	0	1	1
Ter elementos de sinalética intuitivos	0	1	1	0
Oferecer sistemas de informação luminosos	1	1	1	1
Portar selo de eficiência energética	1	1	1	1
Total	4	5	6	5

Fonte: Autor

3.2 SELEÇÃO DO MELHOR ARRANJO DE COMPONENTES

Estabelecidos os componentes que comporão o produto, é necessário que este conjunto apresente a melhor ordem possível. Esta estruturação irá definir a

composição estrutural do produto e se estenderá pela formal. Este processo é feito reunindo todos os elementos que o compõe e o articulam. A catalogação preliminar pesquisou fornecedores de insumos para o setor de automação e contou novamente com a participação de profissionais da área de automação e usinagem de componentes para indústria metal mecânica. Ao todo, foram reunidos 30 diferentes componentes básicos para a produção dos layouts experimentais, são eles:

1. 1 guia linear de 2300mm;
2. 1 guia linear com correia dentada de 2300mm;
3. 1 Motor de passo para guia linear;
4. 1 Esteira porta cabos;
5. 1 Base;
6. 1 Eixo Central;
7. 1 Rolamento axial;
8. 2 Rolamentos de esferas;
9. 1 Pré-Braço A;
- 10.1 Motor de passo para Base/Seção A;
- 11.1 Braço A;
- 12.1 Eixo Secundário;
- 13.3 Rolamentos de esfera;
- 14.1 Motor de passo para Braço A/Braço B;
- 15.1 Braço B;
- 16.1 Guia linear Braço B/Punho C;
- 17.1 Motor de passo com fuso;
- 18.1 Punho C;
- 19.1 Lâmina decagonal de 4 pol;
- 20.2 Rolamentos de esferas;
- 21.1 Motor de corrente contínua;
- 22.1 Motor de Passo Punho C;
- 23.1 Sensor de corrente elétrica;
- 24.3 Sensores de distância;
- 25.1 Carenagem;
- 26.1 Fonte;
- 27.4 Drivers;
- 28.1 Microprocessador;

29. Placa de interface processador/drive;

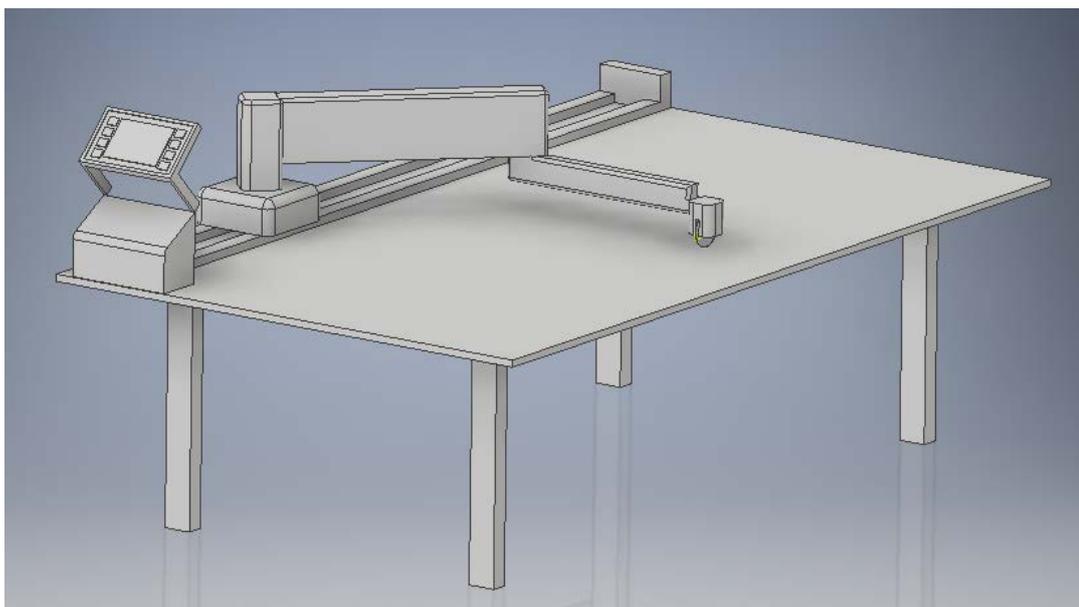
30.1 Tela sensível ao toque.

O processo de articulação e testes é facilitado utilizando o recurso de modelagem 3D, como mostra a Figura 12. O recurso admite a exposição volumétrica dos elementos e facilita a comparação entre composições. O software utilizado por licença de estudante é o Inventor Professional da Autodesk. Aplicou-se o recurso de produção de uma biblioteca dos elementos individualizados e a posterior montagem de diferentes configurações.

Das formulações estudadas, a solução considerada de melhor arranjo está apresentada na Figura 12, anteriormente citada. O arranjo é definido pela separação da estação de trabalho da estação de corte automatizado. Na estação de trabalho é operado o equipamento e é onde estão posicionados o painel de comando e os componentes eletrônicos. O monitor é articulado para ser ajustado em altura e angulação.

A estação de corte é desenvolvida no sentido da extremidade de corte para a base. Primeiro são observadas as restrições no que é considerado o punho do braço robótico, é nele que se encontra a faca de corte.

O braço robótico articulado SCARA começa a ser desenhado considerando o diâmetro do disco, a altura de corte e o vão livre necessário para o equipamento articular o corte. Da operação de corte até a posição de descanso, a função de corte demanda articulação de rotação no eixo z, de um motor para a lâmina e de uma unidade de deslocamento no eixo z.

Figura 12 - Arranjo dos elementos

Fonte: Autor

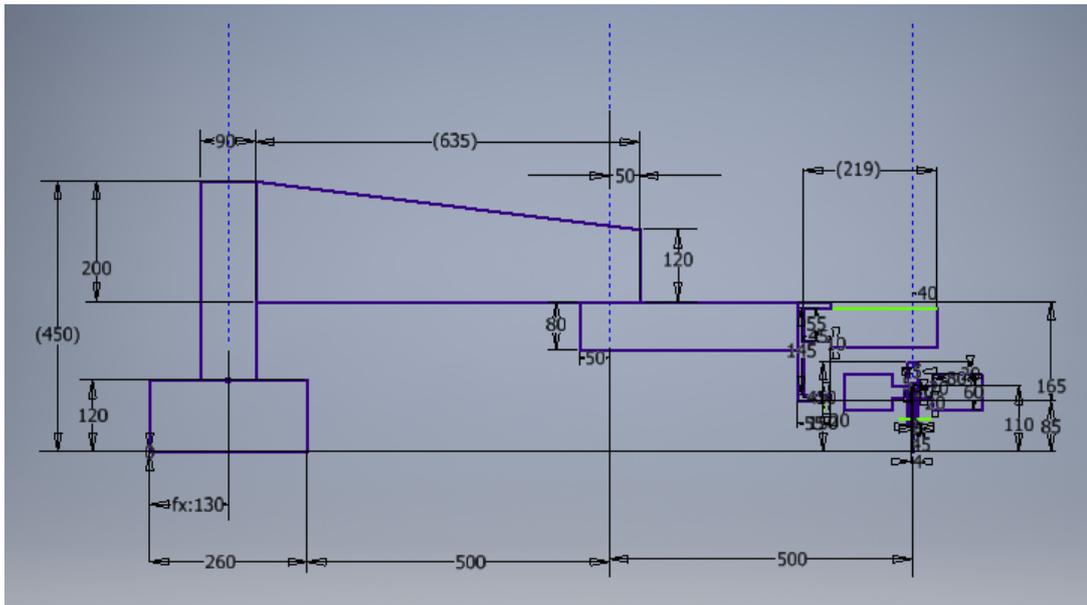
Quando são observadas e definidas essas considerações, é possível definir a altura e extensão mínima da segunda parte do braço.

Como o equipamento opera próximo a superfície da mesa e é desenhado para se articular livremente sem risco de choque entre peças, é determinado que a primeira seção do braço deve ser posicionada em um plano paralelo superior. Essa posição garante o vão inferior livre para articulação desimpedida de choques.

As últimas decisões são dedicadas à base e ao eixo principal. Considera-se que a base será composta das peças mais robustas, tendo em vista que receberá o esforço de todos os componentes anteriores. Sua base precisa ser dimensionada corretamente para apoiar os esforços e comportar os mecanismos para articulação. Por fim, é definido o sistema no qual se articulará a base que estenderá a ação de corte radial da base.

O resultado final é o sketch apresentado na Figura 13, nele estão marcadas as noções básicas da distribuição dos elementos. A leitura do texto indica que a imagem é desenhada da direita para a esquerda, da lâmina de corte para a base. Nele foram desenvolvidas ferramentas de restrição e ligação para gerir o fluxo de informação. Os valores apresentados aqui serão alterados na etapa final de configuração, somente para ajuste de soluções ou para validação da resistência mecânica.

Figura 13 - Sketch da disposição básica.



Fonte: Autor

3.3 ESTRUTURA CRIATIVA

Nesta etapa é estudada e desenvolvida a concepção estética do produto após a seleção do melhor arranjo. Para isso é aplicada a ferramenta de transposição de requisitos estéticos e simbólicos nos atributos formais do produto, proposta por Sapper (2015). Tal ferramenta tem por objetivo a organização de técnicas que contribuem para a geração de formas para o produto, e se pretende articular a relação dos atributos estéticos do produto com a estrutura mecânica definida anteriormente.

São cinco as etapas que orientam o processo e estimulam a criatividade. São elas:

- Identificação: identificar os requisitos estético-simbólicos do projeto.
- Representação: representar os requisitos em termos, conceitos e imagens.
- Relação: relacionar os termos e conceitos com imagens em busca de significado.
- Geração: gerar alternativas de formas para o produto.
- Seleção: selecionar as melhores formas para o produto.

3.3.1 Identificação

A identificação dos requisitos estéticos é resultado da pesquisa desenvolvida na análise de oportunidade e das ferramentas aplicadas no desenvolvimento da qualidade do produto. São elas:

- Sólido
- Acolhedor
- Simples

Estas palavras sintetizam o conceito de equipamento confiável, fácil de operar e acessível. A formação de uma imagem desvinculada de equipamentos industriais tem como objetivo a segmentação de mercado na faixa de transição da manufatura mecanizada para a automatizada.

3.3.2 Representação

Sobre cada requisito estético simbólico é feito um aprofundamento descritivo utilizando a ferramenta de Brainstorming (Baxter 2011 e Back *et al* 2008) e Sinética (Baxter 2011), como pode ser conferido na Figura 14. No processo são associados conceitos que contribuem para um entendimento aperfeiçoado de cada requisito com a construção de analogias.

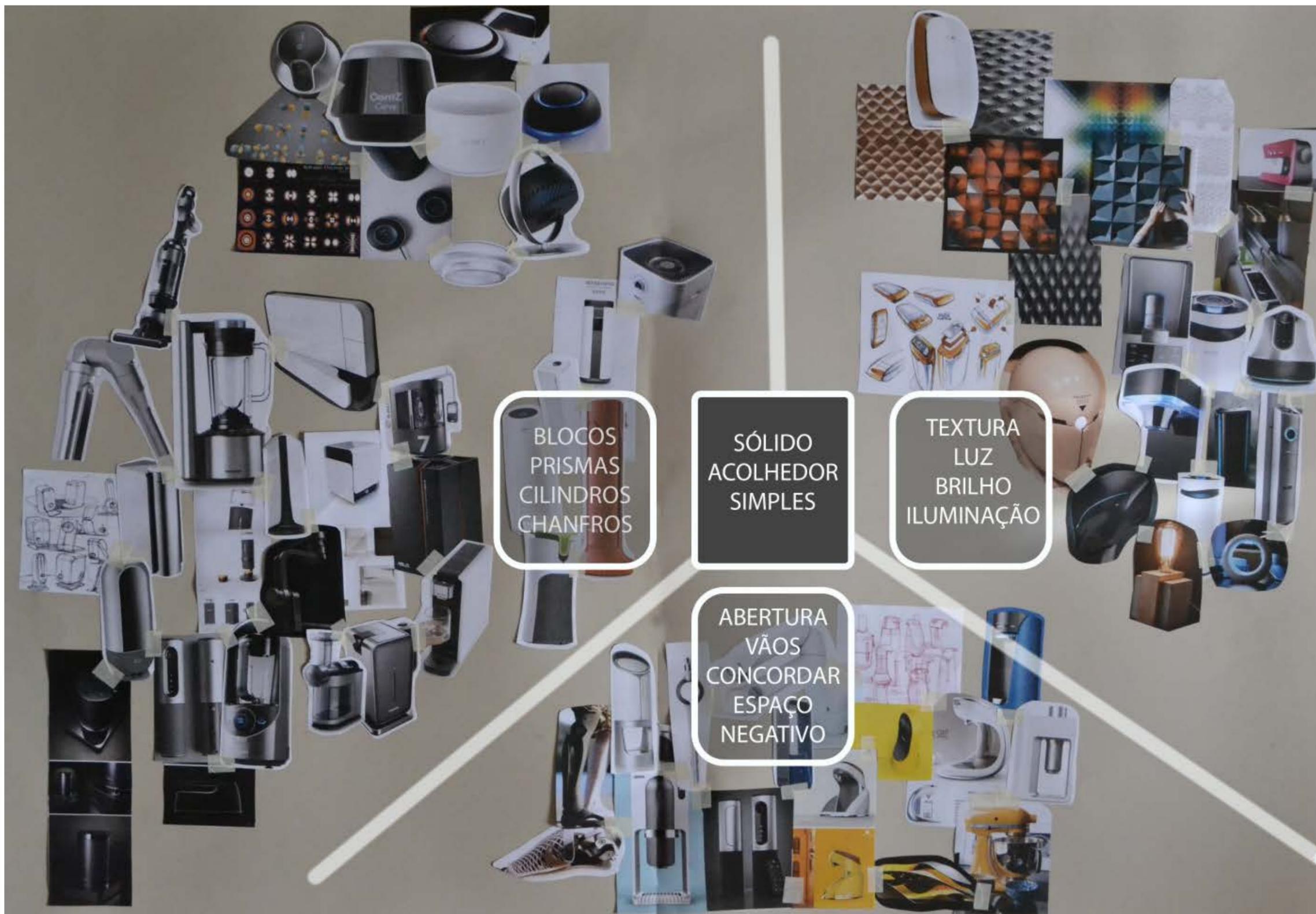
Figura 14 - Brainstorming e analogias da etapa representação

	FORMAS:	OBJETOS:
- SÓLIDO		
CONSISTENTE	BLOCOS	ELETRDOMÉSTICOS
COMPACTO	INTEIRIÇAS	CAPACETE
COESO	PROPORCIONAIS	LINHA BRANCA
FIRME	CONTINUIDADE	
ROBUSTO	CHANFRO	
FORTE	ILUMINAÇÃO	
ESTÁVEL / CONSTANTE	CILINDROS	
DUPLO	PRISMAS	
- ACOLHEDOR		
RECEPTIVO	LIMPIDEZ	
SIMPÁTICO	CONTINUIDADE	
ATÁVEL	CONCORDÂNCIA	ELETRDOMÉSTICO
ACESSÍVEL	VÃOS	BRINQUEDO
DESCOMPLICADO	GESTALT	LUMINÁRIA
CONVIDATIVO	ESPAÇO NEGATIVO	SOFA
ATRAENTE	CONTINUIDADE	
	ABERTURA	
- SIMPLES		
CLARO / SÓBRIO	CALOR	FITA LED
LIMPO	LUZ	NEON
POLIDO	BRILHO	LINHA BRANCA
FÁCIL	CONTINUIDADE	PRÓTESE
UNIFORME	PADRÃO	
SUAVE	TEXTURA	
LEVE	VÃOS	
	ILUMINAÇÃO	

Fonte: Autor

Após essa etapa, são coletadas imagens relacionadas aos requisitos estético-simbólicos. O importante é produzir um repertório visual satisfatório para a próxima etapa. Neste caso, foram coletadas mais de 80 imagens.

Figura 16 - Painel de referências visuais

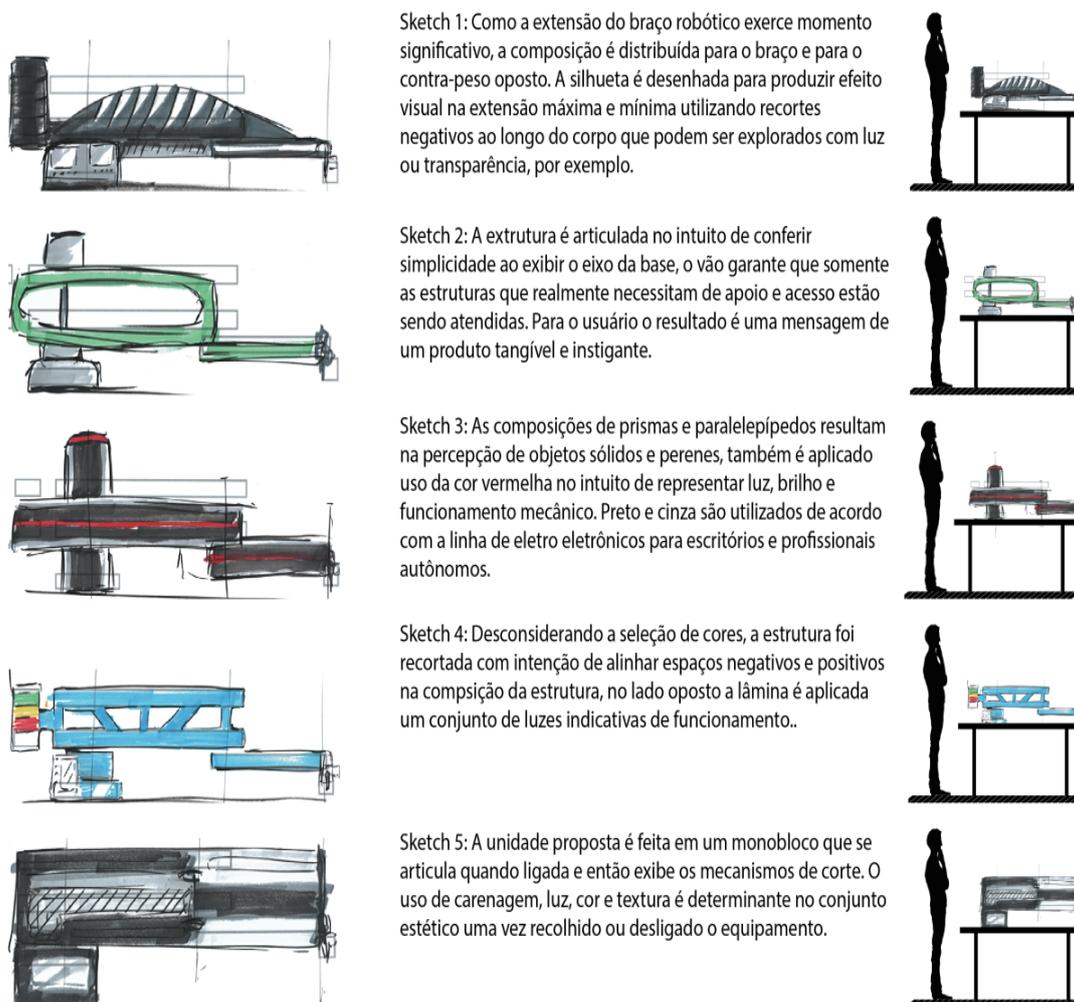


Fonte: Autor

3.4 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

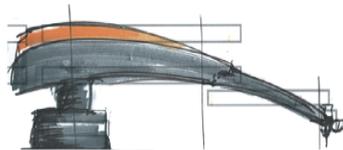
A partir deste ponto, a metodologia de Sapper (2015) é interrompida e adaptações são elaboradas de acordo com a demanda deste trabalho. A geração de alternativas foi adequada ao produto pelas características visuais, espaciais e dos conceitos desenvolvidos nas etapas anteriores. Estes fatores reunidos nos indicam um produto com distribuição longitudinal em altura e alcance lateral muito maior do que de profundidade, portanto, a geração de alternativas preconiza a vista lateral de maior relevância. Ao todo são geradas 10 opções preliminares em formato de sketch orientadas pelas características dimensionais estabelecidas. As concepções criadas são expostas e descritas nas Figuras 17 e 18.

Figura 17 - Sketches gerados (parte 1)

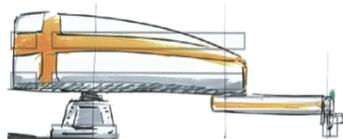
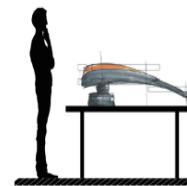


Fonte: Autor

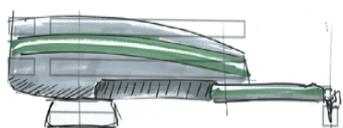
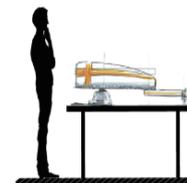
Figura 18 - Sketches gerados (parte 2)



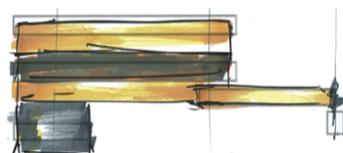
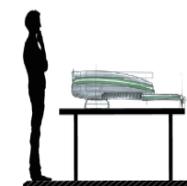
Sketch 6: Nesta proposta a continuidade e alinhamento da curvas é intensificada, a composição recebe cor ou luz indicativa de funcionamento na parte superior do primeiro segmento. A presença de carenagem faz a mediação do uso de uma estrutura menos retilínea e a aplicação de textura pode intensificar a aparência tecnológica do conjunto.



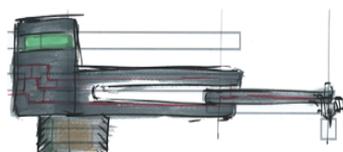
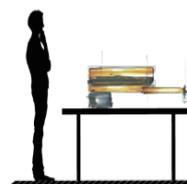
Sketch 7: No modelo são equilibradas as formas e o uso de cor e luz ao longo do equipamento é intensificado. As cores se aproximam da linha branca e da característica de usabilidade comum a eletrodomésticos são mais salientes.



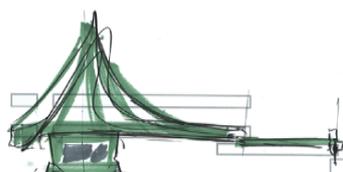
Sketch 8: Neste sketch são extendidas características para suavização da forma que salientam com maior apelo o valor moderno. A aplicação de cor e luz é mantida e o padrão cromático alinhado a linha de eletrônicos de performance.



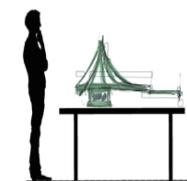
Sketch 9: Esta representação utiliza o recurso de cores claras e geometria compacta e resulta em um objeto com aparência sólida e simplificada, resultado da mescla do sketch 5 e 7. A inversão do padrão de cores quebra o padrão e abre o produto, porém é incomum a aplicação.



Sketch 10: O sketch concentra o volume da região oposta a lâmina como principal e dele deriva a extensão do braço robótico. Efeito é ratificado pela linhas vermelhas que convergem do braço robótico para a central.



Sketch 11: Assim como o sketch 2, este modelo concentra a atenção no desafio da estrutura em relação a execução. Neste caso específico a geometria excede o padrão de comunicação, acaba sendo um ruído.



Fonte: Autor

3.5 MATRIZ DE PUGH

Após a geração de alternativas, foi elaborada a matriz de Pugh para precisar qual das opções reúne os melhores atributos estético simbólicos. Foi utilizado como referência o modelo de braço robótico SCARA Dobot M1 (Figura 19), por apresentar geometria e requisitos estético simbólicos muito próximos a este projeto.

Figura 19 - Robô Dobot M1⁶

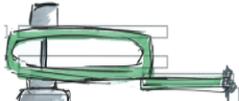
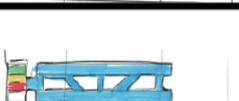
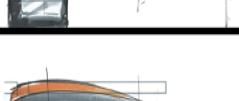
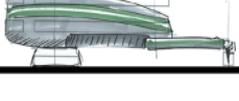
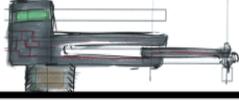


Fonte: 3ders

Ao todo, foi entrevistado um grupo de 15 pessoas entre profissionais do ramo de automação, potenciais usuários e profissionais de Design para avaliar as alternativas geradas e construir esta matriz. O resultado da pesquisa está no Quadro 11 e destaca a opção 7 como a melhor representação dos requisitos estético simbólicos, apresentada na Figura 20.

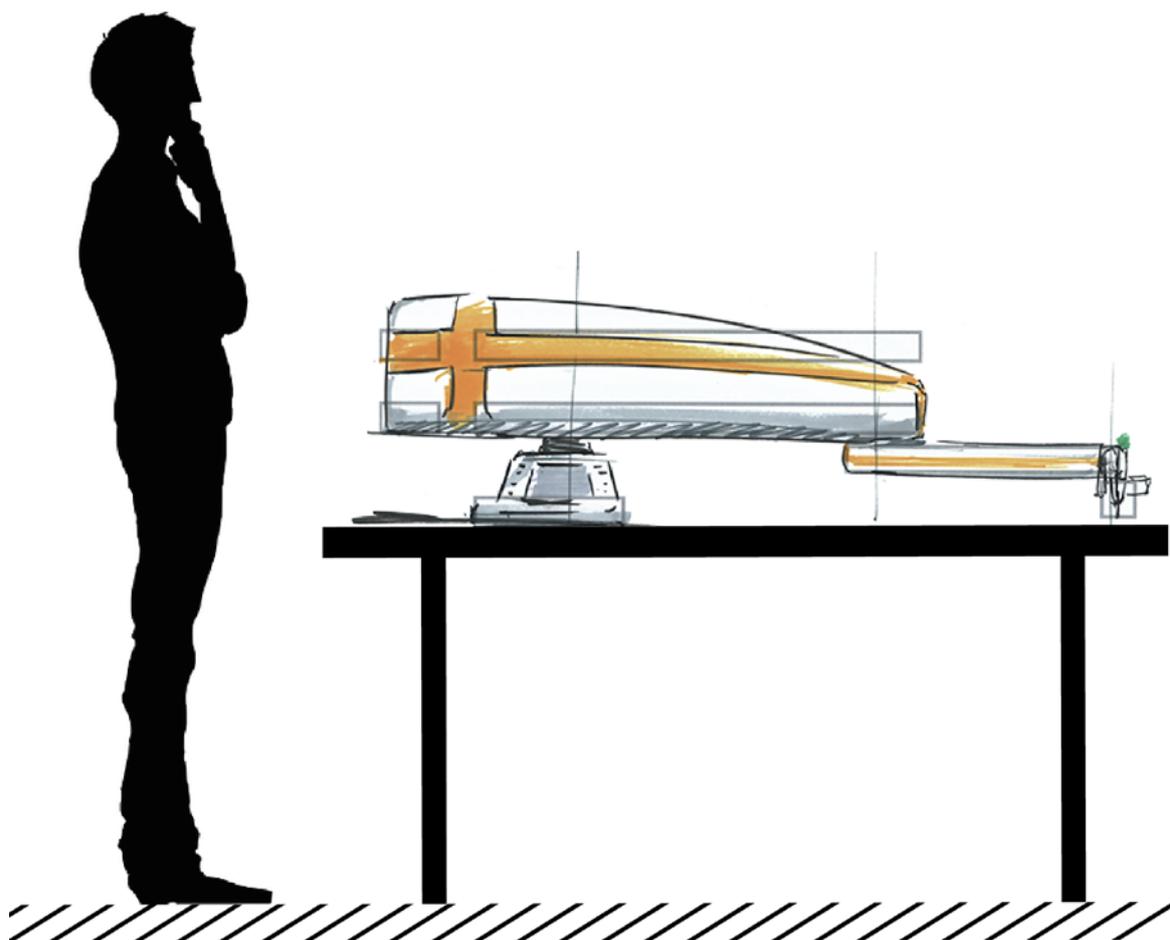
⁶ <http://www.3ders.org/articles/20161202-dobot-m1-the-affordable-desktop-robot-arm-that-3d-prints-laser-engraves-solders-and-more.html>

Quadro 11 - Matriz de Pugh

	Matriz de Pugh	sólido	acolhedor	simples	resultado
opção 1		+	0	-	0
opção 2		-	+	+	1(+)
opção 3		0	-	-	2(-)
opção 4		-	-	-	3(-)
opção 5		0	-	0	1(-)
opção 6		0	+	+	2(+)
opção 7		+	+	+	3(+)
opção 8		+	0	0	1(+)
opção 9		0	-	0	1(-)
opção 10		-	-	0	2(-)
opção 11		-	+	-	1(-)

Fonte: Autor

Figura 20 - Alternativa formal selecionada



Fonte: Autor

3.6 APRESENTAÇÃO DA ALTERNATIVA SELECIONADA

A alternativa selecionada é entendida como a que melhor representa as necessidades observadas, os estudos estéticos e mecânicos desenvolvidos e a oferta que se propõe alcançar. O posicionamento do equipamento está direcionado para um público não habituado a tecnologia no seu processo produtivo, para tanto o uso de um sistema de articulação diferente do cartesiano também favorece um posicionamento distante de seus similares. A aplicação de cores e iluminação interna propõe afastar a imagem de equipamentos industriais e aproximar ao contexto de eletrônicos de fácil manuseio cada vez mais comuns na rotina de pequenos empresários.

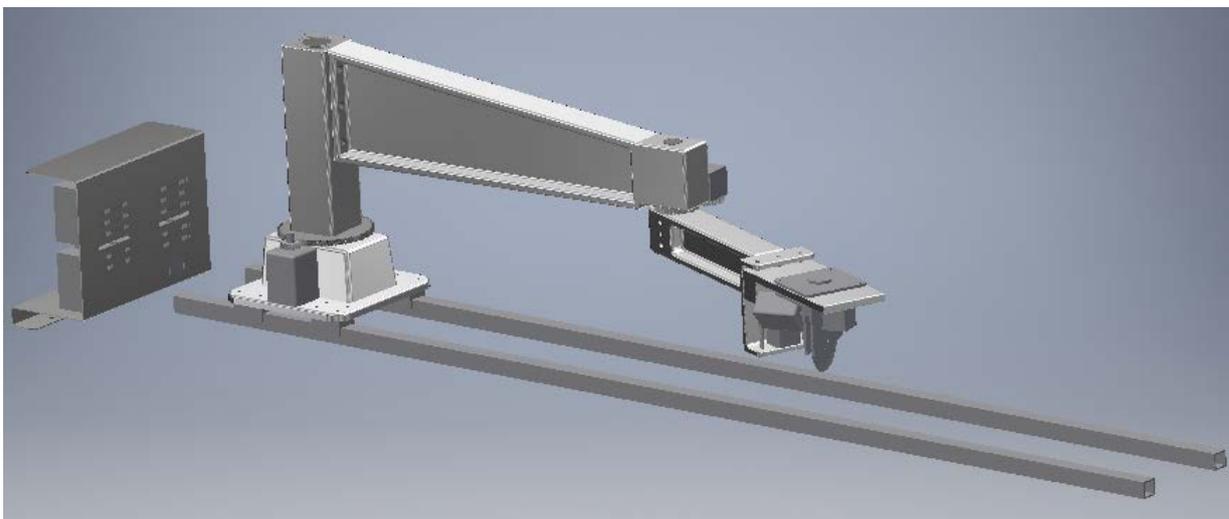
4 CONFIGURAÇÃO E PROJETO DETALHADO

Este capítulo apresenta o desenvolvimento e o resultado do refinamento das definições obtidas nas etapas anteriores, provenientes da seleção do melhor arranjo de componentes e da estrutura estética mais adequada ao perfil do produto. Este processo foi realizado em conjunto com ajustes técnicos, sempre observando se a solução final está de acordo com os atributos definidos.

4.1 CONFIGURAÇÃO FINAL

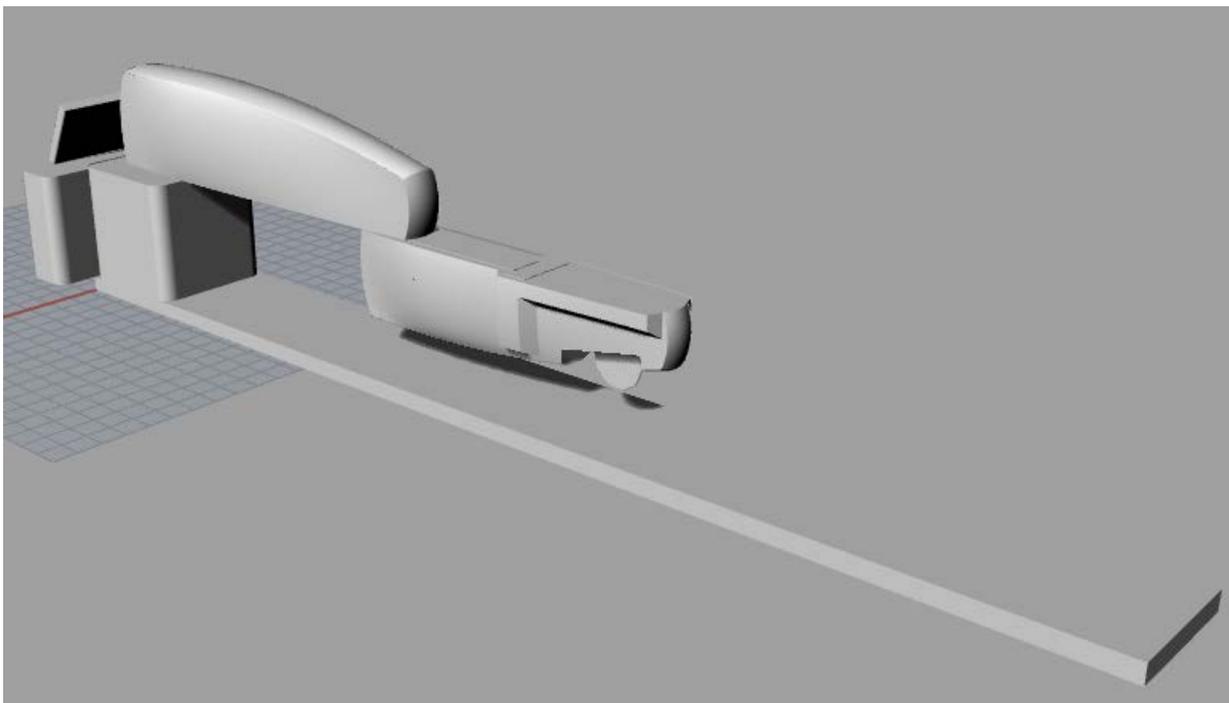
Todos os mecanismos foram desenvolvidos peça-a-peça para o projeto, como pode ser observado na Figura 21. A Figura 22 mostra a configuração final da carenagem externa.

Figura 21 - Configuração final dos mecanismos



Fonte: Autor

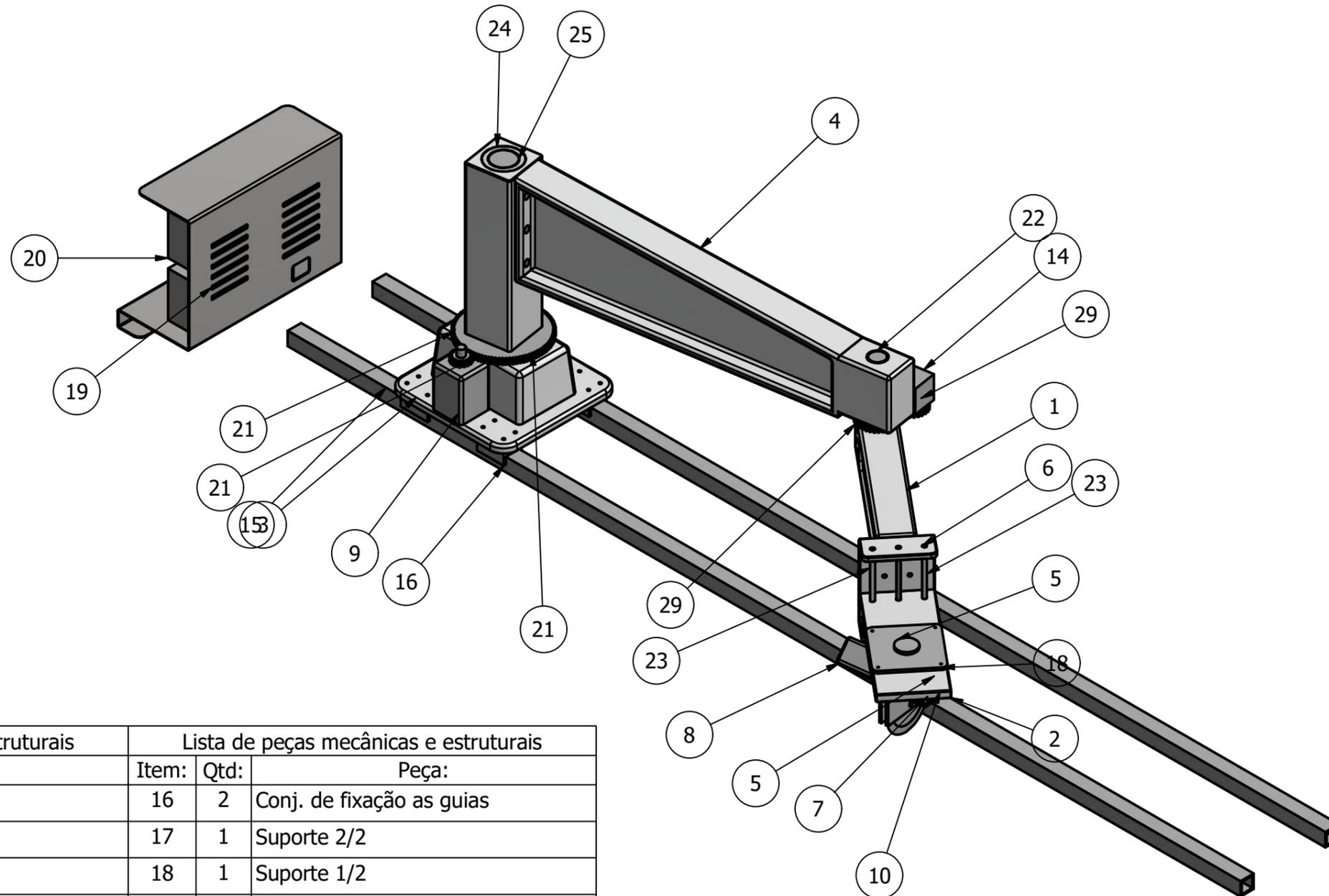
Figura 22 - Configuração externa final



Fonte: Autor

4.1.1 Desenhos técnicos

A partir da modelagem 3D realizada no software Inventor, foram geradas vistas ortográficas para detalhamento técnico, que são conferidas nas pranchas a seguir. Ao final estão disponíveis no apêndice 1 todas as pranchas.



Lista de peças mecânicas e estruturais			Lista de peças mecânicas e estruturais		
Item:	Qtd:	Peça:	Item:	Qtd:	Peça:
1	1	Chassi braço - parte 2	16	2	Conj. de fixação as guias
2	1	Suporte Cabeçote	17	1	Suporte 2/2
3	1	Base de apoio	18	1	Suporte 1/2
4	1	Chassi braço - parte 1	19	1	Chassi componentes eletrônicos
5	1	Cabeçote de corte	20	1	Estimativa de eletrônicos
6	1	Suporte elevador	21	2	Conj. engrenagens / base
7	1	Lâmina octavada	22	1	Eixo intermediário
8	1	Motor de corrente contínua	23	2	Eixo elevador
9	1	Motor de rotação / base	24	1	Rolamento de esferas 50mm
10	1	Motor de rotação / cabeçote	25	1	Eixo fixo
11	1	Motor de elevação	26	2	Rolamento de esferas de 20 mm
12	1	Eixo móvel	27	1	Rolamento de esferas 50 mm
13	2	Conj. engrenagem cabeçote	28	1	Rolamento misto axial 50 mm
14	1	Motor de passo intermeiário	29	2	Conj. engrenagens / intermediário
15	1	Par de guias lineares com correia dentada			

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto
 Trabalho de Conclusão de Curso II

Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.

Nome: Diogo Castro de Miranda

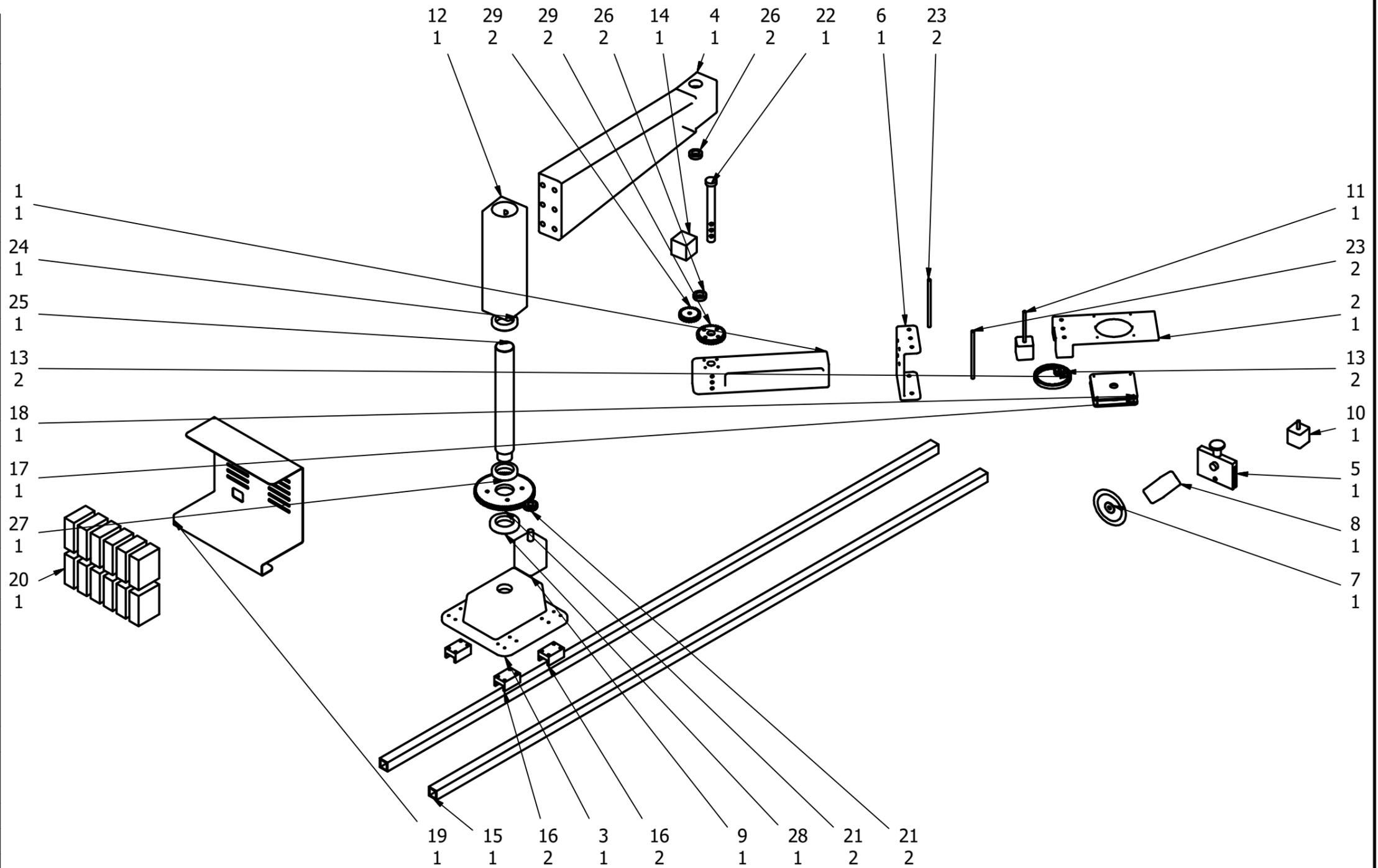
Peça: Componentes montados

Material: - Massa: N/A - Densidade: N/A

Unidade: Milímetro - Escala: 1 / 8 Valor estimado:

PRANCHA
1 / 2

Lista de peças mecânicas e estruturais		
Item:	Qtd	Peça:
1	1	Chassi braço - parte 2
2	1	Suporte Cabeçote
3	1	Base de apoio
4	1	Chassi braço - parte 1
5	1	Cabeçote de corte
6	1	Suporte elevador
7	1	Lâmina octavada
8	1	Motor de corrente contínua
9	1	Motor de rotação / base
10	1	Motor de rotação / cabeçote
11	1	Motor de elevação
12	1	Eixo móvel
13	2	Conj. engrenagem cabeçote
14	1	Motor de passo intermediário
15	1	Par de guias lineares com correia dentada
16	2	Conj. de fixação as guias
17	1	Suporte 2/2
18	1	Suporte 1/2
19	1	Chassi componentes eletrônicos
20	1	Estimativa de eletrônicos
21	2	Conj. engrenagens / base
22	1	Eixo intermediário
23	2	Eixo elevador
24	1	Rolamento de esferas 50mm
25	1	Eixo fixo
26	2	Rolamento de esferas de 20 mm
27	1	Rolamento de esferas 50 mm
28	1	Rolamento misto axial 50 mm
29	2	Conj. engrenagens / intermediário



Universidade Federal do Rio Grande do Sul Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto Trabalho de Conclusão de Curso II	
Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.	
Nome: Diogo Castro de Miranda	
Peça: Componentes montados	
Material: - Massa: N/A - Densidade: N/A	PRANCHA 2 / 2
Unidade: Milímetro - Escala: 1/12 Valor estimado:	

4.1.2 Seleção de materiais

A seleção de materiais foi conduzida seguindo orientação de especialista e consultando a bibliografia de Ashby e Johnson (2014). A relação entre componentes e materiais está descrita na tabela 12.

Tabela 12 - Materiais por componente

Componente	Qtde	Material
Guia linear de 2300mm;	1	Alumínio
Guia linear com correia dentada de 2300mm;	1	Alumínio + correia elastomérica
Esteira porta cabos	1	Corrente polimérica
Base;	1	Alumínio
Eixo Central;	1	Aço
Rolamento axial;	1	Aço
Rolamentos de esferas;	2	Aço
Pré-Braço A;	1	Alumínio 6061
Braço A;	1	Alumínio 6061
Eixo Secundário;	1	Aço
Rolamentos de esfera;	2	Aço
Braço B;	1	Alumínio 6061
Punho C;	1	Alumínio 6061
Lâmina decagonal de 4 pol;	1	Aço
Rolamentos de esferas;	1	Aço
Carenagem	1	ABS

Fonte: Autor

4.1.3 Análise estrutural

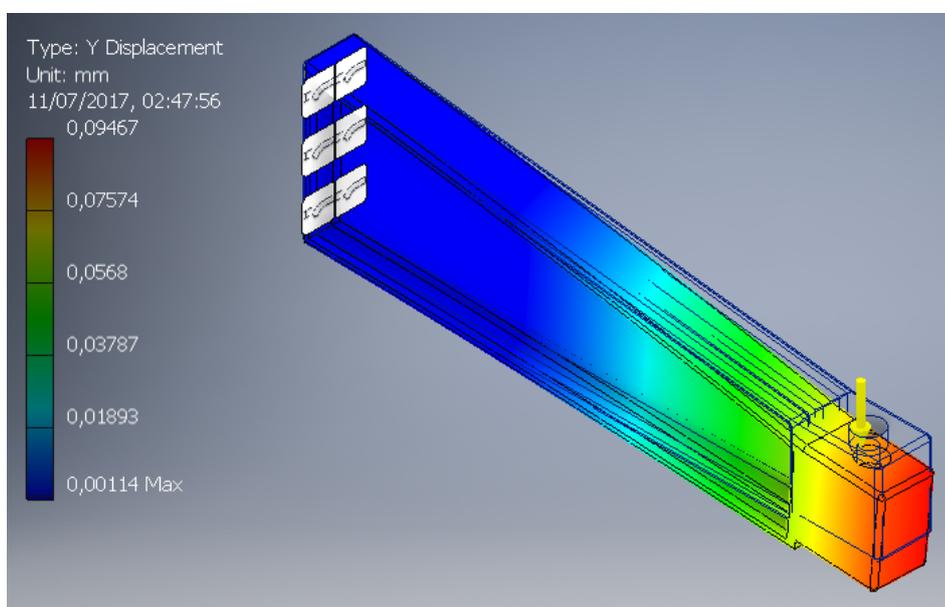
A realização de ensaios estruturais procura assegurar o atendimento de normas e requisitos de segurança e projeto. Para este trabalho, foram conduzidos ensaios de análises estruturais pelo método dos elementos finitos. Novamente, o software utilizado é o Inventor Professional, da Autodesk. É importante salientar que as simulações aqui apresentadas são estudos preliminares do comportamento e das cargas submetidas.

Peças virtuais foram modeladas, uma vez estabelecidas dimensões e parâmetros para movimentos. Também foram observados materiais e processos de fabricação, matéria importante para configuração do software, correto desempenho da análise e aproximação dos resultados à realidade. O material selecionado da

biblioteca disponível foi o Alumínio 6061. As peças foram modeladas em formato de viga "I".

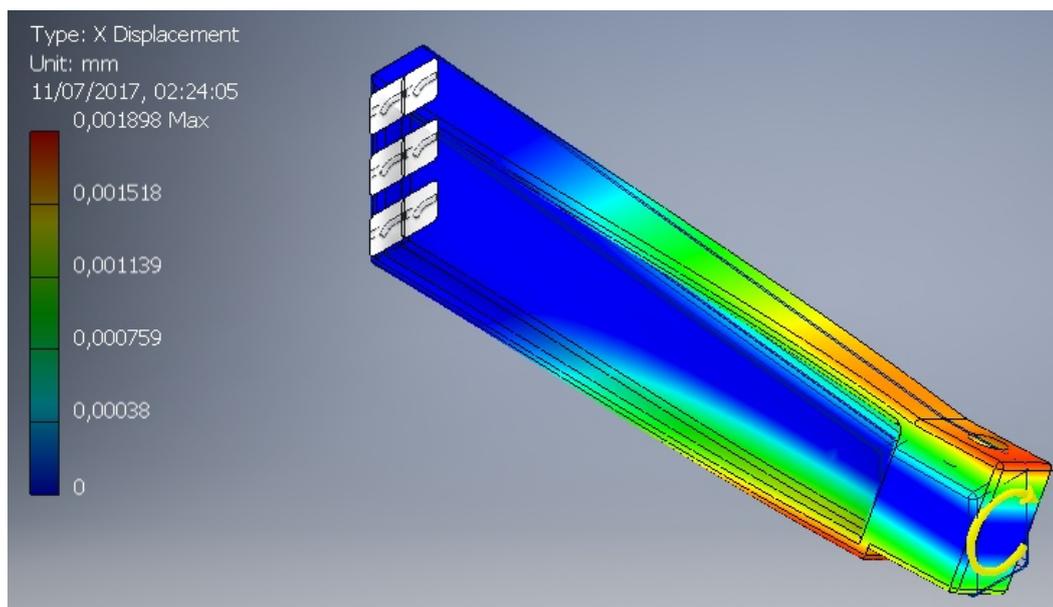
As análises começaram a ser executadas pelo ponto de maior esforço, a extremidade da primeira parte do braço robótico, ponto que se une com a segunda parte e com o cabeçote de corte. O lado próximo ao eixo foi engasta e a força aplicada na extremidade oposta. A Figura 23 demonstra o deslocamento calculado para eixo y, paralelo a força aplicada. O resultado obtido na posição de maior deslocamento é de aproximadamente 0,1 mm.

Figura 23 - Análise de esforço por carga. 570N



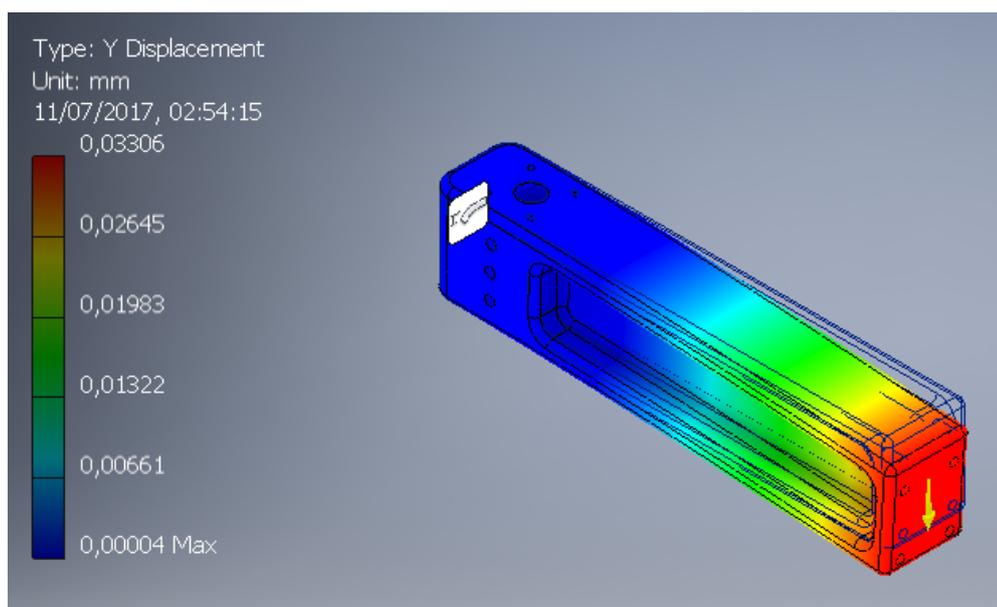
Fonte: Autor

Também foi realizada em estudo a torção, para verificar o esforço. Foi aplicada um momento de 570N.m na extremidade oposta ao engaste. Os resultados apresentados na Figura 24 apresentam os deslocamentos ao longo da viga em relação ao eixo x, paralelo a extensão maior da barra. Os resultados demonstram deslocamento menor do que 0,002 mm nos pontos de maior deslocamento.

Figura 24 - Análise de esforço torçor. 570n.m.

Fonte: Autor

A análise da segunda seção do braço, apresentada na Figura 25, está restrita a flexão em virtude carga, pois não há elo que resulte em movimento ou força significativa. Apesar do esforço resultante do cabeçote de corte ser menor, foi mantida a carga de 570N. Apesar de registrar deslocamentos maiores para o eixo y, paralelo ao esforço, o deslocamento máximo registrado não ultrapassa 0,04 mm.

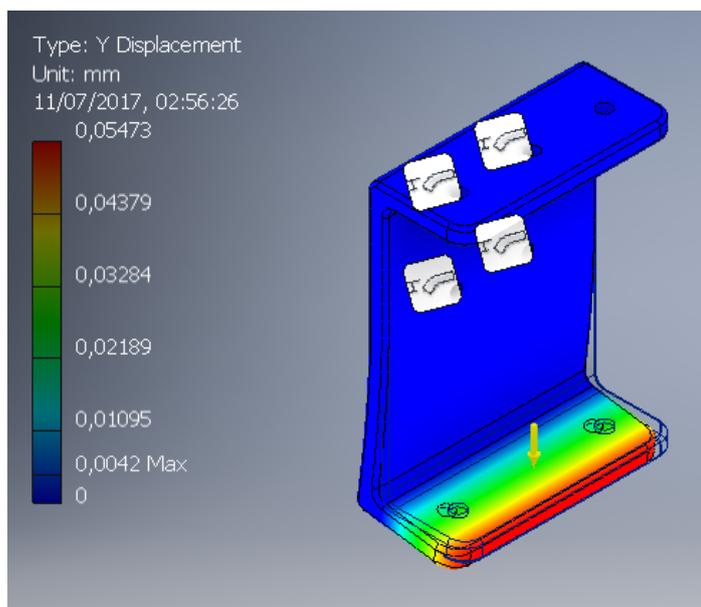
Figura 25 - Análise de flexão na segunda seção. 570N.

Fonte: Autor

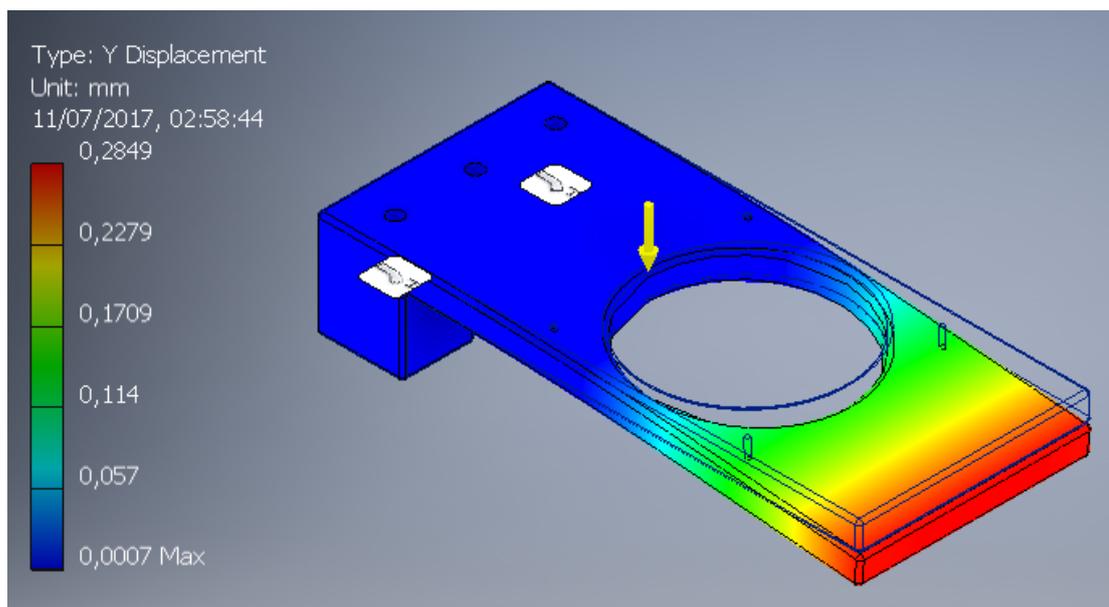
Somente nas peças menores e mais próximas a extremidade, é onde foram registrados os maiores deslocamentos. As Figuras 26 e 27 revelam o deslocamento registrado mediante a força aplicada. Por suportarem somente o carro de corte e a resistência ao tecido, também foram submetidos a um esforço aproximado de 10 vezes a carga original, o que equivale a cerca de 2,5 kg.

De acordo com o conteúdo apresentado, é considerado que a seleção de materiais e das geometrias estão dimensionadas corretamente para o fim que se destina este projeto. Somente um dos ensaios registrou deslocamento próximo a 0,1mm. Considerando que os ensaios foram feitos com cargas de até 10 vezes a solicitação da estrutura, a resposta obtida satisfaz os requisitos de projeto pretendidos.

Figura 26 - Análise de flexão no apoio do cabeçote. 250 N.



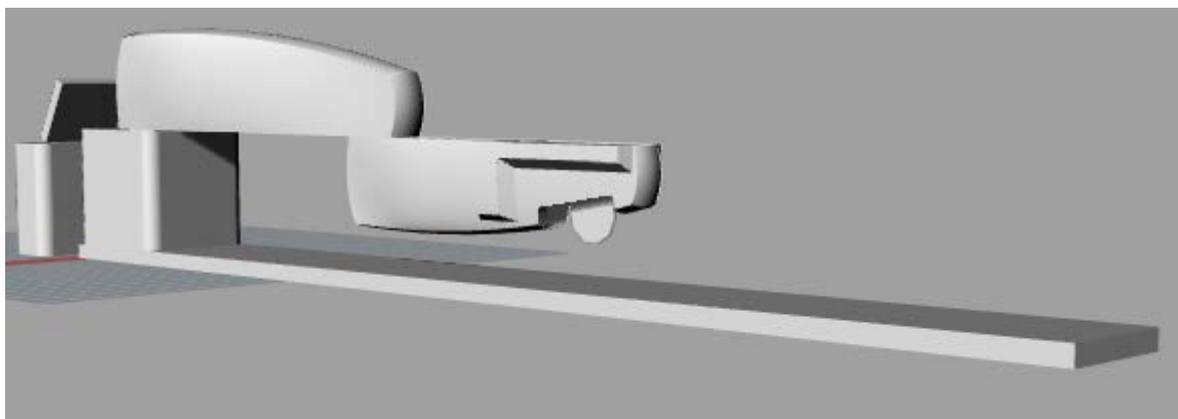
Fonte: Autor

Figura 27 - Análise deslocamento cabeçote. 250N.

Fonte: Autor

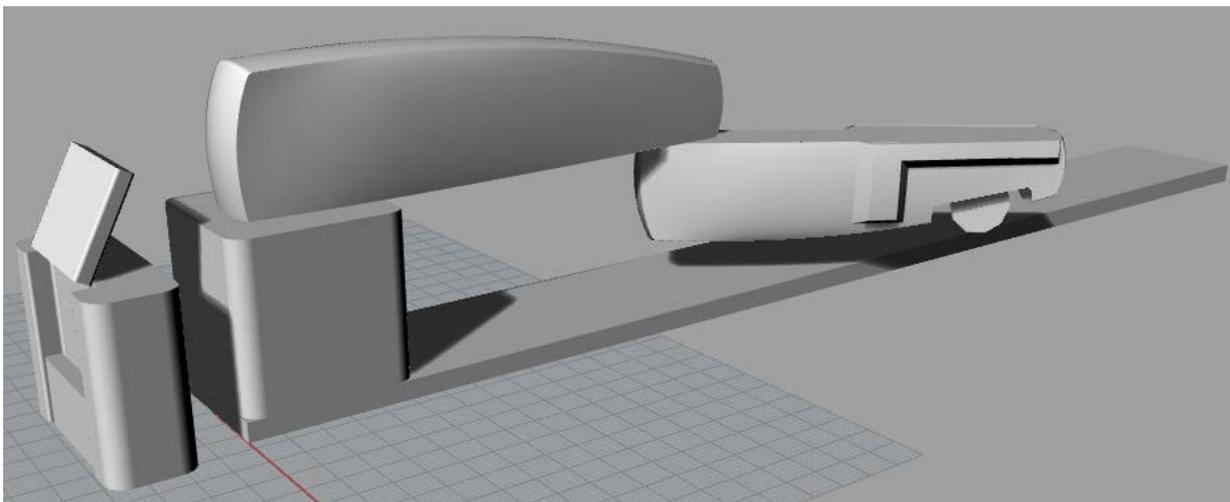
4.1.4 Renders

São apresentadas a seguir as renderizações digitais resultadas da modelagem dos componentes. Nas Figuras 28, 29, 30, 31, 32 e 33 são registros dos componentes da carroceria, registrados modelados do arquivo desenvolvido no software Rhinoceros. Rhinoceros é um software voltado para a modelagem de geometrias em malha sem vínculos. As Figuras 34, 35 e 36 são registros dos arquivos modelados no software Inventor Professional, específico para modelagens de componentes mecânicos.

Figura 28 - Vista diagonal frontal dos componentes da carroceria

Fonte: Autor

Figura 29 - Vista diagonal dos componentes da carroceria



Fonte: Autor

Figura 30 - Render com simulação de cor e luz 1

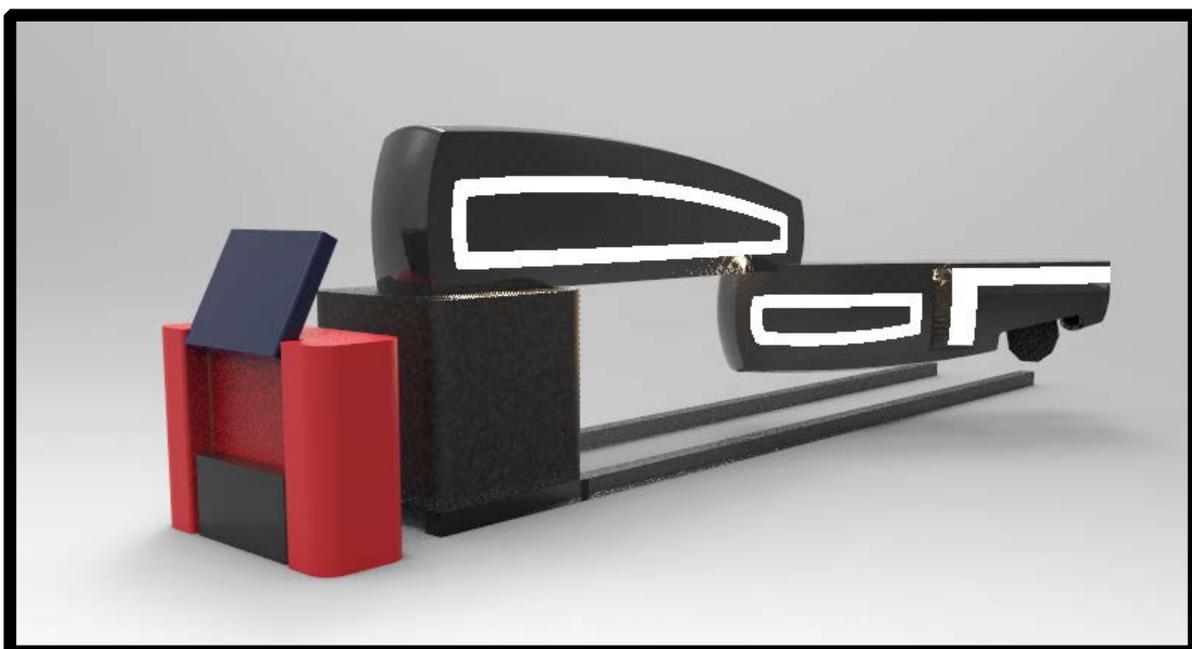


Figura 31 - Render com simulação de cor e luz 2

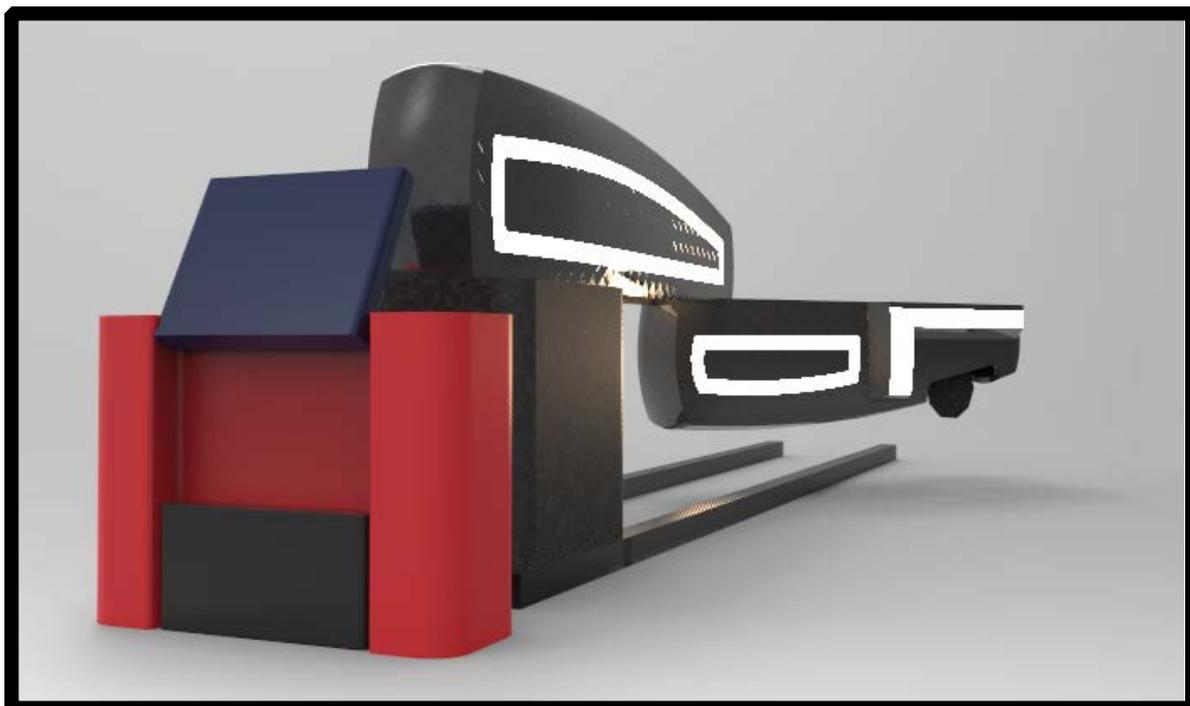


Figura 32 - Render com simulação de cor e luz 3

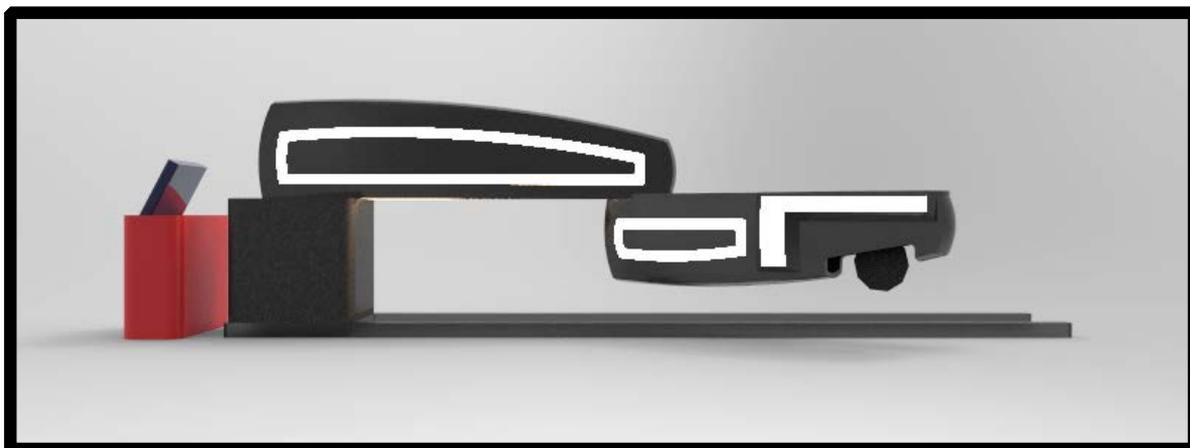


Figura 33 - Render com simulação de cor e luz 4

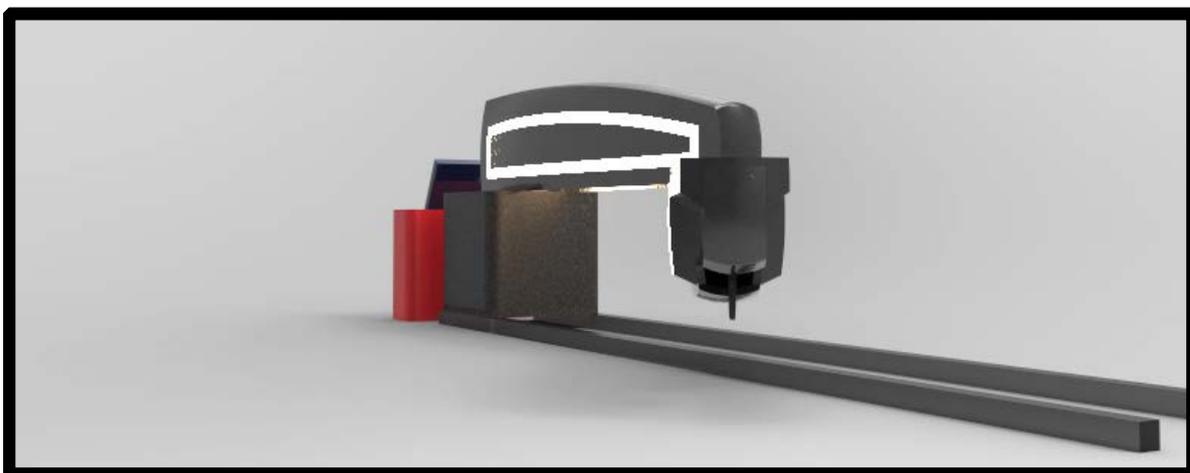
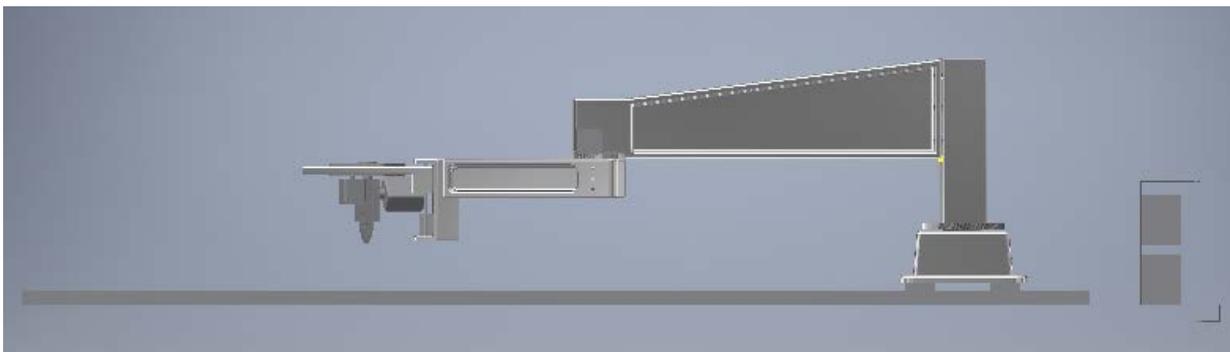
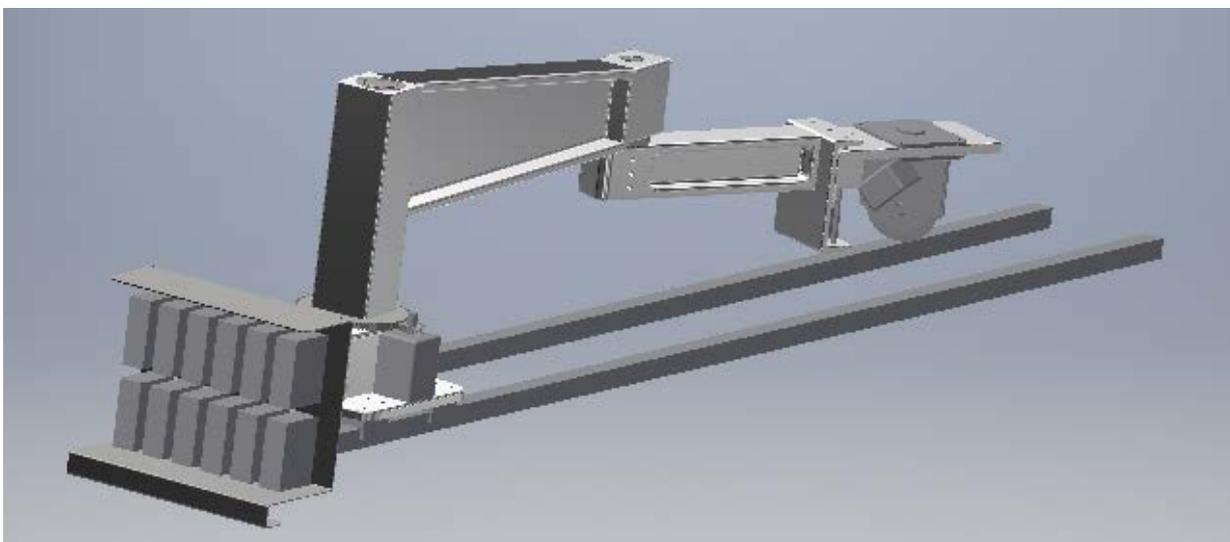


Figura 34 - Vista lateral dos componentes mecânicos e estruturais



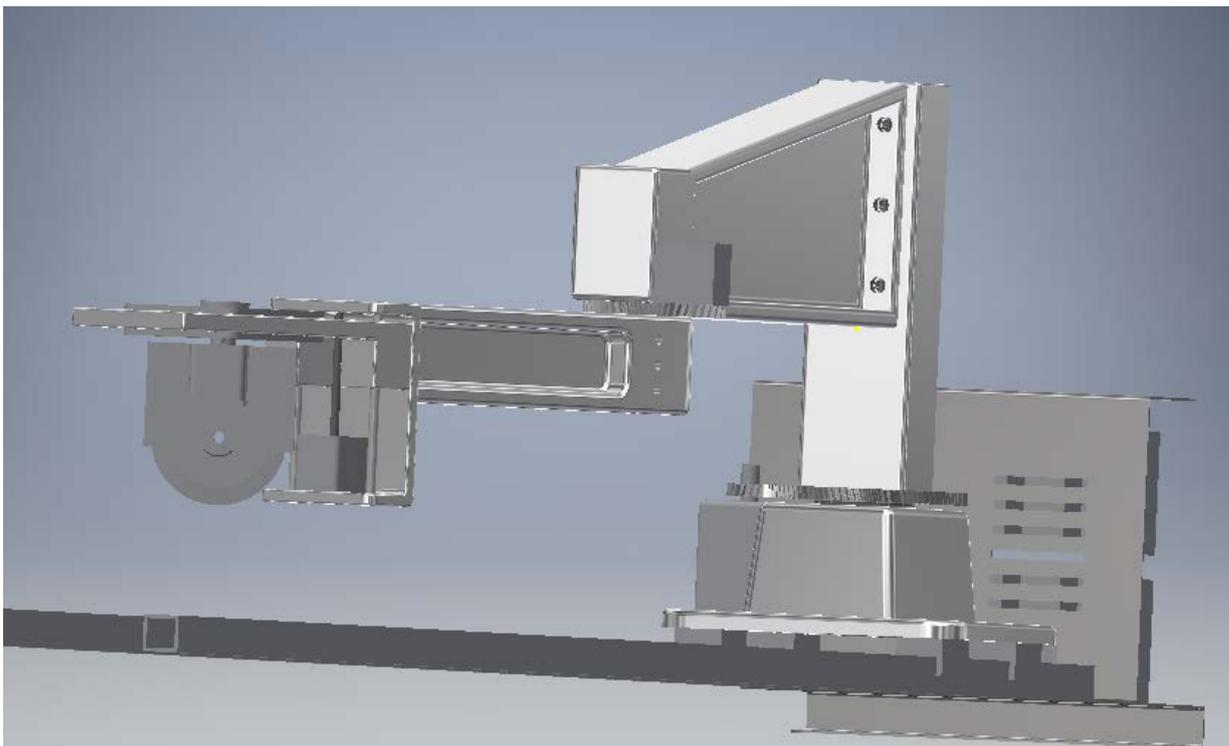
Fonte: Autor

Figura 35 - Vista frontal dos componentes mecânicos e estruturais



Fonte: Autor

Figura 36 - Vista diagonal dos componentes mecânicos e estruturais



Fonte: Autor

4.2 PROTOTIPAGEM

A prototipagem física foi executada a partir de modelagem digital com recurso de impressão 3D e corte a laser. Foi desenvolvido um protótipo da estrutura mecânica em escala 1:2. As peças foram impressas em impressora 3D de filamento (FDM) e as engrenagens são feitas de MDF cortado a laser como mostra a figura 37.

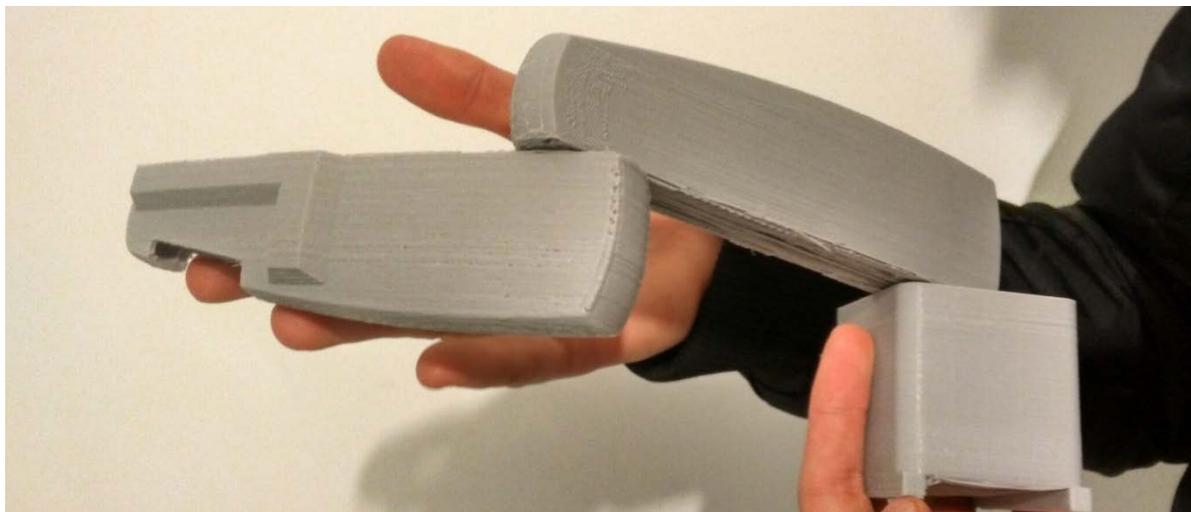
Figura 37 - Modelo mecânico em escala 1:2



Fonte: Autor

Também foi desenvolvido um protótipo da carenagem em escala 1:8. Este foi realizado totalmente em impressão 3D FDM como mostra a figura 38

Figura 38 - Modelo da carenagem em escala 1:8



Fonte: Autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho é um desenvolvimento da experiência prévia própria como profissional autônomo. O caminho desenvolvido pela pesquisa de dados, o contato com profissionais das áreas envolvidas e o exercício da prática projetual

elucidaram conhecimentos e permitiram a maturação do projeto aos poucos. O entendimento das etapas e a validação dos conhecimentos são consolidados ao longo do projeto e produzem satisfação com os resultados obtidos.

O contato com profissionais permitiu um novo olhar sobre a pesquisa, a experiência do trabalho enriqueceu o conteúdo e o encontro com profissionais dispostos a colaborar foi recompensador. Porém, saliento aqui a importância do acesso a bibliografias qualificadas, a busca por conteúdos que sintetizam o conhecimento com simplicidade deve ser um objetivo para que as bases sejam bem consolidadas. Isto pode ser observado na primeira etapa deste projeto, TCC I, a falta de clareza sobre as áreas finais dificultam a própria pesquisa.

Os resultados finais alcançados no projeto e os objetivos determinados no início foram atendidos à medida que o conhecimento foi aplicado. Entretanto, as dificuldades por não ter familiaridade com o conteúdo de automação foram um obstáculo para a elaboração e a manutenção da produção do trabalho.

REFERÊNCIAS

ASHBY, Mike; JOHNSON, Kara. **Materials and Design: The art and Science of Material Selection in Product Design**. 3. ed. Oxford: Elsevier, 2014.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto - Guia Prático para o Design de novos produtos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2000.

_____, Mike. **Projeto de Produto - Guia Prático para o Design de novos produtos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2011.

BITTENCOURT, Paula Rodrigues. **A tecnologia nos processos de desenvolvimento de produto e na produção das micro e pequenas empresas de confecção do vestuário de Porto Alegre-RS e Sombrio-SC**. Dissertação (Mestrado em Design) Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2011.

BNDES Setorial, Rio de Janeiro, nº 12, set. 2000. p.17-50.

BONSIEPE, Gui et al. **Metodologia experimental: desenho industrial**. Brasília: CNPq / 1984.

CAMARGO, Valter Luis Arlindo de. **Elementos de automação**. São Paulo: Saraiva, 2016. 152 p.

CASEBOOK. Bury St Edmunds: **Professional Engineering Publishing**, 2001.

CROSS, Nigel. **Desenhante: Pensador do desenho**. Editora sCHDs, Santa Maria, 2004.

GORINI, Ana Paula Fontenelle. **PANORAMA DO SETOR TÊXTIL NO BRASIL E NO MUNDO: REESTRUTURAÇÃO E PERSPECTIVAS**. Brasília: Bndes, 2005. 34 p.

IEMI. **Brasil Têxtil 2016**. São Paulo: Iemi, 2016.

INDÚSTRIA, Confederação Nacional da. **Têxtil e confecção: Inovar, desenvolver e sustentar**. Brasília: Cni, 2012. 74 p.

KON, Anita; CALEGARI, Durval. **TRANSFORMAÇÕES DA INDÚSTRIA TÊXTIL BRASILEIRA: A TRANSIÇÃO PARA A MODERNIZAÇÃO**. São Paulo: Ed Mackenzie, 2003. Ano 3• n. 3• p. 11-34.

LAMB, Frank. **Automação industrial na prática**. Porto Alegre: Bookman, 2015. 361 p.

LUPATINI, M. P. **As Transformações Produtivas na Indústria Têxtil-Vestuário e seus Impactos sobre a Distribuição Territorial da Produção e a Divisão do**

Trabalho Industrial (Dissertação de Mestrado). Instituto de Economia – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP: IE

MATOS, Adriana Leiria Barreto; CUNHA, Joana. **O uso de ferramentas digitais para representação gráfica na indústria do vestuário**, P&D, 2008.

MCDONALD, Julia A.; RYALL, Chris J.; WIMPENNY, David I. Rapid Prototyping.

PAZMINO, Ana Veronica. **Como Se cria: 40 métodos para o design de produtos**. São Paulo: Editora Blucher, 2015.

RECH, Sandra Regina. **CADEIA PRODUTIVA DA MODA: UM MODELO CONCEITUAL DE ANÁLISE DA COMPETITIVIDADE NO ELO CONFECÇÃO**. 2006. 301 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Florianópolis, 2006.

ROSÁRIO, João Maurício. **Automação industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009. 513 p.

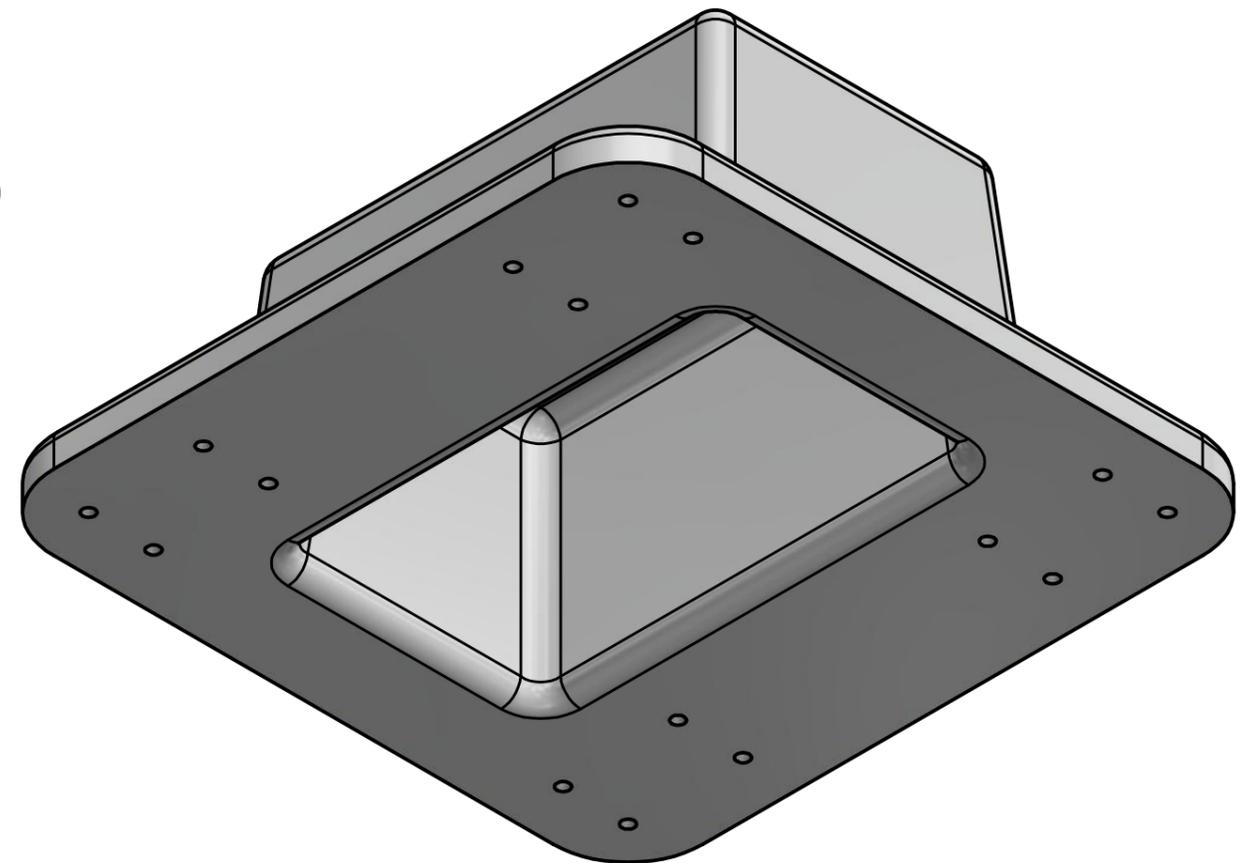
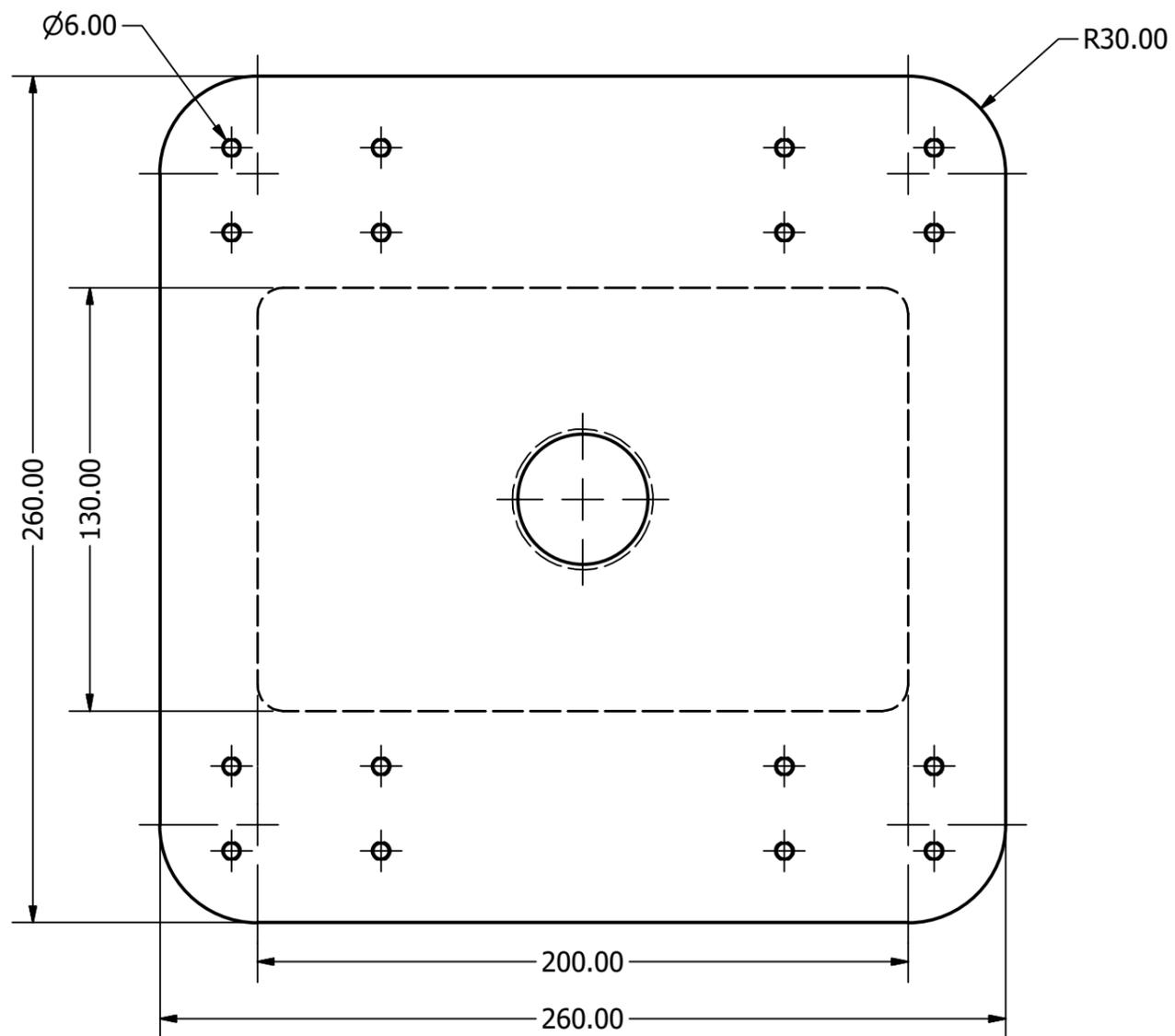
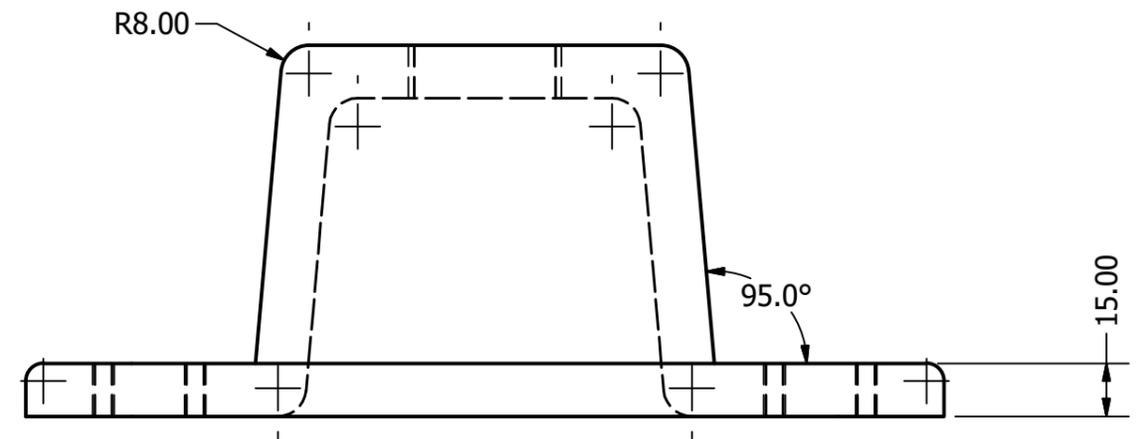
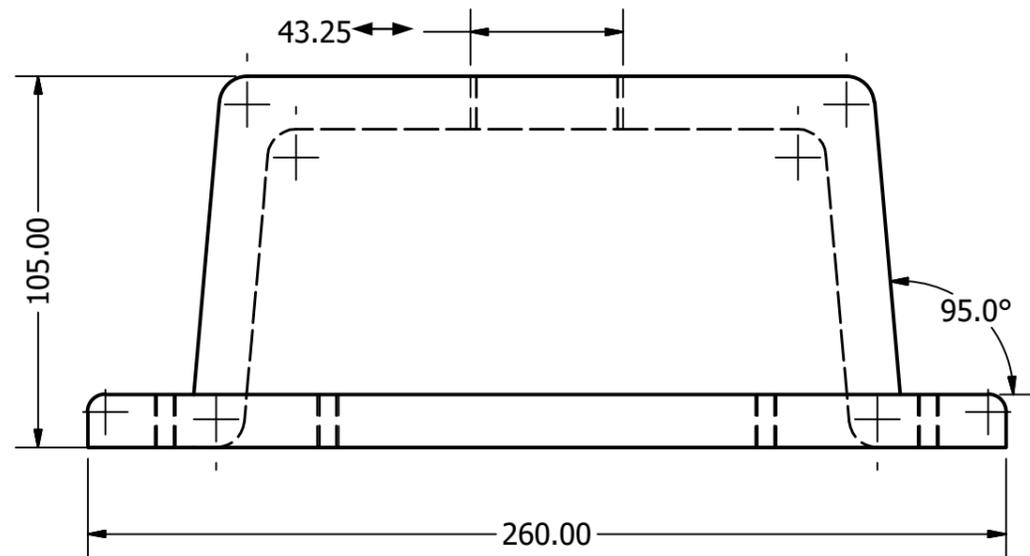
SANT'ANA, P. H. M. **Oportunidades de eficiência energética para indústria: setor têxtil**. Brasília: CNI, 2010. 58 p.

SAPPER, Stella Lisboa. **A transposição dos requisitos estéticos e simbólicos de projeto em atributos formais do produto**. 2015. 186 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós Graduação em Design, Ufrgs, Porto Alegre, 2015.

SLACK, N. et. Al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

TRONCOSO, Samira M. K. **PROPOSTA DE UM MODELO DE PROJETO INTEGRADO PARA A INDÚSTRIA TÊXIL E DE CONFECÇÃO**. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Design - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2012. 21p.

UNICAMP, 2004.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto
 Trabalho de Conclusão de Curso II

Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.

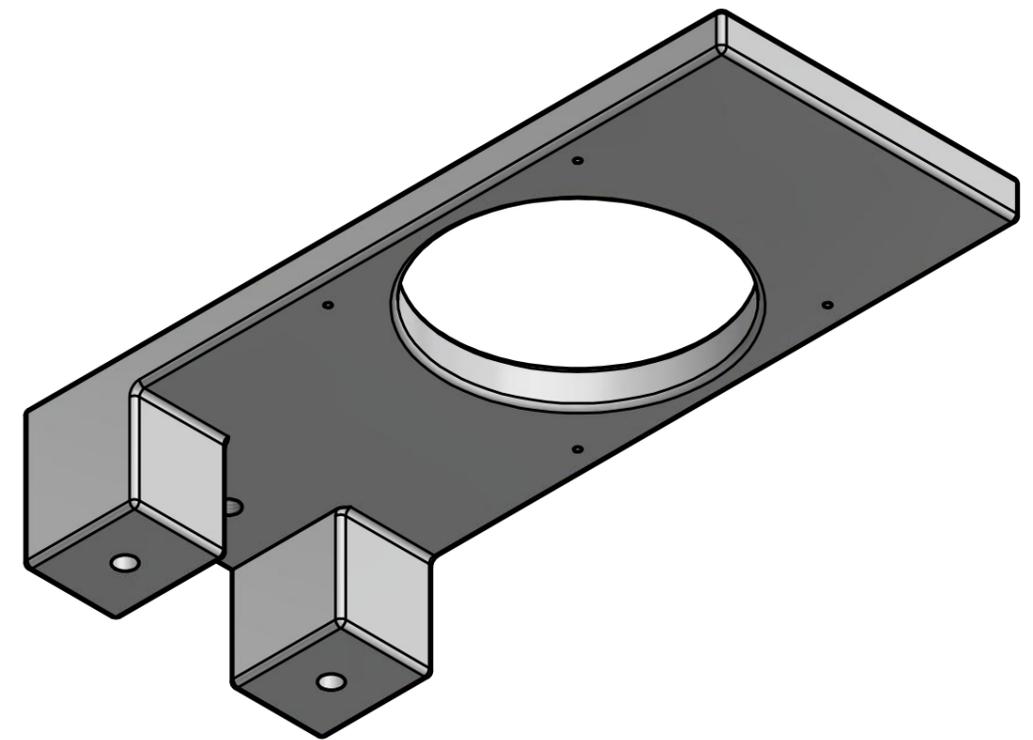
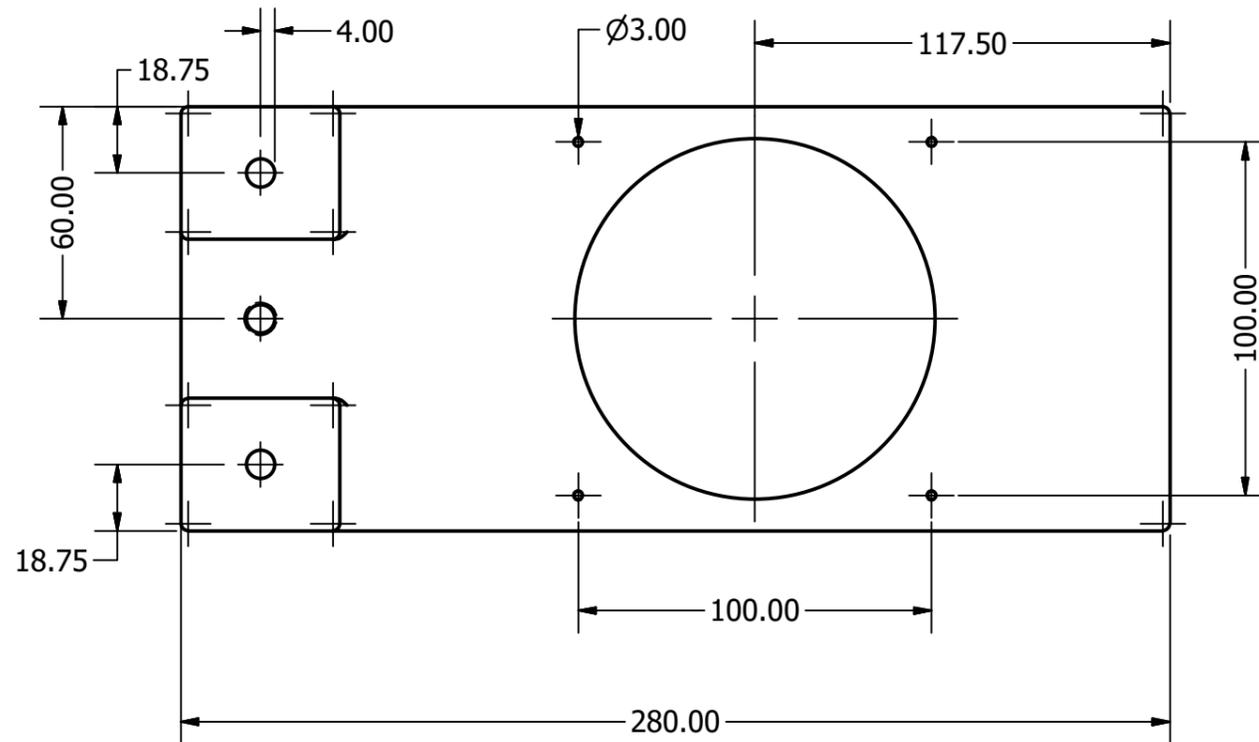
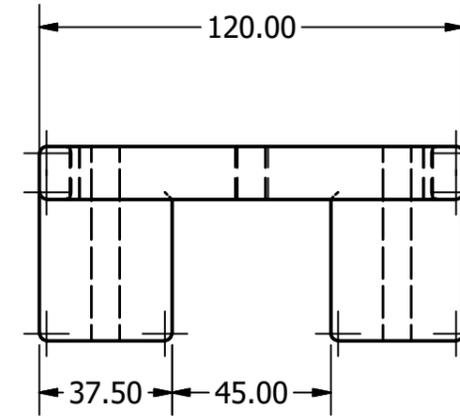
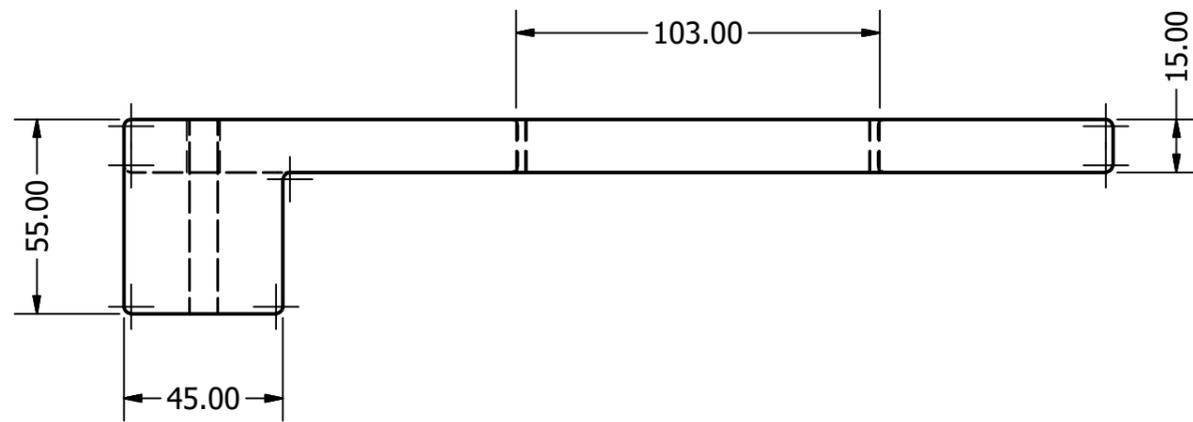
Nome: Diogo Castro de Miranda

Peça: Base de apoio

Material: Aluminum 6061 - Massa: 4,525 kg - Densidade: 2,700 g/cm³

Unidade: Milímetro - Escala: 1 / 2 Valor estimado:

PRANCHA
1 / 14



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto
 Trabalho de Conclusão de Curso II

Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.

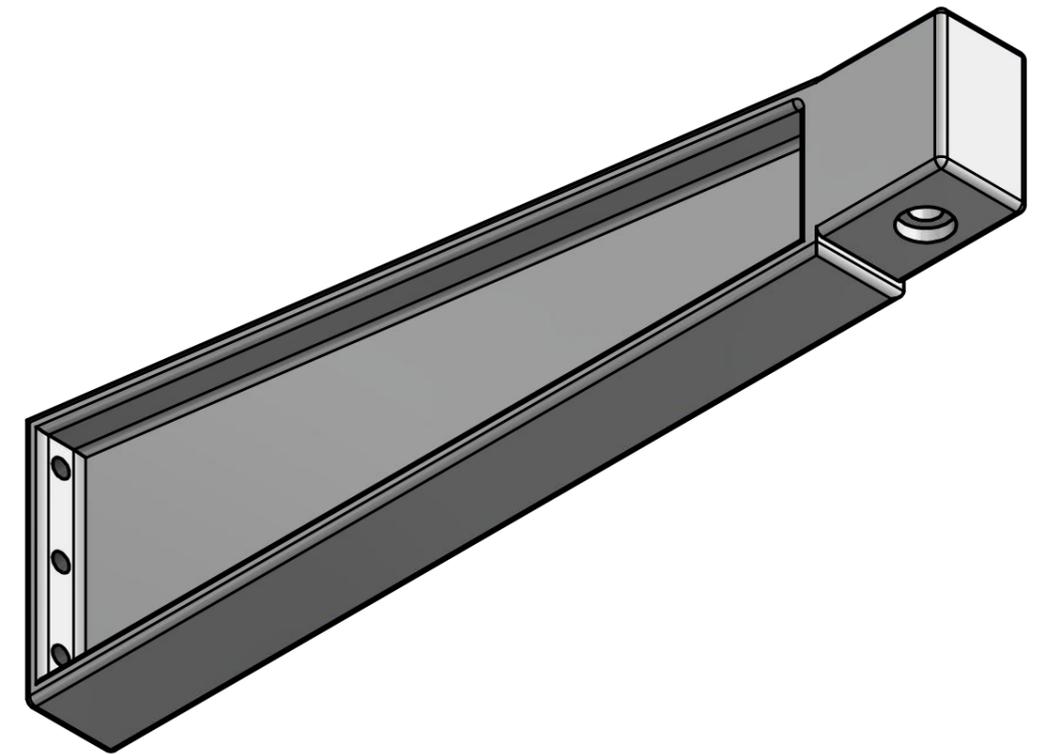
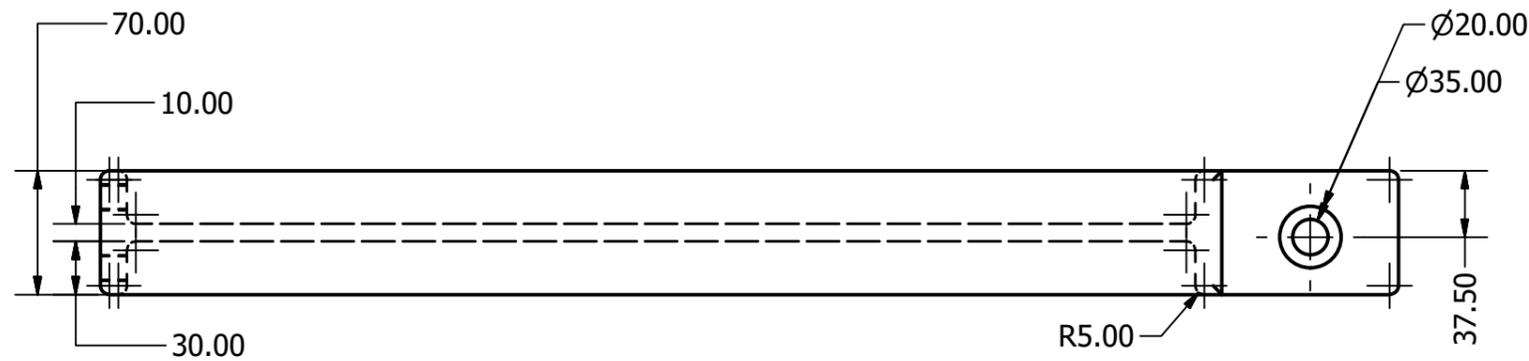
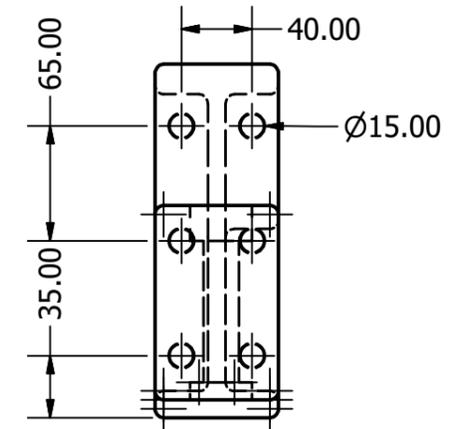
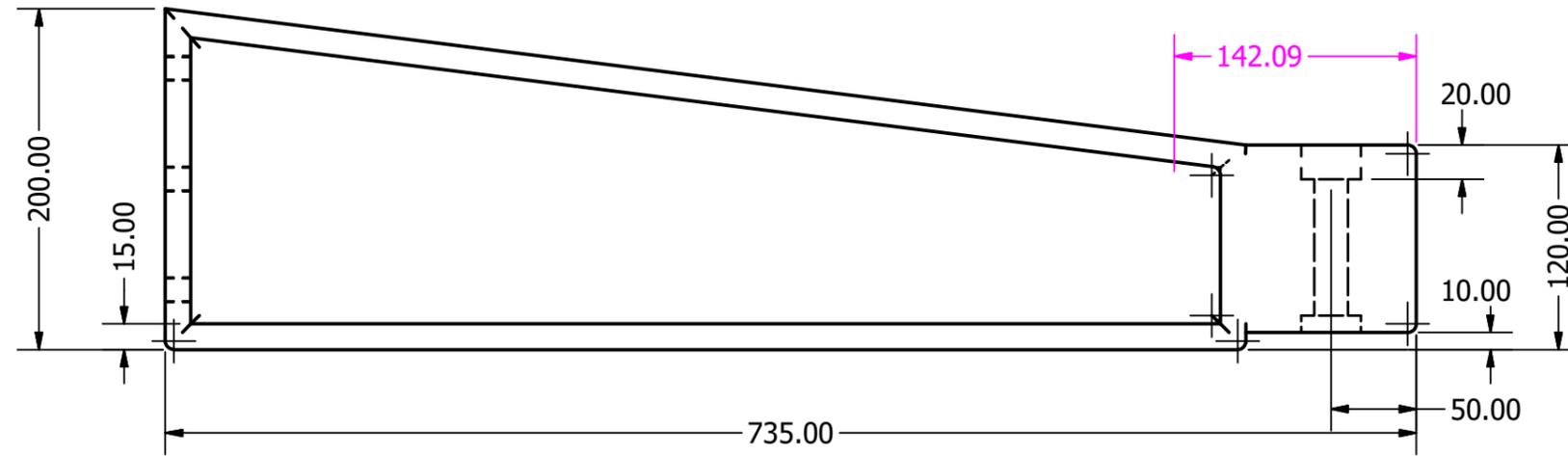
Nome: Diogo Castro de Miranda

Peça: Suporte Cabeçote

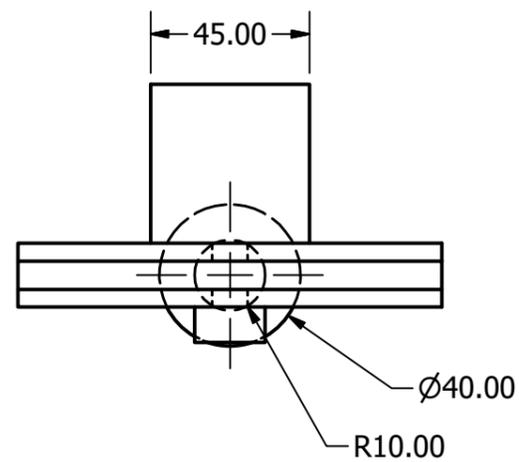
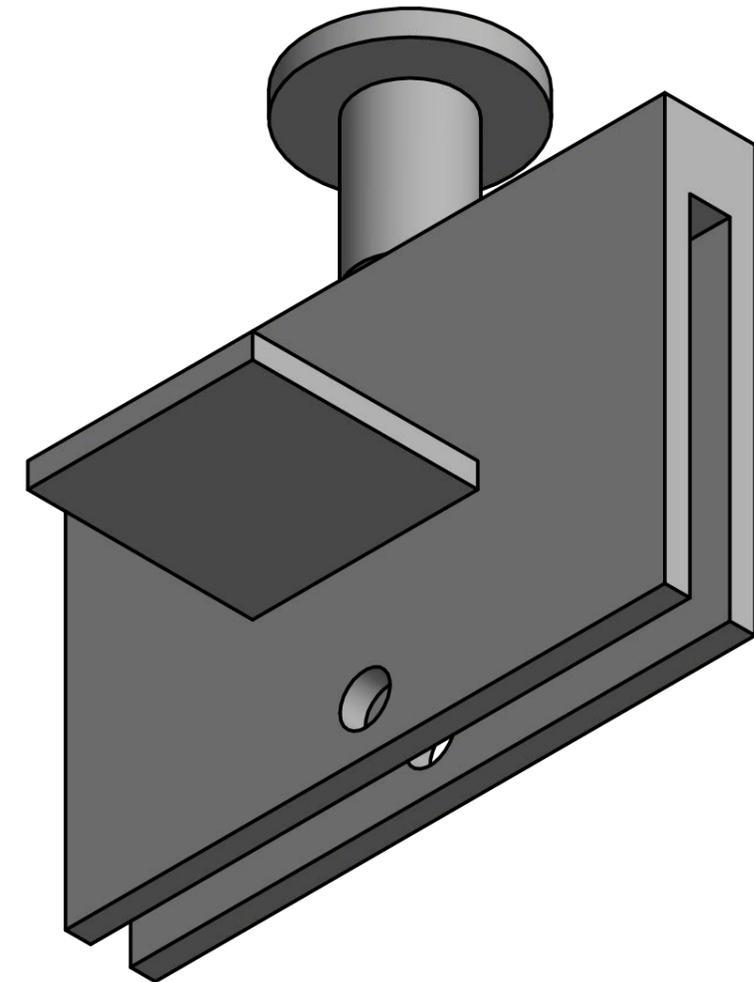
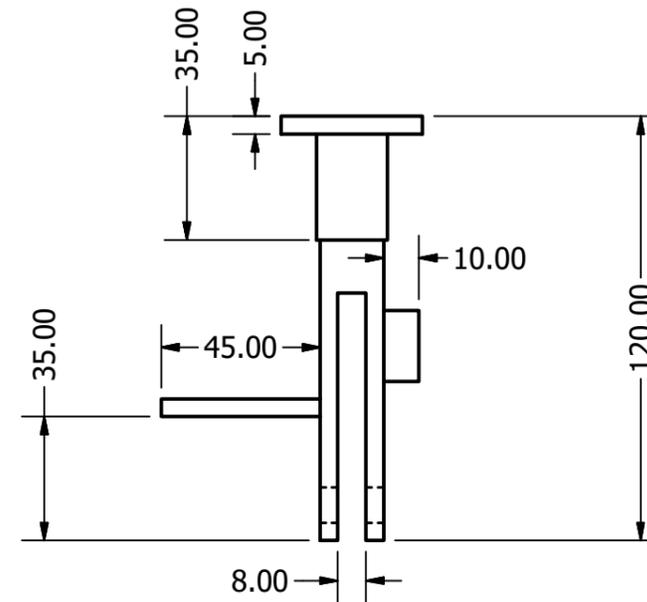
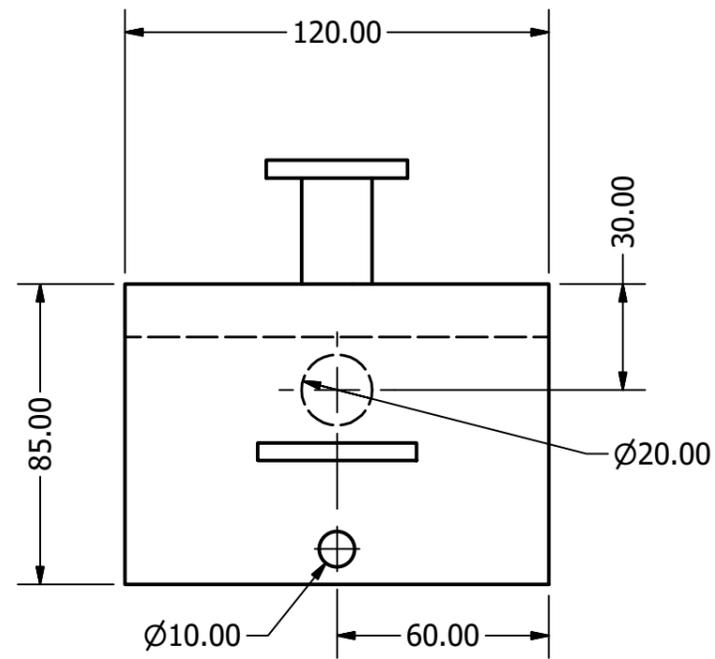
Material: Aluminum 6061 - Massa: 1,370 kg - Densidade: 2,700 g/cm³

Unidade: Milímetro - Escala: 1 :2 Valor estimado:

PRANCHA
3 / 14



Universidade Federal do Rio Grande do Sul Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto Trabalho de Conclusão de Curso II	
Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.	
Nome: Diogo Castro de Miranda	
Peça: Chassi braço - parte 1	
Material: Aluminum 6061 - Massa: 8,317 kg - Densidade: 2,700 g/cm ³	
Unidade: Milímetro - Escala: 1 / 4 Valor estimado:	
PRANCHA 4 / 14	



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto
 Trabalho de Conclusão de Curso II

Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.

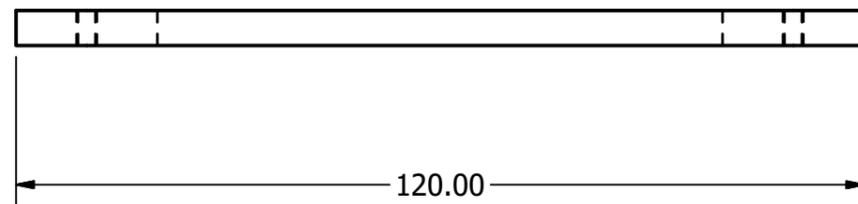
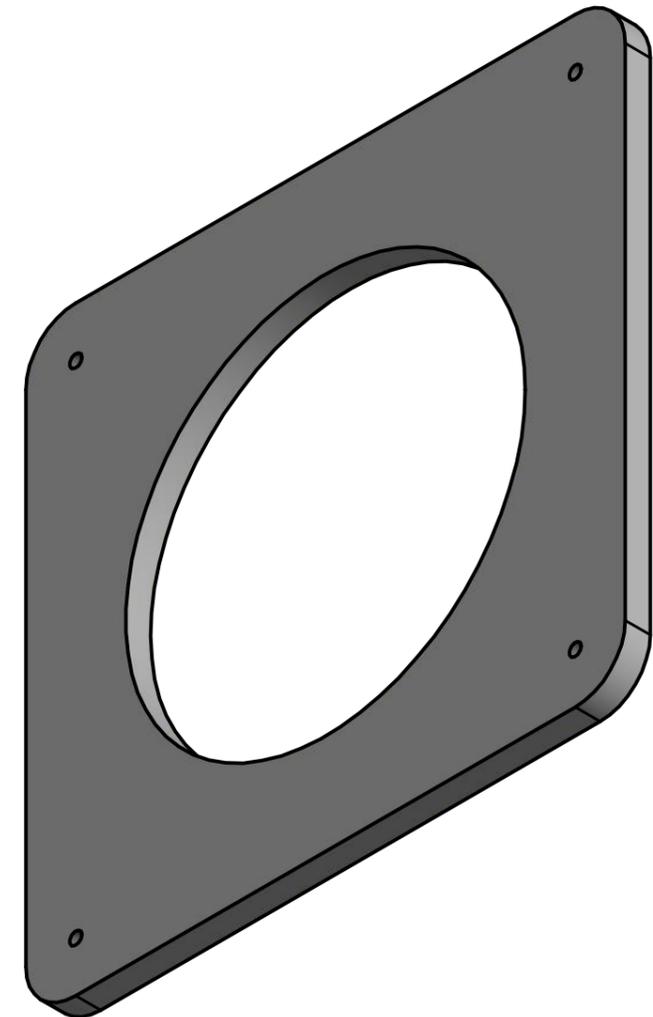
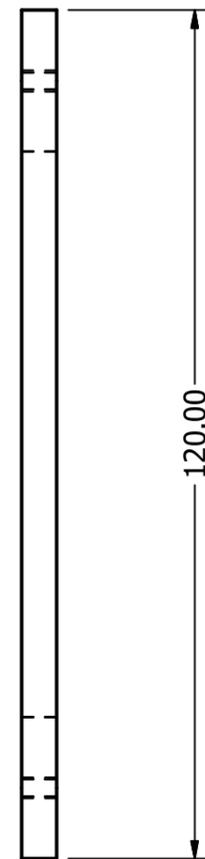
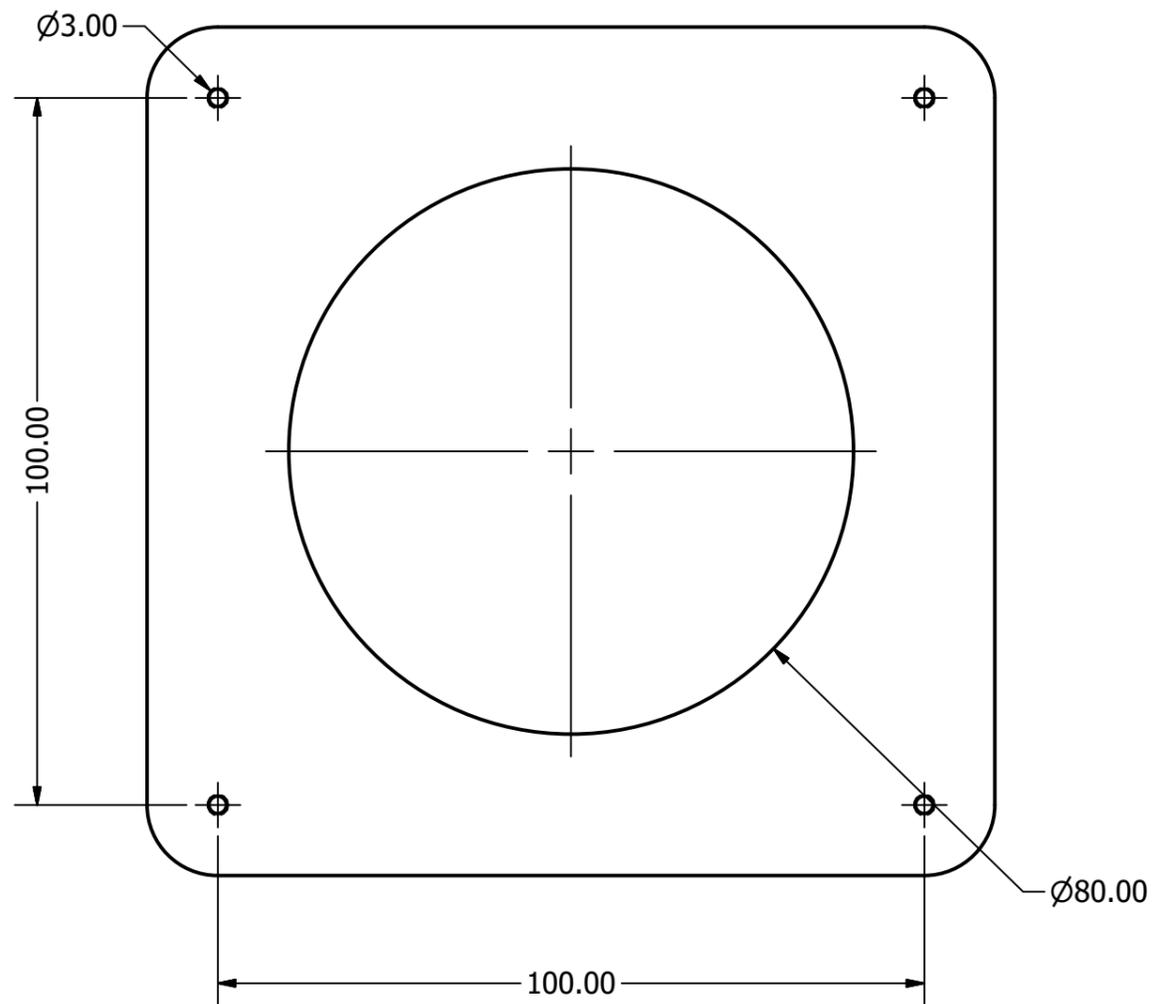
Nome: Diogo Castro de Miranda

Peça: Cabeçote de corte

Material: Generic - Massa: 0,145 kg - Densidade: 1,000 g/cm³

Unidade: Milímetro - Escala: 1 / 2 Valor estimado:

PRANCHA
5 / 14



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto
 Trabalho de Conclusão de Curso II

Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.

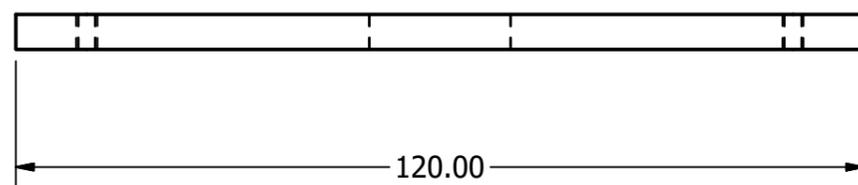
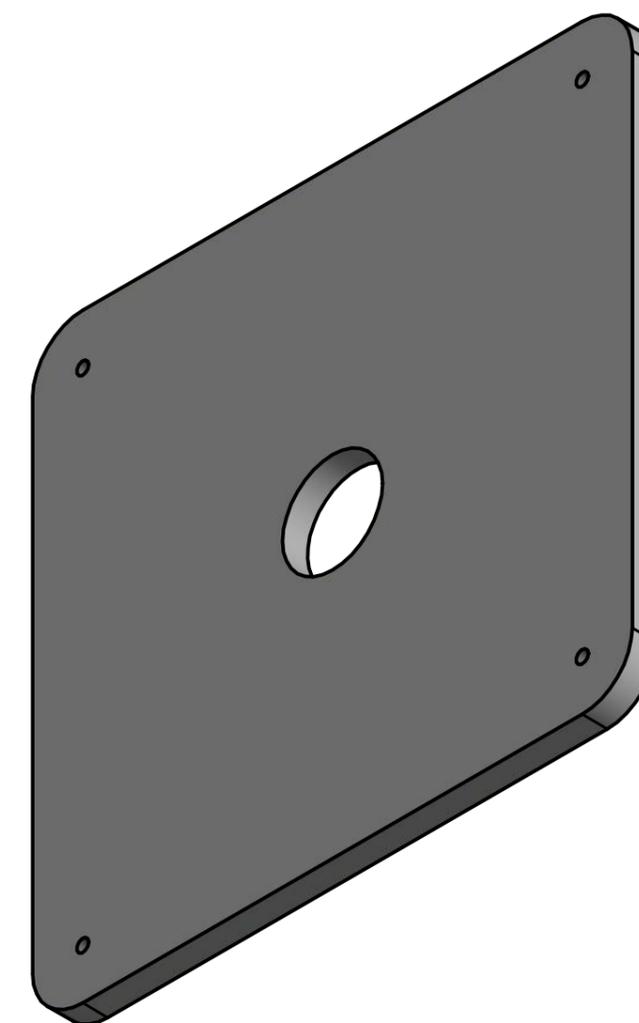
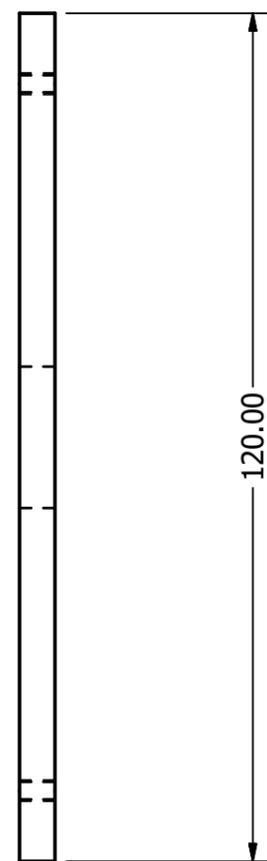
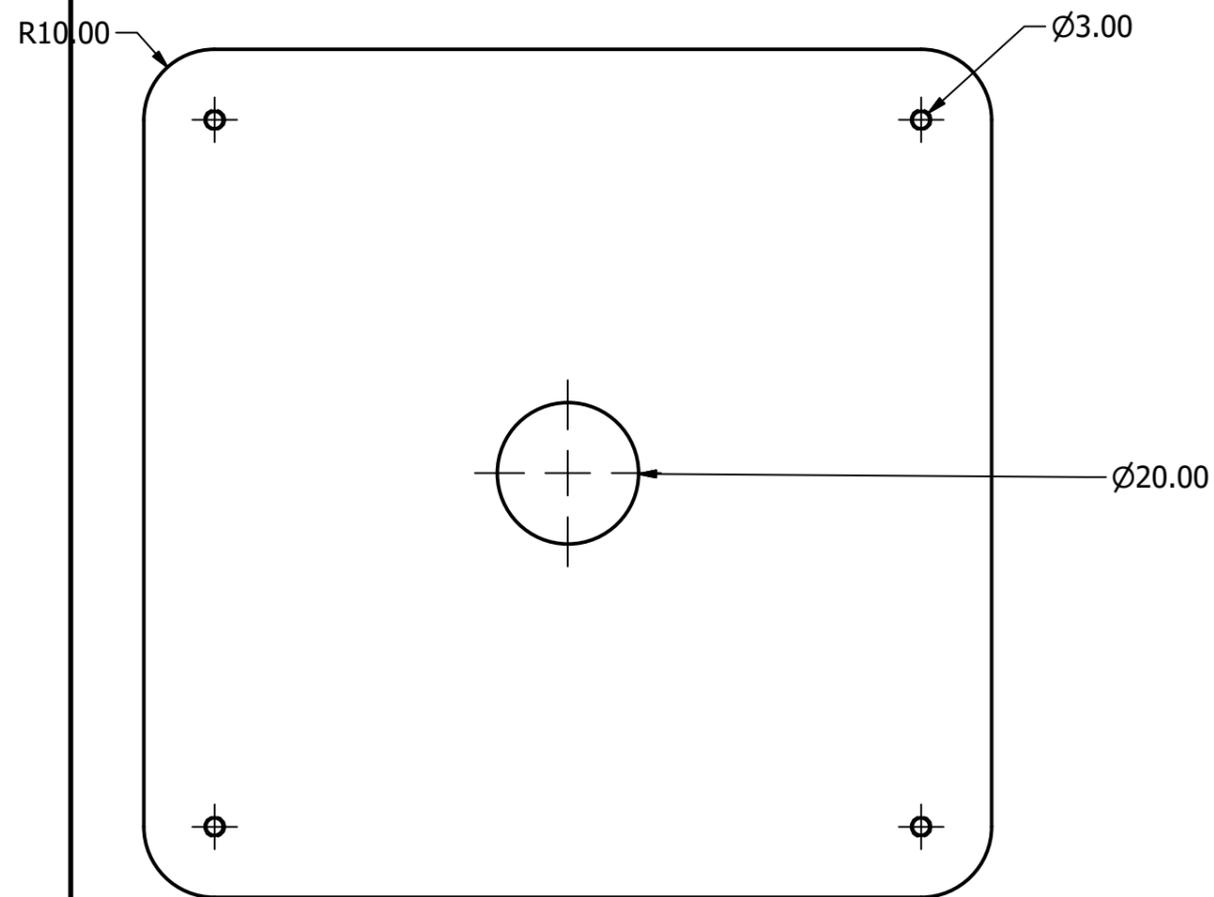
Nome: Diogo Castro de Miranda

Peça: Suporte 2/2

Material: Genérico - Massa: 0,046 kg - Densidade: 1,000 g/cm³

Unidade: Milímetro - Escala: 1 / 1 Valor estimado:

PRANCHA
6 / 14



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto
 Trabalho de Conclusão de Curso II

Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.

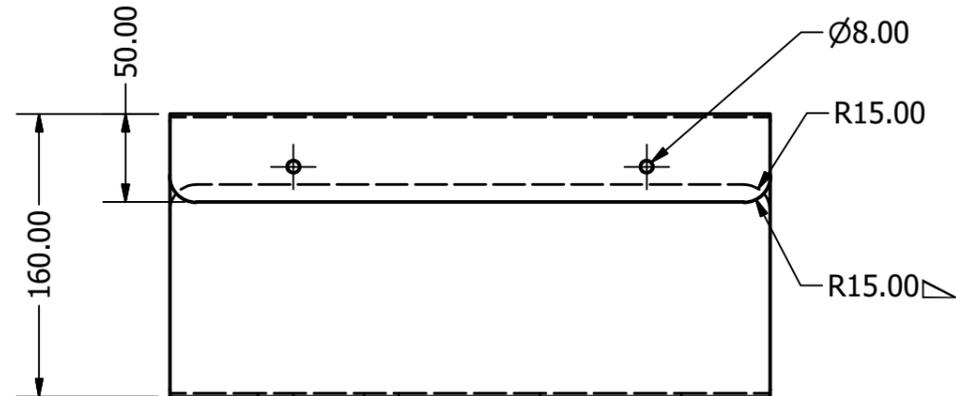
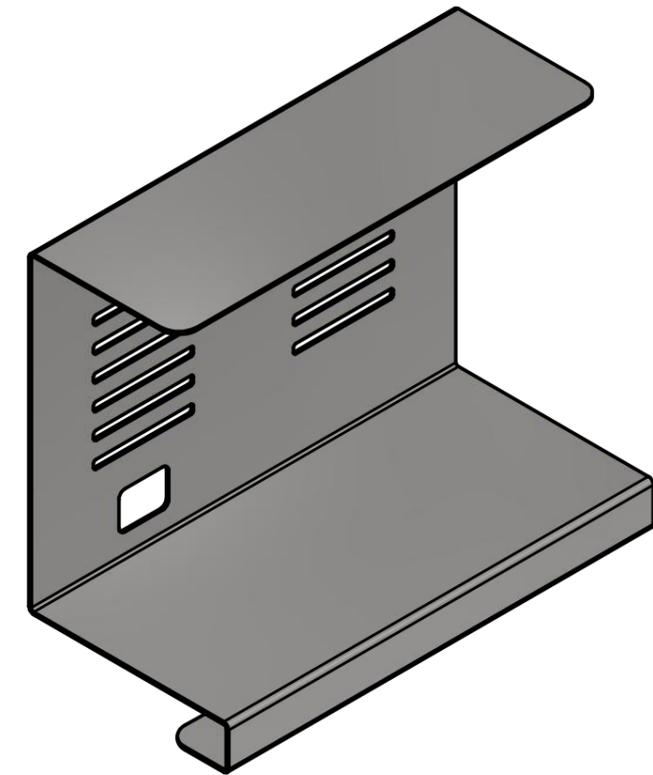
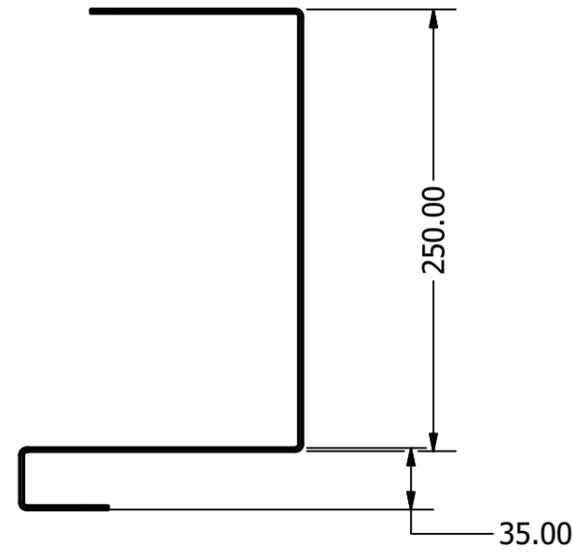
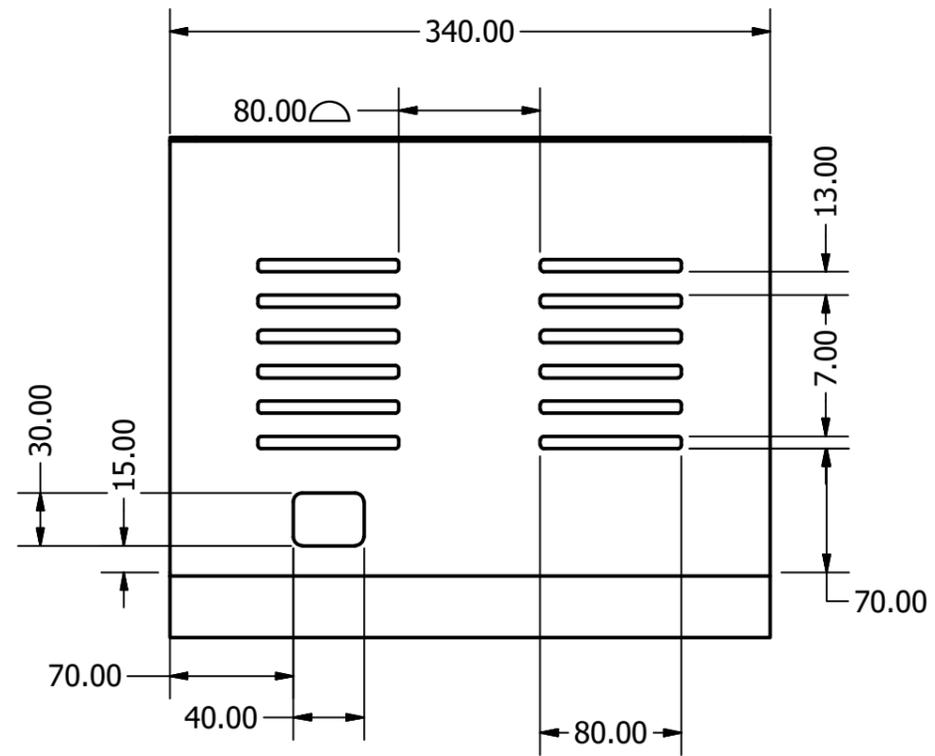
Nome: Diogo Castro de Miranda

Peça: Suporte 1/2

Material: Generic - Massa: 0,070 kg - Densidade: 1,000 g/cm³

Unidade: Milímetro - Escala: 1 / 1 Valor estimado:

PRANCHA
7 / 14



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto
 Trabalho de Conclusão de Curso II

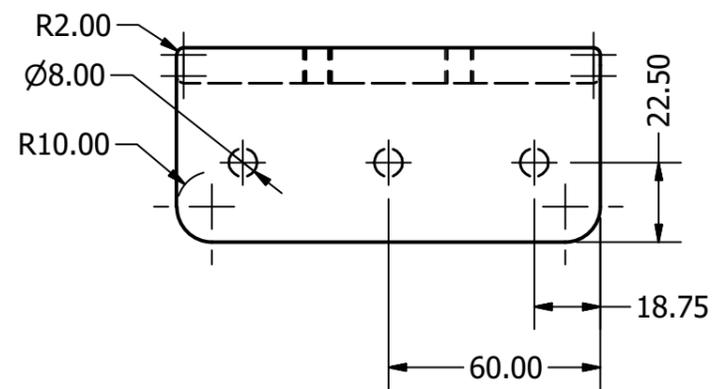
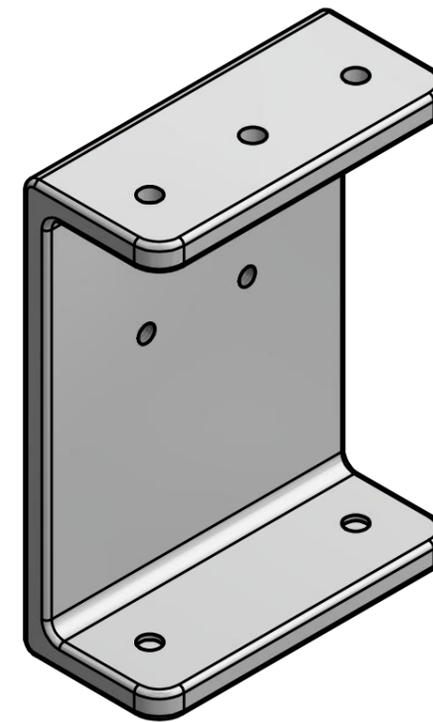
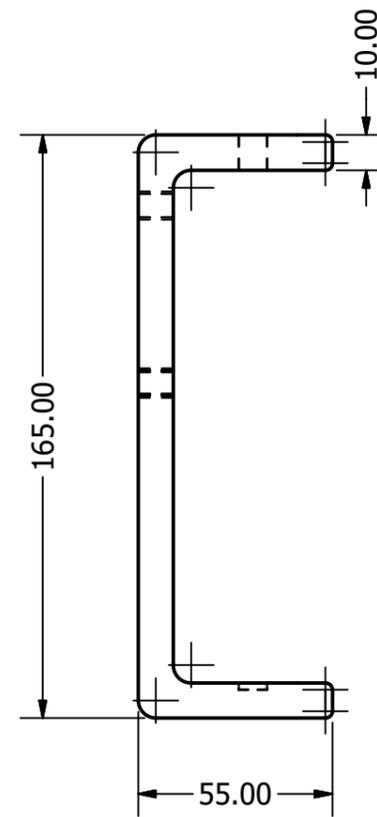
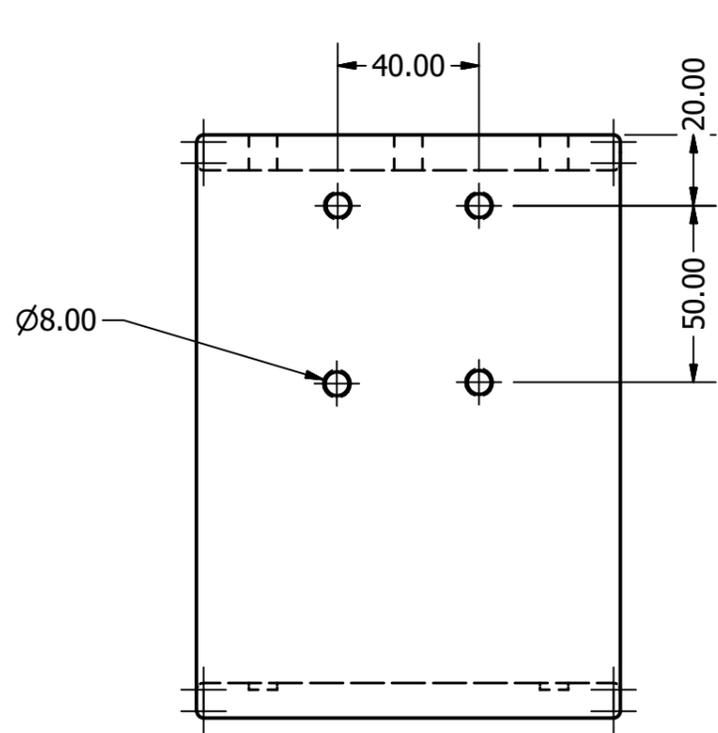
Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.

Nome: Diogo Castro de Miranda

Peça: Chassi componentes eletrônicos

Material: Stainless Steel - Massa: 3,144 kg - Densidade: 8,000 g/cm³

Unidade: Milímetro - Escala: 1 / 4 Valor estimado:



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto
 Trabalho de Conclusão de Curso II

Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.

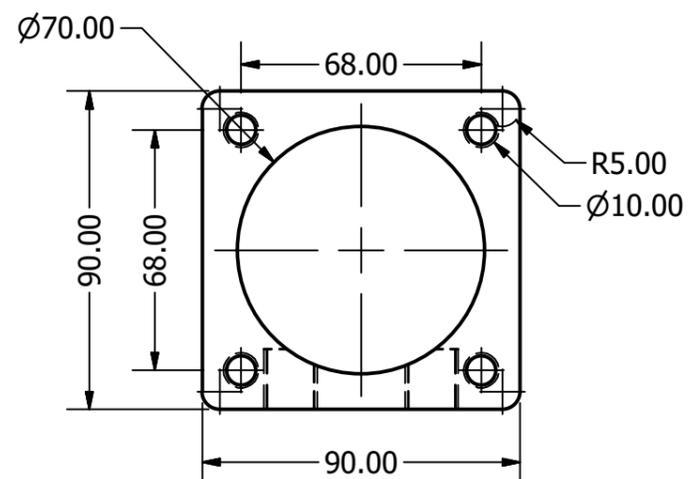
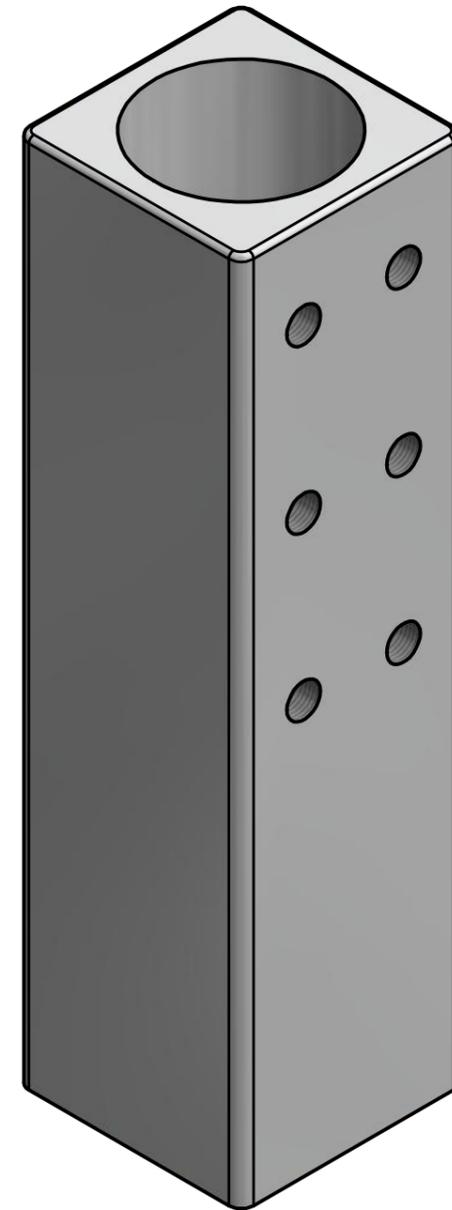
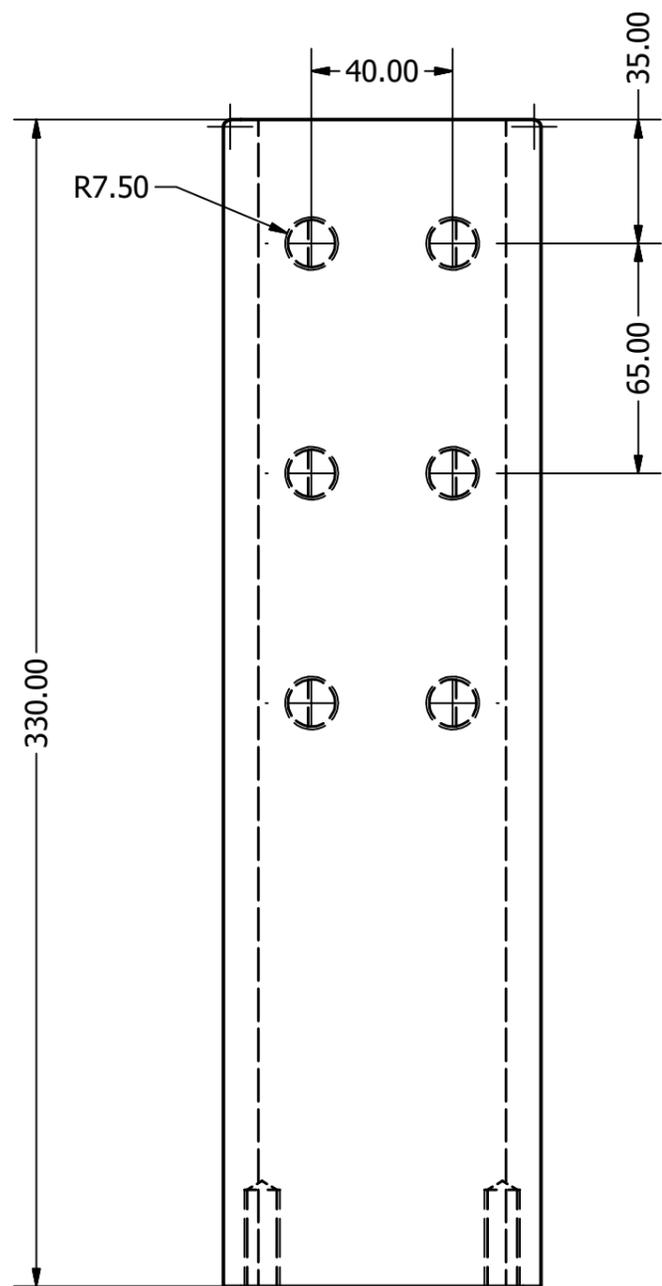
Nome: Diogo Castro de Miranda

Peça: Suporte elevador

Material: Aluminum 6061 - Massa: 0,812 kg - Densidade: 2,700 g/cm³

Unidade: Milímetro - Escala: 1 / 2 Valor estimado:

PRANCHA
9 / 14



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto
 Trabalho de Conclusão de Curso II

Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.

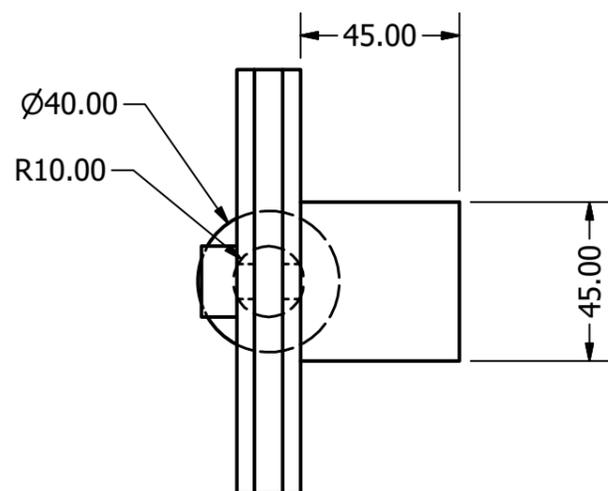
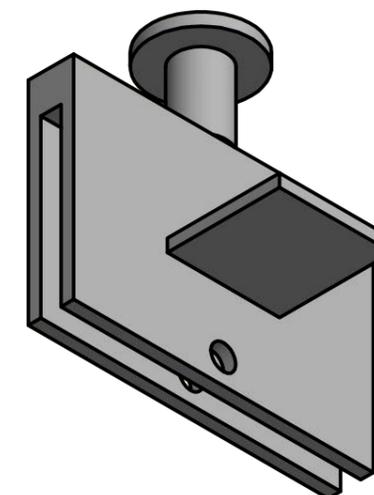
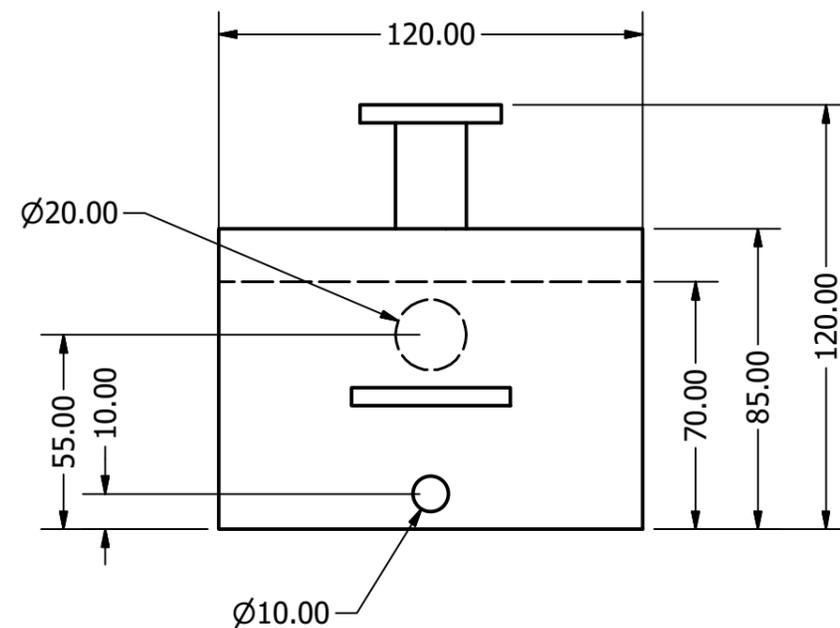
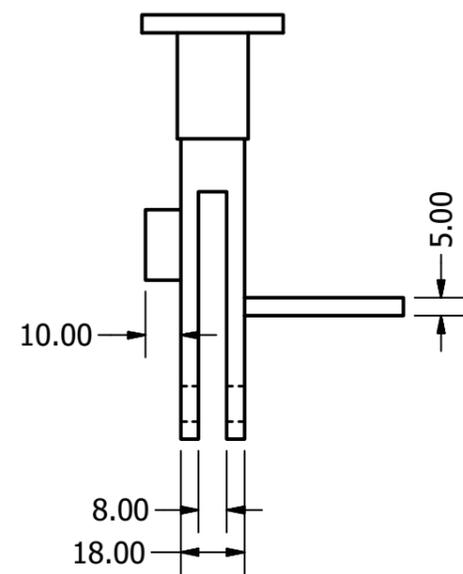
Nome: Diogo Castro de Miranda

Peça: Eixo móvel

Material: Aluminum 6061 - Massa: 3,716 kg - Densidade: 2,700 g/cm³

Unidade: Milímetro - Escala: 1 / 2 Valor estimado:

PRANCHA
10 / 14



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto
 Trabalho de Conclusão de Curso II

Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.

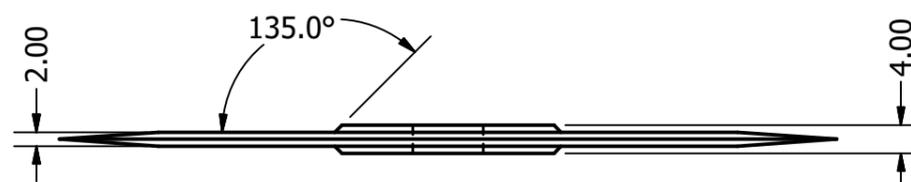
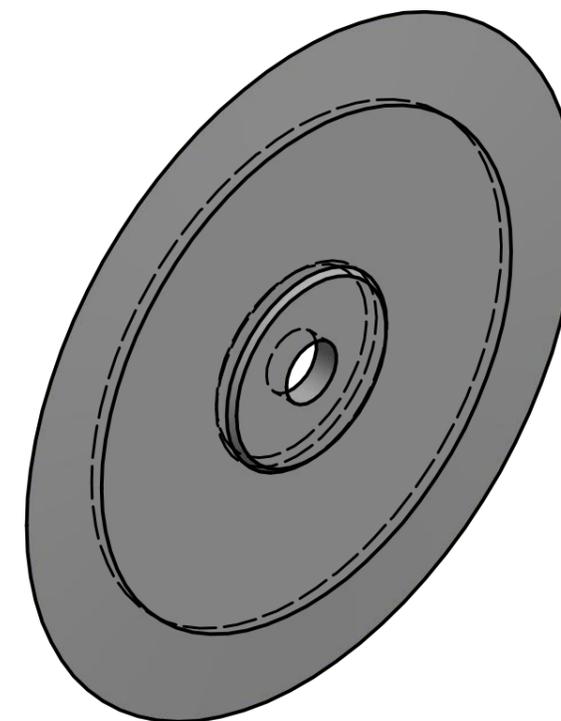
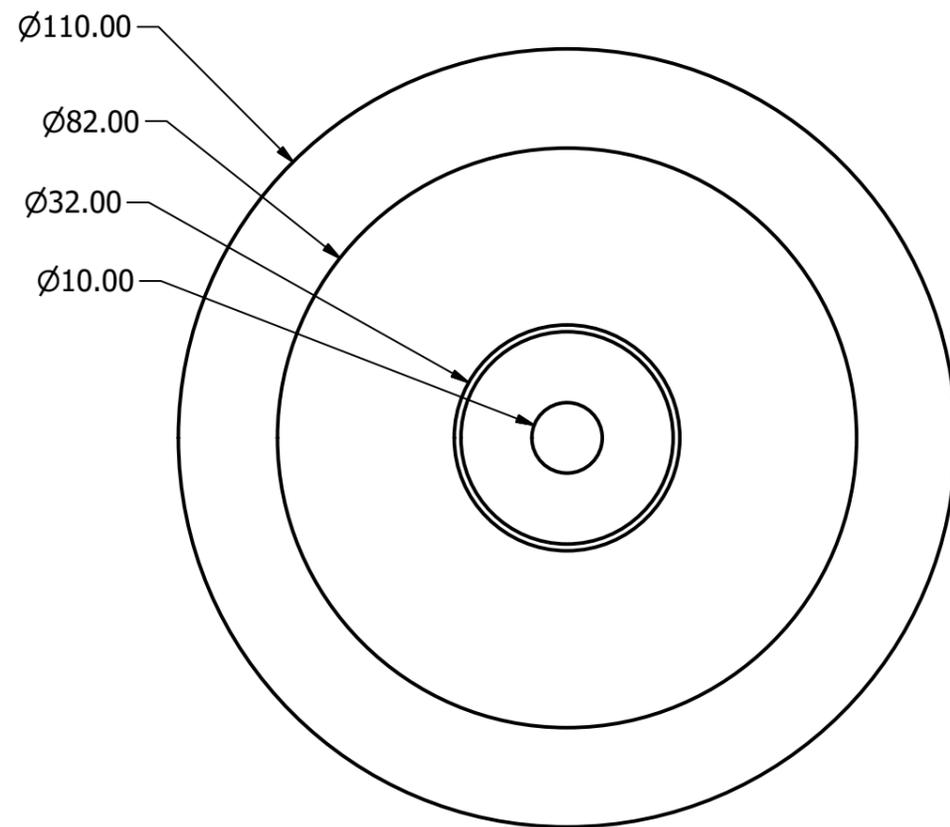
Nome: Diogo Castro de Miranda

Peça: Cabeçote de corte

Material: Genérico - Massa: 0,145 kg - Densidade: 1,000 g/cm³

Unidade: Milímetro - Escala: 1 / 2 Valor estimado:

PRANCHA
11 / 14



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto
 Trabalho de Conclusão de Curso II

Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.

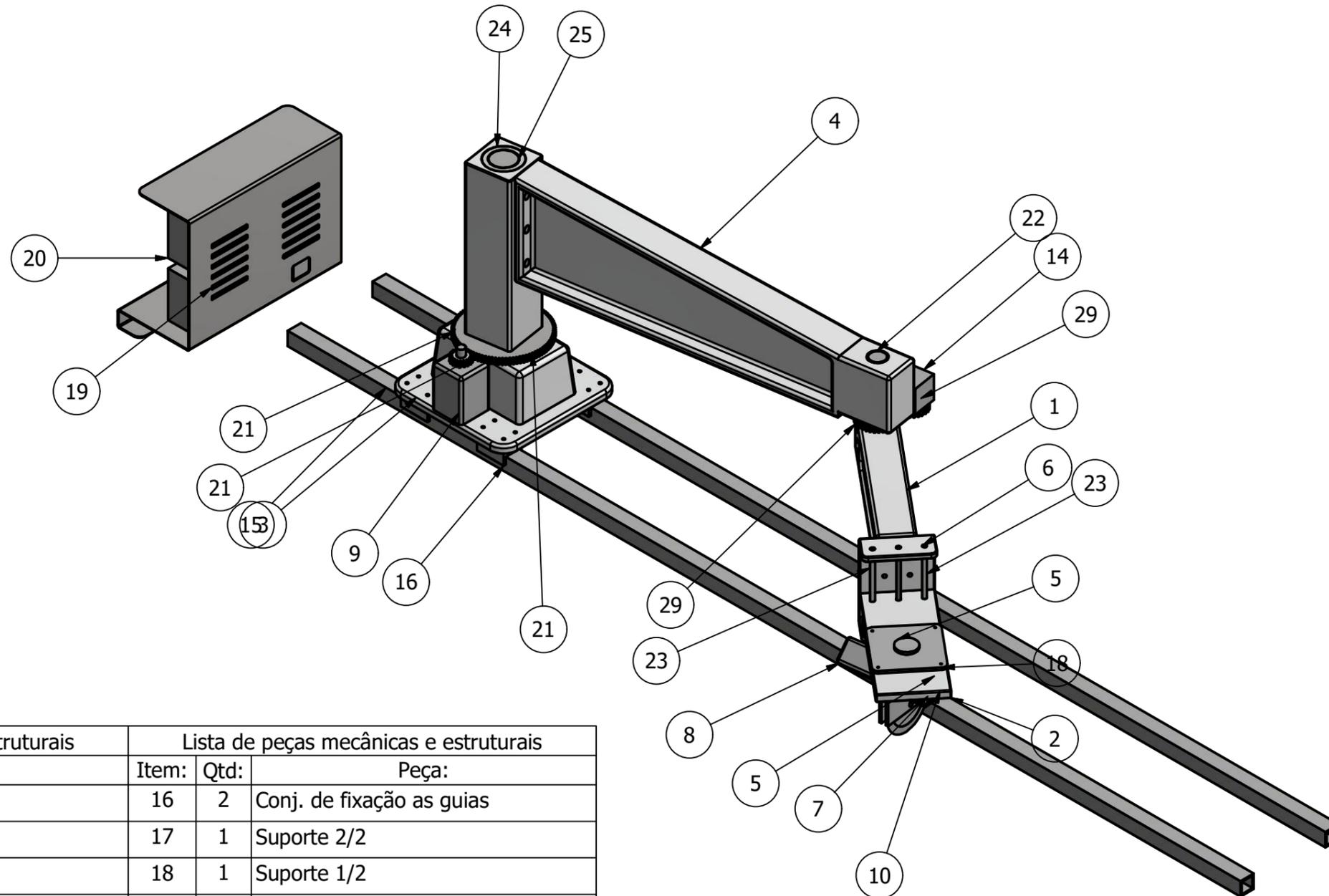
Nome: Diogo Castro de Miranda

Peça: Lâmina octavada

Material: Generic - Massa: 0,016 kg - Densidade: 1,000 g/cm³

Unidade: Milímetro - Escala: 1 : 1 Valor estimado:

PRANCHA
12 / 14



Lista de peças mecânicas e estruturais			Lista de peças mecânicas e estruturais		
Item:	Qtd:	Peça:	Item:	Qtd:	Peça:
1	1	Chassi braço - parte 2	16	2	Conj. de fixação as guias
2	1	Suporte Cabeçote	17	1	Suporte 2/2
3	1	Base de apoio	18	1	Suporte 1/2
4	1	Chassi braço - parte 1	19	1	Chassi componentes eletrônicos
5	1	Cabeçote de corte	20	1	Estimativa de eletrônicos
6	1	Suporte elevador	21	2	Conj. engrenagens / base
7	1	Lâmina octavada	22	1	Eixo intermediário
8	1	Motor de corrente contínua	23	2	Eixo elevador
9	1	Motor de rotação / base	24	1	Rolamento de esferas 50mm
10	1	Motor de rotação / cabeçote	25	1	Eixo fixo
11	1	Motor de elevação	26	2	Rolamento de esferas de 20 mm
12	1	Eixo móvel	27	1	Rolamento de esferas 50 mm
13	2	Conj. engrenagem cabeçote	28	1	Rolamento misto axial 50 mm
14	1	Motor de passo intermediário	29	2	Conj. engrenagens / intermediário
15	1	Par de guias lineares com correia dentada			

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto
 Trabalho de Conclusão de Curso II

Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.

Nome: Diogo Castro de Miranda

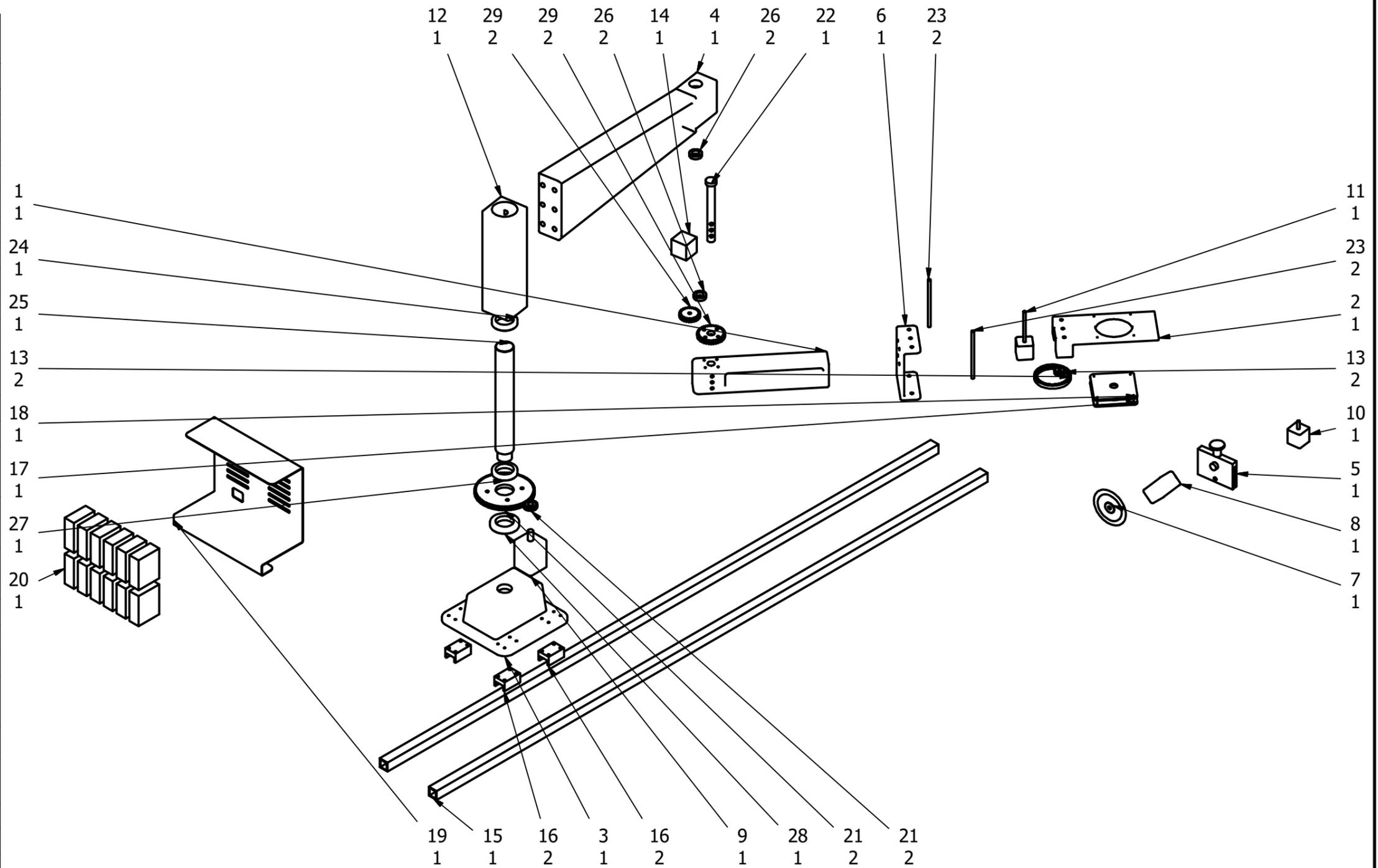
Peça: Componentes montados

Material: - Massa: N/A - Densidade: N/A

Unidade: Milímetro - Escala: 1 / 8 Valor estimado:

PRANCHA
13 / 14

Lista de peças mecânicas e estruturais		
Item:	Qtd	Peça:
1	1	Chassi braço - parte 2
2	1	Suporte Cabeçote
3	1	Base de apoio
4	1	Chassi braço - parte 1
5	1	Cabeçote de corte
6	1	Suporte elevador
7	1	Lâmina octavada
8	1	Motor de corrente contínua
9	1	Motor de rotação / base
10	1	Motor de rotação / cabeçote
11	1	Motor de elevação
12	1	Eixo móvel
13	2	Conj. engrenagem cabeçote
14	1	Motor de passo intermediário
15	1	Par de guias lineares com correia dentada
16	2	Conj. de fixação as guias
17	1	Suporte 2/2
18	1	Suporte 1/2
19	1	Chassi componentes eletrônicos
20	1	Estimativa de eletrônicos
21	2	Conj. engrenagens / base
22	1	Eixo intermediário
23	2	Eixo elevador
24	1	Rolamento de esferas 50mm
25	1	Eixo fixo
26	2	Rolamento de esferas de 20 mm
27	1	Rolamento de esferas 50 mm
28	1	Rolamento misto axial 50 mm
29	2	Conj. engrenagens / intermediário



Universidade Federal do Rio Grande do Sul Faculdade de Arquitetura / Curso de Design de Produto Trabalho de Conclusão de Curso II	
Detalhamento técnico - Projeto de equipamento de corte automatizado para tecido.	
Nome: Diogo Castro de Miranda	
Peça: Componentes montados	
Material: - Massa: N/A - Densidade: N/A	PRANCHA 14 / 14
Unidade: Milímetro - Escala: 1/12 Valor estimado:	