



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CURSO DE DESIGN DE PRODUTO

Guilherme Cozer Webster

PROJETO CONCEITUAL DE EQUIPAMENTO MOTORIZADO
PORTÁTIL DESTINADO AO CORTE DE CANA-DE-AÇÚCAR

Porto Alegre

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CURSO DE DESIGN DE PRODUTO

Guilherme Cozer Webster

PROJETO CONCEITUAL DE EQUIPAMENTO MOTORIZADO
PORTÁTIL DESTINADO AO CORTE DE CANA-DE-AÇÚCAR

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

Prof.^a Orientadora: Jocelise Jacques

Porto Alegre

2013

BANCA EXAMINADORA

Guilherme Cozer Webster

PROJETO CONCEITUAL DE EQUIPAMENTO MOTORIZADO
PORTÁTIL DESTINADO AO CORTE DE CANA-DE-AÇÚCAR

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

Prof.^a Dr.^a Jocelise Jacques de Jacques – Orientadora

Prof. Dr. Luís Henrique Alves Cândido - UFRGS

Prof. PhD. Fábio Gonçalves Teixeira - UFRGS

Prof. Me. Cláudio Luiz Salvalaio - Externo

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que sempre me apoiaram em minhas decisões e muitas vezes acreditaram mais nelas do que eu próprio.

À professora Jocelise Jacques, pela sua grande dedicação e por aceitar o desafio de orientar este trabalho.

À professora Lia Buarque de Macedo Guimarães, pelas dicas valiosas e o contato na EMATER.

Ao Sr. Fladimir Schimit, muitas vezes um verdadeiro designer, pela imensa atenção despendida e pelo trabalho que presta junto aos trabalhadores rurais.

A José Carlos da Cunha Silveira, Sílvia Silveira, Ronaldo Barbosa e todos os demais agricultores, que foram sempre muito solícitos durante a pesquisa.

A Carlos Henrique Wey, Giovani Beck, Maria Cristina Werle e LailaDietrich, da Stihl® Ferramentas, pela receptividade e pelas informações gentilmente cedidas.

A Wagner Oliveira e Rafael Torres, pela consultoria na revisão do projeto.

Ao professor Fábio Pinto da Silva, pelas sugestões e auxílio.

À professora Cintia Petry Mazzaferro, pelos apontamentos na banca do TCC I.

À Gabriela Bohns, que sugeriu o uso e me enviou o kit HCD.

A Fernando Galdino Pedron, por seu trabalho de divulgação da etnografia aplicada ao design.

Aos meus colegas, que durante a trajetória da graduação me ensinaram tanto quanto meus professores.

À Cris, pelo apoio, carinho e paciência.

RESUMO

A motivação deste trabalho nasce de um resgate da função socioeconômica do design na sociedade. Considerando o contexto local, a economia do Rio Grande do Sul, bem como a de muitos outros estados, está ainda fortemente atrelada à agricultura. As pequenas propriedades rurais constituem um importante pilar da economia do país, mas este ambiente dificilmente é alvo de pesquisas em projeto de produtos. Dentre as principais culturas agrícolas, foi possível perceber que a de cana-de-açúcar é uma das mais agressivas à saúde dos trabalhadores do campo, não apenas no Brasil como em outras partes do mundo, e por este motivo ela já foi objeto de estudo em áreas como ergonomia e fisiologia. Explorar o pensamento projetual do design para a melhoria desta atividade pode beneficiar tanto seus usuários quanto as empresas dos setores metal-mecânico e de implementos agrícolas, que também desempenham importante papel na economia regional. Desta forma, o projeto em questão acaba por considerar também os **benefícios à sua própria cadeia fabril, estando em consonância com o chamado “tripé da sustentabilidade”**, abrangendo assim as dimensões, social, ambiental e econômica.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, colheita, design, sustentabilidade, agricultura.

ABSTRACT

The motivation of this work comes from a revisitation of the socioeconomic function of design in society. Considering the local context, the economy of Rio Grande do Sul, as well as many other Brazilian states, is still strongly tied to agriculture. The small farms are an important pillar of the national economy, but this environment rarely is the aim of researches in product design. Among the main crops, it was revealed that the sugarcane is one of the most aggressive to the health of rural workers, not only in Brazil but in other parts of the world, and for this reason it has been an object of studies in areas such as ergonomics and physiology. To explore the projectual design thinking to improve this activity can benefit both their users and the companies in the metal-mechanical and agricultural implements industries, which also play an important role in the regional economy. Thus, this project turns out to also consider the benefits to its own manufacturing chain, being in line with the so-called "triple bottom line", covering the social, environmental and economic dimensions.

Keywords: sugarcane, harvesting, design, sustainability, agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Confluência dos constituintes da sustentabilidade	15
Figura 2 - Produção de cana-de-açúcar no mundo em 2009.	17
Figura 3 - Morfologia da cana conforme a subdivisão típica dos agricultores (esq.) e a oficial da botânica (dir.)	20
Figura 4 - Vista em corte de uma muda de cana, evidenciando as gemas e o enraizamento.	21
Figura 5 - produção média de cana no RS entre 2004 e 2006.....	23
Figura 6 - Folder de divulgação da cidade da década de 1970.....	25
Figura 7 - Ilustração mostrando os equipamentos básicos dos cortadores de cana.	28
Figura 8 - Macro etapas do processo projetual.....	30
Figura 9 - Exemplo de uma das páginas do Kit de Ferramentas HCD.	35
Figura 10 - Os métodos de projeção selecionados se interseccionam e se complementam.....	39
Figura 11 – Fenômeno de rebote, rebate ou <i>kickback</i> em roçadeiras.....	47
Figura 12 - Primeira plantação visitada. Em primeiro plano, porção já colhida, ao fundo, a cana ainda em crescimento.	49
Figura 13 - Primeira plantação visitada. Detalhe do terreno em aclave e solo rochoso.	49
Figura 14 - Instalações da família Barbosa. Da esquerda para direita e de cima para baixo, respectivamente: fardos de cana colhida no pavilhão, moenda motorizada, silos e tanque de fermentação; o caminho que a cana percorre no processo.	50
Figura 15 - Balde e carrinho para transferência do caldo.	51
Figura 16 - Detalhe das mudas distribuídas nos sulcos e da gema da cana-de-açúcar.	52
Figura 17 - Trabalhadores carregando o carro-de-boi com toletes para plantio e detalhe do facão de corte.	53
Figura 18 - Trabalhadora da região de Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro, e o modelo de facão comumente utilizado nos grandes canaviais.....	53
Figura 19 – Manejo do carro-de-boi desde as instalações do casal até o terreno íngreme da plantação.....	56
Figura 20 - Detalhe do solo rochoso da lavoura e seu improvisado como escora para o carro.	57
Figura 21 - Detalhe do Sr. Silveira carregando canas no ombro; amarração dos feixes no carro e descida.	59
Figura 22 - Moagem da cana e separação do bagaço.	60
Figura 23 - Agitação do caldo para verificar a viscosidade e derramamento no gamelão.	61
Figura 24 - Sequência de solidificação e esfarelamento manual da massa.	62
Figura 25 - Detalhes da propriedade de outro casal produtor de açúcar mascavo nas proximidades.	63
Figura 26 - Machado de corte genérico da marca Fiskars®, modelo X27.	68
Figura 27 - Alicates para poda de galhos da fabricante Fiskars®	69
Figura 28 - Diferentes cortadores de cana convencionais. À esquerda, um cortador manual, sem motor. No centro, um exemplo de cortador elétrico comum. À direita, um cortador elétrico com coletor de resíduos.	70
Figura 29 - Exemplos de cortadores de grama tipo trator.	71
Figura 30 - Alguns exemplos de roçadeiras domésticas.	71
Figura 31 - Roçadeiras laterais para aplicações agropecuárias, florestais e de jardinagem.	72
Figura 32 - Notícia do portal Painel Florestal sobre o uso de roçadeiras para desbrota de eucalipto ..	73

Figura 33 - Husqvarna® 345FR, um dos modelos utilizados também na desbrota de eucalipto.	73
Figura 34 - Exemplos de roçadeiras costais.....	74
Figura 35 - Modelo de roçadeira multifuncional e suas lâminas intercambiáveis.	74
Figura 36 - Derriçador de café e detalhe da ponteira vibratória.....	75
Figura 37 - Exemplo de aplicação da derriçadeira de café em campo.....	76
Figura 38 - Imagens do produto CaneThumper® em operação.	77
Figura 39 - Esquema e imagem demonstrando o sistema de colheita "brazilian pole method".	79
Figura 40 - Dois estágios da tecnologia de corte por lâminas duplas <i>bidux</i> ®.....	79
Figura 41 - Imagens da proposta de Paco Lindoro para um colhedor de cana todo-terreno.	80
Figura 42 - Ambientação do projeto de Paco Lindoro.	80
Figura 43 - Fotos de estúdio do modelo final e detalhe do sistema de corte proposto.	81
Figura 44 - Equipe do GMRIT com sua máquina de baixo custo para colheita de cana.	82
Figura 45 - Roçadeiras para corte de cana vendidas na Índia, China e Egito, respectivamente.	83
Figura 46 - Operadores chineses cortando cana com roçadeiras.....	84
Figura 47 - Roçadeiras aplicadas ao corte de outras culturas.	84
Figura 48 - Primeira versão da solução proposta.	87
Figura 49 - Decomposição do projeto em subsistemas.	88
Figura 50 - Ficha técnica de um modelo de roçadeira elétrica sem fio.	90
Figura 51 - Produtos Pellenc® movidos a baterias de alta capacidade.....	91
Figura 52 - Baterias de alta capacidade Pellenc®	91
Figura 53 - Roçadeira Makita® modelo EBH252UA, movida a etanol.....	92
Figura 54 - Aparador de grama Pellenc® Excelion, movido a bateria, vendido na <i>internet</i>	93
Figura 55 - Aparador de grama Makita® com motor 4 tempos, vendido na <i>internet</i>	93
Figura 56 - Ficha técnica de um modelo de roçadeira movido a etanol.	94
Figura 57 - Motor compacto 4 tempos a etanol.....	95
Figura 58 - Sistema de lubrificação do motor e seus componentes.	96
Figura 59 - <i>Brainstorm</i> de alternativas para o sistema de corte.	97
Figura 60 - Aparadores de grama com lâminas em formato de tesoura.	98
Figura 61 - Roçadeira com ponteira de serra tico-tico.....	99
Figura 62 - Cabeçotes e lâminas para cada tipo de aplicação.	99
Figura 63 - Aparadores de grama compactos sem fio, para acabamentos em pequenas áreas.	100
Figura 64 – DR TreeChopper™	101
Figura 65 - Projeto Conceitual de uma Máquina Cortadora de Árvores para Biomassa.	101
Figura 66 – Alguns esboços de possíveis arquiteturas de produto.	102
Figura 67 - Esboço do equilíbrio de massas em roçadeiras laterais.	103
Figura 68 - Roçadeira de haste curta para corte de madeira no primeiro desbaste.	103
Figura 69 - Painel do tema visual do produto: tratores.	105
Figura 70 – Alguns estudos formais.....	105
Figura 71 - Carenagem principal do equipamento.	106
Figura 72 - Proporções do projeto com relação ao modelo Husqvarna® 345FR.....	107
Figura 73 – Manche e comandos.....	107
Figura 74 - Haste de manejo.....	108
Figura 75 - Diferentes possibilidades de empunhadura da haste ergonômica, atendendo aos percentis 5 a 95.....	108
Figura 76 - Ajuste do conjunto de manejo.	109

Figura 77 - Rotação da haste de manejo.....	109
Figura 78 - Manejo em roçadeiras de menor porte.....	111
Figura 79 - Ângulo de inclinação do antebraço a 120 graus.	111
Figura 80 - Estudos ergonômicos.....	112
Figura 81 - À esquerda, exemplo genérico de conexão L via engrenagens angulares. À direita, sua aplicação em roçadeiras.....	113
Figura 82 - Vista em corte parcial representando esquematicamente o acoplamento dos eixos do produto.	114
Figura 83 - Linhas-guia para elaboração das formas.	115
Figura 84 - Conjunto de corte.	115
Figura 85 - Diâmetro de amostra da planta colhida em campo.	116
Figura 86 - Dimensionamento da lâmina circular.....	117
Figura 87 - Anteparos de lâminas em roçadeiras.	118
Figura 88 - Zona de corte mais perigosa da lâmina, propícia a gerar rebote.....	119
Figura 89 - Projeção de detritos da lâmina circular durante a roçada.	119
Figura 90 - Detalhe do sistema SawStop®.....	120
Figura 91 - Segmentos da lâmina divididos analogamente aos ponteiros de um relógio.	121
Figura 92 - Zonas de rebote bloqueadas.....	122
Figura 93 – Guias de corte como anteparos eletrônicos de segurança.	123
Figura 94 - Tonalidades típicas em um canavial.	124
Figura 95 - Composição fotorealística.....	128
Figura 96 - Vista explodida e lista de peças, seus materiais e quantidades.....	129
Figura 97 - Principais diferenciais da CaneOff.....	131

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Calendário agrícola da cana-de-açúcar.....	41
Quadro 2 - Cronograma inicial de atividades do TCC.	41
Quadro 3 - Necessidades dos usuários	66
Quadro 4 - Levantamento de sistemas motrizes.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estrutura do Valor Bruto da Produção agropecuária do RS entre 1985 e 2004.....	16
Tabela 2 - Área, produção e rendimento da cana nos principais municípios do RS em 2008.	26
Tabela 3 - Aceitação do uso dos equipamentos de proteção individual.	29
Tabela 4 - Comparação entre emissões de gases tóxicos dos motores 2 e 4 tempos entre 24,5 e 75,6 cc.....	96
Tabela 5 - Diâmetro médio da base do colmo (cm), medido em sete épocas de desenvolvimento das cultivares de cana.	116
Tabela 6 - Comparativo de preços encontrados para roçadeiras florestais.....	126

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Motivação e Justificativa.....	13
1.2. Objetivos	18
1.2.1. Objetivo geral	18
1.2.2. Objetivos específicos.....	18
2. A CANA-DE-AÇÚCAR E SEU PLANTIO EM PEQUENAS PROPRIEDADES DO RIO GRANDE DO SUL (FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA).....	19
2.1. Cana-de-açúcar.....	19
2.1.1. Caráter histórico	19
2.1.2. Morfologia	20
2.1.3. Plantio	21
2.1.4. Colheita	21
2.2. Caracterização da Realidade Regional.....	22
2.2.1. O município de Santo Antônio da Patrulha.....	23
2.2.2. O papel da EMATER no Rio Grande do Sul e no contexto desta pesquisa	26
3. PLANEJAMENTO DE PROJETO	28
3.1. Hipótese inicial	28
3.2. Métodos.....	29
3.2.1. Design sociotécnico.....	31
3.2.2. Human Centered Design Toolkit (HCD).....	32
3.2.3. Etnografia aplicada ao design.....	37
3.2.4. Considerações sobre os métodos adotados.....	38
3.3. Estratégia de Atuação	40
3.3.1. Cronograma	41
4. PESQUISA DE CAMPO	42
4.1. Entrevistas com especialistas.....	42
4.1.1. Lia Guimarães	42
4.1.2. Fladimir Schimit	43
4.1.3. Carlos Henrique Wey	45
4.2. Visitas <i>in loco</i>	48

4.2.1.	Primeira imersão.....	49
4.2.2.	Segunda imersão	55
4.3.	DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PROJETO.....	64
5.	PROJETO INFORMACIONAL	66
5.1.	Necessidades dos usuários.....	66
5.2.	Levantamento de similares	67
5.2.1.	Ferramentas manuais	68
5.2.2.	Equipamentos motorizados.....	69
5.2.3.	Equipamentos motorizados especificamente destinados à colheita de cana.....	77
6.	PROJETO CONCEITUAL	85
6.1.	Visão geral.....	86
6.2.	Decomposição do problema em subsistemas.....	88
6.2.1.	Sistema Motriz.....	88
6.2.2.	Sistema de corte	97
6.3.	Estudos de Arquitetura do Produto.....	102
6.3.1.	Equilíbrio de massas em roçadeiras laterais	103
6.4.	Aparência	104
6.5.	Geração de alternativas	105
6.6.	Carenagem principal.....	106
6.7.	Manche e manejo	107
6.7.1.	Estudos ergonômicos	110
6.8.	Transmissão e acoplamento	113
6.9.	Ponteira de corte.....	115
6.9.1.	Segurança	118
6.10.	Cores	124
6.11.	Materiais	125
6.12.	Estimativa de custos	126
6.13.	Solução final – <i>CaneOff</i>	127
6.14.	Detalhamento.....	129
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	130
8.	REFERÊNCIAS	133
	APÊNDICES.....	145

1. INTRODUÇÃO

“A única coisa importante sobre o design é a maneira como ele se relaciona com as pessoas.” (PAPANЕК, 1985)

1.1. MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Conforme aponta Bürdek (2006), quando o ensino do design começou a ser formalizado na antiga República Democrática Alemã, com a criação da Bauhaus no início do século XX, esta atividade já era compreendida como parte fundamental da política social, econômica e cultural do país. No final do mesmo século, ainda se chamava a atenção para que a configuração formal de produtos industrializados não se mantivesse restrita apenas aos quesitos perceptivos e sensoriais destes, pois num cenário mais amplo o designer deveria também buscar modos de satisfazer as necessidades tanto da vida individual quanto social dos usuários (OEHLKE, 1978 *apud* BÜRDEK, 2006).

A visão sobre o papel social do design industrial foi enfraquecida com as diversas transformações que a atividade sofreu desde aquela época até a atualidade, **principalmente em atendimento ao que Margolin (1996) chama de “modelo de expansão global”**, uma concepção do *status quo* na qual o mundo é composto apenas por mercados ao invés de sociedades, e os produtos possuem o mero papel de potencializar o crescimento econômico, num sistema baseado no consumo crescente. Uma das maiores críticas ao papel atrofiado do design neste modelo consumista, originalmente ocidental, mas atualmente globalizado, surgiu com Papanek (1985, p. 6), **que afirmava “o design precisa se tornar uma ferramenta inovativa, altamente criativa e multi-disciplinar, em resposta às verdadeiras necessidades da humanidade. Ele deve ser mais orientado pela pesquisa, e parar de contaminar o planeta com objetos mal projetados”**. Esta declaração tem um impacto especial nos chamados países em desenvolvimento (por mais que este seja um conceito um tanto nebuloso), ou naqueles em que há porções da população desassistidas por não possuírem renda para alcançar níveis de consumo atraentes. Margolin (2009) novamente nos aponta que, antes mesmo de Papanek, o design para o desenvolvimento já era discutido desde os anos 1960, sendo que em 1979 uma reunião entre a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUDI) e o Conselho Internacional das Organizações de Design Industrial (ICSID) para discutir a promoção do desenho industrial nestes países resultou na Declaração de Amhedabad

sobre Design Industrial para o Desenvolvimento. Este manifesto estipula uma série de recomendações para políticas de design, ações dos governos e indústrias, e também educação, treinamento e cooperação internacional. No item 15 do documento afirma-se que

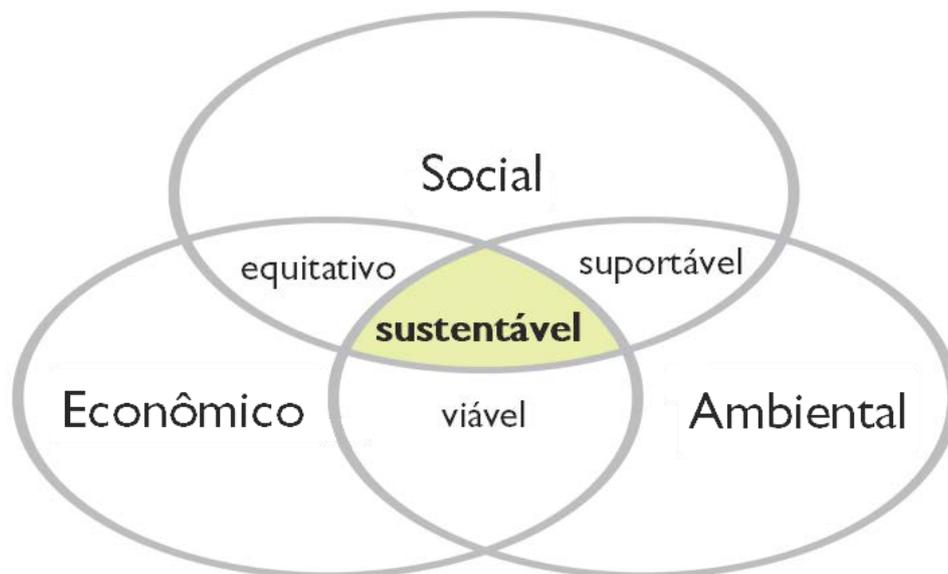
O design no mundo em desenvolvimento deve estar comprometido na busca de respostas locais para necessidades locais, utilizando conhecimentos, materiais e tradições endógenas ao mesmo tempo em que absorve o extraordinário poder que a ciência e a tecnologia podem disponibilizar. (NID, 1979, p.5)

Complementando esta **filosofia de “agir localmente, mas pensar globalmente”**¹, Bonsiepe (1973) destaca que o design só poderá protagonizar o desenvolvimento de países quando estiver alinhado com as políticas industriais destes, sem desconsiderar o real cenário econômico em que se encontram. Este equilíbrio entre o atendimento aos fatores humanos e financeiros, quando acrescido dos fatores ambientais, está diretamente ligado aos chamados “pilares da sustentabilidade”: **peessoas**, planeta e retorno financeiro (do inglês *people, planet e profit*).

A ideia de que o crescimento e a proteção do meio-ambiente requeira a conciliação entre demandas ecológicas, sociais e econômicas é atribuída ao relatório final da Cúpula Mundial das Nações Unidas de 2005, onde são retomados os objetivos estabelecidos em encontros anteriores (Rio 92 e Joanesburgo 2002) e é reforçado o compromisso da **tomada de ações concretas para seu cumprimento. Segundo o documento, “estes esforços vão também promover a integração dos três componentes do desenvolvimento sustentável – o crescimento econômico, social e a proteção ambiental – como pilares interdependentes e que se reforçam mutuamente”** (UN, 2005, p. 11). Além da analogia dos pilares, outro modo de representar estes fatores em equilíbrio e demonstrar suas inter-relações é usar o diagrama de Euler, conforme a Figura 1.

¹ Não há consenso a respeito da autoria da frase aplicada a um contexto ambiental. O microbiologista René Dubos supostamente a cunhou durante a Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente em Estocolmo, 1972 (SHAPIRO, 2006), mas o futurista/estrategista de negócios Frank Feather reclama a autoria da frase por ter ministrado uma conferência com o mesmo título em 1979 (KEYES, 2006).

Figura 1 - Confluência dos constituintes da sustentabilidade.



Fonte: Autor, adaptado de Adams, 2006.

Esta concepção do tripé da sustentabilidade tem sido amplamente adotada e replicada em diversos meios desde então. Antes disso, contudo, o Relatório Brundtland já afirmava que **“o cerne do conceito de desenvolvimento sustentável é a preocupação em atender às necessidades do presente, mas garantindo que futuras gerações possam também satisfazer suas necessidades.”** (WCED, 1987, cap. 2).

Assim, para o design de produtos, considerar a sustentabilidade em projeto deve significar equalizar a temática social com materiais e processos fabris que apresentem o menor impacto ambiental possível, contudo ainda viáveis no contexto da economia local. Neste âmbito, não se pode falar em economia no Rio Grande do Sul (bem como em muitos outros estados de nossa República) sem citar a atividade agrícola e a produção de alimentos, que constituem sua base forte (DEPLAN, 2008). A tecnologia agrária tem constantemente melhorado o aproveitamento de grandes colheitas, mediante o uso de robustos equipamentos, alvos de constante aprimoramento na engenharia. Contudo, na maioria das pequenas propriedades, que representam cerca de 85,8% do total de estabelecimentos rurais do estado (DEPLAN, 2008), a colheita ainda é feita de forma manual. As principais culturas do Rio Grande do Sul estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Estrutura do Valor Bruto da Produção agropecuária do RS entre 1985 e 2004

	VBP - ESTRUTURA %				
	1985	1990	1995	2000	2004
A - Lavoura (Grãos)	50,29	35,97	28,61	29,12	36,38
Arroz	15,63	11,55	12,31	10,94	14,80
Feijão	1,10	0,95	1,67	0,83	0,74
Milho	5,70	3,81	4,62	4,03	2,56
Soja	20,33	10,48	8,44	8,82	10,30
Trigo	7,53	9,19	1,58	4,51	7,99
B - Lavoura (Demais)	7,20	11,54	18,37	12,37	13,63
Batata-Inglesa	0,48	0,63	1,68	1,00	0,66
Cana-de-Açúcar	0,85	1,35	1,55	0,93	0,63
Cebola	0,38	0,35	0,67	0,55	0,31
Fumo	2,33	2,37	4,09	4,22	6,89
Mandioca	3,16	6,84	10,37	5,67	5,15
C - Fruticultura	2,14	2,63	6,15	4,25	4,07
Banana	0,19	0,23	0,34	0,13	0,20
Laranja	0,71	0,88	0,88	0,51	0,41
Uva	0,95	1,04	2,85	2,64	2,91
Maçã	0,29	0,48	2,08	0,97	0,56
D - Outras	8,00	6,73	7,13	6,14	7,25
E - Total da Lavoura (A+B+C+D)	67,63	56,87	60,26	51,89	61,34
F - Produção animal	24,70	35,25	32,00	40,62	31,44
Bovinos	8,99	12,98	9,13	14,22	9,31
Suínos	5,43	8,37	9,75	11,64	9,91
Aves	4,38	6,95	7,40	8,08	6,93
Ovinos	1,01	1,00	0,69	1,14	0,88
Leite	4,88	5,96	5,02	5,55	4,41
G - Outros	2,82	2,63	2,23	2,69	2,54
H - Total da Produção Animal (F+G)	27,52	37,88	34,22	43,31	33,98
I - Soma da Lavoura e Produção Animal (E+H)	95,15	94,75	94,48	95,20	95,32
J - Demais itens do VBP da Agropecuária (1)	4,85	5,25	5,52	4,80	4,68
TOTAL DA AGROPECUÁRIA	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Fundação de Economia e Estatística do Governo do Rio Grande do Sul/Núcleo de Contabilidade Social, 2012.

Dentre estas lavouras, a colheita manual da cana-de-açúcar tem sido alvo de estudos ergonômicos e fisiológicos em virtude do impacto que oferece à saúde do trabalhador rural. Além disso, os equipamentos utilizados nestes processos muitas vezes se mostram ainda arcaicos (De Laat, 2010). Nas grandes plantações, principalmente no centro do país, as metas diárias de colheita manual estão crescendo a cada ano e são estimuladas por sistemas de premiações e descontos. Tamanho aumento de trabalho tem gerado um maior desgaste dos trabalhadores e certamente está relacionada à morte de vários deles (Ferreira, 2008). Segundo Laat *et al* (2008), na região de São Paulo, por exemplo, a Pastoral do Migrante de Guariba constatou que 21 colhedores de cana morreram entre as safras de 2004 a 2008, situação que seguramente se repete em outras partes do país, e também do mundo. A Organização Mundial do Trabalho alerta para os crescentes riscos nas lavouras de cana-de-açúcar não apenas no Brasil, mas também em países como Índia, Bangladesh, Bolívia, República Dominicana, Tanzânia, México,

Guatemala e nas Filipinas (OIT, 2003). A Figura 2 mostra que Brasil, Índia e China são os maiores produtores de cana no mundo, portanto um trabalho desenvolvido em âmbito nacional pode posteriormente ter aplicações em outros países, **dentro da filosofia “agir local, pensar global” outrora apresentada.**

Figura 2 - Produção de cana-de-açúcar no mundo em 2009.



Fonte: Divisão de Estatística da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2012.

Guimarães *et al* (2009) aponta que a despeito da relevância estratégica dos pequenos agricultores na economia brasileira, não existem muitos textos na literatura de desenho industrial a respeito da importância do design no apoio ao desenvolvimento agrário. Conforme Dantas e Guimarães (2008), as poucas exceções são projetos que correlacionam design e artesanato, ou aqueles voltados à agregação de valor dos produtos pós-colheita, como o desenvolvimento de embalagens e rótulos. Neste cenário, projetos de equipamentos e máquinas para a produção agrícola raramente são explorados. Cardoso (2004) salienta que a crescente importância do design, principalmente com a expansão da Revolução Industrial, acabou por torná-lo predominantemente urbano. Logo, é preciso retomar ao caráter abrangente desta disciplina e demonstrar sua aplicabilidade também nos meios rurais.

Em suma, portanto, a motivação deste trabalho nasce de um resgate da função socioeconômica do design de produtos na sociedade. Considerando o contexto local, a

economia do Rio Grande do Sul, e também de muitos outros estados, está ainda fortemente atrelada à agricultura. Dentre as culturas agrícolas, foi possível perceber que a de cana-de-açúcar é uma das mais agressivas aos trabalhadores, não apenas no Brasil como em outras partes do mundo, e os equipamentos de colheita manual muitas vezes se mostram precários (LAAT, 2010). Assim, avaliar melhorias nestes artefatos pode beneficiar não somente seus usuários, mas também os setores metal-mecânico e de implementos agrícolas, que desempenham importante papel na economia regional, contando com um número significativo de empresas. Desta forma, o projeto em questão acaba por considerar também os benefícios à sua própria cadeia fabril, estando em **consonância com o chamado “tripé da sustentabilidade”**. Portanto, há relevância em dirigir um estudo de design para esta área, ainda pouco explorada por designers de produto.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Desenvolver um equipamento destinado à colheita da cana-de-açúcar que seja mais aprimorado que os utensílios atualmente utilizados na colheita manual, melhorando a qualidade de vida e a produtividade de pequenos agricultores.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar as principais insatisfações dos trabalhadores com os equipamentos atuais, bem como os pontos mais agressivos à sua saúde e oportunidades de inovação;
- Propor soluções em design de produto para as insatisfações identificadas;
- Considerar quesitos de *ecodesign* e sustentabilidade ambiental no projeto de utensílios destinados à colheita manual;
- Adequar a proposta de projeto à viabilidade econômica de produção, preferencialmente beneficiando a indústria regional.

2. A CANA-DE-AÇÚCAR E SEU PLANTIO EM PEQUENAS PROPRIEDADES DO RIO GRANDE DO SUL (FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA)

2.1. CANA-DE-AÇÚCAR

A cana é uma planta originária da Ásia, que foi introduzida no Brasil por volta de 1530, mas só chegou ao Rio Grande do Sul em 1725, aproximadamente, trazida por imigrantes açorianos. Trata-se de uma gramínea de clima tropical, que apresenta preferência por solos profundos e bem drenados (EMATER/RS-ASCAR, 2008). A planta se desenvolve melhor numa faixa entre 21° e 27°C, mas segundo Rodrigues (1995), apesar da temperatura ser o fator climático mais importante para a sua produção, a cana tolera o calor forte e cresce até mesmo em regiões com temperatura média de verão de 47°C na lavoura. Abaixo de 20°C, contudo, o crescimento dos colmos começa a ser fortemente prejudicado e abaixo de 12°C ele é paralisado, gerando perdas tanto na produção como no teor de açúcar da planta (EMATER/RS-ASCAR, 2008).

2.1.1. Caráter histórico

Antes de apresentar mais aspectos técnicos da cana, se faz necessário salientar sua relevância na história do Brasil, por mais que este aspecto não tenha direta influência sobre o desenvolvimento do projeto em si. Um dos autores que mais tratou a respeito deste assunto foi o sociólogo, antropólogo e escritor pernambucano Gilberto Freyre, autor de *Casa Grande & Senzala* e *Assucar*, entre outros. Ventura (2000) aponta que, para Freyre, o complexo agrícola que se criou em torno da cana-de-açúcar nas regiões setentrionais do país no século XIX foi a base de formação das famílias e da própria sociedade brasileira, pois o modelo socioeconômico dos engenhos foi depois aplicado às minas e às fazendas cafeeiras do Sudeste, de onde se espalhou para outras partes do país. Isto propiciou a miscigenação das tradições ibéricas, africanas e indígenas, dando origem à civilização brasileira. Para Duarte (2004), a cana-de-açúcar é o próprio símbolo desta integração (mesmo que forçada) entre culturas na época, pois, tendo sido introduzida no Brasil pelos portugueses, seu plantio constituiu mais um ato de colonização, dentre tantos outros. Segundo ela, na obra *Nordeste*, por exemplo, apesar de Freyre explorar as relações sociais no engenho e as interações entre homem e natureza de maneira

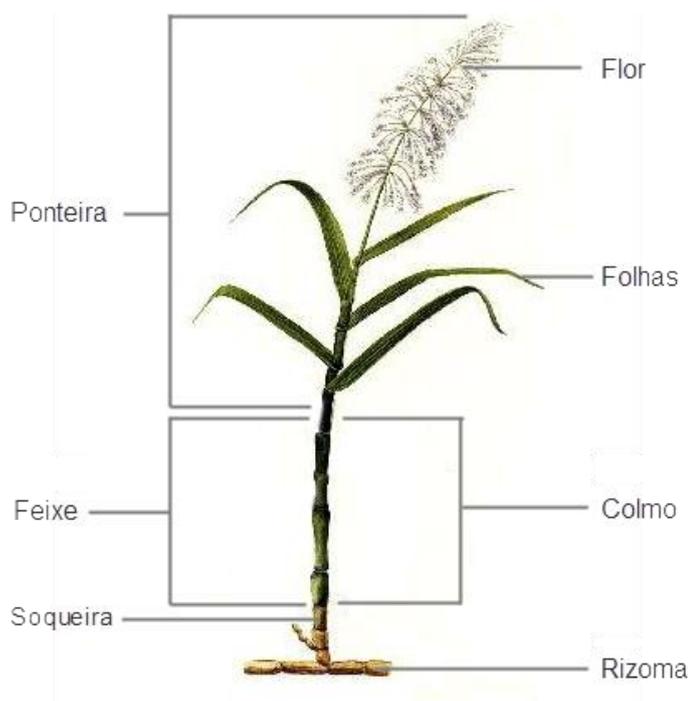
magistral, a cana-de-açúcar pode ser considerada a verdadeira personagem principal da obra, pois toda a trama se desenrola a partir da planta. Nas palavras da autora:

Entre um passado de possibilidades e um presente sem lirismo, a cana-de-açúcar aparece como o fio condutor no desenrolar do drama. É ela o elemento que surge a dinamizar uma civilização [...] como nenhuma outra em todo o Brasil. Simultaneamente, a cana parece ganhar independência, escravizando esta mesma sociedade, engolindo vorazmente suas matas, suas águas e seus homens, homogeneizando a paisagem em sucessão de canaviais [...] (DUARTE, 2004, p. 128)

2.1.2. Morfologia

Basicamente a cana-de-açúcar apresenta raízes e rizomas em sua porção terrestre, enquanto a parte aérea é composta por folhas, flores e o colmo (caule das gramíneas), revestido pela palhada e onde se concentra a sacarose (açúcar). Por este motivo é a parte economicamente mais importante da planta. Sob a ótica do agricultor, contudo, a cana costuma ser dividida em raiz, “feixe” (o colmo), palha e “ponteira” – toda a região superior da cana, incluindo suas folhas. A Figura 3 mostra esta subdivisão com maior clareza. O corte é sempre feito o mais rente possível ao solo, para aproveitar ao máximo a planta.

Figura 3 - Morfologia da cana conforme a subdivisão típica dos agricultores (esq.) e a oficial da botânica (dir.)



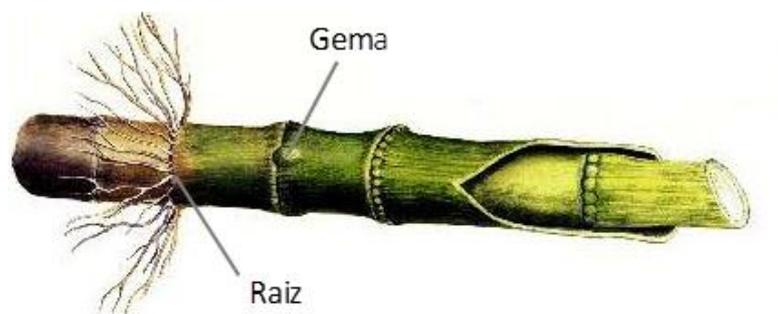
Fonte: Autor, adaptado de Valder, 1997.

As funções e o aproveitamento de cada parte da planta na prática serão explicados com maiores detalhes no capítulo 4, em que é apresentada a pesquisa de campo.

2.1.3. Plantio

O plantio da cana é feito distribuindo as mudas em sulcos abertos na terra, geralmente utilizando trator, arado ou mesmo enxada. Segundo a EMATER (2008), são utilizadas como mudas pedaços **da planta (denominados “toletes”) que contenham três a quatro gemas** – região do colmo onde começa o brotamento da planta, melhor exemplificado na Figura 4.

Figura 4 - Vista em corte de uma muda de cana, evidenciando as gemas e o enraizamento.



Fonte: Autor, adaptado de Valder, 1997.

O espaçamento entre sulcos deve ser entre 1,4 e 1,5 m, e cada metro de sulco deve receber entre 12 a 15 gemas. São utilizadas, em média, sete toneladas de mudas por hectare. (EMATER/RS-ASCAR, 2008). Segundo Stolf (1986), deve-se realizar a cobertura logo após a colocação das mudas nos trilhos, pois desta forma as mesmas ficam o menor tempo possível expostas à radiação solar, reduzindo a perda de água.

A cana é uma cultura semiperene (também chamada semipermanente), pois após ser cortada ela rebrota, sendo o replantio necessário apenas depois de um período entre 4 a 6 anos.

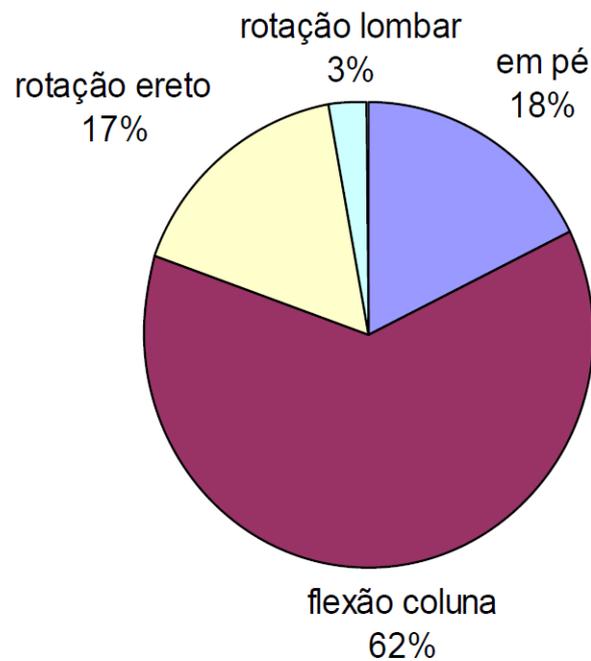
2.1.4. Colheita

Conforme descrito anteriormente, nas pequenas propriedades gaúchas a colheita da cana é feita manualmente, situação que algumas vezes se repete mesmo nos grandes canaviais de outros estados e países, apesar do avanço da mecanização. Conforme relata

Ferreira (2008), a tarefa dos cortadores é, *aparentemente*, simples. Munidos de facões, os trabalhadores precisam cortar a cana o mais rente possível ao solo, para o máximo aproveitamento do colmo. Além disso, ela deve ser “despontada”, ou seja, deve ter sua “ponteira” (Figura 3) superior cortada, e a palha que envolve o colmo deve ser retirada, também com o auxílio do facão. Após esta etapa os “feixes” devem ser carregados até a carreta ou carro-de-boi que fará o transporte das mesmas.

Apesar da trivialidade destas etapas básicas, Laat (2010), por exemplo, indica que durante a colheita um trabalhador permanece em média 62% do tempo em flexão lombar, postura crítica que apresenta riscos de desgaste aos ossos e articulações.

Gráfico 1 - Observação da postura adotada por cortadores de cana durante sua atividade diária.



Fonte: Laat, 2010.

Além disso, as variações das condições climáticas, do solo e das próprias plantas, bem como a elevada carga de trabalho, tornam a atividade de colheita bastante exaustiva.

2.2. CARACTERIZAÇÃO DA REALIDADE REGIONAL

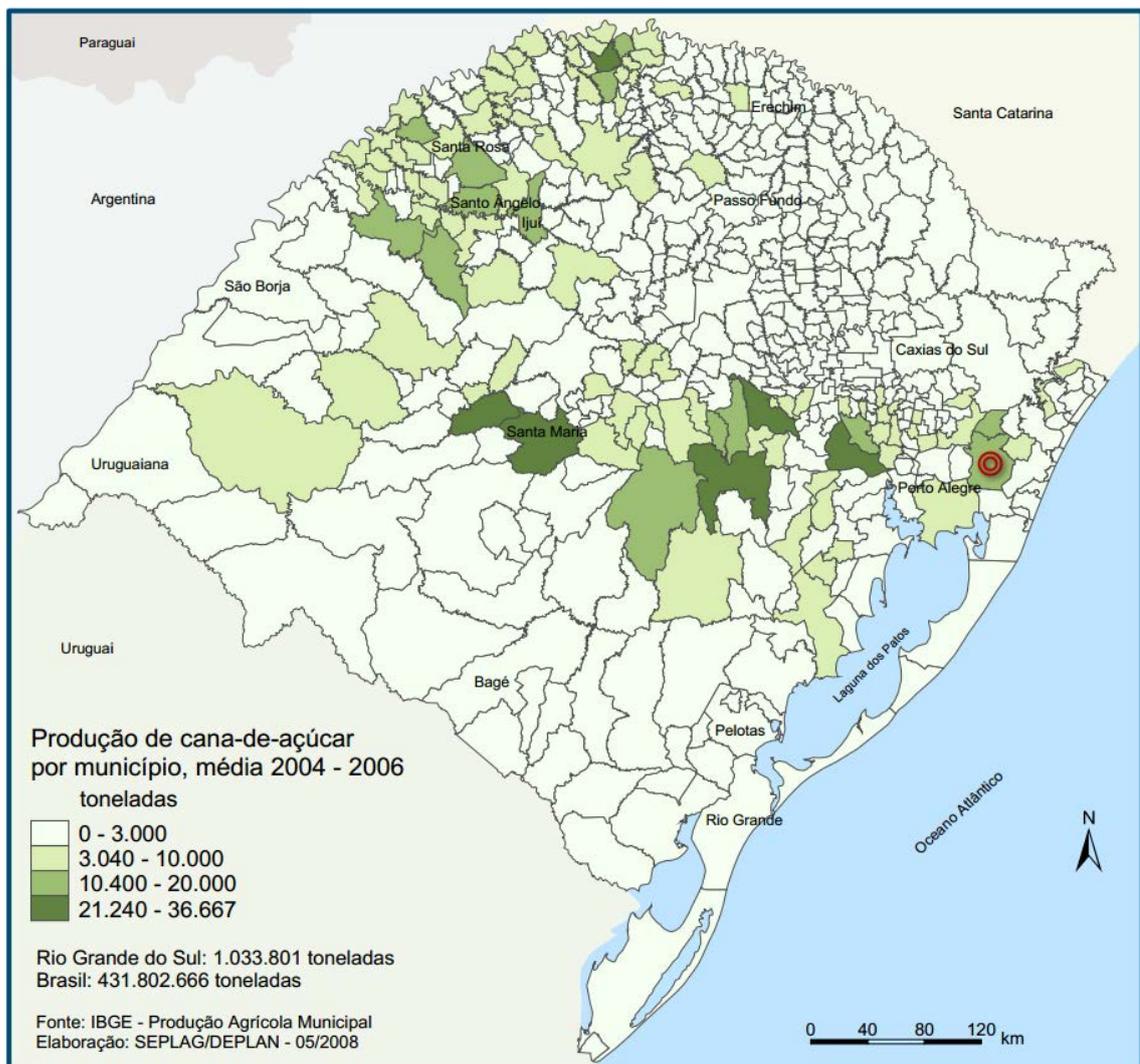
Apesar da abrangência da cana em todo território nacional, a pesquisa foi desenvolvida em âmbito mais restrito, procurando atender às necessidades da

comunidade local. Nesta seção é apresentada a cidade escolhida para a coleta de dados e um pouco de suas particularidades bem como da entidade parceira envolvida.

2.2.1. O município de Santo Antônio da Patrulha

Dentre as cidades produtoras de cana-de-açúcar e derivados no RS, Santo Antônio da Patrulha é uma das mais tradicionais e estruturadas, bem como uma das mais próximas da capital Porto Alegre. Por estes motivos, foi escolhida como destino para a pesquisa de campo. A Figura 5 mostra graficamente a produção média de cana por município no RS entre os anos de 2004 e 2006, com Santo Antônio destacado em vermelho.

Figura 5 - produção média de cana no RS entre 2004 e 2006.



Fonte: DEPLAN, 2008, adaptado pelo autor.

Santo Antônio foi um dos quatro primeiros municípios da chamada Capitania do Rio Grande de São Pedro do Sul, instaurada em 1809. Seu povoamento teve início por volta de 1725, mas o município só foi oficialmente instaurado em 3 de abril de 1811 (FEE, 2009). Com uma área de 1.049 km², Wandscheer (2010) indica que 41,1% de sua população de 39.829 habitantes ainda se encontra na zona rural, enquanto 58,9% está na zona urbana. A cidade se limita ao norte com Rolante e Riozinho; ao leste com Osório e Caraá; ao sul com Viamão e Capivari e no oeste com Taquara, Glorinha e Gravataí.

A cana foi trazida pelos imigrantes açorianos, e logo se tornou uma cultura tradicional em virtude das características físicas do município, favoráveis ao plantio. Ao longo dos séculos seguintes, contudo, sua produção passou por grandes oscilações. Santos (2011) afirma que rapidamente o cultivo da cana passou a constituir a principal fonte de renda das famílias agricultoras, bem como a produção artesanal de seus derivados. Segundo Wandscheer (2010), no princípio era produzida principalmente cachaça, produto que, conforme Fernandes (2010), teve sua fama amplamente espalhada pelo estado entre o final do século XIX e início do século XX. No entanto, ao longo dos anos foram surgindo outros produtos: o melado, a rapadura, entre outros doces e, posteriormente, o açúcar mascavo (WANDSCHEER, 2010). Na primeira metade do século XX o açúcar produzido artesanalmente teve grande importância na economia regional, pois além do consumo próprio dos habitantes ele também alimentava fábricas de vinho e outras bebidas da tradicional serra gaúcha, povoada por imigrantes italianos (FERNANDES, 2010). Seu apogeu aconteceu na década de 1950 e, nas palavras de Barroso (2007 *apud* Fernandes, 2010), **“o novo nordeste passara a pairar por aqui”**.

Fernandes (2010) aponta que no final desta década, contudo, uma portaria do Instituto do Açúcar e do Alcool proibiu o uso do açúcar mascavo no processo produtivo do vinho e também do café, o que trouxe grande recessão econômica aos produtores da região. Num esforço para organizar os agricultores e conter a crise, foi criada a Cooperativa Canavieira de Santo Antônio da Patrulha que, em conjunto com movimentos políticos da época, propôs a criação de uma indústria de açúcar branco na região, já que o mascavo fora proibido. Conforme Barroso (2007 *apud* Fernandes, 2010), este projeto social de revitalização da região foi apoiado tanto pelo governador Leonel Brizola como pelo presidente João Goulart.

Assim, em 1963 foi inaugurada a AGASA – Açúcar Gaúcho S.A., cujas ruínas até hoje se situam entre a Lagoa de Barros e a RS-030, na altura do km 17 (FERNANDES, 2010). A instalação da usina de açúcar branco modificou as práticas de produção dos

pequenos agricultores, que passaram a se dedicar “mais ao plantio extensivo da cana para vendê-la in natura a AGASA, deixando de processá-la” (SANTOS, 2011, p. 22). Nascia uma nova época de abundância na cidade, que se refletiu nos elementos de divulgação da cidade, conforme é mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Folder de divulgação da cidade da década de 1970.



Fonte: Acervo do Museu Juca Maciel *apud* Barroso, 2007

Apesar desta revitalização do cultivo de cana na região, sucessivas crises acabaram por encerrar as atividades da usina, que fechou suas portas em janeiro de 1990. Alguns motivos são tidos como principais no fracasso desta iniciativa, cerca de 30 anos depois de seu nascimento. Fernandes (2010) aponta que alguns de seus entrevistados relataram que a empresa sofreu forte concorrência das usinas da região central do país. Santos (2011) indica que, em virtude disso, a relação entre os fornecedores de cana e a usina foi sofrendo grande desgaste pois esta repassava aos primeiros a necessidade cada vez maior de redução de custos, pagando valores cada vez mais baixos pelos insumos. Além disso, as más condições das vias da cidade encareciam o transporte da matéria-prima até a usina. Este conjunto de fatores levou a AGASA a sucumbir por não conseguir concorrer com os preços praticados em outras regiões do Brasil.

A nova crise local levou à retomada da produção artesanal de derivados da cana, como melado, açúcar mascavo, rapadura e cachaça, produtos que perduram até hoje, mas em escala bem menor do que outrora. Wandscheer (2010) salienta que esta queda de produção tem gerado uma crescente redução do envolvimento da população do campo com as atividades agrícolas, ampliando o êxodo rural e aumentando o desemprego

urbano no município. Mesmo assim, Santo Antônio ainda se encontra entre os 10 principais produtores de cana do estado, conforme indica a Tabela 2.

Tabela 2 - Área, produção e rendimento da cana nos principais municípios do RS em 2008.

MICRORREGIÕES	MUNICIPIOS	ÁREA COLHIDA		PRODUÇÃO		RENDIMENTO	
		(ha)	%/RS	(t)	%/RS	(kg/ha)	%Mun/RS
Cerro Largo	Roque Gonzales	2.200	5,98	132.000	24,43	60.000	154,19
Cerro Largo	Porto Xavier	1.200	3,26	60.000	15,58	50.000	128,49
Santa Maria	Jaguari	800	2,18	38.000	9,74	47.500	122,07
Cruz Alta	Salto do Jacuí	470	1,28	32.900	5,06	70.000	179,89
Campanha Ocidental	São Francisco de Assis	500	1,36	30.000	4,80	60.000	154,19
Erechim	Aratiba	600	1,63	30.000	2,73	50.000	128,49
Frederico Westphalen	Iraí	840	2,28	21.000	2,36	25.000	64,25
Frederico Westphalen	Vicente Dutra	450	1,22	20.250	2,28	45.000	115,64
Erechim	Marcelino Ramos	350	0,95	19.250	1,99	55.000	141,34
Osório	Santo Antônio da Patrulha	300	0,82	18.000	1,81	60.000	154,19
SUB-TOTAL		7.710	20,96	401.400	70,78	52.062	133,79
TOTAL RIO GRANDE DO SUL		36.776	100	1.431.081	100	38.913	100

Fonte: SEAPA, 2010.

Em 2007, na busca por melhorias na qualidade dos produtos oferecidos pelos agricultores às pequenas indústrias da região, foi criado o *Programa Puro Engenho para a qualificação do melado e açúcar mascavo*, conforme cita Santos (2011), que perdura até hoje. Um relato mais recente e amplo a respeito da relação entre produtores e indústria será dado na entrevista do item 4.1.2.

2.2.2. O papel da EMATER no Rio Grande do Sul e no contexto desta pesquisa

O presente trabalho foi conduzido em parceria com a EMATER (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural) de Santo Antônio da Patrulha, conforme é relatado no capítulo 4. Antes disso, contudo, se faz necessário esclarecer o papel da entidade na região. Segundo a própria entidade, a EMATER presta assessoria em atividades de produção de alimentos a mais de 250.000 famílias em 9.550 comunidades rurais no Estado, atendendo a uma quantidade superior a 480 municípios. O público assistido é composto por agricultores familiares, pescadores artesanais, assentados, indígenas e quilombolas (EMATER/RS-ASCAR, 2009). Segundo seu relatório anual de 2011, a atual missão da organização é:

Promover o desenvolvimento rural sustentável por meio de ações de assistência técnica e extensão rural, mediante processos educativos e participativos, visando ao fortalecimento da agricultura familiar e suas organizações, criando condições para o pleno exercício da cidadania e a melhoria da qualidade de vida da população gaúcha (EMATER/RS-ASCAR, 2012).

Entre as atividades estão a capacitação dos agricultores, a promoção de eventos educacionais, a divulgação de informações relevantes mediante seus programas de rádio e televisão e suas publicações, o incentivo ao trabalho e educação de jovens rurais, a orientação no uso de tecnologias e a assessoria em melhorias de saneamento e desempenho das lavouras. Desde 1977 a Instituição atua em conjunto com a ASCAR (Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural), que orienta e auxilia agricultores a obterem recursos financeiros para a melhoria de suas atividades (EMATER/RS-ASCAR, 2009).

3. PLANEJAMENTO DE PROJETO

3.1. HIPÓTESE INICIAL

Conforme citado na seção 1.1, Laat (2010) destaca que frequentemente os equipamentos utilizados na colheita manual de cana-de-açúcar se mostram precários e ergonomicamente inapropriados. Analogamente, Gonzaga (2004, p. 25) afirma que **“Ferramentas apropriadas são aquelas que têm dimensão, forma e peso adequados, não só para obter mais rendimento no trabalho, mas também para dar maior segurança aos trabalhadores”**. A Figura 7 mostra esquematicamente que, além do tradicional facão, um típico trabalhador dos canaviais também deve utilizar equipamentos de proteção individual, tais como perneiras, botas, óculos e luvas.

Figura 7 - Ilustração mostrando os equipamentos básicos dos cortadores de cana.



Fonte: Autor, adaptado de Google Imagens, 2012.

Segundo Gonzaga (2004), contudo, em virtude da sua inadequação antropométrica, muitos destes **EPI's são** vistos pelos cortadores como prejudiciais ao trabalho diário, conforme compilado na Tabela 3.

Tabela 3 - Aceitação do uso dos equipamentos de proteção individual.

EPI	Protege*	Atrapalha*
Perneira	87,5%	45,2%
Óculos de proteção	87,0 %	50,0%
Luvras de segurança	64,5%	79,4%
Sapatos de segurança	77,5%	45,2%

* Respostas múltiplas

Fonte: Gonzaga (2004)

Assim, a hipótese inicial levantada para este projeto, posteriormente analisada mediante pesquisa *in loco*, foi a de aplicar melhorias e inovações sob a ótica do design aos artefatos atualmente utilizados na lavoura manual de cana, ou até mesmo propor novos produtos para este fim. Antes da coleta de dados propriamente dita, contudo, se faz necessário expor os métodos utilizados.

3.2. MÉTODOS

De uma maneira geral, é possível identificar três grandes passos em quaisquer métodos de projeto em design: a etapa informacional, onde é feita a coleta e a análise inicial dos dados; a etapa de desenvolvimento, onde são geradas as alternativas de projeto e definidas as soluções; e a etapa executiva, onde as mesmas são aplicadas e detalhadas, conforme descrito na Figura 8. Indo um pouco além, é possível até mesmo afirmar que toda projeção é constituída desta forma, **com “entradas” (*input*)**, o **processo de transformação em si e as “saídas” (*output*)**, conforme afirma Slack (1999). Apesar das diferentes nomenclaturas adotadas, estas três fases se repetem nos métodos propostos por vários autores, como Archer (1972), Löbach (1976), Munari (1981), Baxter (2000), Cross (2000), Back (2008), entre outros. Não obstante, cabe aqui uma observação: o limite entre estas etapas é nebuloso, pois elas muitas vezes se mesclam em seus limiares e a linearidade idealista da maior parte dos métodos se mantém apenas no papel, mostrando um caráter iterativo ao ser posto em prática, como representado na Figura 8, através das setas em ambos os sentidos.

Figura 8 - Macro etapas do processo projetual.



Fonte: Autor, adaptado do Modelo de Archer, 1972.

Assim, os modelos teóricos têm na verdade o propósito de servirem como guias para que a projeção seja menos caótica e mais eficiente, sem engessá-la dentro de etapas rígidas e imutáveis. Mais do que isso, o processo de design deve procurar ser uma prática participativa que, situada num determinado contexto regional e histórico, enfatize aspectos locais, ecológicos, saudáveis e todos os demais que conduzam os envolvidos a uma melhor qualidade de vida (CAUDURO, 2004).

Feita esta ressalva, é possível observar que muitos métodos voltados às preocupações sociais em design se diferenciam dos demais justamente na primeira das grandes etapas, a informacional. Esta assertiva se mostrará mais clara a seguir, após a apresentação dos modelos que nortearam a execução deste trabalho: Design Sociotécnico, HCD e Etnografia aplicada ao design. Tais abordagens foram escolhidas principalmente por suas características de coleta, organização e inserção das demandas dos usuários no processo de projeto, considerações que neste trabalho norteiam uma das etapas mais relevantes.

3.2.1. Design sociotécnico

O design sociotécnico não é exatamente um método propriamente dito, com fases em uma sequência definida, mas sim a proposta de uma nova abordagem para projetos de produtos e/ou sistemas que prezem pela inovação e tenham enfoque local, contribuindo para uma sociedade sustentável não apenas reduzindo impacto ambiental, mas também considerando a expectativa dos usuários e a realidade das empresas, para maior competitividade desta e do próprio país. (GUIMARÃES, 2010) Entre suas **propostas, o design sociotécnico busca focar o conceito de projeto do “berço ao berço”² ao invés do modelo produtivo capitalista convencional “do berço ao túmulo”, porém não somente sob a visão de preservação do meio-ambiente, mas também englobando a ótica social. Em essência, isto se traduz no atendimento às necessidades dos usuários locais, bem como na potencial geração de trabalho e renda para os mesmos, além da fundamental redução de impacto ambiental.**

Ainda no âmbito “usuários”, outro diferencial deste modelo de projeto é considerar os múltiplos usuários envolvidos durante todo o ciclo de produção, transporte e manuseio do produto. Segundo a visão sociotécnica, eles são quatro: o usuário primário, que está envolvido com a fabricação do objeto; o secundário, envolvido na logística e manutenção; o terciário ou “final”, que utiliza o produto de fato e por fim o próprio meio-ambiente e a sociedade como quarto “usuário”. Desta forma as soluções de projeto precisam englobar não apenas as necessidades do usuário final, mas também dos intermediários, do próprio planeta e da sociedade. (GUIMARÃES, 2010)

Na outra ponta desta balança está a análise dos subsistemas envolvidos, que são novamente classificados em quatro tipos:

1. **Pessoal: também chamado de “humano”,** engloba os aspectos demográficos da região abordada, bem como às características psicossociais e o nível de profissionalismo dos habitantes;

² O conceito berço ao berço postula que produtos e seus componentes devem ser criados para, ao final de seu uso, serem reutilizados com suas propriedades não desgastadas, como nutrientes tecnológicos no chamado metabolismo tecnológico, ou então voltarem à natureza como nutrientes biológicos e não como poluentes, através do metabolismo biológico (McDonough e Braungart, 2002).

2. **Projeto de trabalho:** relacionado à organização do trabalho na empresa: sua complexidade (relacionada à quantidade de atividades desenvolvidas), a normatização de tarefas, a centralização de decisões e as características dos processos produtivos;
3. **Tecnológico:** considera os equipamentos fabris disponíveis;
4. **Ambiente externo:** trata da relação da empresa com o meio na qual ela se encontra, considerando sua capacidade e velocidade de adaptação às mudanças.

(HENDRICK E KLEINER, 2001 *apud* GUIMARÃES, 2010).

Da mesma forma como é descrito nas abordagens de marketing, o ambiente externo é considerado o de maior influência sobre as decisões de projeto, pois engloba forças econômicas, demográficas, tecnológicas, políticas, legais e culturais que não podem ser modificadas, mas que determinam grande parte dos requisitos envolvidos (KOTLER E KELLER, 2006). Contudo, ao contrário de uma visão meramente mercadológica (e já antiquada mesmo em marketing), a estratégia sociotécnica prima em atender às necessidades dos usuários ao invés de buscar maximizar a lucratividade com o **atendimento das demandas de “clientes” ou “consumidores”** – ou seja, necessariamente aqueles com poder de compra. São consideradas também as demandas das parcelas da população com menor poder aquisitivo ou de alguma forma desassistidas.

Tais necessidades são levantadas mediante três fontes de dados: os especialistas, a **literatura e os próprios usuários. Como “especialistas” entende-se** aqueles que já detêm maior conhecimento e principalmente vivência no assunto abordado, por exemplo, engenheiros ambientais, representantes de entidades e comunidades, entre outros. Já a **“literatura”, neste caso, consiste em indicadores, relatórios e outros documentos emitidos** por entidades confiáveis de pesquisa. Por fim, a consulta aos usuários frequentemente acontece *in loco*, seguindo uma abordagem de coleta de dados presencial, como já fazem muitas empresas e grupos de inovação ao redor do mundo.

3.2.2. Human Centered Design Toolkit (HCD)

Entre as empresas supracitadas está a IDEO, uma reconhecida consultoria global de design em suas várias formas. Há mais de 10 anos a empresa tem intercalado demandas de clientes diversos com projetos sociais em comunidades carentes de

recursos, projetando não apenas produtos, mas também serviços e sistemas. Em 2011 a companhia fundou a IDEO.org, sua divisão de desenvolvimento sem fins lucrativos.

Em 2009, a Fundação Bill & Melinda Gates financiou um projeto de criação de um método que servisse como guia de inovação e design para pessoas em regiões empobrecidas, que vivessem com menos de US\$2,00 / dia. Para atingir este objetivo propôs à IDEO que esta trouxesse para o segmento não lucrativo toda a sua experiência em resultados inovadores para empresas de sucesso, e a associou a outras três organizações: a IDE (International Development Enterprise), uma entidade que atua em prol da melhoria dos recursos hídricos para pequenos agricultores ao redor do mundo; a ICRW (International Center for Research on Women) e a Heifer International, organização que trabalha com a doação de animais para a subsistência de pequenas propriedades rurais. Assim, após uma série de protótipos e testes em campo, nasceu o Kit de Ferramentas HCD, um guia para ajudar equipes engajadas em projetos sociais a entender melhor as necessidades da comunidade e resolvê-las, encontrando soluções inéditas e financeiramente viáveis para problemas persistentes. (IDEO, 2009)

Especialmente desenvolvido para ONG's e empreendedores sociais que trabalhem com regiões empobrecidas na África, Ásia e América Latina, este documento está disponível gratuitamente online³ e apresenta atividades a serem praticadas ao longo das etapas do processo. Através do trabalho em campo com as equipes da IDE na Etiópia, Zâmbia, Camboja, Vietnã, e nos EUA, bem como junto à Heifer International no Quênia, o processo HCD foi adaptado para o uso com participantes de contextos em desenvolvimento.

A sigla “HCD”, além do acrônimo de *Human-Centered Design* (Design Centrado no Humano, em tradução livre), sintetiza as três macro-fases do processo descrito no kit: *Hear, Create, Develop* (escutar, criar, implementar). Ao invés de uma metodologia restrita e complexa, o HCD fornece meios práticos, flexíveis e de fácil entendimento, reunindo uma série de técnicas para a coleta de dados e posterior desenvolvimento (ver Figura 9).

O HCD destaca a importância da pesquisa qualitativa, salientando que o seu principal ponto positivo é o entendimento profundo da situação-problema, pois permite que as pessoas descrevam os obstáculos com suas próprias palavras, o que frequentemente leva os pesquisadores a questionar alguns pressupostos. Sua fraqueza,

³ <http://www.ideo.com/work/human-centered-design-toolkit>

contudo, é não possuir uma grande abrangência, pois não cobre uma amostragem suficientemente ampla para que seja considerada estatisticamente válida. Isto, contudo, **está de acordo com a linha de raciocínio “pense local”, em consonância com a abordagem sociotécnica do design.**

As soluções obtidas pelas ferramentas HCD, antes de serem levadas a uma próxima etapa de desenvolvimento, devem passar pelo crivo do que o documento intitula **“as três lentes”**: **desejabilidade, praticabilidade e viabilidade** ou, **em outras palavras; se o resultado a ser perseguido é de fato algo que a comunidade deseja, se é realmente praticável sob as óticas técnicas e organizacionais e se é economicamente viável.** (IDEO, 2009).

Figura 9 - Exemplo de uma das páginas do Kit de Ferramentas HCD.

28 H C D

Ouvir
Escolha os Métodos de Pesquisa
Método: Entrevista Individual

4 ESCOLHA MÉTODOS DE PESQUISA

Pesquisa em design é útil não só para entender os indivíduos como para modelar o comportamento dos mesmos dentro do contexto e da comunidade que os cercam. Assim, é importante empregar diversos métodos de pesquisa. Além dos métodos descritos neste livro, fontes secundárias e dados quantitativos podem ser usados para entender a renda e diferenças de patrimônio entre diferentes regiões.

Os cinco métodos descritos aqui são:

- » Entrevistas individuais
- » Entrevistas em grupo
- » Imersão em contexto
- » Auto-documentação
- » Descoberta guiada pela comunidade
- » Entrevistas com experts
- » Buscar inspiração em novos locais

**MÉTODO:
ENTREVISTAS INDIVIDUAIS**

Entrevistas individuais são críticas para a maioria das pesquisas em design, pois proporcionam um mergulho profundo e rico em comportamentos, razões e vida das pessoas. Se possível, tente encontrar o participante em seu próprio lar ou ambiente de trabalho, de forma que possa observá-lo em seu contexto. Entrevistas em contexto colocam o participante mais à vontade e permitem que você veja objetos, espaços, e pessoas que o participante mencionar durante a entrevista.

Notas do facilitador

🕒 **Tempo:**
60-90 mins.

☆ **Dificuldade:**
☆☆☆☆

Passo 1: Após a sua equipe ter escrito o Guia de Entrevistas (veja o Guia de Campo), pratique as entrevistas individuais em grupos de duas pessoas. Uma pessoa faz o papel do entrevistador e a outra do entrevistado. Peça à equipe que pratique a "entrevista" com um parceiro.

Passo 2: Pergunte à equipe o que aprenderam com esse exercício. Existem tópicos ou perguntas que ficaram de fora?

ATENÇÃO

Se a equipe de pesquisa for grande, no máximo três pessoas devem realizar a entrevista para não intimidar o participante e/ou criar dificuldades em acomodar um grupo grande na casa do participante.

➡ Consulte o Passo 5: Desenvolvendo uma Abordagem de entrevista para formular perguntas para as suas entrevistas individuais.

Fonte: IDEO, 2009.

Os principais métodos apresentados na etapa Ouvir (*Hear*) do HCD foram aplicados durante a coleta de dados. O primeiro a ser utilizado, intitulado “entrevista com especialistas” (IDEO, 2009, p. 38), ressalta a importância de consultar *experts* no assunto, para que estes transmitam seus conhecimentos prévios, informem técnicas aplicáveis e informações em profundidade. Procurar especialistas pode ser útil

especialmente para absorver uma grande quantidade de informações em um curto espaço de tempo. (IDEO, 2009)

Não obstante, o próprio documento alerta que a consulta a um *expert* não deve de maneira alguma constituir a única fonte de dados para o projeto, tampouco substituir pesquisas com participantes e comunidades, pois frequentemente especialistas acabam por superestimar seu conhecimento sobre o assunto, ou simplesmente condicionam o viés do pesquisador ao seu próprio, de forma a inibir oportunidades de inovação. Um **método complementar, portanto, é o das “entrevistas individuais” com usuários**, fator crítico para o sucesso da coleta de dados.

Entrevistas individuais [...] proporcionam um mergulho profundo e rico em comportamentos, razões e vida das pessoas. Se possível, tente encontrar o participante em seu próprio lar ou ambiente de trabalho, de forma que possa observá-lo em seu contexto. Entrevistas em contexto colocam o participante mais à vontade e permitem que você veja objetos, espaços, e pessoas que o participante mencionar durante a entrevista. (IDEO, 2009, p. 28)

Além de abordar o entrevistado em seu próprio local de atuação e solicitá-lo a mostrar os objetos com as quais interage e os ambientes em que isto acontece, para melhor compreender a dinâmica dos processos que ele descreve, outras práticas são recomendadas para que se possa tirar o melhor proveito das entrevistas semiestruturadas. Começar a abordagem com questões mais simples e confortáveis, por exemplo, é uma maneira de atenuar a tensão e a possível desconfiança da presença de um entrevistador: atribuições de cada habitante do recinto, seus dados demográficos, tempo de serviço, etc. Devem-se atingir questões de maior profundidade gradativamente, procurando entender as razões e motivos dos envolvidos. Uma das técnicas recomendadas para tal é a dos **“cinco porquês”** (IDEO, 2009, p. 46), questionando **frequentemente** “por quê?” ao entrevistado, a fim de entender o encadeamento de eventos e estimular o próprio participante a reexaminar suas justificativas, possivelmente encontrando oportunidades de mudança em procedimentos já arraigados.

Por fim, outro exercício apresentado na etapa Ouvir é a busca por inspiração em outros lugares (IDEO, 2009, p. 39), pois frequentemente soluções aplicadas em outro contexto podem ser adaptadas à situação-problema que está sendo pesquisada. Para realizar este passo, contudo, é obviamente necessário que a pesquisa inicial já tenha sido feita, e principalmente que já se tenha compreendido minimamente o relacionamento entre pessoas, objetos e ambiente. Para tanto, o HCD recomenda a imersão da equipe no

contexto de pesquisa, pelo tempo que for mais conveniente ao projeto e/ou conforme a disponibilidade dos envolvidos: seja um mês, uma semana, um dia ou apenas uma noite, como relata o estudo de caso apresentado no documento, em que um grupo da IDE passou uma noite na casa de uma família de agricultores em Arsi Negelle, na Etiópia, como parte de um projeto para aumentar a renda das pequenas propriedades rurais. (IDEO, 2009)

O HCD alerta, porém, para a fundamental diferença entre os atos de “observar” e de “interpretar” (IDEO, 2009, p. 49), chamando a atenção do pesquisador para que se mantenha isento de conceitos pré-concebidos com relação aos comportamentos e práticas que observa, principalmente em contextos culturais diferentes do seu habitual. Este tipo de abordagem para coleta de dados, contudo, não é exclusividade da metodologia HCD, tendo sido já amplamente aplicado na antropologia com a pesquisa etnográfica.

3.2.3. Etnografia aplicada ao design

A etnografia é uma prática imersiva oriunda da Antropologia, na qual o pesquisador sai de seu ambiente convencional de trabalho para vivenciar a chamada **“observação participante”**, na qual se insere no ambiente que é objeto de pesquisa. Ela preconiza que apenas desta forma é possível ao pesquisador conhecer o outro em profundidade e sem preconceitos.

O princípio da pesquisa etnográfica surgiu com o polonês Bronislaw Malinowski, que realizou seu trabalho de campo durante quase três anos entre as sociedades que habitavam as ilhas do Arquipélago de Trobriand, na Papua-Nova Guiné, publicando seu relato e proposta metodológica em 1922.

Malinowski focou grande parte de seus estudos na observação da Kula, um ritual festivo de troca de artefatos específicos entre os habitantes de cerca das vinte ilhas. Este processo era dispendioso e poderia levar até dez anos para fechar um ciclo completo de troca, onde os participantes retomassem o objeto inicialmente concedido. Mais do que observar e anotar esta prática, o pesquisador procurou entender o que fazia dela algo tão importante para os nativos, e para isso traçou um comparativo com objetos da nossa sociedade. O antropólogo percebeu que, tais quais as joias da Coroa Britânica, os braceletes e colares de conchas de Trobriand carregavam consigo um significado poderoso. Seu valor é legitimado por aspectos emocionais e simbólicos, e não por seu

valor material ou funcional. A mera posse de um objeto com tamanha relevância histórica é considerado nobre. (ROCHA, 1988).

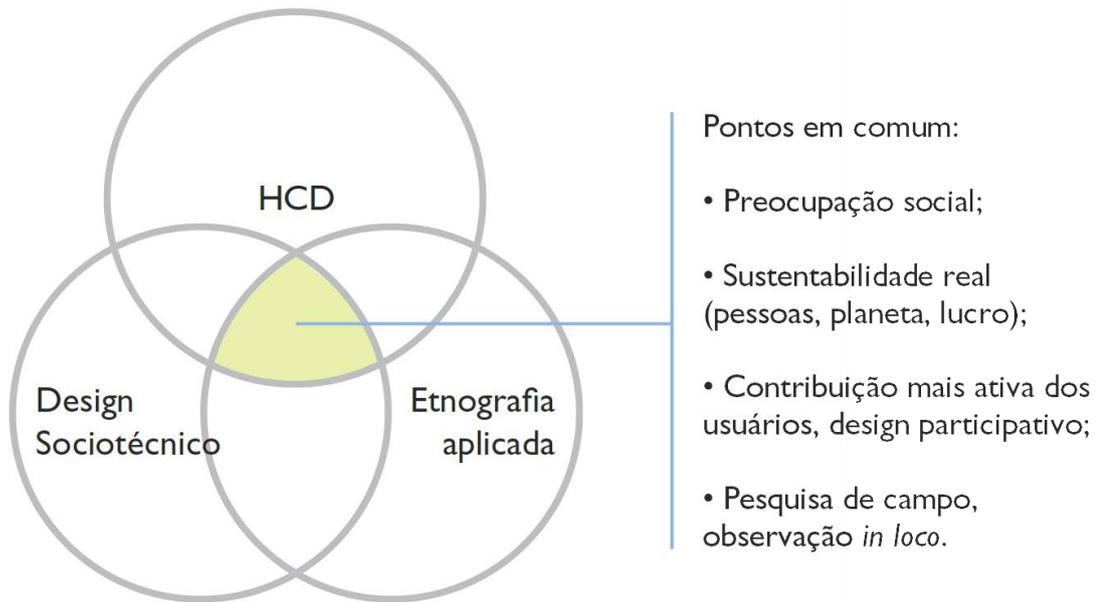
Ao estabelecer esta “comparação relativizadora” entre sociedades, como denomina Rocha (1998), Malinowski desfere um duro golpe sobre o etnocentrismo, isto é; a visão **de que o grupo étnico e social a qual pertencemos é naturalmente mais “evoluído” e “superior” a outros grupos ditos “primitivos”, como indígenas e aborígenes.** O antropólogo evidencia que a nossa sociedade apresenta alguns ritos e valores tais quais estas outras sociedades **antigamente vistas como “atrasadas”.** Desta forma ele estabelece também uma nova maneira de olhar para o nosso próprio grupo social, promovendo novos entendimentos sobre ele.

Esta ruptura de conceitos preestabelecidos promovida na Antropologia se aplica também à investigação em Design, pois, conforme relata Filho (2009), somente através deste contato é possível constatar as reais preferências e práticas dos usuários, reduzindo a possibilidade de interpretações parciais ou equivocadas. Aplicada ao design, portanto, a etnografia é vista mais como um estilo de pesquisa do que como uma metodologia específica. Engloba uma série de meios qualitativos para entender o comportamento e a cultura em determinados ambientes, ajudando a compreender regras locais, observar a realidade e identificar dificuldades. (PEDRON, 2009)

3.2.4. Considerações sobre os métodos adotados

É relevante observar que os métodos aqui expostos não são mutuamente excludentes tampouco conflitivos. Pelo contrário, são técnicas que se complementam, apresentando alguns pontos em comum entre si, como a preocupação com o caráter social do design, o foco no tríplice aspecto da sustentabilidade, uma contribuição mais ativa dos usuários durante o projeto (design colaborativo ou participativo) e a observação *in loco*, como indicado na Figura 10, na área em amarelo.

Figura 10 - Os métodos de projeção selecionados se interseccionam e se complementam.



Fonte: Autor.

Assim, guiado pela abordagem sociotécnica do design, pelo estilo de pesquisa etnográfica e pelas práticas do kit de ferramentas HCD, foram conduzidas visitas a campo, relatadas a seguir. É sempre importante lembrar, contudo, que estes métodos serviram como direcionadores de projeto sem serem tomadas como normas restritivas, pois, como nos aponta Jones (1984 *apud* Cauduro, 2004, p. 163), “o cerne do processo de design é mudar o que já existe, e isto inclui tanto teorias quanto práticas. Fazer da teoria o mestre da prática é seguramente uma forma **de repressão**”!

3.3. ESTRATÉGIA DE ATUAÇÃO

O plano de atividades para a primeira etapa do presente trabalho, resultado da união das abordagens de coleta de dados descritas nos métodos comentados no item 3.2.2, foi dividido em entrevistas com especialistas e visitas de campo, além de pesquisa bibliográfica. Esta etapa resultou não apenas no levantamento de um conjunto de informações robusto para direcionar o projeto, como também na própria reflexão sobre a delimitação do problema de projeto a ser enfrentado.

Inicialmente, foram ouvidos a Prof.^a PhD. Lia Buarque de Macedo Guimarães, experiente na área de projetos de design para meios rurais, e o técnico agrícola e representante da EMATER de Santo Antônio da Patrulha, Sr. Fladimir Schimit, profundo conhecedor da realidade local.

Após isto, a continuidade da coleta de dados foi realizada mediante duas visitas ao município de Santo Antônio da Patrulha, no Rio Grande do Sul, pois, conforme explicado em 2.2.1, trata-se de uma das localidades mais acessíveis e próximas da capital na qual existe cultivo de cana-de-açúcar. Nas ocasiões foram realizadas breves imersões no contexto a ser pesquisado, na companhia do Sr. Schimit, previamente entrevistado.

A primeira imersão ocorreu no dia 4 de Outubro de 2012. Em parceria com a EMATER da cidade, foram realizadas algumas visitas a agricultores da região e observados alguns processos, descritos na seção 4.2. Foram vistas lavouras de cana-de-açúcar e o processo de plantio desta, bem como as instalações de propriedade da família Barbosa que, segundo o Sr. Schimit, é uma das que melhor conseguiu qualificar seus processos produtivos.

A continuidade da pesquisa de campo ocorreu em 06 de Dezembro de 2012, novamente na companhia do Sr. Schimit. Os objetivos fundamentais eram acompanhar situações reais de colheita e carregamento, a fim de visualizar oportunidades de melhoria e melhor definir o problema de projeto a ser abordado. A principal visita ocorreu nas dependências do casal Sônia e José Carlos da Cunha Silveira, produtores de açúcar mascavo.

3.3.1. Cronograma

Conforme descrito pela Secretaria da Agricultura, Pecuária, Pesca e Agronegócio do RS, o cultivo da cana no estado tem maior atividade entre os meses de maio e dezembro (Quadro 1).

Quadro 1 - Calendário agrícola da cana-de-açúcar.

FASES DA CULTURA	MESES											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Preparo do solo												
Semeadura ou plantio												
Tratos culturais												
Colheita												
Comercialização												
Entressafra												

Fonte: SEAPA, 2010.

Assim, o cronograma de atividades proposto teve de se adequar ao calendário agrícola da cana, a fim de permitir a coleta de dados em tempo hábil, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Cronograma inicial de atividades do TCC.

Atividade	TCCI - 2012					TCCII - 2013				
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Embasamento teórico										
Coleta de dados oriundos estudos prévios										
Coleta de dados em visitas a campo										
Análise de dados										
Geração de alternativas										
Seleção de alternativas										
Ajustes finais										
Proposta final de produto										

Fonte: Autor.

4. PESQUISA DE CAMPO

Neste item serão relatados a entrevistas com especialistas, bem como os dois momentos de coleta de dados *in loco*, segundo a estratégia de imersão, realizados nos meses de outubro e dezembro de 2012.

4.1. ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS

Conforme comentado em 3.3, a pesquisa de campo teve início com entrevistas a especialistas, segundo recomendado pelo Kit de Ferramentas HCD e descrito em 3.2.2.

4.1.1. Lia Guimarães

A primeira entrevista, de roteiro aberto, foi realizada com a Prof.^a PhD. Lia Buarque de Macedo Guimarães, macroergonomista com experiência em projetos voltados a ambientes rurais e na área de sustentabilidade. É graduada em Desenho Industrial e em Comunicação Visual pela PUC-RJ (1977), mestre em Comunicação pela UFRJ (1987), doutora em *Industrial Engineering* pela Universidade de Toronto, Canada (1992) e com pós-doutorado na *School of Environment, Enterprise and Development (SEED/Faculty of Environment)* da Universidade de Waterloo, Canada (2010). Atualmente trabalha como tecnologista do INT e da UFRGS.

A Prof.^a Lia relatou algumas impressões e experiências que obteve ao longo de suas pesquisas e principalmente durante o desenvolvimento de um sistema mecanizado para a colheita de mandioca: **um implemento agrícola denominado “afofador”**, que fora projetado e construído em 1981 para o arranque das raízes da planta, a etapa mais penosa da colheita. Segundo ela, na época a produção de álcool carburante em larga escala demandava cada vez mais aumentos no cultivo de mandioca, sua matéria-prima, o que fora uma das motivações para o estudo. Similarmente, hoje a produção de etanol demanda acréscimo no cultivo de cana-de-açúcar em muitas regiões do Brasil. Apesar de não ser exatamente o cenário atual em Santo Antônio da Patrulha, a entrevistada destacou que o produto a ser projetado talvez possa contribuir para esta questão em outras partes do país.

Autora da abordagem do Design Sociotécnico, a Prof.^a Lia teceu algumas recomendações para as pesquisas de campo, principalmente no trato com as pessoas

envolvidas, e destacou que em muitas ocasiões os problemas enfrentados nas zonas rurais são de cunho social e político, requerendo muitas vezes projetos de serviços, de sistemas ou mesmo o *design thinking* de uma forma geral (que não define a natureza do *output* de projeto como as designações anteriores). Desta forma, é preciso um olhar atento para identificar oportunidades relevantes dentro do âmbito restrito do design de produtos.

Conforme apresentado em 1.2.1, o trabalho está focado na atividade de colheita da cana, bastante dispendiosa ao trabalhador rural. Não obstante, a Prof.^a Lia atentou para que fosse observada também a ocasião do plantio, possivelmente uma atividade tão ou mais desgastante que a colheita em si. Mais do que isso, ela recomendou que fosse analisado todo o ciclo produtivo dos pequenos agricultores de cana, assegurando que a pesquisa não deixasse escapar eventuais oportunidades de projeto em outras atividades.

Por fim, em virtude de sua experiência em pesquisas de campo e de seu projeto de pesquisa atual, a Prof.^a Lia indicou a EMATER como um importante parceiro na condução da coleta de dados. A partir desta recomendação foi feito o contato com o representante da entidade da cidade de Santo Antônio da Patrulha e ocorreu a segunda entrevista, conforme descrito a seguir.

4.1.2. Fladimir Schimit

O Sr. Fladimir Schimit é técnico agrícola e um dos representantes da EMATER no município de Santo Antônio da Patrulha. Num primeiro momento da entrevista foi preciso esclarecer ao Sr. Schimit os objetivos da pesquisa presencial de uma forma mais detalhada e elucidativa do que havia sido feito outrora via telefone, no ato de marcação da visita, pois inicialmente o entrevistado supunha que o objetivo de uma pesquisa em design residia na reformulação dos rótulos de produtos artesanais derivados da cana-de-açúcar, situação que corrobora a afirmação de Dantas e Guimarães(2008) na seção 1.1. Por este motivo, foi necessário expor as diferenças entre design gráfico, design de produto e engenharia mecânica – não sem certa dificuldade, como de praxe. Afinal, na área de agricultura familiar raríssimas pesquisas são conduzidas por designers, sendo mais frequentes os agrônomos, engenheiros químicos e economistas.

Nas palavras do Sr. Schimit, contudo, foi possível compreender melhor as funções da EMATER em Santo Antônio, entidade que funciona principalmente como intermediadora entre os pequenos agricultores e as indústrias da região, procurando equilibrar os interesses e necessidades de ambos, e quando necessário envolvendo

também algumas instituições financeiras. Alguns produtores da cidade conseguiram recursos para equipamentos, máquinas e empreendimentos de construção civil graças a esta parceria.

Os pequenos agricultores produzem principalmente melado, açúcar mascavo e cachaça artesanal. Ao explicar melhor a atual dinâmica entre os agricultores e as indústrias da região, o Sr. Schimit expôs inclusive algumas dificuldades deste relacionamento. Basicamente, os fabricantes compram dos pequenos produtores o melado oriundo da cana-de-açúcar, para a produção de doces. Segundo ele, recentemente estes fabricantes (principalmente os de rapaduras) começaram a sentir a necessidade de aprimorar a qualidade de seus produtos, devido à crescente pressão do mercado, pois os compradores ao atacado têm se tornado cada vez mais exigentes. Para tanto era preciso que toda a produção estivesse em conformidade com algumas normas e procedimentos determinados pela ANVISA e outros órgãos competentes. Disto nasceu o Puro Engenho, um programa municipal de qualificação produtiva iniciado em 2007 (conforme visto em 2.2.1). Apoiado por diversos órgãos, ele é coordenado pela Secretaria de Agricultura e Fomento Econômico da cidade, em parceria com a EMATER. Diversos proprietários se mobilizaram para atender às exigências de saneamento e higiene na produção, mas algumas empresas não se mostraram satisfeitas com o evidente acréscimo de custos em contrapartida, o que requereu a intervenção da EMATER para que fosse possível chegar a um acordo. Este é um dos diversos desafios que a entidade enfrenta na melhoria do setor agrário municipal.

Por fim, outra importante contribuição do entrevistado foi esclarecer que um dos impeditivos à mecanização da lavoura, além do evidente custo de implementação e manutenção, é a geografia da região, pois muitas plantações são feitas em aclives e sobre solo pedregoso (ver Figura 13), o que traria instabilidade e dificuldade de locomoção para colheitadeiras de grande porte. Além disso, o entrevistado citou um debate recente ocorrido no 7.º Congresso Internacional de Bioenergia, na qual grandes produtores buscavam alternativas para reduzir os danos às “soqueiras” no solo (raízes que sobram no campo após o corte, ver 2.1.2), pois isto tem acarretado perda de produtividade e levado os agricultores ao replantio depois de apenas 2 ou 3 anos. Estas afirmações são posteriormente retomadas como parâmetros fundamentais a serem considerados no desenvolvimento do projeto.

4.1.3. Carlos Henrique Wey

Outro especialista consultado foi o Sr. Carlos Henrique Wey, engenheiro mecânico e Supervisor de Testes de Produtos da empresa Stihl® Ferramentas Motorizadas Ltda. A entrevista, realizada já no início da fase de desenvolvimento conceitual, ocorreu nas próprias dependências da unidade brasileira da companhia, na cidade de São Leopoldo, RS. Na ocasião também estavam presentes Maria Cristina Werle, Analista de Produto, Giovani Beck, Analista de Marketing e Laila Dietrich, do Departamento Jurídico da empresa.

Após a análise de similares (item 5.2) e a definição de que o projeto seguiria a linha de ferramentas motorizadas, diferentemente do previsto em sua hipótese inicial (ver 3.1), surgiu então a necessidade de se consultar especialistas nesta área, o que motivou esta entrevista. Seus principais objetivos eram tentar compreender os motivos pelos quais ainda não existem equipamentos com este propósito no mercado, e se os entrevistados enxergavam limitantes técnicos em seu desenvolvimento. Além disso, é claro, foi uma proveitosa ocasião para colher informações diversas e entender qual seria o olhar corporativo sobre a proposta.

Após breve apresentação do presente trabalho até a fase em que se encontrava, de projeto informacional, o entrevistado de início já teceu análises críticas a respeito de alguns similares analisados, relatando alguns pontos que considerava perigosos. O primeiro deles foi a proximidade dos operadores das lâminas intermitentes descobertas do produto CaneThumper® (item 5.2.3.1), que requer no mínimo 3 trabalhadores para executar sua função: um condutor e dois auxiliares. Comentou também a respeito da presença de pedras no caminho e do possível prejuízo à estabilidade dos equipamentos (ver 5.2.3.2).

Em seguida o Sr. Wey relatou pesquisas similares conduzidas anos atrás na Universidade Federal Rural de Pernambuco e ainda inconclusas, na qual ele foi consultor técnico. Nestas ocasiões se descobriu que o sumo da cana-de-açúcar ataca quimicamente o aço das serras comuns, o que requer, portanto, o uso de equipamentos de corte feitos em materiais mais resistentes à corrosão, como o metal-duro – designação comumente atribuída a uma liga de carboneto de tungstênio, fabricada pelo processo de sinterização, **e comercialmente conhecida como Widia™** - nome pela qual o entrevistado se referiu. Além disso, também salientou a necessidade de se utilizar motores de pelo menos 2kW

de potência, disponíveis nas roçadeiras mais robustas, tanto da Stihl® quanto de outros fabricantes.

Quando questionado a respeito dos prós e contras de roçadeiras laterais contra roçadeiras costais (ver 5.2.2.3), o Sr. Wey salientou que estas últimas, apesar da maior flexibilidade de movimentos do operador, apresentam grande perda de potência em função do eixo cardã flexível, e nem mesmo estão disponíveis para os motores mais robustos nos modelos da Stihl®. Seus colegas corroboraram a informação e ainda destacaram que, em matéria de presença de mercado, a relação entre os dois tipos é de 100:1; isto é, para cada uma roçadeira costal são vendidas cerca de 100 unidades das laterais.

Aproveitando o ensejo do assunto, o entrevistado expôs então sua visão a respeito da questão principal investigada. Para ele, existe demanda de mercado por equipamentos portáteis melhores para corte de cana, contudo dois problemas fundamentais ainda não foram solucionados.

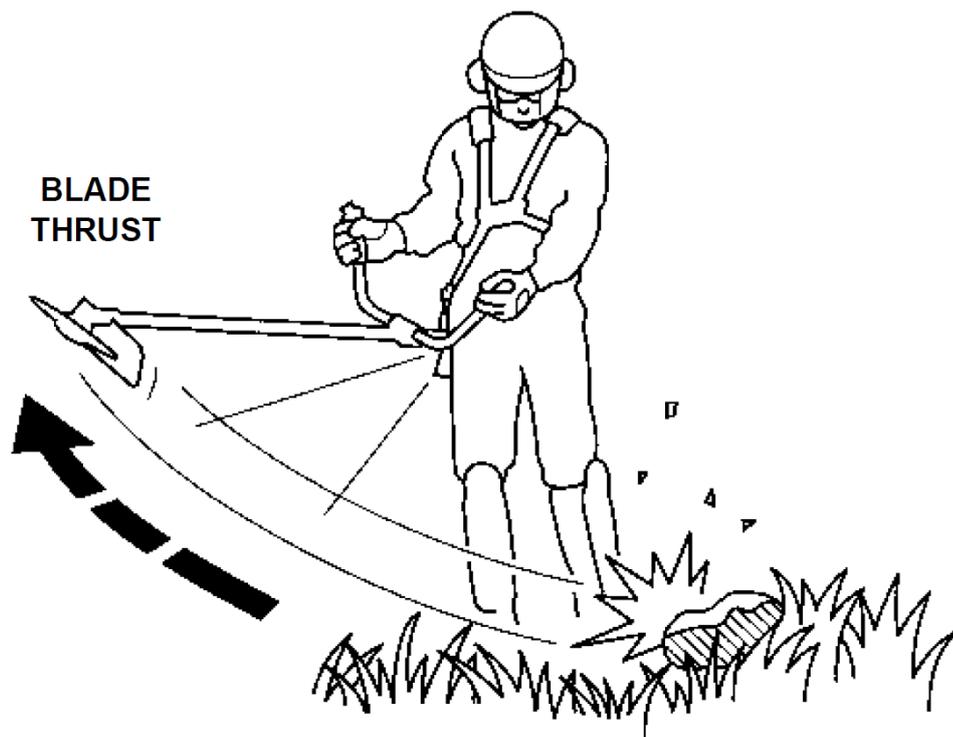
O primeiro deles é o “enleiramento”, nome dado à atividade pós-corte de arrumação da cana na terceira “rua” dentre as geralmente cinco destinadas à colheita (LAAT, 2010), comumente executado nos grandes canaviais de terreno plano. Neste sistema a cana é distribuída de forma contínua, nas chamadas “leiras”, para que posteriormente sejam colocadas em caminhões de transporte pelas chamadas “carregadeiras”, tratores municiados de garras mecânicas para este fim. Conforme aponta Ferreira (2008), um sistema similar é o de amontoamento, em que os montes são distribuídos a uma distância de aproximadamente 2 m entre eles. As usinas costumam dar preferência a este método, pois no enleiramento o trator carregador deve rolar as canas, dessa forma carregando também sujidades que se acumulam entre elas. Já para os trabalhadores, a leira é menos estafante. Outra função das leiras e montes é contabilizar o rendimento diário de cada trabalhador, no sistema de pagamento por produção aplicado nos grandes canaviais. É importante salientar, contudo, que os pequenos agricultores em geral não costumam adotar este procedimento de leiras ou montes organizados, e até mesmo o modo de remuneração é diferente (ver 4.3).

Grandes fabricantes, contudo, estão interessados em grandes mercados, com alto potencial de lucratividade. Segundo o Sr. Wey, portanto, ainda não se encontrou uma solução viável para que os operadores consigam tanto manipular uma ferramenta de corte motorizada quanto distribuir a cana em leiras para coleta em grandes canaviais, num mesmo ciclo de trabalho, como ocorre atualmente com facões. Existem também

casos em que a cana precisa ser manipulada antes do corte, como nas chamadas cana deitada/caída/tombada e cana trançada (FERREIRA, 2008). Ele citou uma tentativa frustrada de se acoplar uma lâmina a um motor preso por cintas a somente um braço do trabalhador, deixando o outro livre, contudo tal experimento foi descartado pelo peso e periculosidade do equipamento.

A segurança foi justamente o segundo empecilho apontado pelo entrevistado pendente de solução. Qualquer manual de operação de roçadeiras profissionais (não domésticas) delimita um raio de ação mínimo de 15 m, na qual apenas um operador e seu equipamento devem estar presentes. Tal preceito é de difícil controle em um canavial, e os fabricantes de máquinas temem que acidentes se tornariam mais constantes. Um dos **principais causadores de acidentes é o fenômeno de “rebote” ou *kickback*** (Figura 11), que joga bruscamente o equipamento no sentido contrário (anti-horário) ao de rotação das lâminas (horário) quando estas atingem um objeto muito duro, como pedras ou troncos espessos. Por este motivo se recomenda o uso de guidões em formato U nas máquinas mais robustas (vide 5.2.2.3), para que o operador consiga retomar o controle destas em caso de rebote (ou rebate).

Figura 11 – Fenômeno de rebote, rebate ou *kickback* em roçadeiras.



Fonte: American Honda Motor Co., 2003.

Indagado a respeito do uso de serras duplas girando em sentidos opostos para evitar o rebote, o entrevistado confirmou sua veracidade, mas questionou sua viabilidade financeira em virtude do acréscimo de complexidade mecânica e também do peso final na ponteira do equipamento.

Conclui-se, portanto, que do ponto de vista técnico e operacional, os principais fatores que bloqueiam o investimento de grandes fabricantes em máquinas portáteis para corte de cana são a segurança e o atual sistema de trabalho nos canaviais, que envolve o amontoamento dos colmos cortados para coleta. Sob a ótica mercadológica, seria precipitado apontar com plena segurança que haveria vastas oportunidades de lucros em um projeto desta natureza, mas a atual conjuntura canvieira indica que sim. Teriam importante contribuição a este mercado em potencial, é claro, políticas públicas de fomento a tecnologia no campo. Neste aspecto, o Sr. Giovani Beck, do Dep. de Marketing da empresa, destacou a importância do índice de nacionalização de equipamentos produzidos no Brasil, para que eles possam ser adquiridos mediante linhas de crédito do governo. Tal índice representa a relação entre as parcelas nacional e importada que compõem o produto. De acordo com as Políticas Operacionais do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, por exemplo, apenas produtos fabricados no país e com índice de nacionalização mínimo de 60% são passíveis de serem financiados. (BNDES, 2005).

Por fim, o Sr. Carlos Henrique Wey expôs sua preocupação a respeito da situação do plantio de cana em Pernambuco e outros estados vizinhos. Ele revelou desconhecer a realidade dos pequenos agricultores do RS, mas, pelo que testemunhou no nordeste brasileiro, acredita que a baixa produtividade dos canaviais nesta região, também não-mecanizáveis em virtude das condições de terreno, vai levar ao definhamento da cultura de cana, que provavelmente se concentrará somente em estados mais centrais, como São Paulo, com uma melhor estrutura e capacidade **de mecanização**. **“Do jeito que está, a cana vai cada vez mais para os grandes do país, principalmente em função do etanol”**, afirma.

4.2. VISITAS IN LOCO

Foram realizadas duas imersões ao ambiente rural de Santo Antônio da Patrulha, acompanhando os trabalhadores em suas atividades diárias.

4.2.1. Primeira imersão

A primeira etapa desta visita aconteceu numa plantação em uma das encostas do município (Figura 12 e Figura 13), de propriedade da família Barbosa, já citada em 3.3. Ali foi possível observar algumas das características físicas da cana-de-açúcar, como a facilidade de quebra no pé (não havia ainda um facão disponível para estudo do corte) e seus componentes, conforme exposto em 2.1.2. O Sr. Schimit esclareceu que praticamente toda a planta é aproveitada, pois as folhas são utilizadas para revestir o solo **durante a colheita, formando as chamadas “camas” para a cana recém colhida, e** posteriormente podem servir de alimento para animais. Já a palha, facilmente removível, protege o solo e serve também de adubo para as plantações.

Figura 12 - Primeira plantação visitada. Em primeiro plano, porção já colhida, ao fundo, a cana ainda em crescimento.



Fonte: Autor.

Figura 13 - Primeira plantação visitada. Detalhe do terreno em aclave e solo rochoso.



Fonte: Autor.

Mesmo que o foco da pesquisa estivesse originalmente voltado ao trato da cana-de-açúcar na própria plantação, era imprescindível conhecer outras etapas do processo de transformação a fim de verificar oportunidades de melhoria / projeto. Na sequência, portanto, acompanhou-se o processo de armazenamento e processamento da cana para a produção de melado e/ou açúcar, no galpão da família Barbosa (Figura 14). Fardos de cana colhida repousavam no pavilhão, onde havia uma moenda motorizada para triturá-las. Dutos levavam o caldo de cana até silos, onde este seria posteriormente decantado e filtrado, para depois ser transferido a um tanque, onde este caldo ficaria concentrado e aquecido até o ponto de produção do açúcar mascavo ou do melado, quando seria então posto em tonéis.

Figura 14 - Instalações da família Barbosa. Da esquerda para direita e de cima para baixo, respectivamente: fardos de cana colhida no pavilhão, moenda motorizada, silos e tanque de fermentação; o caminho que a cana percorre no processo.



Fonte: Autor.

Apesar da rápida visita, foi possível observar que o processo produtivo em questão se mostrou bem consolidado, com suas etapas controladas e a adequada higienização do ambiente onde se encontravam os tanques e tonéis, principalmente em virtude das

exigências os órgãos sanitários fiscalizadores e como parte do programa de aprimoramento Puro Engenho.

Um dos poucos procedimentos que aparentou oferecer oportunidade de melhoria mediante projeção de produtos foi a transferência do caldo concentrado do tanque para os tonéis metálicos, que ainda era feito através de um pequeno balde plástico (Figura 15). Segundo o Sr. Schimit, os próprios agricultores estavam planejando produzir algum artefato que lhes facilitasse a operação.

Figura 15 - Balde e carrinho para transferência do caldo.



Fonte: Autor.

4.2.1.1. Análise do plantio

Conforme descrito em 4.1.1, uma das hipóteses levantadas no início da pesquisa foi a de que o plantio da cana pudesse também ser agressivo à saúde dos trabalhadores rurais, oferecendo assim oportunidades de projeto de novos produtos que auxiliassem o procedimento. Logo após a visita às instalações da família Barbosa, portanto, o processo de plantio foi observado e analisado em outra propriedade da mesma família, próxima ao pavilhão, sempre com o acompanhamento do especialista Sr. Fladimir Schimit.

Na ocasião da visita os trabalhadores estavam carregando um carro-de-boi com os pedaços de cana já cortados para a deposição nas fendas, e neste momento foi possível observar uma das primeiras diferenças entre os procedimentos adotados usualmente em grandes canaviais e aqueles recorrentes nas pequenas propriedades de Santo Antônio da Patrulha. Comumente, são dispostas canas inteiras nos sulcos, e os trabalhadores posteriormente percorrem estes caminhos as cortando em pedaços com os facões. Ali, no

entanto, a cana é previamente cortada em pequenas mudas (**chamados “toletes”**), para só **então ser jogada à terra, sempre tomando o cuidado de não atingir o chamado “olho” ou “olhal”, ou seja, a região da gema da planta, onde ocorre a germinação** (Figura 16).

Segundo o Sr. Schimit, desta forma é possível fazer uma triagem prévia das melhores mudas, garantindo uma qualidade e um rendimento superior da plantação, aproveitando melhor a pequena extensão de terra disponível para o cultivo.

Figura 16 - Detalhe das mudas distribuídas nos sulcos e da gema da cana-de-açúcar.



Fonte: Autor.

Foi possível notar também que os trabalhadores utilizavam poucos equipamentos para a execução das tarefas. Além das botas, calçados adequados ao ambiente de trabalho rural, estavam munidos apenas de seus facões, o principal instrumento de trabalho (Figura 17). Raramente eles fazem uso de caneleiras, óculos de proteção, chapéus e **outros EPI's**. O Sr. Schimit até mesmo se surpreendeu que um dos trabalhadores estava utilizando luvas, atitude que muito ocasionalmente adotam. Segundo ele os equipamentos de proteção só são rigorosamente utilizados quando há necessidade de vaporização de fertilizantes ou defensivos agrícolas para o controle de pragas, feito mediante o uso de borrifadores. Além disso, não há relatos de ataques de animais peçonhentos tampouco acidentes com facões, tanto devido à destreza já desenvolvida pelos trabalhadores quanto pelo ritmo de trabalho, diferente dos grandes canaviais de outros estados. Ao contrário destes, em que os trabalhadores rurais frequentemente são remunerados conforme a quantidade de cana colhida, e até mesmo premiados se atingirem uma meta específica, nas pequenas propriedades os mesmos costumam ser remunerados pelo dia de trabalho, sem uma demanda específica de volume de colheita.

Na ocasião, um dos trabalhadores inclusive fez questão de demonstrar o uso do

facão no corte das mudas, deixando clara a facilidade de manejo do instrumento. Nota-se que o facão empregado na região possui formato diferente daquele utilizado comumente pelos cortadores do centro do país. A Figura 17 mostra o facão local, que atende à vários usos e é uma ferramenta característica de pequenas e grandes propriedades rurais do RS, enquanto a Figura 18 **exibe o modelo com a lâmina denominada “peito de pombo” e cabo mais longo, mais comum aos boias-frias dos grandes canaviais.**

Figura 17 - Trabalhadores carregando o carro-de-boi com toletes para plantio e detalhe do facão de corte.



Fonte: Autor.

Figura 18 - Trabalhadora da região de Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro, e o modelo de facão comumente utilizado nos grandes canaviais.



Fonte: Google Imagens, 2012.

4.2.1.2. Entrevista com usuário

Enquanto transcorria a conversa com os trabalhadores, os sulcos na terra eram abertos por um pequeno trator operado pelo Sr. Ronaldo Barbosa, um dos irmãos proprietários do terreno e, na ocasião, o coordenador das ações na lavoura. Muito prontamente, o simpático Sr. Ronaldo atendeu aos visitantes, e fez questão de expor que

o maquinário com o qual lavrava a terra foi adquirido com o auxílio da EMATER e do Sr. Schimit. A ocasião foi aproveitada, portanto, para uma rápida entrevista, seguindo os preceitos apresentados pelo HCD ao final da seção 3.2.2.

Assim, foi ouvido o relato do Sr. Barbosa, que descreveu de maneira geral o procedimento de plantio e nos confirmou o baixo grau de fadiga decorrente deste processo, quando feito com o auxílio de trator, em comparação à abertura manual de sulcos com arado ou enxada, tarefa de elevado desgaste físico. Contudo, ele apontou algumas das principais dificuldades operacionais enfrentadas na lavoura, principalmente no trato com seus recursos humanos. Conforme explicado na seção anterior, 4.2.1.1, os trabalhadores são pagos por atividade contratada, ou seja: são pagos pelo trabalho designado àquele dia, seja ele plantio, colheita ou outros, independentemente do volume de serviço envolvido. Por este motivo, são muito raros os acidentes entre trabalhadores relacionados ao manuseio do facão.

Infelizmente, segundo o Sr. Barbosa, muitos dos trabalhadores demonstram uma falta de compromisso e profissionalismo, simplesmente abandonando as tarefas em meio **ao “expediente”, por motivos diversos, ou nem mesmo comparecendo conforme o** combinado. Devido à escassez de mão-de-obra capacitada, repreensões têm pouco efeito nestes casos. O Sr. Schimit corrobora a informação, e esclarece que a EMATER tem lutado pela melhoria da educação e da conscientização dos trabalhadores a respeito da importância das suas atividades, procurando motivá-los.

Questionado a respeito do desgaste físico provocado pela colheita, o Sr. Barbosa afirmou que seguramente ela traz mais prejuízos do que o plantio, principalmente às costas. Com relação a animais peçonhentos e outros perigos, ele relatou nunca ter tido más experiências desta natureza, e que o único problema que costuma enfrentar são os quatis⁴. No decorrer de suas breves impressões a respeito da colheita, no entanto, retomou espontaneamente o desapontamento com os recorrentes atos de **irresponsabilidade de alguns “funcionários”, comentando, conforme suas palavras, que “pra colher a gente até acha gente disposta, e se o dia tiver bom eles ficam até o fim. Difícil mesmo é na hora de carregar caminhão, daí uma meia dúzia se some” [sic].**

Questionado por maiores detalhes a respeito desta afirmação, o entrevistado expôs que o processo de carregar as plantas colhidas até o caminhão para o transporte é dispendioso

⁴ pequenos roedores que frequentemente se alimentam de cana e destroem alguns pés, deixando os “tocos” espalhados pela terra.

e fisicamente exaustivo, principalmente porque requeria movimentação em aclive. Conforme seu relato, uma prancha de madeira era improvisada como rampa de carregamento, apoiada sobre a caçamba aberta. Escoras de madeira, denominadas fueiros, eram calçadas nas bordas desta para servirem de extensores das paredes da caçamba e evitar que a cana empilhada caia. Os trabalhadores sobem a rampa com montes de plantas ainda soltas nos braços ou sobre os ombros, as depositam no caminhão e posteriormente as amarram, formando fardos. Chegando ao seu destino basta puxar os fardos da caçamba, que ficam no pavilhão de recebimento.

Ao pesquisar sobre carregamento de cana, é comum encontrar máquinas carregadeiras de grande porte para extensos canaviais, mas de fato uma solução para pequenas propriedades não fora ainda proposta, e poderia, portanto, constituir objeto de estudo de design. A fim de averiguar esta possibilidade, bem como observar de perto a real situação de colheita e as impressões dos trabalhadores, foi realizada uma segunda imersão em contexto, relatada a seguir.

4.2.2. Segunda imersão

Conforme descrito em 3.3, a segunda imersão ocorreu principalmente nas dependências do casal Sônia e José Carlos da Cunha Silveira. O agricultor apresentou rapidamente suas simples instalações, com um pequeno pavilhão, onde há uma moenda, e abaixo a sala de produção do açúcar, contendo um reservatório para filtragem, o tanque de fermentação e um gamelão de aproximadamente 190 x 90 x 17 cm para resfriamento e esfarelamento do açúcar. A propriedade do casal é ainda menor que a da família Barbosa, visitada na primeira ocasião, e, ao contrário daquela, não costuma receber trabalhadores rurais terceirizados, em virtude do custo de contratação, cuja diária fica em torno de R\$50,00 / peão. O casal, portanto, realiza todas as atividades pertinentes à produção, dividindo as tarefas.

Prontamente, o Sr. Silveira nos mostrou parte de sua rotina diária na roça, que começa ao trazer seus dois bois de carga do pasto para auxiliar no serviço pesado. Ao contrário do que descreveu o Sr. Barbosa na primeira entrevista individual, comentando a dificuldade em carregar de cana os caminhões, neste caso o transporte é feito inteiramente por carro-de-boi. O Sr. Schimit esclareceu que o transporte com caminhões era mais recorrente na época da AGASA, que encerrou suas atividades em 1990 (ver 2.2.1). Também atentou para o fato de que são necessários bois fortes, saudáveis e,

principalmente, mansos e bem ensinados. O Sr. Silveira, ao posicionar a canga do carro sobre o dorso dos seus animais, salientou também a importância das focinheiras, para evitar que os bovinos se alimentem durante o trabalho, o que os deixa mais dispersos e menos concentrados nos comandos do agricultor. Já com bastante perícia e experiência, ele manobra os bois para que subam até a plantação (Figura 19).

Figura 19 – Manejo do carro-de-boi desde as instalações do casal até o terreno íngreme da plantação.



Fonte: Autor.

Em terreno extremamente íngreme e pedregoso, a pequena plantação do casal fica numa área logo ao lado da sua residência e das instalações para produção de açúcar, separada apenas pela estrada de chão que permite o acesso até o local. Curiosamente, esta estrada divide os municípios de Santo Antônio da Patrulha e Caraá, por este motivo a Sra. Sônia Silveira **costuma informar jocosamente aos poucos visitantes que “nós moramos em Santo Antônio, mas trabalhamos no Caará” [sic]**.

Igualmente divertido e receptivo, o Sr. Silveira aproveita a ocasião para demonstrar os breves princípios do manejo do carro-de-boi. Após pará-lo em local apropriado, escorando uma das rodas sobre uma grande pedra (Figura 20), ele

demonstra os passos para a colheita, munido do tradicional facão. Orientado pelo experiente agricultor, o próprio autor deste trabalho experimentou executar a atividade, visto que não possui a mesma destreza daquele e, portanto, havia mister de obter suas próprias impressões a respeito de cada etapa, a seguir descritas.

Alguns dos pés de cana-de-açúcar se mostram facilmente arrancáveis, contudo a maioria requer cortes na base. O talho para desponte deve ser feito a partir dos nós em que a coloração está mais esverdeada, pois compromete a qualidade e a cor do açúcar produzido. O Sr. Schimit esclareceu que isto se deve ao processo de maturação da planta, que vai convertendo açúcares simples em sacarose num processo que começa de baixo para cima e, portanto, a ponta é menos doce. Contudo, por serem regiões folhadas, habitualmente as ponteiros são removidas primeiro e então lançadas ao solo para formarem **um alojamento (“berço”) macio onde as canas cortadas são depositadas** durante a colheita. Posteriormente são utilizadas como alimento para os animais e, nas épocas de plantio, são extraídas delas as melhores mudas.

Figura 20 - Detalhe do solo rochoso da lavoura e seu improviso como escora para o carro.



Fonte: Autor.

Após o desponte e o corte da cana na base, é feito o despalhamento, ali mesmo na lavoura, pela raspagem do facão contra a superfície rígida da cana, no sentido oposto ao de crescimento da palha. Ela se desprende com grande facilidade da planta, podendo até mesmo ser removida com as mãos em alguns casos, porém o processo requer execução cuidadosa para que não haja resíduos no colmo durante a moagem, o que contaminaria o açúcar. Apesar de ser simples e requerer pouca força aplicada, o despalhamento é a etapa que aparenta consumir mais tempo durante a colheita, e, portanto, o esforço físico requerido não pode ser completamente desconsiderado, pois há movimentos repetitivos.

Em virtude do colmo ficar exposto após a remoção da palha, o “berço” de “ponteiras” anteriormente apresentado se mostra importante, evitando que a cana crua tenha contato direto com o solo, o que a mantém limpa para a posterior moagem.

Segundo relato do Sr. Schimit, técnicos da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) já propuseram em outra ocasião que as canas fossem lavadas posteriormente à colheita, mas após breve estudo constataram a inviabilidade da prática, **tanto pela dificuldade de bombeamento d’água** quanto pelo difícil controle de pureza desta. O Sr. Silveira salientou que manter a palha na cana durante o corte protegeria melhor os colmos, como ocorre em alguns grandes canaviais, tornando desnecessário também o desponte prévio. Esta prática não é adotada atualmente, contudo, apenas porque requereria um espaço reservado para o despalhamento no pavilhão, isolando esta atividade em outro recinto para evitar que resquícios de palha contaminassem a moagem. Por este motivo a operação ainda é realizada diretamente na lavoura, o que toma uma grande parte do tempo do agricultor, exposto ao sol e às intempéries.

Conforme já citado anteriormente, a palha retirada protege o solo tanto contra plantas daninhas como contra variações climáticas bruscas. Posteriormente ela ainda contribui para a adubação da terra, pois é misturada ao bagaço moído e apodrecido, que é levado do pavilhão de volta à lavoura em um carro-de-mão.

Realizado o corte, os feixes de cana são levados até o carro-de-boi, geralmente sobre os ombros ou abraçando-os com ambos os braços. Geralmente não há necessidade de rampas ou similares, pois a mesa do carro já é suficientemente baixa. Fieiros nas laterais, descritos anteriormente, impedem que os colmos caiam no chão ao rolar para os lados durante o carregamento. Isto feito, as ponteiras são colocadas por cima da cana cortada, criando novamente uma camada protetora, pois a carga é amarrada com cabos de aço para que se mantenha firme durante o transporte, e estes cabos poderiam danificar as plantas (Figura 21).

Figura 21 - Detalhe do Sr. Silveira carregando canas no ombro; amarração dos feixes no carro e descida.



Fonte: Autor

A colheita é feita durante cerca de 3h, em duas ocasiões ao dia: no início da manhã, entre 6h e 9h, e posteriormente à tarde. Em cada uma delas são cortadas cerca de 1 tonelada de cana, máxima capacidade que os bois conseguem suportar em uma viagem. Na ocasião da visita o tempo se apresentava extremamente quente, com altíssima umidade relativa do ar e poucas nuvens. Foi possível perceber as fortes condições climáticas a que estão submetidos os trabalhadores rurais durante a colheita. Questionado a respeito do plantio em terreno tão íngreme e rochoso, o Sr. Silveira explicou que os sulcos na terra são feitos manualmente, com enxadas, pois não é possível utilizar tratores. Eventualmente ele consegue fazer uso de um arado de tração animal, dependendo das condições do solo.

Após o corte, a cana colhida e limpa é moída mecanicamente, e seu resíduo (bagaço) é separado em um carro-de-mão para posteriormente ser levado de volta à roça e servir de adubo (Figura 22). A cana é cortada no mesmo dia da moagem, ou repousa no máximo 24h, segundo a Sra. Silveira. O sumo escorre por um cano de PVC (removível quando não está em uso) até o recipiente de armazenamento e decantação, passando por um filtro que retém o bagacilho (finos fragmentos de bagaço) e demais sujidades.

Figura 22 - Moagem da cana e separação do bagaço.



Fonte: Autor.

Ao ser transferido para o tanque de aquecimento, novamente mediante simples canos removíveis, a garapa (caldo) sofre novo processo de limpeza, desta vez por calor: a espuma oriunda do primeiro aquecimento é retirada com uma escumadeira e escorre por um duto até a parte externa do local, sendo posteriormente dada aos animais, porém em quantidade controlada, devido à alta doçura da mesma.

O fogo é reduzido e o caldo permanece em concentração (evaporação d'água) até atingir o ponto ideal para a produção do açúcar que, segundo o Sr. Schimit, é aos 90 °Bx (brix, a escala de concentração de açúcares em alimentos). Sem instrumentos para a medição deste valor, contudo, o Sr. Silveira recorre à sua grande experiência como produtor de açúcar, fazendo uso de algumas estratégias para reconhecer o momento correto de apagar o aquecimento. A principal delas é colocar uma porção do caldo em uma bacia com água gelada e observar a consistência resultante, que deve ter aspecto vítreo. O caldo, já bastante viscoso, é então transferido para o gamelão de aço inoxidável, previamente salpicado com pequenas porções de bicarbonato de sódio para reduzir sua aderência às paredes (Figura 23).

Figura 23 - Agitação do caldo para verificar a viscosidade e derramamento no gamelão.



Fonte: Autor.

A Figura 24 mostra que a massa começa a solidificar imediatamente, sendo constantemente mexida para se manter mais homogênea e acelerar o resfriamento. Para tanto o casal faz uso de instrumentos interessantemente adaptados por eles mesmos: tábuas de madeira com pedaços de acrílico (mais precisamente PMMA, poli-metilmetacrilato) presos às pontas, para evitar danos ao aço do gamelão e a raspagem de partes metálicas que poderiam contaminar o produto final. Após a rápida cristalização, a massa é batida e misturada em movimentos contínuos de vaivém, utilizando enxadas com as mesmas ponteiros de PMMA e cabos feitos com canos de PVC, cuja empunhadura se mostrou melhor do que a dos cabos originais, segundo o Sr. Silveira. Por fim, os grânulos são peneirados para refino e posteriormente pesados e ensacados, conservando-se bem por um período de até 6 meses. A massa se transforma em açúcar mascavo, portanto, quase que exclusivamente devido ao esforço manual do casal. O processo todo, entre a transferência do caldo e a formação do açúcar, é rápido, levando entre 15 e 20 min, aproximadamente. Cada 100 Kg de cana se convertem em aproximadamente 55 a 60 l de garapa, segundo o Sr. Schimit. Cada ciclo gera cerca de 30 Kg de açúcar.

Figura 24 - Sequência de solidificação e esfarelamento manual da massa.



Fonte: Autor.

Por fim, foi visitada também a propriedade de outro casal que vive do açúcar mascavo, nas proximidades do anterior, demonstrando que o processo é similar entre todos os produtores artesanais, desde o carro-de-boi e a lavoura em declive até o esfarelamento manual (Figura 25). Nesta segunda imersão, portanto, foi possível observar de perto a realidade da colheita de cana e dos demais processos envolvidos na subsistência da agricultura familiar na cultura da cana-de-açúcar.

Figura 25 - Detalhes da propriedade de outro casal produtor de açúcar mascavo nas proximidades.



Fonte: Autor.

4.3. DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PROJETO

Conforme explicado no item 1.1, este trabalho nasceu com temática e motivações bem definidas, mas sem um problema de projeto precisamente delimitado desde o princípio. Na seção 3.1 foram levantados como possíveis alvos de projeção os equipamentos utilizados pelos trabalhadores rurais durante a colheita de cana-de-açúcar, em consonância com os objetivos apresentados em 1.2. As visitas *in loco* apresentadas ao longo do item 4.2 tinham por objetivo principal verificar e analisar esta hipótese, assim como aquela relativa ao plantio, levantada pela Prof.^a PhD. Lia Guimarães em 4.1.1, e outras oportunidades de projeto não vislumbradas até então, como a dificuldade de carregamento de cana descrita pelo Sr. Ronaldo Barbosa.

As imersões no ambiente de pesquisa, contudo, revelaram que, ao menos no contexto das pequenas propriedades da região, os trabalhadores não fazem uso da maior parte dos **EPI's** comuns aos colhedores dos grandes canaviais. Isto se dá em parte pelo ritmo de trabalho menos frenético, e pela quantidade reduzida de trabalhadores na lavoura, que não demandam o mesmo grau de proteção exigido nas extensas plantações da região central ou do nordeste. Além disso, segundo a EMATER, não há registro de ataques de animais peçonhentos e tampouco acidentes envolvendo facões, muito devido à destreza já adquirida pelos trabalhadores e ao sistema de remuneração por dia, e não por produção. A entidade geralmente recomenda ao menos o uso de luvas, para proteção das mãos e melhor firmeza do facão. No entanto, raros são os colhedores que as utilizam, preferindo em alguns poucos casos melhorar a pega de seus instrumentos mediante emborrachamento dos cabos com fita.

Este cenário levou a uma readequação do escopo original do projeto, que consistia na melhoria ou no desenvolvimento de novos equipamentos (luvas, botas, facões, vestimentas, etc) para a colheita manual. Uma das alternativas era abordar então o sistema de plantio, mas ela foi desconsiderada ao se verificar que em muitos casos a tarefa mais penosa, de abertura dos sulcos no solo, pode ser feita com o auxílio de tratores. Em solos muito rochosos ou íngremes foi observada a dificuldade de abrir os sulcos com enxadas ou arados movidos por tração animal. Contudo, ao contrário da colheita diária, esta tarefa é realizada apenas a cada quatro ou cinco anos, e somente ao longo do ciclo de plantio, pois a cana-de-açúcar é uma cultura semiperene, conforme exposto em 2.1.3.

Outra opção, até mesmo sugerida pelo Sr. Schimit, seria o desenvolvimento de um mecanismo para facilitar o esfarelamento do açúcar mascavo, facilitando o trabalho dos produtores artesanais. O campo de abrangência deste projeto, porém, seria bastante reduzido, restrito a um número pouco expressivo de usuários, ferindo o princípio da sustentabilidade econômica. Além disso, já existem batedores automatizados para a tarefa no mercado.

Por motivos similares, foi descartado projetar melhorias no sistema de carregamento da cana nos caminhões, pois conforme visto na segunda visita, a maior parte dos agricultores ainda faz uso de carros-de-boi, mais adequados às condições geográficas de suas lavouras. Mesmo assim, ao ser questionado a respeito do desgaste físico de carregar os “feixes” até a mesa do carro, o Sr. Silveira foi categórico:

“É duro porque é no fim da jornada, já estamos cansados de tanto colher cana e depois ainda tem que carregar.” [sic]

Conforme relatado em 4.2.2, os pequenos agricultores passam cerca de 6h diárias na roça, durante os meses de colheita, contra cerca de 20 a 30 min diários de carregamento e esfarelamento de melado, no caso dos produtores de açúcar mascavo. Um fato relevante citado pelo Sr. Schimit é que, em Santo Antônio, atualmente cerca de 60% dos agricultores já são idosos, portanto não apresentam mais o mesmo vigor físico de outrora para as tarefas pesadas da roça. Os jovens têm mostrado cada vez menos interesse nas atividades agrícolas, preferindo buscar empregos nas indústrias locais, também em virtude da independência financeira.

Posto isto, apesar dos temas de plantio, carga e produção de açúcar seguramente terem sua importância e constituírem áreas oportunas para o projeto de novos produtos, ainda urge na atualidade o desenvolvimento de um equipamento mais eficiente, tecnologicamente mais evoluído e ergonomicamente mais adequado que o tradicional facão de corte para a colheita de cana – e, por que não, também de outras culturas. Tal produto pode tanto suprir as demandas dos pequenos agricultores, quanto atender também aos colhedores manuais dos grandes canaviais de outras regiões do país e do mundo, dentro da filosofia de “agir localmente” mas “pensar globalmente”. Desta forma, chegou-se então à delimitação do problema de projeto exposto em 1.2.1, ou seja, desenvolver um equipamento destinado à colheita da cana-de-açúcar, melhorando a qualidade de vida e a produtividade de pequenos agricultores.

5. PROJETO INFORMACIONAL

Conforme aponta Back *et al* (2008), o projeto informacional é a etapa destinada à pesquisa e definição das especificações de desenvolvimento do projeto. Nele são executadas diversas tarefas que buscam definir os fatores que influenciarão o produto a ser projetado.

Para determinar tais especificações, inicialmente são identificadas as necessidades dos usuários, que posteriormente definirão os requisitos de projeto, considerando diferentes atributos: funcionais, ergonômicos, de segurança, de confiabilidade, de modularidade, estéticos e legais, entre outros. Conhecidos os requisitos de projeto, uma avaliação comparativa de similares já disponíveis no mercado contribui para que se conheçam os prós e contras das soluções já adotadas, a fim de enriquecer as alternativas geradas em uma etapa posterior (BACK *et al*, 2008).

5.1. NECESSIDADES DOS USUÁRIOS

Conforme aponta Baxter (2000), evidentemente o atendimento às necessidades básicas dos usuários é um pré-requisito para o sucesso do novo produto. Analogamente, Löbach (2001) esclarece que o levantamento de condições ou exigências para o desenvolvimento e sua posterior descrição em características do novo produto são parte da constante clarificação do problema de projeto e deflagram o processo criativo que vem a solucioná-lo. Assim, a seguir são apresentadas algumas necessidades fundamentais dos usuários para um equipamento de colheita de cana no contexto escolhido, reveladas durante a pesquisa de campo. Estas foram agrupadas por similaridade em atributos no Quadro 3, conforme recomenda Back *et al* (2008).

Quadro 3 - Necessidades dos usuários

Atributo	Necessidade do usuário
Funcionalidade	Cortar a cana-de-açúcar
	Possibilitar corte da cana o mais rente possível ao solo
	Permitir o corte da cana em diferentes alturas

Usabilidade	Apresentar operação simplificada
	Ter comandos de fácil assimilação e memorização por parte do usuário
Transportabilidade / locomoção	Ser operável em terrenos íngremes
	Suportar solos rochosos
	Permitir o fácil deslocamento do operador
Ergonomia	Apresentar peso (massa) adequado para equipamentos ditos portáteis
	Adaptar-se a diferentes estaturas de usuários
	Minimizar o surgimento de dores no corpo decorrentes do uso
Segurança	Minimizar o risco de acidentes
Mantenabilidade	Resistir ao ataque químico do sumo da cana
	Resistir às condições climáticas e intempéries
	Permitir manutenção fácil e periódica

Fonte: Autor

Estes atributos guiaram a geração e triagem de alternativas para a arquitetura do produto, ajudando a revisitar constantemente o problema de projeto, conforme descreve Cauduro (2004). Uma vez definida a *morfologia* do produto, o passo seguinte é o que **Baxter (2000)** chama de “**conversão das necessidades do consumidor em objetivos técnicos**”, ou seja, em parâmetros fixos que atendam às demandas solicitadas. Tais soluções são apresentadas em detalhe a partir do item 6. Antes disso, porém, se faz necessário estudar os projetos similares propostos por outros autores ou já em fabricação.

5.2. LEVANTAMENTO DE SIMILARES

Löbach (2001) salienta a importância de reunir e posteriormente revisar os produtos da mesma classe oferecidos ao mercado, tanto para se ter uma panorama da

concorrência envolvida quanto para se examinar vantagens e falhas de projetos afins, aprendendo com o que já fora produzido.

Nesta etapa, portanto, serão descritos os produtos similares encontrados até então.

5.2.1. Ferramentas manuais

O levantamento em questão teve início com produtos de natureza similar ao atual facão de corte, isto é, ferramentas manuais. Tal como o facão para a cana-de-açúcar, machados de diferentes tamanhos e formatos são utilizados para corte de plantas e lenha (Figura 26).

Figura 26 - Machado de corte genérico da marca Fiskars®, modelo X27.



Fonte: Fiskars, 2013.

Uma atividade que poderia guardar certa semelhança com o corte de cana é a poda de galhos. Por este motivo foram também pesquisados podadores domésticos, mostrados na Figura 27 a fim de analisar as soluções de corte, empunhadura e materiais aplicados.

Figura 27 - Alicates para poda de galhos da fabricante Fiskars®



Fonte: Fiskars, 2013.

Os alicates podadores analisados apresentam cabos longos que aprimoram a ergonomia de uso, já que o operador não precisa flexionar as costas para atingir a base do galho, além de reduzir a força necessária para o corte. Apesar disso, estes não demonstram vantagens reais em produtividade e redução de esforço, ou melhora na postura do operador, quando confrontadas ao instrumento atual. Por este motivo, na continuidade desta etapa foram analisados equipamentos motorizados.

5.2.2. Equipamentos motorizados

Conforme exposto em 3.2.2, uma das técnicas apresentados pelo HCD para a coleta de dados é buscar inspiração em outros lugares além daqueles na qual a pesquisa foi conduzida, pois frequentemente soluções aplicadas em outro contexto podem ser adaptadas ao problema de projeto em questão. Analogamente, pesquisar e analisar

produtos similares, mas não necessariamente destinados ao mesmo propósito, pode trazer novos *insights* nas etapas criativas posteriores. Por este motivo, foram brevemente analisados alguns cortadores de grama, aqui divididos conforme sua arquitetura.

5.2.2.1. Cortadores de grama convencionais

Este modelo de cortador, possivelmente o mais comum no Brasil, representa aqui um arquétipo⁵ dessa classe de produtos, como pode ser visto na Figura 28. É possível perceber no projeto da equipe do GMRIT (5.2.3.3) que seu aspecto geral e a própria empunhadura da máquina tem similaridade com cortadores convencionais.

Figura 28 - Diferentes cortadores de grama convencionais. À esquerda, um cortador manual, sem motor. No centro, um exemplo de cortador elétrico comum. À direita, um cortador elétrico com coletor de resíduos.



Fonte: Google Imagens, 2012.

5.2.2.2. Cortadores de grama modelo trator

Geralmente movido a gasolina, este tipo de cortador é menos recorrente em ambientes domésticos no Brasil, em virtude de seu porte (ver Figura 29) e custo, salvo algumas exceções. Geralmente ele é utilizado em gramados muito extensos e que requerem manutenção constante, como em clubes, parques e campos de futebol, golfe ou pólo, etc.

⁵ Segundo Sudjic (2010), um arquétipo nasce quando a linguagem de um objeto ganha tanta força que passa a representar, no imaginário comum, aquela própria categoria de objeto – como os telefones de baquelite e as cadeiras com quatro pés. Para o autor, não apenas o aspecto do produto é importante, mas é preciso também que sua forma transmita com clareza sua função e seu modo de operação.

Figura 29 - Exemplos de cortadores de grama tipo trator.



Fonte: Google Imagens, 2012.

Um equipamento similar destinado ao corte de cana teria de levar em consideração o terreno íngreme e pedregoso das pequenas propriedades gaúchas, requerendo algumas adaptações para manter a estabilidade e se locomover em solo acidentado. Neste caso, teria de ser resolvida a aproximação do equipamento ao colmo, bem como a altura de corte deste. O modelo proposto por Paco Lindoro (5.2.3.2) apresenta morfologia similar, mas com o operador conduzindo a máquina em pé.

5.2.2.3. Roçadeiras

Roçadeiras possuem menor porte do que os modelos anteriores, oferecendo menor capacidade de remoção de grama, mas, em contrapartida, maior mobilidade e flexibilidade para atuar em locais de difícil acesso para os modelos anteriores. Não por acaso este tipo de equipamento é hoje o mais utilizado por trabalhadores nos entornos de estradas, canteiros públicos, jardins e similares.

Figura 30 - Alguns exemplos de roçadeiras domésticas.



Fonte: Google Imagens, 2012.

Roçadeiras e aparadores domésticos são comumente movidos a eletricidade, e geralmente dispõem de motores com potência de até 1kW. Apesar de já estarem disponíveis no mercado modelos sem fio, com baterias de autonomia de até 50 min para corte de grama (STIHL, 2012), ainda são mais usuais os longos cabos retráteis para alimentação de energia (Figura 30). Existem, contudo, roçadeiras para aplicações agropecuárias, de silvicultura e de jardinagem, que costumam apresentar outra configuração: motores mais potentes, movidos a gasolina, tubos mais longos e muitas vezes empunhadura de guidões em formato de U. São chamadas **roçadeiras laterais** (Figura 31).

Figura 31 - Roçadeiras laterais para aplicações agropecuárias, florestais e de jardinagem.



Fonte: STIHL, 2012.

Em silvicultura, roçadeiras laterais profissionais destinadas para roçada pesada e equipadas com lâminas circulares são frequentemente utilizadas para a manutenção de arborizações jovens, o que inclui a redução seletiva de troncos e o corte de brotos. A Figura 32 revela o uso destas ferramentas para a desbrota de eucalipto de maneira mais produtiva.

Figura 32 - Notícia do portal Painei Florestal sobre o uso de roçadeiras para desbrota de eucalipto


PAINEL FLORESTAL

17/02/2013 18h24

Husqvarna faz entrega de roçadeiras para desbrota de eucaliptos para a Fibria

Os equipamentos serão usados na unidade de Três Lagoas-MS

Por: Painei Florestal - Assessoria

A unidade da FIBRIA, empresa brasileira com forte presença no mercado global de produtos florestais, em Três Lagoas (MS), está em período de desbrota de eucaliptos e, para realizar a atividade de maneira ainda mais produtiva, segura e sustentável, a empreiteira contratada para o trabalho, a JFI Silvicultura, de Itapetininga – SP, adquiriu 24 novas roçadeiras 345FR da Husqvarna.

Nesta semana, Angelin Musiat, da Husqvarna, e Rudnei Lima, da revendedora Diafer em Itapetininga, estiveram em Três Lagoas para a montagem e entrega técnica dos equipamentos aos operadores. "Neste trabalho procuramos dar todas as instruções possíveis, desde o modo correto de operação das máquinas, a manutenção básica necessária, até mesmo dicas de segurança para maior produtividade e conforto dos trabalhadores. Saem ganhando a empresa, pois certamente contará com um resultado muito mais eficiente do processo, e ganham os operadores, que saberão explorar o máximo potencial das máquinas e de maneira mais confortável", destaca Angelin.



Angelin Musiat, da Husqvarna, e Rudnei Lima, da revendedora Diafer em Itapetininga, estiveram em Três Lagoas para a montagem e entrega técnica dos equipamentos aos operadores.
Foto: Divulgação

Fonte: Painei Florestal, 2012.

O equipamento apontado na reportagem é o modelo 345FR, da fabricante Husqvarna® AB (Figura 33).

Figura 33 - Husqvarna® 345FR, um dos modelos utilizados também na desbrota de eucalipto.



Fonte: Husqvarna, 2012.

Outros modelos ainda transferem o motor para uma mochila nas costas do operador, sendo chamados **roçadeiras costais** (Figura 34). Estas fazem uso de um cardã flexível e, portanto, permitem maior autonomia de movimentos e circulação ao operador.

Figura 34 - Exemplos de roçadeiras costais.



Fonte: Google Imagens, 2012.

O mecanismo especificamente utilizado para corte de grama geralmente utiliza um fio duplo de nylon em alta rotação, o que evita acidentes quando em contato com superfícies rígidas como concreto. Modelos multifuncionais, porém, apresentam extremidades intercambiáveis que permitem a adaptação de motosserras para podas de galhos e lâminas intermitentes para aparagem de arbustos (Figura 35).

Figura 35 - Modelo de roçadeira multifuncional e suas lâminas intercambiáveis.



Fonte: Google Imagens, 2012.

5.2.2.4. Derrigadeiras

Um caso muito interessante a ser analisado é o das derrigadeiras (também chamadas derrigadoras ou derrigador) de café. Trata-se de uma colheitadeira portátil que remove o fruto do pé mediante vibração, mostrada na Figura 36. Sua morfologia é similar à de uma roçadeira lateral com empunhadura convencional, sendo composta basicamente por motor, haste e ponteira – elemento que promove a oscilação dos galhos.

Figura 36 - Derrigador de café e detalhe da ponteira vibratória



Fonte: Google Imagens, 2012.

De acordo com o pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ricardo Inamasu, o projeto deste equipamento foi desenvolvido em uma parceria da Embrapa com a Cooperativa Regional de Cafeicultores de Guaxupé, no sul de Minas Gerais (EQUIPAMENTO, 2011). O primeiro protótipo foi apresentado no ano de 1998, mas somente no final de 2004 a derrigadeira chegou ao mercado, apresentando velocidade cinco vezes superior à colheita manual e reduzindo o custo de produção em pelo menos 10%. (SILVA, 2004). Atualmente o equipamento é fabricado por várias empresas.

Além da melhoria das condições de trabalho, outro motivo pela qual a derrigadeira foi bem recebida pelos usuários é pelo fato de não substituir trabalhadores no campo. Segundo reportagem do Jornal Nacional, o coordenador do Sindicato dos Empregados rurais do sul de Minas, Paulo Sebastião, afirma: “facilitou bastante, incluindo a questão da saúde e segurança do trabalhador que utiliza esse produto [sic]” (EQUIPAMENTO, 2011).

Figura 37 - Exemplo de aplicação da derriçadeira de café em campo.



Fonte: Google Imagens, 2012.

Silva (2004) aponta ainda que a máquina foi desenvolvida com base na urgente necessidade de manter a competitividade brasileira no mercado cafeeiro, constituindo um importante passo na modernização da cafeicultura, principalmente nas pequenas propriedades. O autor ainda cita outra importante vantagem: a derriçadeira alcança locais onde as máquinas convencionais não podem chegar. As colheitadeiras automotrizes, que já existem há anos no mercado, além do custo elevado (R\$ 150 mil), tem a operação limitada justamente por não se adequar a todas as regiões.

Tal cenário é curiosamente muito semelhante ao atualmente vivido no cultivo de cana-de-açúcar no Brasil, em que a produção do país já não consegue acompanhar o acréscimo da demanda, não apenas no mercado alimentício, mas principalmente em virtude da produção de biocombustíveis, perdendo competitividade frente a nações como China e Índia. Além disso, as imensas colheitadeiras automáticas, inacessíveis e muitos agricultores devido ao altíssimo custo, também não se adaptam aos solos de todas as regiões, como nos terrenos íngremes e pedregosos do sul (item 4.2) e nos aclives irregulares do nordeste (ver 4.1.3).

5.2.3. Equipamentos motorizados especificamente destinados à colheita de cana

Tanto o Sr. Schimit quanto os diversos agricultores consultados afirmaram ter ciência somente de colheitadeiras de grande porte para esta finalidade, desconhecendo alternativas para as pequenas propriedades. Uma pesquisa mais apurada, contudo, revelou existirem algumas opções, apesar de escassas e pouco divulgadas.

5.2.3.1. ESM CaneThumper®

A empresa alemã ESM⁶ apresentou na feira Agritechnica 2007, em Hannover, o CaneThumper®, um equipamento para colheita de cana desenvolvido em parceria com agricultores da África do Sul. Conforme a própria empresa, a motivação para o desenvolvimento da máquina nasceu do fato de que cerca de 80% da colheita de cana no mundo ainda é feita manualmente (não afirmam a fonte dos dados), justamente porque o uso de colheitadeiras de grande porte é técnica e economicamente inviável. A Figura 38 mostra algumas situações de uso do equipamento.

Figura 38 - Imagens do produto CaneThumper® em operação.



6 Ennepetaler Schneid- und Mähtechnik GmbH & Co.KG.



Fonte: ESM.

É possível perceber, contudo, que em todos os exemplos fornecidos pelo fabricante o equipamento requer mais de uma pessoa para seu melhor aproveitamento: um operador e um, dois ou mais auxiliares para alinhar os feixes de cana. O *site* da empresa apresenta alguns estudos propondo diferentes métodos de colheita, um deles até mesmo desenvolvido no Brasil e intitulado “*Brazilian Pole Method*” (Figura 39), na qual dois auxiliares guiam as plantas com um bastão enquanto um terceiro as corta.

Figura 39 - Esquema e imagem demonstrando o sistema de colheita "brazilian pole method".



Fonte: ESM.

Segundo o fabricante, além do corte reduzido e da fácil operação, o principal diferencial do produto é seu sistema de corte por lâminas duplas intermitentes, mostrado na Figura 40.

Figura 40 - Dois estágios da tecnologia de corte por lâminas duplas *bidux*®.



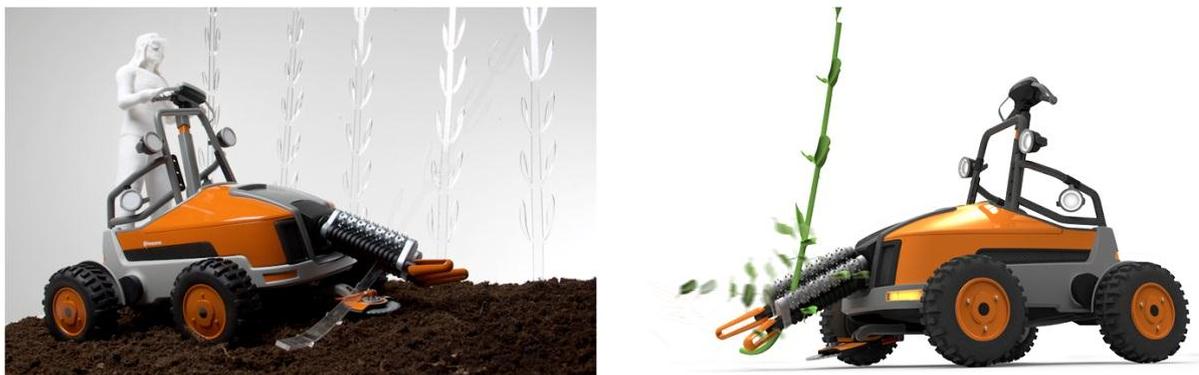
Fonte: ESM.

Apesar de representar um grande avanço em maquinário para corte de cana, nota-se que o CaneThumper® ainda não consegue lidar bem com terrenos pedregosos e irregulares, pois a altura das lâminas se mantém igual para todo o trajeto. Além disso, requer geralmente três trabalhadores atuando em conjunto para um desempenho satisfatório. Por fim, o fabricante não fornece dados precisos a respeito do grau de inclinação que o aparelho suporta, para uso em lavouras em aclive. Este uso foi, justamente, a motivação para o desenvolvimento do projeto apresentado abaixo.

5.2.3.2. Harvesting Sugar Cane

O designer mexicano Francisco “Paco” Lindoro desenvolveu uma proposta similar durante seu mestrado no Instituto de Design de Umeå, na Suécia, em 2011 (Figura 41).

Figura 41 - Imagens da proposta de Paco Lindoro para um colhedor de cana todo-terreno.



Fonte: Lindoro, 2011.

O projeto teve o apoio da fabricante Husqvarna® AB, por este motivo faz uso das cores, formas e demais elementos visuais comuns ao portfólio de produtos da empresa, conforme pode ser visto na Figura 42.

Figura 42 - Ambientação do projeto de Paco Lindoro.



Fonte: Lindoro, 2011.

Segundo o designer, o propósito do equipamento é viabilizar a mecanização da colheita em terrenos íngremes, reduzindo a pesada carga de trabalho dos trabalhadores. A Figura 43 mostra mais algumas imagens do modelo.

Figura 43 - Fotos de estúdio do modelo final e detalhe do sistema de corte proposto.



Fonte: Lindoro, 2011.

Contudo, apesar da justificativa apresentada, todas as imagens simulando o ambiente de uso do produto o mostram em terrenos planos ou pouco acidentados. Não há dados precisos do projeto para uma análise aprofundada, mas numa observação superficial de seus atributos não foi possível identificar elementos que assegurem a estabilidade do equipamento em lavouras íngremes. Em seu projeto, Lindoro propõe um tipo de raspador frontal (ver Figura 41) que removeria a palha da cana ao mesmo tempo em que a conduz para o lado, promovendo uma espécie de enleiramento na lavoura, mas não deixa claro como este mecanismo se adaptaria aos diferentes diâmetros das plantas sem danificá-las, nem qual seria sua velocidade de atuação em conjunto com o deslocamento do próprio carro.

Um equipamento com morfologia similar, contudo formal e estruturalmente menos refinado, foi desenvolvido por estudantes indianos e será apresentado a seguir.

5.2.3.3. Máquina de baixo custo para colheita de cana do GMRIT

Estudantes do último ano de Mecânica do Instituto de Tecnologia Grandhi Mallikarjuna Rao, em Rajam, Índia, desenvolveram um protótipo de colhedor de cana de

baixo custo (Figura 44). Segundo o diretor da faculdade, as máquinas atualmente utilizadas em colheitas são importadas, apresentando, portanto, custos inacessíveis à maioria dos produtores de pequeno e médio porte. Já o produto proposto pelos estudantes K. Praveen, A. Srinivas, Y. Tarun e S. Parvathi pode ser fabricado localmente, o que contribui inclusive para as indústrias da região (LOW, 2012).

Figura 44 - Equipe do GMRIT com sua máquina de baixo custo para colheita de cana.



Fonte: The Hindu, 2012.

Não foi possível encontrar maiores informações acerca da máquina, exceto pela notícia divulgada no jornal The Hindu, que não relata qual o sistema de corte adotado. Pela imagem divulgada, contudo, aparentemente uma lâmina de serra na base da carenagem é a responsável pela tarefa. Apesar de bastante rudimentar com relação à forma e acabamentos empregados, o projeto levou em consideração a indústria local, dentro dos preceitos de sustentabilidade econômica.

5.2.3.4. Roçadeiras adaptadas

Um dos questionamentos surgidos durante o andamento desta pesquisa foi justamente os motivos pelos quais os principais fabricantes de ferramentas motorizadas do mundo ainda não dispõem de equipamentos portáteis para o corte de cana-de-açúcar

em seus portfólios. Naturalmente foram levantadas algumas hipóteses. A primeira delas diz respeito a requisitos de segurança, e de certa forma já fora corroborada pelo entrevistado no item 4.1.3.

A segunda hipótese é de que possivelmente tais empresas não vislumbrariam atualmente um retorno financeiro significativo, visto que os trabalhadores rurais, munidos de facões, já constituem mão-de-obra relativamente barata, portanto talvez não houvesse interesse dos canaviais em máquinas de corte mais sofisticadas. O caso da derradeira de café apresentado em 5.2.2.4, por exemplo, mostra que sua viabilização só foi possível com a participação ativa do governo (Embrapa) e órgãos de classe (Cooperativa dos Cafeicultores), e que o investimento no aparelho é feito pelos próprios cafeicultores, com uma estimativa de *payback* em alguns meses.

Esta possibilidade, contudo, não parece ser verídica, ao menos para revendedores asiáticos de ferramentas motorizadas. Ao ampliar a pesquisa para além do limite dos grandes fabricantes (Stihl[®], Husqvarna[®], Makita[®], Honda[®], etc), foram encontradas roçadeiras vendidas com o propósito específico de corte de cana, principalmente em países como China, Vietnã e até Egito, como mostra a Figura 45.

Figura 45 - Roçadeiras para corte de cana vendidas na Índia, China e Egito, respectivamente.



Fonte: alibaba.com, 2013

Alguns modelos são parcialmente adaptados com guias para a cana no entorno da lâmina de corte, mas provavelmente os requisitos de segurança previamente comentados não preocupam suas montadoras (Figura 46).

Figura 46 - Operadores chineses cortando cana com roçadeiras.



Fonte: alibaba.com, 2013

A Figura 47 mostra que máquinas aparentemente idênticas também são vendidas para a colheita de arroz, trigo, milho e soja.

Figura 47 - Roçadeiras aplicadas ao corte de outras culturas.



Fonte: alibaba.com, 2013

6. PROJETO CONCEITUAL

Baxter (2000) aponta que esta nesta etapa de projeto são desenvolvidas as linhas *gerais* do produto, não apenas da sua aparência, mas principalmente das suas funções. No projeto conceitual são descritos seus princípios de funcionamento, as tecnologias empregadas, e uma ideia da forma do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000), compondo assim uma síntese de suas características com base em dados técnicos e nas informações coletadas ao longo do projeto informacional (BACK *et al*, 2008). É importante, portanto, que os *conceitos* das soluções adotadas estejam definidos, baseados em parâmetros claros, mesmo que posteriormente sofram ajustes ou mesmo alterações até a etapa de fabricação, num processo iterativo de projeção e teste (Thiel (1981 *apud* Cauduro, 2004). O detalhamento completo de todos os pormenores do projeto, porém, só é atingido em etapas posteriores.

Cabe aqui um adendo a respeito do papel do usuário no processo de desenvolvimento de um produto. Norman (s.d.), como tantos outros autores, também afirma que compreender as necessidades dos usuários é parte fundamental de um projeto bem-sucedido. Ele alerta, contudo, que na maior parte das vezes isto não significa necessariamente tomá-los como coautores ao longo de todo o desenvolvimento deste projeto. Além de um conhecido pesquisador de cognição e design centrado no usuário, o autor também foi cofundador da famosa consultoria Nielsen Norman Group, em conjunto com o Dr. Jakob Nielsen, autor das 10 “**heurísticas da usabilidade**”. Além disso, escreveu os best-sellers “**O Design do Dia-a-dia**”, “**Design Emocional**” e “**O Design do Futuro**”, entre outras importantes obras na categoria de projeto e design. Nas suas próprias palavras:

Usuários geralmente estão aptos a descrever os sintomas de suas dificuldades e a solicitar soluções para estes sintomas, ao passo que a melhor solução é chegar às suas reais necessidades e à raiz de seus problemas. (...) Entender como as pessoas vão fazer uso de um objeto é essencial. Compreender as pessoas é essencial. Mas perguntar sua opinião, nem sempre (NORMAN, s.d.).

Para Norman, ignorar os usuários em potencial é um método garantido para o fracasso. Portanto eles devem ser estudados, consultados e ouvidos. Contudo, seu nível de participação e cooperação no desenvolvimento do produto ou serviço em si depende da natureza deste projeto: Se ele é demasiadamente complexo, a ponto de que as habilidades requeridas para se trabalhar com o assunto requeiram anos de experiência,

então usuários-chave devem ser contratados como especialistas – justamente o que prega o Kit de Ferramentas HCD (ver 3.2.2). Caso contrário, melhores resultados são obtidos com a participação dos usuários somente nas etapas de pesquisa e validação, mas não na ideação. Complementarmente, Nussbaum (2009) afirma que o designer deve ser o interlocutor entre a tecnologia e a sociedade, aplicando a primeira para atender aos anseios da segunda.

Conforme visto no item 5.2.3, a maior parte dos projetos similares encontrados consistem em máquinas autopropelidas, dotadas de rodas e manobradas ao longo do canal. Tais produtos, contudo, não são adequados a todos os tipos de solo, como, por exemplo, os terrenos íngremes, irregulares e pedregosos apresentados em 4.2, que comprometem sua eficácia e estabilidade. Outra desvantagem de equipamentos desta configuração é a ausência de controle da altura de corte da cana, similarmente ao que ocorre com as lâminas das colhedoras de grande porte. Conforme Salvi (2006), o corte basal a altura sempre fixa, sem que o operador possa regular este parâmetro, pode levar a diversos problemas, como desperdícios de matéria-prima, danos nas soqueiras, avarias no mecanismo pelo contato com rochas e principalmente a contaminação da cana colhida com impurezas do solo, quando o sistema cortador atinge não apenas a planta, mas também a terra ao seu redor (SALVI, 2006).

Com exceção dos equipamentos apresentados em 5.2.3.4, que consistem em produtos meramente adaptados (às vezes nem isso), não foram encontrados na pesquisa projetos aplicados à indústria canavieira que explorem a mesma configuração das roçadeiras e similares. Esta morfologia, quando comparada às máquinas autopropelidas, oferece melhor flexibilidade de uso, mais simplicidade mecânica e maior mobilidade do operador na lavoura, sendo assim mais adequada a diferentes tipos de terreno. Por estes motivos, foi ela a escolhida para a continuidade deste projeto.

6.1. VISÃO GERAL

O produto proposto consiste basicamente em um equipamento com haste em **formato “L”, para melhor manobrabilidade do usuário em terrenos irregulares e melhor precisão no corte da cana**. Tal corte é realizado por uma lâmina circular em uma de suas pontas, movida pelo motor na ponta oposta, e o conjunto é preso por cintas de suporte, como ocorre atualmente nas roçadeiras. A Figura 48 mostra a primeira versão da proposta, que posteriormente sofreu modificações, após ajustes de alguns sistemas e

mecanismos. Seu desenvolvimento e a solução conceitual revisada são apresentados a partir do item 6.2.

Figura 48 - Primeira versão da solução proposta.



Fonte: Autor, 2013

6.2. DECOMPOSIÇÃO DO PROBLEMA EM SUBSISTEMAS

Ulrich e Eppinger (2000) afirmam que muitos desafios de design são complexos demais para serem resolvidos como um único problema e podem geralmente ser decompostos em diversos subproblemas no processo de geração e análise de alternativas. Por este motivo, a arquitetura usual das roçadeiras laterais foi dividida em subsistemas, conforme mostra a Figura 49.

Figura 49 - Decomposição do projeto em subsistemas.



Fonte: Google Imagens e Autor, 2013.

6.2.1. Sistema Motriz

O Quadro 4 apresenta algumas possibilidades de sistemas motrizes para o equipamento, agrupando-os conforme suas fontes de energia e de alimentação. Cada

hipótese foi analisada em termos de viabilidade técnica e financeira, e confrontada com as vantagens e desvantagens das demais.

Quadro 4 - Levantamento de sistemas motrizes.

Fonte de energia	Alimentação
Combustão	Gasolina
	Diesel
	Etanol
	Biodiesel
	<i>Flex</i> (gasolina ou etanol)
Eletricidade	Rede elétrica + baterias íon-lítio
	Painéis solares + baterias íon-lítio
Ar comprimido	O ₂ gasoso
	N ₂ líquido
Biodigestão	Biogás de matéria orgânica

Fonte: Autor, 2013.

Motores alimentados por biogás, apesar de altamente ecológicos, foram imediatamente descartados, pois dependem da instalação de amplos biodigestores nas propriedades rurais, ainda pouco difundidos. Além disso, os estudos encontrados sobre máquinas alimentadas por este sistema revelam motores demasiadamente grandes (CAMPOS, 2004) e complexos para um equipamento portátil, ou mesmo motores de ciclo Stirling, que apesar de mais simples, termicamente mais eficientes e potencialmente mais compactos, requerem fontes externas de calor, inviabilizando sua operação neste caso (GÜNTERT, 2011). Motores a ar comprimido também não dispõem de fácil disponibilidade para seus combustíveis, além de oferecerem maior peso e risco de acidentes com cilindros de oxigênio puro ou nitrogênio líquido.

Já motores elétricos seriam uma alternativa não poluente, de baixo ruído e alta durabilidade. Eles são a opção-padrão em roçadeiras domésticas (ver 5.2.2.3), porém requerem extensos cabos ligados à rede elétrica, o que impede seu uso no ambiente rural. Uma alternativa interessante seria alimentar tais motores utilizando células fotovoltaicas, mas seu custo ainda é proibitivo no país e seria necessário um grande número delas para

atingir a demanda energética, tomando muito espaço físico. Invariavelmente os motores elétricos portáteis atualmente esbarram no problema da autonomia de uso, pois as baterias disponíveis não possuem capacidade de armazenamento suficiente – conforme visto em 5.2.2.3, a maioria dos modelos atuais são destinados às aplicações domésticas, de baixa potência, e funcionam ininterruptamente apenas entre 50 min a 70 min. A Figura 50 mostra algumas das especificações de um modelo a bateria em um revendedor na cidade de Porto Alegre.

Figura 50 - Ficha técnica de um modelo de roçadeira elétrica sem fio.

ROÇADEIRA BATERIA BC231UDWB 36V	
Características:	
Fabricante: Makita	Cilindrada: -
Tipo de Uso: Semiprofissional	Tipo Motor -
Alimentação: Bateria	Peso: 7,1kg
Potência: 36V	Garantia: 6 meses
Vantagens:	Benefícios:
Produto inovador. Possui cabo ergonômico, punho emborrachado, baixo ruído e vibração, fácil manutenção	Prática e simples de usar. Dispensa uso de fio e combustível, mais econômica, sem necessidade de troca de óleo e combustível, menor agressão aos ouvidos.
Informações adicionais	
Ideal para o uso residencial, espaços públicos, resorts etc.	
Tempo de funcionamento aproximando : 70min com lâmina, 45 min com fio	
LM	
88177096	
	ROÇADEIRA BATERIA BC231U-DWB 36V R\$ 1999,90 88177096  0088381618120

Fonte: Leroy Merlin Porto Alegre, 2013.

Apesar disso, a fabricante australiana Pellenc®, que afirma ter sido a primeira a implementar motores elétricos em seus equipamentos, já dispõe de baterias de longa duração aplicáveis a diversos de seus produtos. A empresa trabalha principalmente com maquinário para cultivo e colheita de uvas, mas também é conhecida por seus sopradores

e implementos para colheita de azeitonas, entre diversos outros produtos (PELLENC AUSTRALIA PTY LTD, 2013).

Figura 51 - Produtos Pellenc® movidos a baterias de alta capacidade.



Fonte: Pellenc Australia Pty Ltd, 2013.

Segundo o fabricante, suas baterias podem fornecer energia para um dia completo de trabalho, graças à tecnologia proprietária de Íon-Lítio Ternário, que utiliza também Níquel, Manganês e Cobalto. A Figura 52 mostra as especificações técnicas dos modelos disponíveis atualmente, incluindo os tempos de recarga, que variam entre 5 e 12h.

Figura 52 - Baterias de alta capacidade Pellenc®

ULiB	200	400	700	1100	PolyS
Weight (without harness) - kg	1.9	3.4	5.5	5.9	3.4
Type	Li-ion	Li-ion	Li-ion	Li-ion	Li-po
Voltage - V	50.2	50.2	50.2	50.2	50.2
Capacity - Ah	4.4	8.8	15.4	23.2	10.6
Energy Stored - Wh	200	400	700	990	500
Maximum Power - W	1200	1500	2000	2000	2000
Average lifetime - Cycles	800 to 1200	800 to 1200	800 to 1200	800 to 1200	1200 to 1500
Charge Time - h	5	5	8	12	8

Fonte: Pellenc Australia Pty Ltd, 2013.

Desta forma, tendo em vista que já estão disponíveis no mercado baterias que permitem períodos de trabalho mais longos na lavoura (apesar da tecnologia patenteada da Pellenc®), motores elétricos poderiam constituir uma opção viável para o sistema propulsor do produto.

Antes da definição, porém, se faz necessário analisar também os motores a combustão, a opção mais utilizada atualmente em equipamentos similares sem fio. Os modelos de roçadeiras profissionais disponíveis são alimentados por gasolina (misturada a óleo numa proporção de 25:1 para lubrificar o motor), em motores de cilindro simples. Yoshida (2007) destaca que o uso de óleo Diesel no Brasil é mais recorrente para aplicações pesadas, em virtude da robustez de seus componentes, como em motores de veículos de carga, navios e afins. Além disso, sua utilização é restrita pela legislação brasileira, a fim de evitar escassez de abastecimento nos caminhões que fazem o transporte de cargas no país (YOSHIDA, 2007). Por estes motivos é incomum encontrar motores compactos a Diesel fabricados no Brasil, razão pela qual esta opção também foi descartada.

O uso de etanol seria uma alternativa interessante e um tanto peculiar, visto que o produto teria como combustível um derivado da própria planta que se destina a colher, criando assim um ciclo fechado de sustentabilidade. Já existem no mercado roçadeiras laterais profissionais movidas a etanol, como a mostrada na Figura 53.

Figura 53 - Roçadeira Makita® modelo EBH252UA, movida a etanol.



Fonte: Makita do Brasil, 2012.

Por fim, uma possibilidade que aumentaria a flexibilidade de uso para seus consumidores seria a aplicação da motorização bicombustível, amplamente difundida nos veículos automotores no país desde seu lançamento em 2003 (YOSHIDA, 2007). Contudo, Yoshida (2007) aponta que seu funcionamento depende do sistema de injeção eletrônica e principalmente da sonda lambda, componente que gerencia a quantidade de

combustível a ser enviada para a queima no motor. Os motores compactos atualmente utilizados em roçadeiras, contudo, ainda são carburados, dispendo de apenas uma vela de ignição. É possível que a aplicação de um sistema de injeção eletrônica não seja tecnologicamente inviável nestes aparelhos, contudo seu custo seguramente encareceria bastante a produção, motivo pela qual também esta alternativa foi descartada.

O fator custo, por sinal, foi um importante critério de desempate entre as opções do motor elétrico (alimentado por baterias de íon-lítio de alta capacidade) e o motor a combustão 4 tempos. Como os produtos Pellenc® não estão disponíveis no Brasil, as Figuras Figura 54 e Figura 55 mostram um comparativo dos valores finais praticados aos consumidores britânicos, para duas roçadeiras de especificações similares.

Figura 54 - Aparador de grama Pellenc® Excelion, movido a bateria, vendido na internet.

Pellenc Excelion Professional Grass/Brush Cutter

Pellenc Excelion Professional Grass/Brush Cutter. Use with Pellenc Ultra Lithium Battery Pack



Part No: EXCELION

Manufacturer: [Pellenc](#)

Price: **£954.00**

Availability: 2-3 Working Days ★★★★★

1

+

-

Buy Now >>

Fonte: Webster Power Products Ltd, 2013.

Figura 55 - Aparador de grama Makita® com motor 4 tempos, vendido na internet.



Makita ZMAK-EM4340L 33.5cc 4 Stroke Petrol Brushcutter

by [Makita](#)
[Be the first to review this item](#)

Price: **£580.00** (£45.81 / kg)

Usually dispatched within 2 to 3 days.
Dispatched from and sold by [Rochdale Re-Tool](#).

- 4-stroke motor
- Low vibration, low emissions and low fuel consumption
- One of the lightest grass trimmer with 4-stroke engine in its class
- Quiet, powerful engine
- Very easy starting

Fonte: Amazon.com.uk Inc., 2013.

O modelo com motor elétrico e baterias de longa duração apresenta preço final 65% superior àquele movido por motor a combustão. Outro fator importante na escolha foi o suprimento de energia elétrica em ambientes rurais, sabidamente deficiente tanto no Brasil como em outras regiões agrícolas do mundo na qual é cultivada a cana-de-açúcar, o que poderia trazer grandes dificuldades de recarga da bateria.

Após esta análise e triagem, portanto, optou-se por utilizar um motor 4 tempos movido a etanol, similar ao apresentado nas especificações da Figura 56.

Figura 56 - Ficha técnica de um modelo de roçadeira movido a etanol.

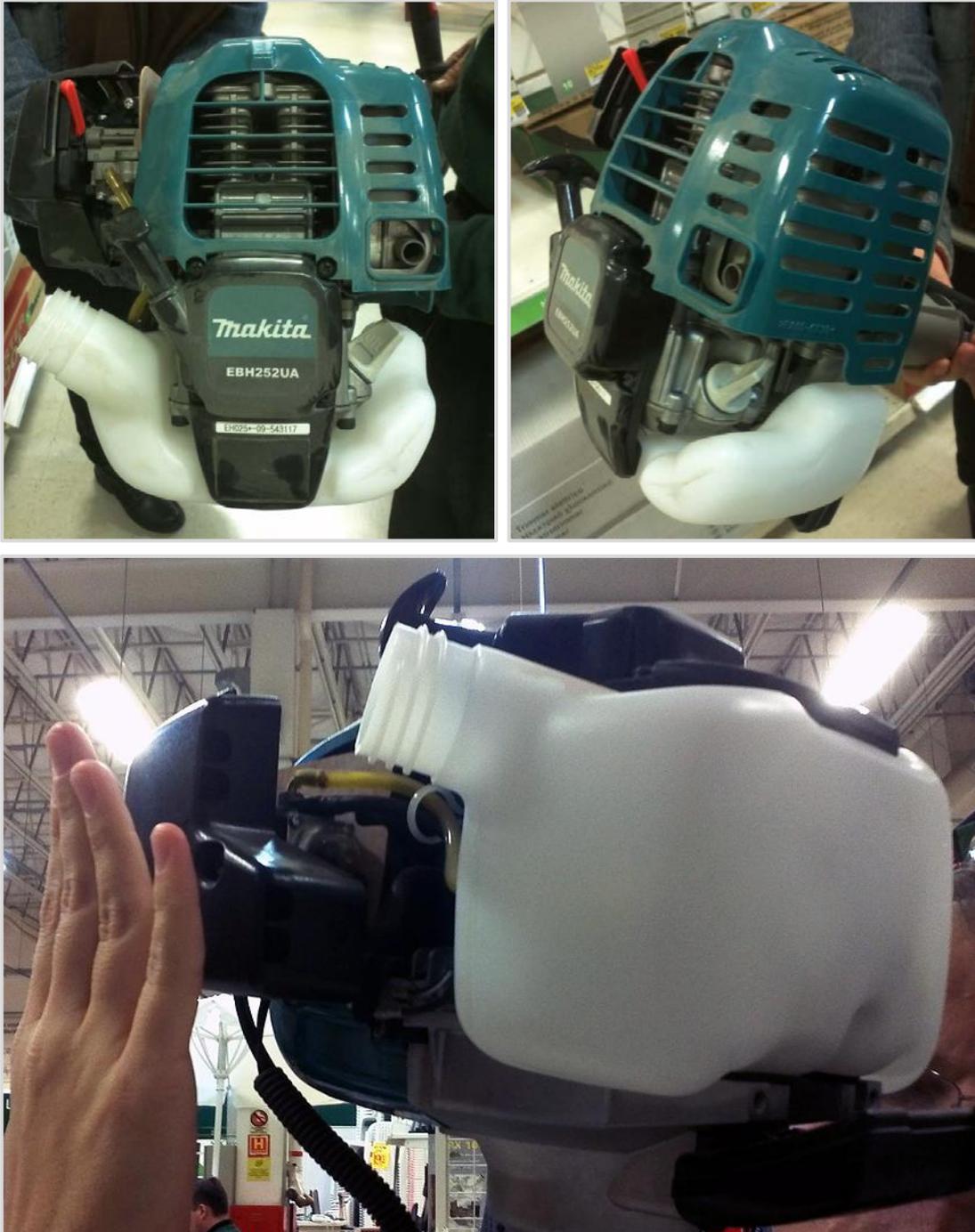
ROÇADEIRA ETANOL 1,1HP															
Características:															
Fabricante: Makita	Cilindrada: 24,5cc														
Tipo de Uso: Semiprofissional	Tipo Motor: 4 tempos														
Alimentação: Etanol	Peso: 5,7kg														
Potência: 1,1hp	Garantia: 0														
Vantagens:	Benefícios:														
Possui cabo multifuncional. Motor 4 tempos, compacto baixo consumo e de fácil manutenção. Não utiliza mistura óleo/gasolina.	Potente. Possibilita a poda de forma rápida e prática, sem esforço e com economia, sem agredir a natureza.														
Informações adicionais															
Ideal para o jardim de sua casa ou sítio, é perfeita para o corte de vegetações rasteiras em locais de difícil acesso. Pode ser usada com diversos conjuntos de corte.															
LM															
88177166															
15	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">ROÇADEIRA ETANOL EBH5252</td> </tr> <tr> <td colspan="2">4T 1,1HP</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">1.299,90</td> </tr> <tr> <td>R\$</td> <td>CD</td> </tr> <tr> <td>88177166</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">88381614276</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">11/06/2013</td> </tr> </table>	ROÇADEIRA ETANOL EBH5252		4T 1,1HP		1.299,90		R\$	CD	88177166		88381614276		11/06/2013	
ROÇADEIRA ETANOL EBH5252															
4T 1,1HP															
1.299,90															
R\$	CD														
88177166															
88381614276															
11/06/2013															

Fonte: Leroy Merlin Porto Alegre, 2013.

Conforme mostrado anteriormente na Figura 53, a fabricante Makita® já dispõe de uma linha de produtos que utiliza motorização 4 tempos. A empresa afirma que seus motores produzem entre 20 a 30% mais potência que os motores 2 tempos convencionais atualmente utilizados em roçadeiras, e que são os mais leves de sua classe graças à liga de

magnésio que compõe o cárter e a carcaça da embreagem (MAKITA DO BRASIL, 2012). A Figura 57 apresenta fotografias do motor 4 tempos a etanol EBH252UA, tiradas em um revendedor na cidade de Porto Alegre, mostrando seu tamanho compacto.

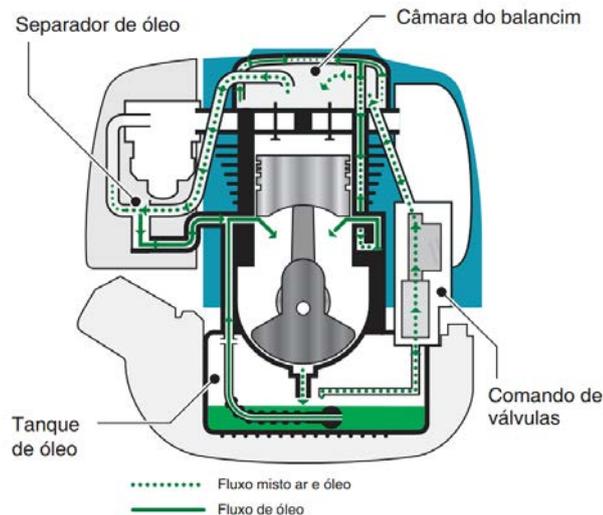
Figura 57 - Motor compacto 4 tempos a etanol.



Fonte: Autor, 2013.

A Figura 58 apresenta um diagrama esquemático do sistema de lubrificação dos motores 4 tempos da marca.

Figura 58 - Sistema de lubrificação do motor e seus componentes.



Fonte: Makita do Brasil, 2012.

O fabricante ainda alega que as emissões de gases foram drasticamente reduzidas com relação aos motores 2 tempos convencionais, estando bem abaixo dos requerimentos mínimos de órgãos reguladores como California Air Resources Board, US Environmental Protection Agency e a União Européia (Tabela 4).

Tabela 4 - Comparação entre emissões de gases tóxicos dos motores 2 e 4 tempos entre 24,5 e 75,6 cc.

	24.5 cc	25.4 cc	33.5 cc	75.6 cc
Certificação	24.5 cc < 50 cc	25.4 cc < 50 cc	33.5 cc < 50 cc	75.6 cc ≥ 50 cc
Nível padrão de Emissão de Gases: HC+Nox (g/kw-hr)	CARB/ EPA/ EU "50"	CARB/ EPA/ EU "50"	CARB/ EPA/ EU "50"	CARB/ EPA/ EU "72"
Nível certificado do motor 4-Tempos Makita HC+Nox (g/kw-hr)	27	26	21	13
Nível certificado do motor 2-Tempos HC+Nox (g/kw-hr)	224 (24.5 cc)	214 (25.4 cc)	201 (30.5 cc)	204 (48.6 cc)

Motor 2 Tempos
Gases de escape são **1/10**

Layered Scavenging Motor 2 Tempos
Gases de escape são **1/2**

Motor Makita 4 Tempos
Somente HC+NOx **27g/kWh**

Fonte: Makita do Brasil, 2012.

Além disso, em ensaios de atendimento à norma ISO 7917 (*Acoustics -- Measurement at the operator's position of airborne noise emitted by brush saws*) os motores 4 tempos apresentaram um nível de ruído de 87.7 dB contra os 94.5dB dos

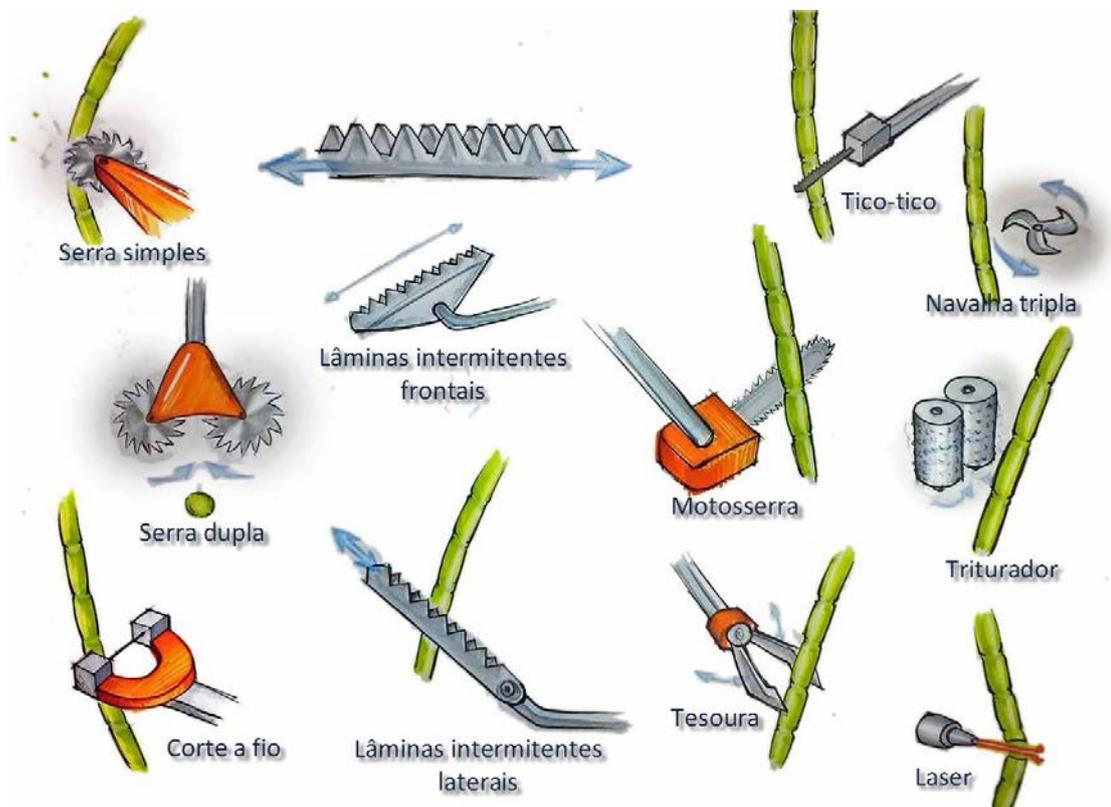
motores 2 tempos. (MAKITA DO BRASIL, 2012). Como a escala decibel é logarítmica, isto equivale a aproximadamente 5 vezes menos ruído. Analogamente, os novos motores apresentam menor vibração: $2,5 \text{ m/s}^2$ ao invés de $4,4 \text{ m/s}^2$. Por fim, outra vantagem é que os motores 4 tempos não requerem a mistura de óleo com combustível, sendo abastecidos somente com etanol, o que facilita sua operação e manutenção.

Propõe-se que a motorização do produto seja mais robusta do que a supracitada, dispondo de aproximadamente 2kW de potência, ou cerca de 2,7 hp, conforme recomendado em 4.1.3, e capacidade máxima de 1,2 l no tanque de combustível. O dimensionamento definitivo, contudo, compete aos cálculos de uma equipe de engenharia em uma fase posterior do projeto não abordada neste estudo, bem como a testes práticos realizados com protótipos funcionais em campo.

6.2.2. Sistema de corte

A Figura 59 mostra diferentes alternativas para o corte mecanizado de cana-de-açúcar.

Figura 59 - *Brainstorm* de alternativas para o sistema de corte.

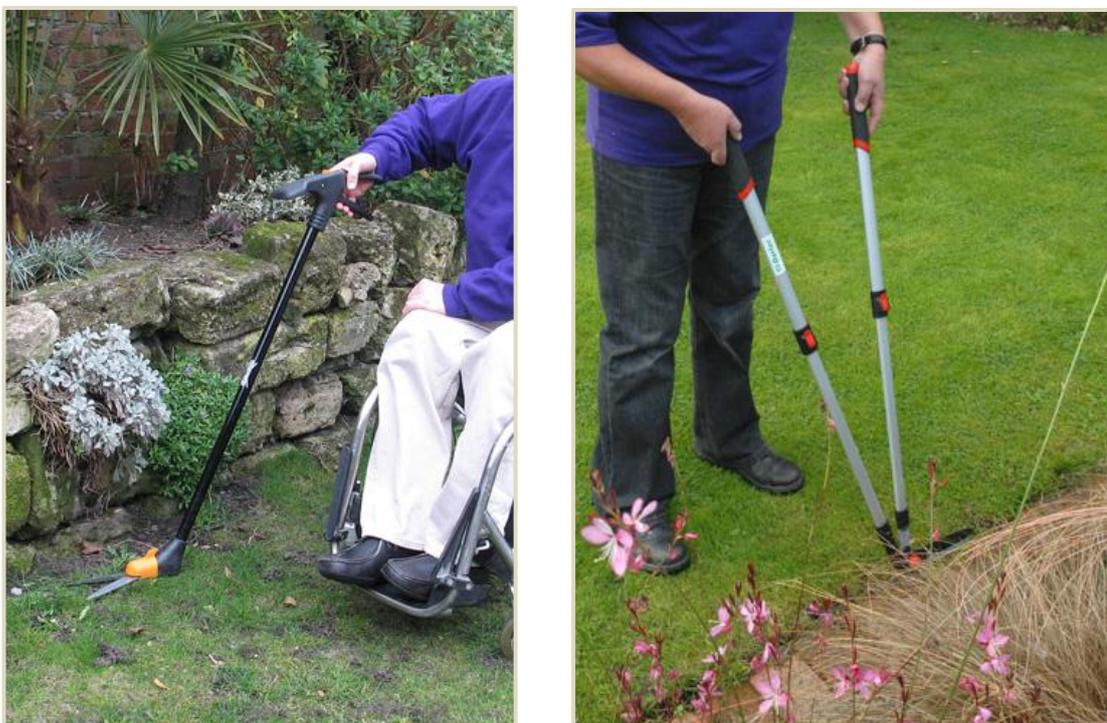


Fonte: Autor, 2013.

Assim como no item anterior, cada possibilidade oriunda deste *brainstorm* foi analisada criticamente em termos de seus prós e contras. O corte a laser, opção mais “*out-of-the-box*” dentre as apresentadas, se revela inviável em uma série de quesitos: o cabeçote de geração do raio luminoso ainda não pode ser reduzido a um tamanho aceitável, além de ser um sistema demasiadamente caro e não apresentar controle da extensão da luz concentrada. Diagnóstico similar se aplica ao corte a fio, sistema não usual neste ambiente, geralmente restrito a máquinas de médio a grande porte para usinagem de metais. Trituradores, por sua vez, teriam a vantagem de facilmente lidar com plantas de diferentes diâmetros, porém possivelmente gerem maior desperdício de cana no ato do corte, além de serem potenciais causadores de danos por cisalhamento nos tocos, o que facilita o ataque de pragas (Salvi, 2006).

Já o sistema de corte em formato tesoura é de fácil utilização, mas requereria grande força de cisalhamento das lâminas para cortar cana-de-açúcar. Produtos similares são geralmente usados para aparagem de grama e arbustos (Figura 60), sendo substituídos por facas rotativas em aplicações de roçada pesada.

Figura 60 - Aparadores de grama com lâminas em formato de tesoura.



Fonte: Google Imagens, 2013.

Algumas roçadeiras são vendidas já **com serras do tipo “tico-tico”** acopladas em sua ponta, como mostra a Figura 61.

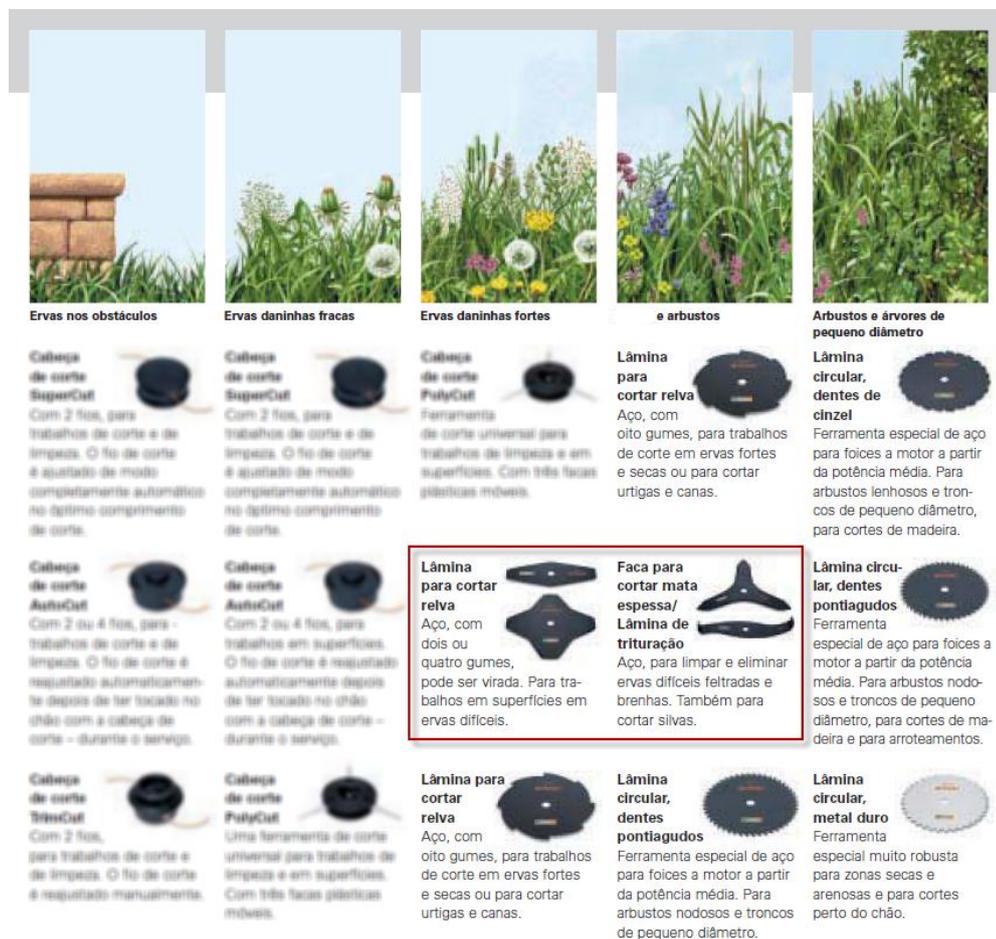
Figura 61 - Roçadeira com ponteira de serra tico-tico.



Fonte: Google Imagens, 2013.

Serras desta natureza, contudo, estão sempre sujeitas à flambagem, pois trabalham com a ponta em suspensão, e por decorrência disto se rompem com mais facilidade do que outros modelos, como as facas rotativas. Estas, por sua vez, apresentam como desvantagem o fato de atingirem o colmo da cana em golpes mais espaçados ao invés de contínuos. Não por acaso, manuais e guias de usuários recomendam facas de 2, 3 ou 4 lâminas apenas para o corte de mata e relva, enquanto canas e troncos de pequenos diâmetros são designados às lâminas circulares, como demonstra a Figura 62.

Figura 62 - Cabeçotes e lâminas para cada tipo de aplicação.



Fonte: Andreas Stihl Ag & Co. Kg Portugal, 2010

Ponteiras de motosserra são acopladas a roçadeiras multifuncionais para a poda de galhos e corte de pequenas árvores, como visto na Figura 35, e certamente são capazes de cortar também cana. Contudo, além de pesadas são bastante volumosas, o que viria a atrapalhar a mobilidade do operador. O empecilho do volume também prejudica a opção das lâminas duplas intermitentes, tanto em sua configuração frontal quanto lateral (Figura 59). Sua eficácia no corte de cana é comprovada pela aplicação no produto CaneThumper® (vide 5.2.3.1) e até mesmo em podadores de cerca-viva (Figura 35), mas tomaria grande espaço em um aparelho designado para ser portátil e de fácil mobilidade pelo campo. Uma alternativa seria utilizar uma versão reduzida deste sistema, similar ao apresentado no aparador portátil da Figura 63. Entretanto, seu uso foi aqui preterido pela adoção das lâminas circulares, pois estas oferecem maior flexibilidade de uso para o equipamento, que pode assim ser utilizado não apenas para o corte de cana, mas também para a manutenção de arborizações jovens.

Figura 63 - Aparadores de grama compactos sem fio, para acabamentos em pequenas áreas.



Fonte: Google Imagens, 2013.

A respeito das lâminas circulares, é importante perceber na Figura 62 que, para cortes próximos ao solo, é recomendado o uso daquelas feitas de metal-duro, justamente as indicadas pelo especialista entrevistado em 4.1.3 devido à sua resistência ao ataque químico do sumo da planta. A desvantagem desta serra, conforme discutido anteriormente, é o seu efeito rebote. Tal problema poderia ser neutralizado com o uso de duas lâminas circulares atuando em conjunto, cada uma rotacionada por cabeçotes independentes, para lados opostos. Sistemas com esta configuração são encontrados em implementos agrícolas destinados ao corte de árvores, como o TreeChopper™, da fabricante DR® Power Equipment Inc. (Figura 64) e o projeto conceitual do estudante de

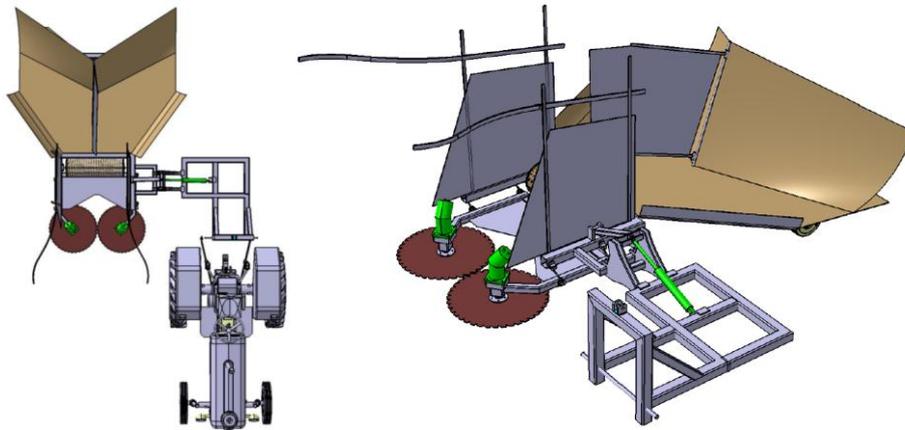
engenharia mecânica Enric Vives, que consiste numa máquina cortadora de árvores para Biomassa (Figura 65).

Figura 64 – DR TreeChopper™



Fonte: DR® Power Equipment Inc, 2013.

Figura 65 - Projeto Conceitual de uma Máquina Cortadora de Árvores para Biomassa.



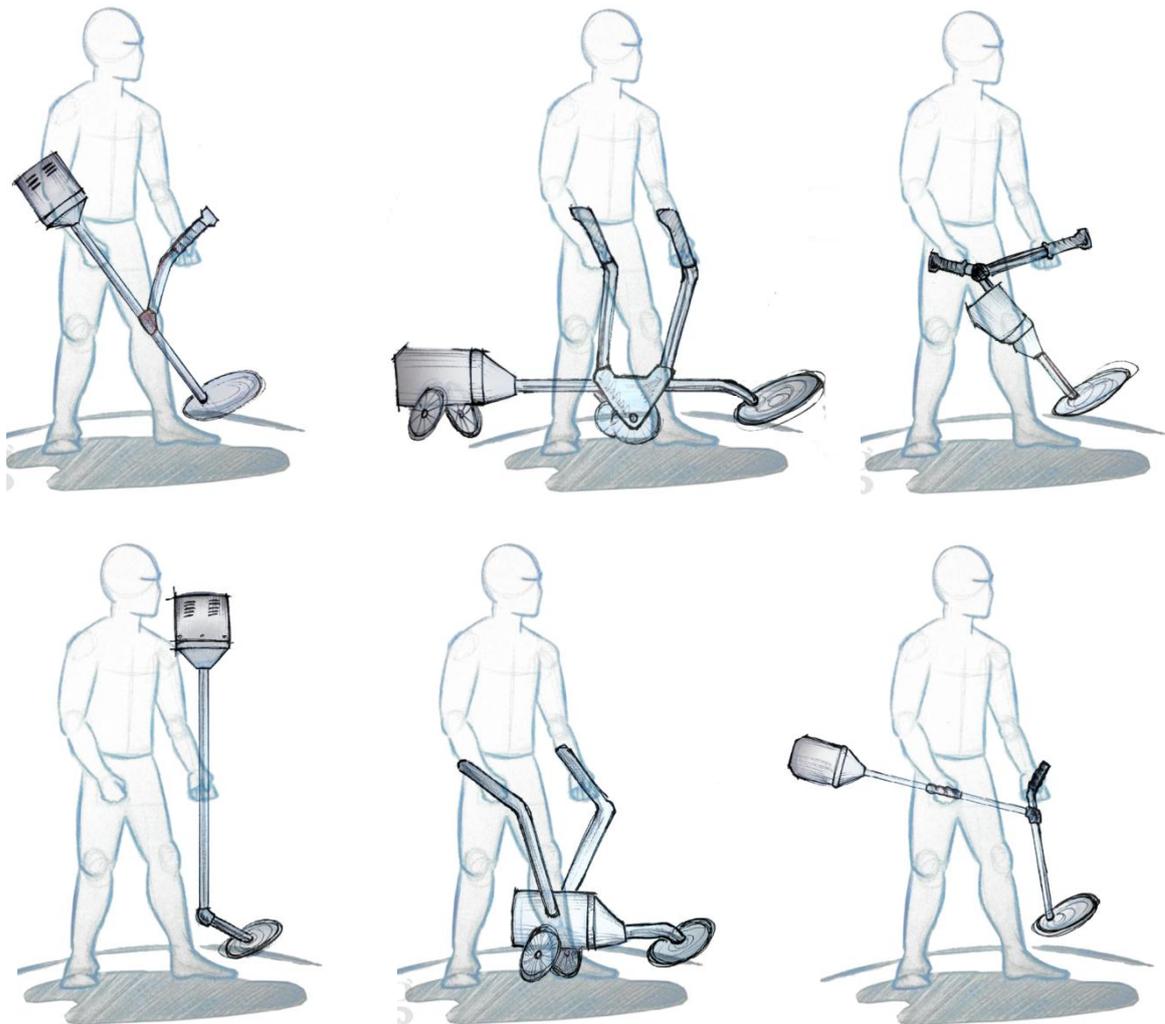
Fonte: Enric Carrer Vives, 2012.

Não obstante, conforme visto em 4.1.3, esta solução implica em maior complexidade de mecanismos, visto que envolve a transmissão do movimento de apenas um cardã para duas lâminas, requerendo assim a duplicação da engrenagem angular e todas as peças relacionadas: pinhões, coroas, rolamentos, flanges, anéis de retenção, etc. Por conseguinte, temos um maior custo de produção e manutenção e mais peso na ponteira do equipamento. Tais motivos levaram ao abandono desta opção em detrimento da lâmina simples de metal-duro. As medidas de segurança adotadas contra o rebote são apresentadas em 0.

6.3. ESTUDOS DE ARQUITETURA DO PRODUTO

Uma vez definidos e identificados os subsistemas que compõem o projeto (ver 6.2), foram geradas alternativas de arquitetura do equipamento (Figura 66), isto é, o estudo do arranjo físico e das interações entre estes subsistemas (BAXTER, 2000). Ulrich e Eppinger (2000) destacam que o propósito desta prática é explorar visualmente diferentes configurações para o produto, identificando potenciais melhorias.

Figura 66 – Alguns esboços de possíveis arquiteturas de produto.



Fonte: Autor, 2013.

6.3.1. Equilíbrio de massas em roçadeiras laterais

Nas roçadeiras costais o peso do motor e demais componentes associados recai sobre o suporte preso às costas do operador (ver 5.2.2.3), sem influência direta do restante do equipamento. Já nas roçadeiras laterais, além da distribuição de massa ser assimétrica, o peso do conjunto motriz é contrabalançado pelo cabeçote de corte na ponta da haste, equilibrando o sistema (Figura 67).

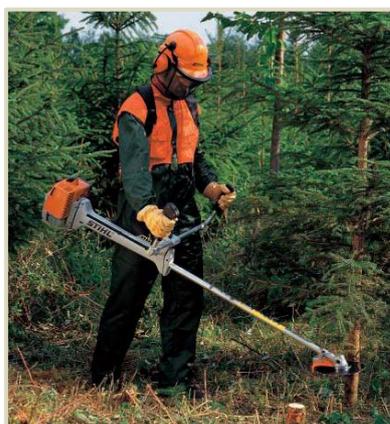
Figura 67 - Esboço do equilíbrio de massas em roçadeiras laterais.



Fonte: Autor, 2013.

Roçadeiras com hastes mais curtas, destinadas principalmente a silvicultura (ANDREAS, 2010), atingem posição de equilíbrio com uma maior inclinação em relação ao corpo do operador do que as roçadeiras de haste longa, como mostra a Figura 68.

Figura 68 - Roçadeira de haste curta para corte de madeira no primeiro desbaste.



Fonte: Andreas Stihl Ag & Co. Kg Portugal, 2010.

A triagem dos estudos de arquitetura, portanto, levou em consideração o equilíbrio de massas dos componentes, bem como o alcance do braço dos usuários em diferentes percentis, aspecto que será detalhado no item 6.7.1.

6.4. APARÊNCIA

Segundo Löbach (2001), os produtos devem atender não apenas a funções práticas, mas também simbólicas e estéticas. Complementarmente, Kotler (2006) afirma que a aparência de um produto deve estar em consonância com os compradores/consumidores que se deseja atingir. O presente projeto, porém, apresenta a peculiaridade de que seu público-alvo, composto essencialmente por trabalhadores ou pequenos proprietários rurais, dificilmente toma quesitos estéticos como fatores decisórios de compra. Para implementos agrícolas como tratores, por exemplo, Leindecker (2011) indica que o preço e formas de pagamento, bem como a disponibilidade de peças e assistência técnica, ainda persistem como critérios principais para aquisição de novos produtos.

O caso do mercado de tratores, porém, é bastante emblemático. Sobral (2010) aponta que estas máquinas também são bens de consumo, pois são considerados veículos automotores e estão até mesmo sob a regulação da ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores). Portanto, além de preço, desempenho e condições de compra, cada vez mais a marca e a aparência são elementos avaliados no processo aquisitivo. Corrobora esta afirmação o aprimoramento estético dos modelos lançados ano após ano, e sua presença nos salões automotivos internacionais (DESIGN, 2007). Por fim, outro motivo que tem levado estes fabricantes a investir mais na aparência de seus produtos reside na mudança da realidade social rural, com a lenta retomada populacional no campo (LAURENTI E DEL GROSSI, 2008 *apud* LOHMANN, 2012) e o retorno (ou permanência) gradual dos jovens.

Por este motivo se decidiu que a aparência do produto deveria estar alinhada com os modelos mais recentes de tratores (Figura 69), transmitindo valores similares de robustez e tecnologia, pois são estes os equipamentos agrícolas que mais sofreram refinamentos formais no mercado nos últimos anos. Entre as ferramentas de auxílio à geração da forma indicadas por Baxter (2000) está o Painel do Tema Visual, na qual referências visuais de outros projetos servem de inspiração para o novo produto, podendo ser combinadas e adaptadas.

Figura 69 - Painel do tema visual do produto: tratores.

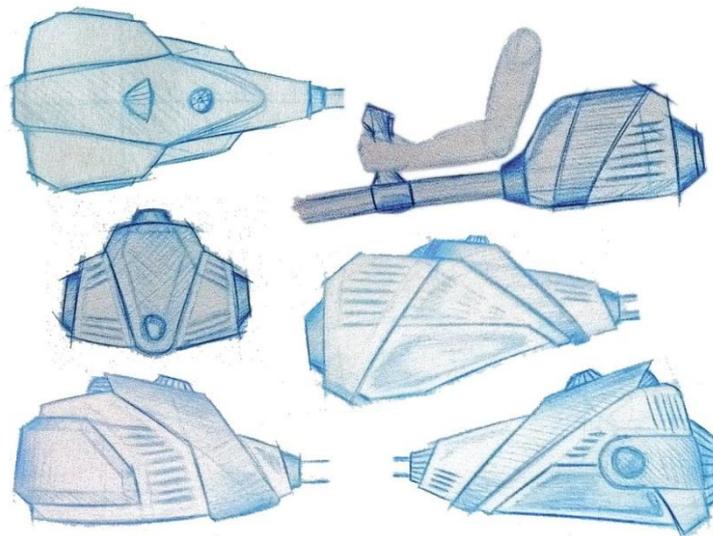


Fonte: Google Imagens, adaptado pelo autor, 2013.

6.5. GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

A Figura 70 mostra alguns dos esboços de aparência gerados para a carenagem principal do equipamento. Uma vez definido seu aspecto visual, apresentado em 6.6, as demais estruturas foram desenhadas com base neste estilo, seguindo as mesmas linhas gerais de forma (ver 6.7). Mais esboços podem ser vistos no Apêndice B.

Figura 70 – Alguns estudos formais.



Fonte: Autor, 2013.

6.6. CARENAGEM PRINCIPAL

Na carenagem principal estão alojados o conjunto do motor e outros componentes mecânicos relacionados, como carburador, vela, filtro de ar, sistemas de embreagem e arrefecimento, entre outros (ver 6.14). Nela também se situa a manopla de arranque, na região traseira do produto, utilizada pelo usuário para dar a partida no motor, bem como o tanque de combustível (

Figura 71). Este último é fabricado em polímero translúcido (ver 0 para uma especificação mais detalhada), permitindo que o usuário enxergue o nível de combustível da máquina.

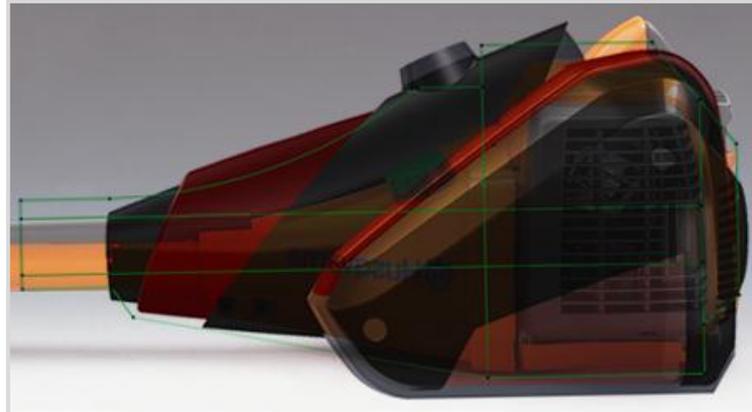
Figura 71 - Carenagem principal do equipamento.



Fonte: Autor, 2013.

A Figura 72 mostra que a carenagem foi desenvolvida com base nas proporções do modelo 345FR, da fabricante Husqvarna® (mostrado no item 5.2.2.3 como um dos equipamentos utilizados para manejo florestal na desbrota de eucaliptos), em virtude do objetivo de utilizar um motor com a mesma potência e robustez, apesar de 4 tempos.

Figura 72 - Proporções do projeto com relação ao modelo Husqvarna® 345FR.

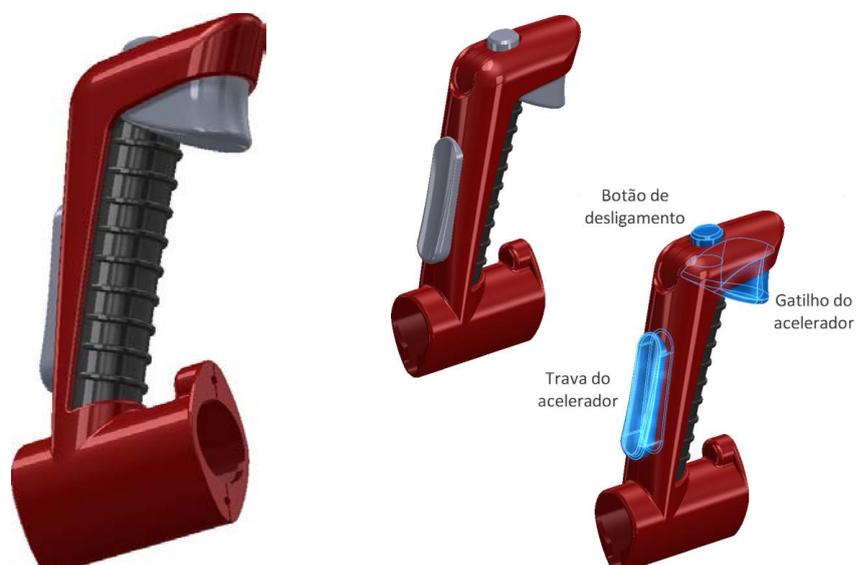


Fonte: Autor, 2013.

6.7. MANCHE E MANEJO

O sistema de manejo do produto é composto pelo manche principal, que contém os comandos de acionamento e paragem (Figura 73), e uma haste auxiliar, para maior firmeza na operação do equipamento (Figura 74).

Figura 73 – Manche e comandos.



Fonte: Autor, 2013.

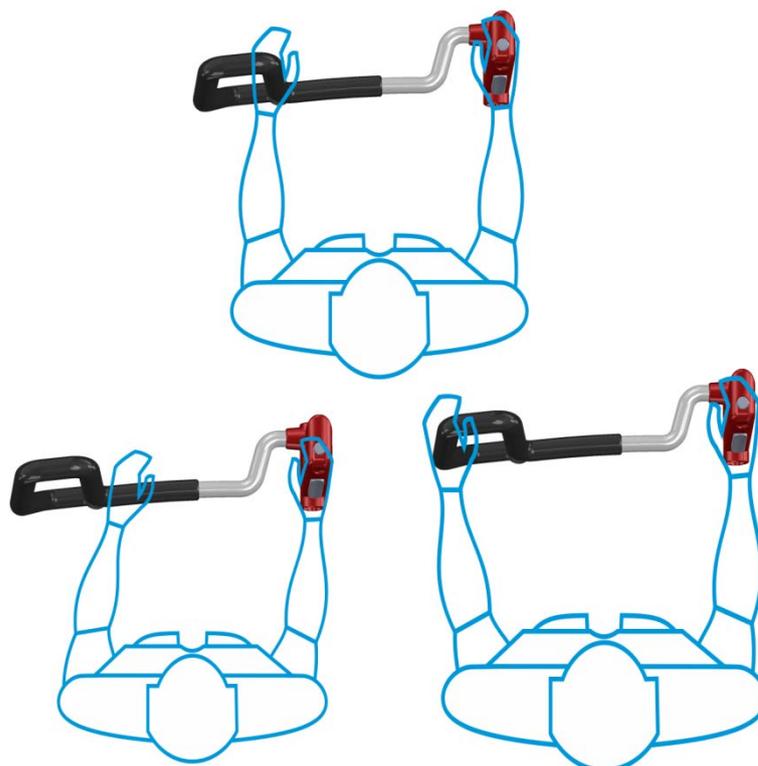
Figura 74 - Haste de manejo.



Fonte: Autor, 2013.

A haste de manejo apresenta diferentes curvaturas, permitindo dessa forma múltiplas possibilidades de empunhadura, como mostra a Figura 75. Desta maneira ela atende a diversas estaturas (diferentes extensões de braço), e permite ao operador que varie a posição do braço de apoio durante a jornada de trabalho.

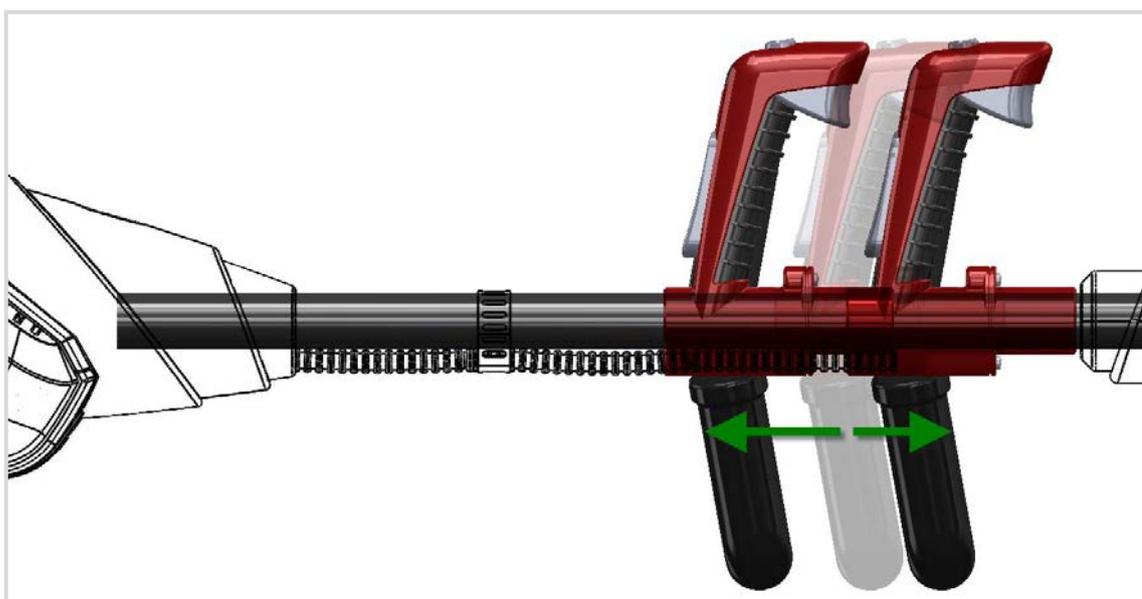
Figura 75 - Diferentes possibilidades de empunhadura da haste ergonômica, atendendo aos percentis 5 a 95.



Fonte: Autor, 2013.

A posição do conjunto manche + haste é ajustável (Figura 76), atendendo a uma ampla gama de percentis, conforme explicado no item seguinte (6.7.1).

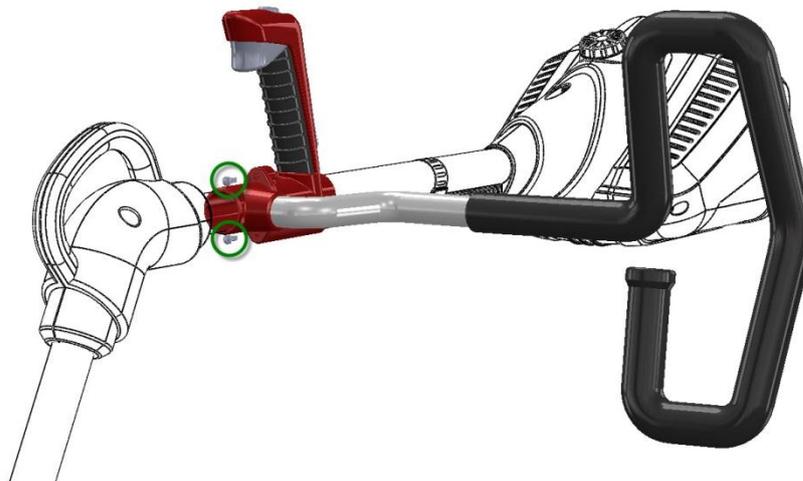
Figura 76 - Ajuste do conjunto de manejo.

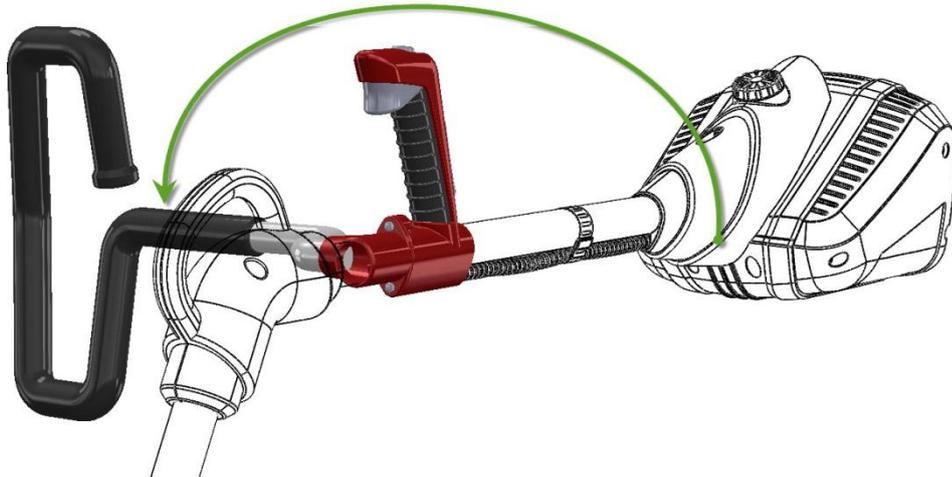


Fonte: Autor, 2013.

Seu formato simétrico em relação ao plano do solo permite que seja usada tanto por destros quanto canhotos, bastando para isso ajustar os parafusos de fixação do tubo principal e rotacionar a peça (Figura 77) – funcionalidade inexistente em outros equipamentos similares.

Figura 77 - Rotação da haste de manejo.





Fonte: Autor, 2013.

6.7.1. Estudos ergonômicos

As dimensões do manche e da haste de manejo foram baseadas em Tilley (2005), que recomenda o diâmetro de 32 mm como preferível para empunhaduras cilíndricas, a fim de atender até mesmo os menores usuários. É bem verdade que estes dados não necessariamente refletem a realidade antropométrica brasileira, pois ainda não fora conduzida no país uma ampla pesquisa com sua população; no entanto constituem as recomendações ergonômicas mais atualizadas da literatura de projeto, visto que as pesquisas de Neufert (1976) e Panero (1983) já tem mais de três décadas. Além disso, Iida (2005) corrobora este diâmetro de 3,2 cm como o de maior conforto na pega, sendo recomendado para cabos de ferramentas manuais e balaústres de veículos coletivos. Este mesmo autor inspirou a forma da haste de manejo, ao apresentar um estudo de caso de redesenho de cabos de pás sob recomendações ergonômicas (IIDA, 2005).

Conforme descrito no item 5.2.2.3, a maior parte dos equipamentos similares **(roçadeiras laterais) dispõem de guidões em formato “U”**. **É um engano, contudo, crer que** esta configuração é sempre a mais adequada para todo tipo de trabalho: o especialista entrevistado em 4.1.3 esclareceu que o guidão é utilizado principalmente por motivo de segurança, para que o operador tenha mais firmeza em retomar a máquina em caso de rebote – informação ratificada pelos manuais de produtos (AMERICAN HONDA MOTOR CO., INC, 2003; STIHL, 2001 e FRÖGELIUS, 2012). Em roçadeiras de menor porte, para serviços de menos força e maior precisão, o manejo do equipamento é feito pela manopla no próprio tubo, complementado por alças também ao longo do eixo (Figura 78).

Figura 78 - Manejo em roçadeiras de menor porte.



Fonte: Andreas Stihl Ag & Co. Kg Portugal, 2010.

A atividade de corte de cana o mais rente possível ao solo, em terrenos acidentados e nem sempre planos, requer mais controle do aparelho do que a roçada extensiva em campos abertos. Por esta razão optou-se por uma opção de manejo intermediária, posicionando o comando diretamente sobre o eixo, como em roçadeiras domésticas, porém utilizando um manche ergonômico, como nas roçadeiras profissionais. A opção da haste já mencionada também se mostrou mais adequada e versátil do que **as alças em formato “D”, como mostrado na Figura 75**. As precauções contra o rebote e acidentes constam no item O.

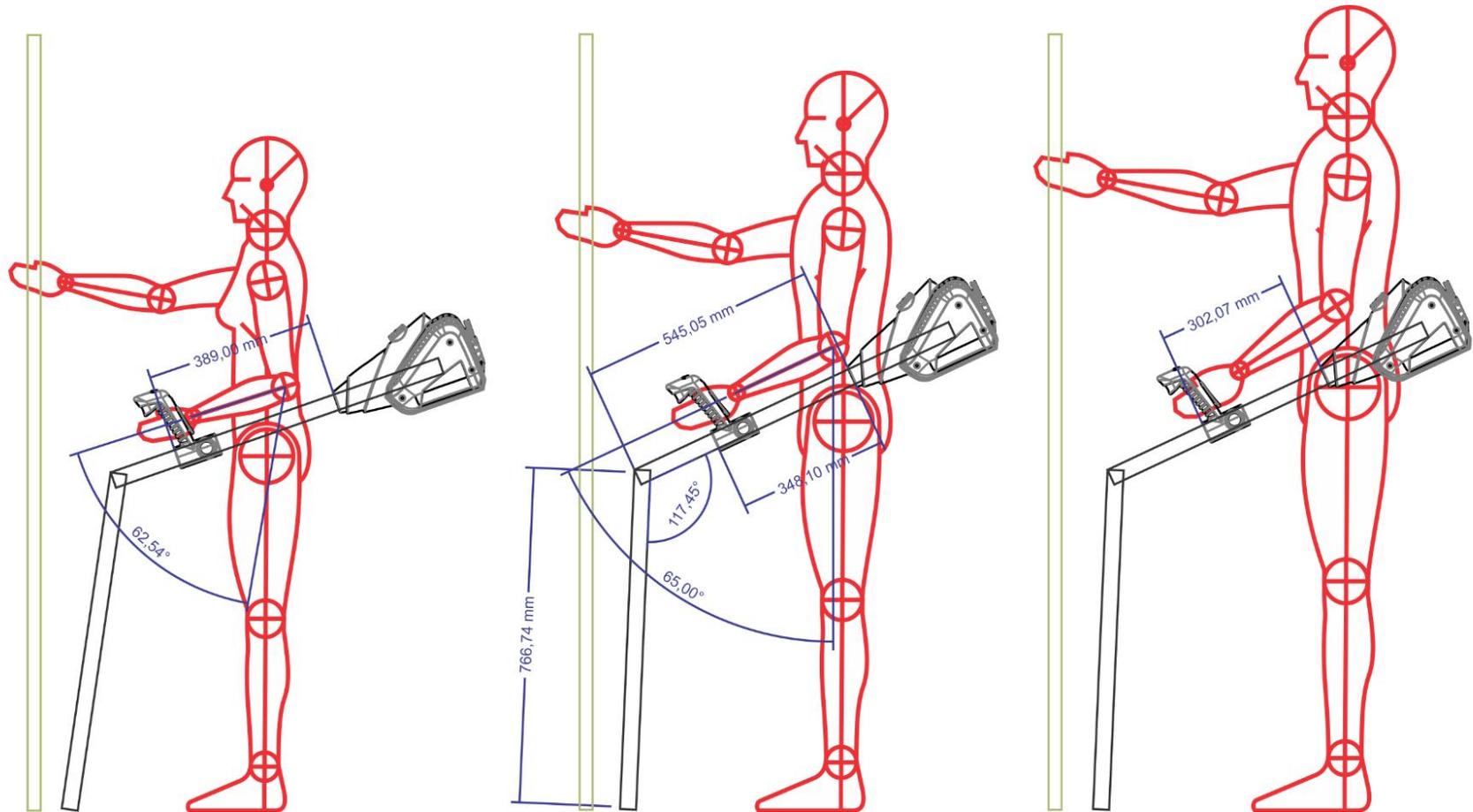
Os estudos ergonômicos apresentados na Figura 80 tiveram início com o posicionamento ideal de angulação dos braços, conforme apontada em manuais de instrução (ANDREAS, 2010) e na Figura 79, para um operador de estatura média, sempre utilizando o equipamento com uma cinta e alças de suporte. Posteriormente os percentis 5 e 95 ajudaram a definir o curso de ajuste do sistema de manejo (manche + haste), bem como as melhores dimensões dos tubos, de forma a atender à mais ampla gama de usuários, conforme preconizam Panero (1983) e demais autores.

Figura 79 - Ângulo de inclinação do antebraço a 120 graus.



Fonte: Andreas Stihl Ag & Co. Kg Portugal, 2010.

Figura 80 - Estudos ergonômicos.



Fonte: Autor, 2013.

Apesar da postura conservadora de se manter a arquitetura do produto semelhante à dos similares encontrados atualmente, em virtude do equilíbrio de massas exposto em 6.3.1; os estudos desenvolvidos no item 6.3 renderam ao projeto sua principal diferença **em relação a outros equipamentos: os tubos em forma de “L”** invertido, com dois eixos associados, e seu acoplamento devidamente protegido por uma carenagem metálica (ver 6.8). Este arranjo se mostra mais adequado do que o convencional em aclives, pois o usuário não precisa realizar uma flexão de tronco a fim de manter o sistema de corte acima do solo. Ele também permite um manejo mais próximo ao pé de cana, melhorando a precisão do corte. Além disso, a Figura 80 mostra que há mais alcance para as mãos do operador, permitindo que eventualmente este manipule a planta durante a atividade de corte, caso necessário, utilizando um dos braços, enquanto o produto permanece sempre suspenso pelas alças de sustentação.

6.8. TRANSMISSÃO E ACOPLAMENTO

Além da embreagem envolvida pela carenagem principal, o sistema de transmissão do movimento é composto essencialmente por dois **eixos em “L”**, acoplados por engrenagens angulares, similares às que já existem nas ponteiras das roçadeiras atuais (Figura 81), bem como nesta proposta (item 6.9). Os eixos são envoltos por tubos fixos, e o acoplamento é alojado e protegido por uma carenagem metálica (ver vista explodida em 6.14 para maiores detalhes). Nela foi agregada também uma alça, para facilitar o manuseio e transporte do produto quando não estiver em uso.

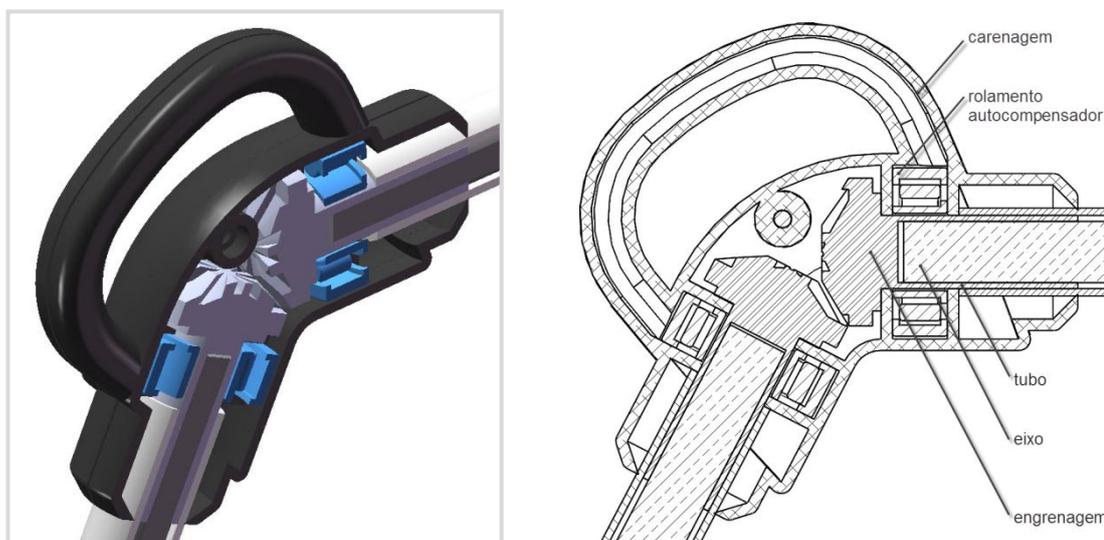
Figura 81 - À esquerda, exemplo genérico de conexão L via engrenagens angulares. À direita, sua aplicação em roçadeiras.



Fonte: Google Imagens, 2013.

A Figura 82 mostra uma representação *esquemática* dos *principais* elementos do sistema, incluindo rolamentos autocompensadores de rolos, que contribuem para reduzir a vibração do conjunto, e as engrenagens angulares em mangas de ligação acopladas aos eixos. O formato e a distribuição dos dentes na imagem são meramente ilustrativos. Não estão representados eventuais anéis de pressão, buchas e demais elementos de máquinas que eventualmente venham a ser necessários.

Figura 82 - Vista em corte parcial representando esquematicamente o acoplamento dos eixos do produto.

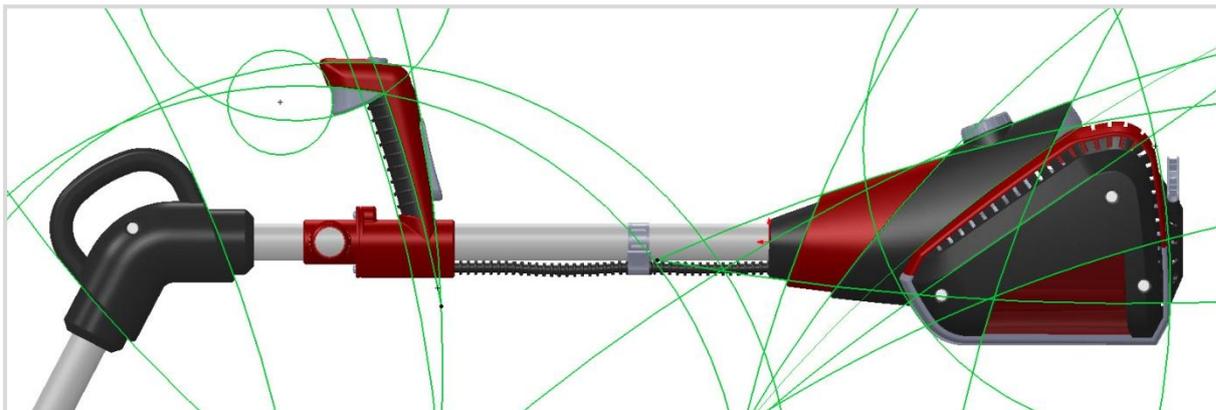


Fonte: Autor, 2013.

Os materiais propostos estão descritos no item 6.11. Sua composição definitiva, assim como o dimensionamento final das peças, contudo, depende de estudos posteriores de uma equipe de engenharia, em uma fase mais avançada do projeto, bem como a testes práticos realizados com protótipos funcionais em campo.

Conforme descrito em 6.5, a Figura 83 mostra que os desenhos do manche e da carcaça do acoplamento seguem o mesmo estilo da carenagem principal, compartilhando inclusive alguns arcos idênticos, mantendo assim a unidade visual do produto.

Figura 83 - Linhas-guia para elaboração das formas.

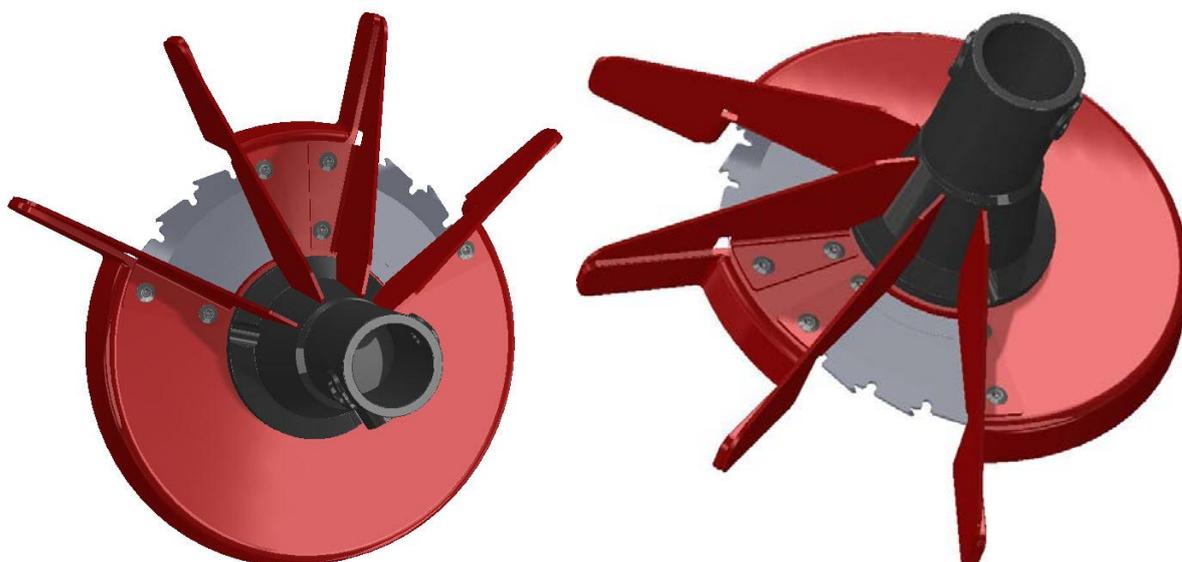


Fonte: Autor, 2013.

6.9. PONTEIRA DE CORTE

Além da lâmina circular, os componentes principais do conjunto de corte (Figura 84) são o cabeçote da ponteira, onde ficam alojadas mais engrenagens para transmissão do movimento dos eixos (Figura 81), um flange inferior, presa por uma porca sextavada M12, e principalmente a proteção metálica. Esta, por sua vez, é composta pelo envoltório da lâmina, acrescida de abas rebatadas, que ajudam a guiar o conjunto durante o corte da cana.

Figura 84 - Conjunto de corte.



Fonte: Autor, 2013.

Os estudos de Pedrosa (2005) e Benett (2011) evidenciam que o diâmetro médio dos colmos de cana-de-açúcar geralmente atinge valores entre 2,3 a 2,6 cm. Dentre os autores pesquisados, Leite (2010) foi o que identificou plantas de maior dimensão, em sua análise de cultivares da cana em argissolos do Tocantins, conforme apresentado na Tabela 5. Entretanto, mesmo sete meses após o plantio, os colmos ainda assim não ultrapassaram 3 cm de diâmetro.

Tabela 5 - Diâmetro médio da base do colmo (cm), medido em sete épocas de desenvolvimento das cultivares de cana.

Cultivares	Diâmetro Médio da Base do Colmo (cm)				
	Dias após o plantio (DAP)				
	90	119	154	182	217
RB835486	2,22a	2,38a	2,72a	2,83a	2,89a
RB855536	2,24a	2,54a	2,55a	2,58a	2,64a
RB855113	2,24a	2,78a	2,87a	2,75a	2,79a
SP79-1011	2,28a	2,77a	2,73a	2,73a	2,73a
IAC86-2480	2,68a	2,83a	2,75a	2,89a	2,91a

Fonte: Leite, 2010.

Com efeito, a Figura 85 mostra uma das amostras de cana colhida no município de Santo Antônio da Patrulha, já ressecada pela ação do tempo, e seu diâmetro aproximado de 22,4 mm.

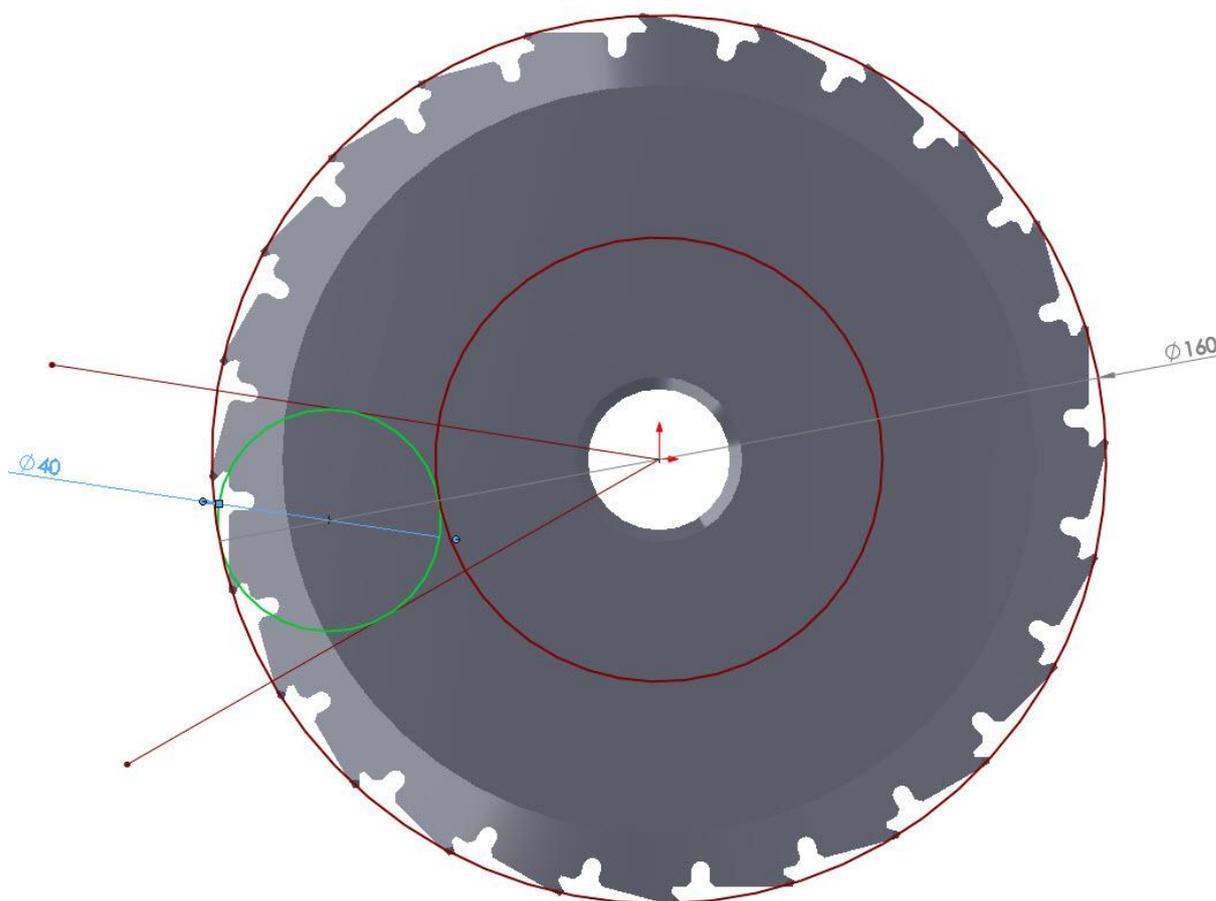
Figura 85 - Diâmetro de amostra da planta colhida em campo.



Fonte: Autor, 2013.

O conjunto de corte, portanto, foi dimensionado especificamente para o corte de cana e eventuais funções adicionais em silvicultura (ver item 7), permitindo que sejam cortados diâmetros de até 4 cm, ou seja, 37,5% superiores aos maiores colmos encontrados na literatura, como margem de segurança (Figura 86). Desta forma, a lâmina circular teve seu diâmetro reduzido em 37,25% com relação às lâminas todo-propósito de 255 mm atualmente encontradas, facilitando seu uso, otimizando material e diminuindo o peso da ponteira. Assim como as colhedoras de grande porte, a presente proposta é capaz de cortar também canas tombadas, porém permitindo que o usuário controle a altura do corte de base (ver item 6).

Figura 86 - Dimensionamento da lâmina circular.



Fonte: Autor, 2013.

6.9.1. Segurança

Não são incomuns acidentes envolvendo roçadeiras e outras ferramentas de corte motorizadas. Souza (2010) cita a situação de um cafeicultor que quase teve a perna amputada quando a lâmina quebrou e o atingiu. Nas palavras do próprio,

Elas (as roçadeiras) vêm com um sistema de proteção, mas que não serve de nada. Tanto que ela continua lá, intacta. Não serviu para evitar que a lâmina me atingisse. A proteção plástica nem foi tocada pela lâmina. (STRAUS, 2010 *apud* SOUZA, 2010, p.5)

A Figura 87 mostra algumas proteções plásticas de lâminas encontradas atualmente no mercado. É possível perceber que o pequeno agricultor citado tem razão, visto que elas são projetadas o intuito principal de impedir a projeção de detritos contra o operador, ao invés de garantir a segurança deste em caso de rompimento ou desprendimento das facas.

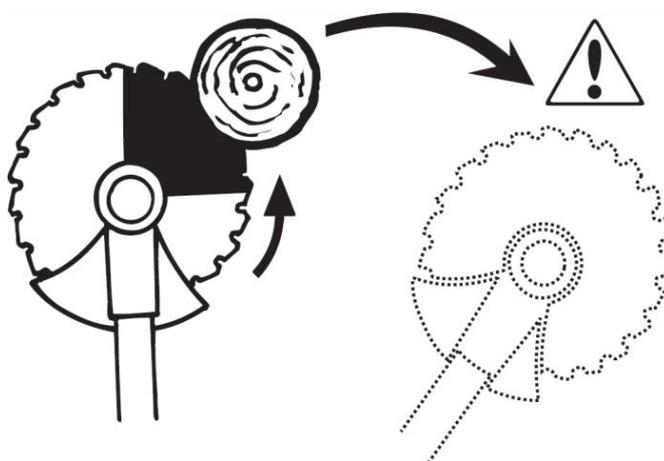
Figura 87 - Anteparos de lâminas em roçadeiras.



Fonte: Google Imagens, 2013.

Conforme explicado em item 4.1.3, é recomendado que o operador se mantenha em um raio de isolamento de 15 m, principalmente em virtude da possibilidade de rebote. Os usuários de roçadeiras estão propícios a este efeito danoso quando efetuam o corte de materiais rígidos como madeira (ou até mesmo canas), principalmente ao utilizarem uma zona específica da serra, entre 0° e 45°, como mostrado na Figura 88.

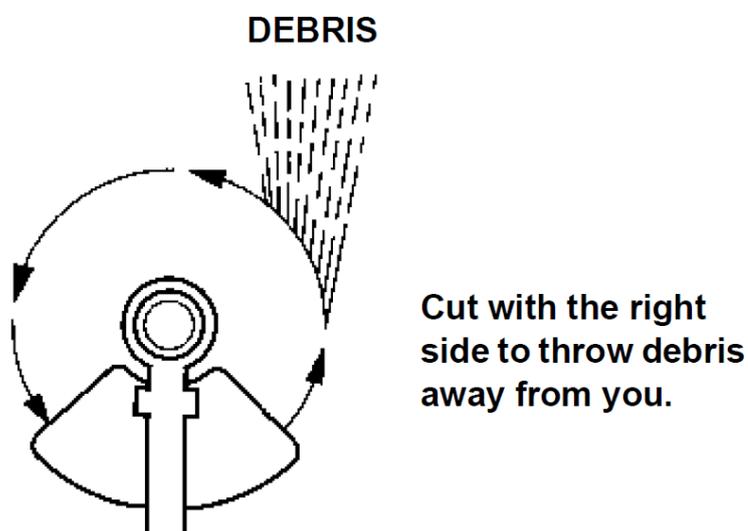
Figura 88 - Zona de corte mais perigosa da lâmina, propícia a gerar rebote.



Fonte: Frögelius, 2012.

Por outro lado, muitas vezes os mesmos manuais de operação que recomendam evitar esta seção da lâmina em cepos e afins procedem justamente de maneira contrária no caso da aplicação convencional, indicando o uso desta zona durante a roçada para que os detritos sejam lançados no sentido contrário ao do operador (Figura 89).

Figura 89 - Projeção de detritos da lâmina circular durante a roçada.



Fonte: American Honda Motor Co., 2003.

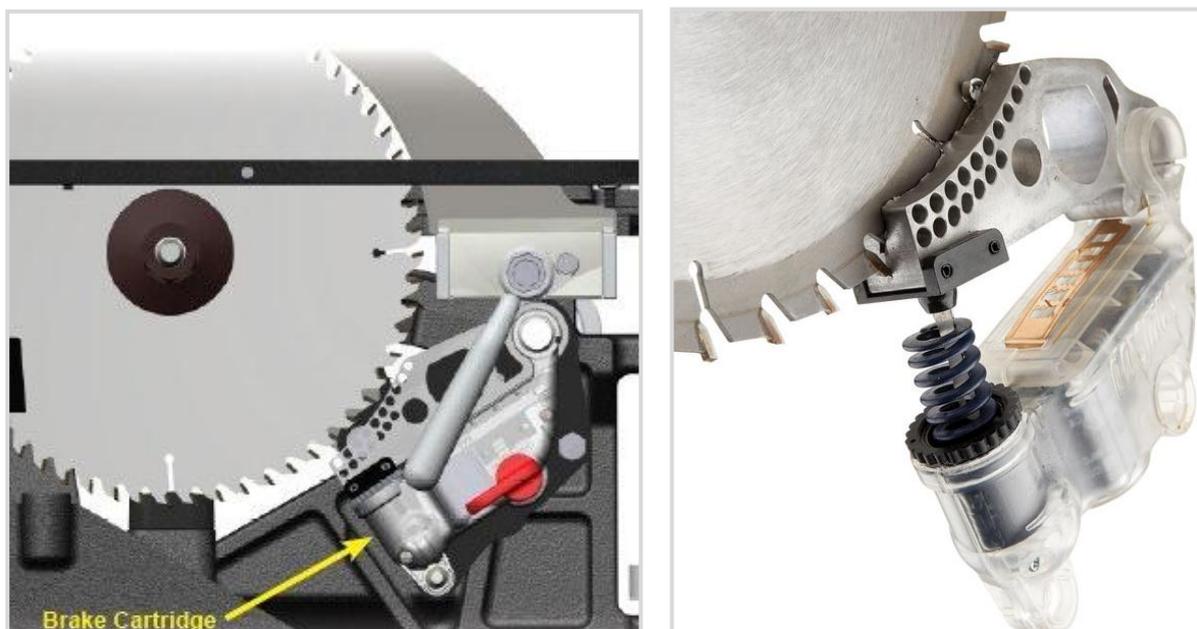
Com a finalidade de adotar medidas de segurança viáveis neste projeto conceitual, foi realizada uma pesquisa de sistemas de proteção adotados em outras ferramentas de corte. Dentre estes, um dos mais interessantes e eficazes é o SawStop®, brevemente apresentado a seguir.

6.9.1.1. O sistema “SawStop®”

SawStop® é um sistema de segurança utilizado pela empresa homônima em sua linha de serras circulares de bancada. Um sinal elétrico é induzido na lâmina metálica e constantemente monitorado por um sensor. Como o corpo humano é bom condutor, qualquer contato com a lâmina causa uma queda significativa no sinal, acionando a frenagem. Madeira e diversos outros materiais não causam o mesmo efeito, por apresentarem baixa condutividade. Trata-se do mesmo princípio das telas capacitivas de aparelhos sensíveis ao toque, ou *touchscreen*.

O freio consiste num robusto, porém deformável, bloco de alumínio, e se encontra oculto abaixo da bancada da serra. Ele é acionado por uma potente mola, que se mantém comprimida até que o fusível conectado a ela tem seu fio queimado pelo impulso enviado do sensor (Figura 90). Ao cravar nos dentes de corte, o freio absorve parte da energia de impacto, enquanto o momento angular da lâmina a retrai para dentro da bancada, ocultando-a. Ao mesmo tempo o motor do aparelho é desligado, num processo que dura entre 3 a 5 milissegundos (SAWSTOP LLC, 2005).

Figura 90 - Detalhe do sistema SawStop®.



Fonte: SAWSTOP LLC, 2013.

Caso isso aconteça, um novo cartucho de freio é facilmente inserido, e a máquina não entra em funcionamento até que ele seja repostado.

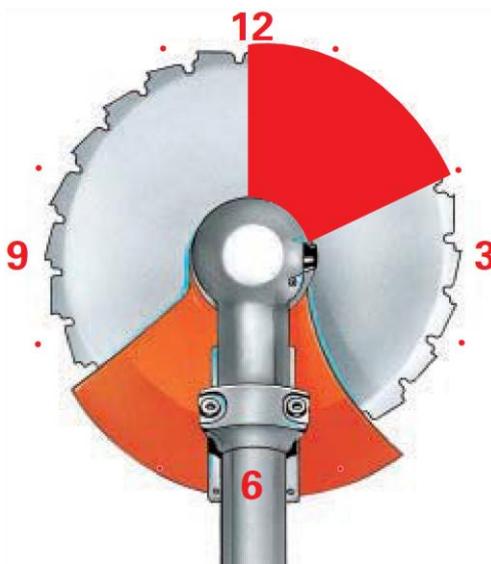
6.9.1.2. Medidas de segurança adotadas

A principal medida de segurança adotada foi o *bloqueio* da zona de rebote da lâmina. Assim, ao invés de ser *aconselhado* a não utilizar esta região, o usuário é *impedido* de cometer tal erro, reduzindo abruptamente o risco do chamado *kickback*. Apenas as zonas seguras foram mantidas. Conforme constam em diversos manuais de operação consultados,

As operações de corte dentro de um segmento da lâmina entre 12 e 2 horas e entre 2 e 5 horas devem ser realizadas somente por operadores treinados e experientes e somente aos seus próprios riscos. O corte com quase nenhum rebote é possível dentro de um segmento de lâmina entre 8 e 12 horas. (Makita do Brasil, s.d.)

A Figura 91 ajuda a identificar as zonas da lâmina por esta mesma associação com as horas de um relógio.

Figura 91 - Segmentos da lâmina divididos analogamente aos ponteiros de um relógio.



Fonte: Andreas Stihl Ag & Co. Kg Portugal, 2010

Na Figura 92 a seguir é possível observar o bloqueio das zonas de risco no produto proposto. Somente duas áreas de corte são permitidas, com diâmetro máximo de 4 cm (conforme visto em 6.9), entre as 8 e as 12 horas.

Figura 92 - Zonas de rebote bloqueadas.



Fonte: Autor, 2013.

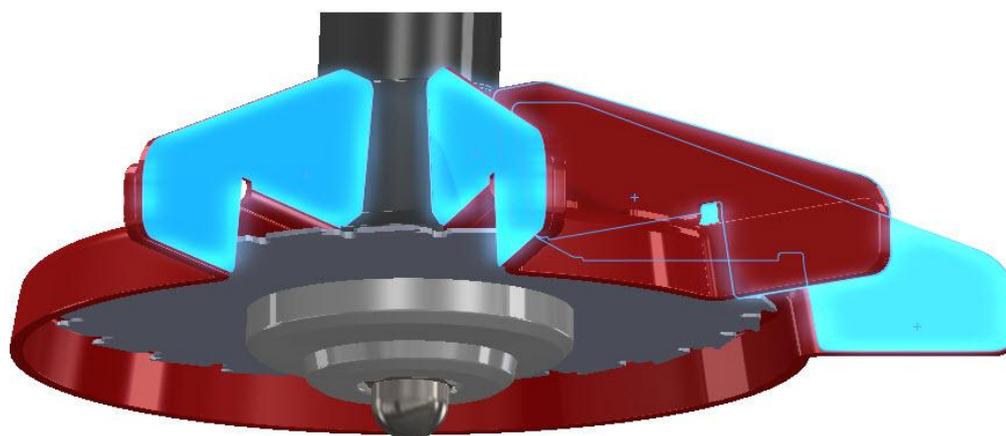
A restrição de uso somente às áreas seguras para corte também reduz o perigo de ruptura da lâmina, como ocorrido com o cafeicultor em 6.9.1. Entretanto, caso ainda assim ela ocorra, a peça protetora metálica que a envolve diminui o risco de que partes desprendidas da lâmina sejam arremessadas. O fato da serra ter suas dimensões reduzidas a torna menos perigosa que as convencionais, pois em caso de quebra ela gera estilhaços menores. Adicionalmente, é importante acrescentar que o próprio limite de diâmetro de corte mostrado anteriormente na Figura 86 também reduz o risco de acidentes.

O uso de um robusto freio similar ao apresentado em 6.9.1.1 se mostra impraticável no presente projeto, por alguns motivos. O primeiro deles é que um mecanismo desta natureza agregaria muito volume e certo peso à ponteira de corte, mesmo que seu principal material seja alumínio, um metal sabidamente leve devido à baixa densidade. Outro motivo é a inutilização da serra e do cartucho, que precisariam ser substituídos. No contexto urbano de um usuário de serras de bancada este é um contratempo administrável, frente à imensa vantagem da segurança. No ambiente rural, contudo, esta desvantagem toma proporções maiores, pois, em caso de acionamento, o usuário precisa ter fácil acesso a peças de reposição – e “fácil acesso” não costuma caracterizar a situação no campo, na maioria das vezes. Por fim, o custo é também outro fator a ser considerado.

No entanto, nem *todo* o conjunto do sistema SawStop® é volumoso, pesado, destrutivo e caro. O monitoramento (e conseqüente acionamento) da variação do sinal

elétrico, tão amplamente utilizado em sensores capacitivos desde elevadores até *tablets*, envolve componentes diminutos, estáticos e de custo irrisório: basicamente sensores sobre uma minúscula placa de circuito impresso e a fiação relacionada. Utilizando o mesmo princípio de carregar eletricamente a lâmina, é possível fazer com que, ao invés de disparar um freio, o equipamento apenas se auto-desligue ao menor contato com a pele. Como a inércia do movimento giratório da lâmina, contudo, já seria suficiente para causar ferimentos ao usuário, é proposto que todos os anteparos metálicos, incluindo principalmente as guias de corte, sejam eletricamente carregados e monitorados, agindo como um grande sensor de segurança, detectando a presença humana ou até de outros animais (Figura 93).

Figura 93 – Guias de corte como anteparos eletrônicos de segurança.



Fonte: Autor, 2013.

Evidentemente, o operador de uma ferramenta motorizada deve fazer uso de itens de segurança adequados como caneleiras, mas é sabido que muitos usuários cometem este descuido. A adoção do sistema de auto-desligamento, portanto, vem como uma precaução *adicional* e inobstrusiva para estes casos em que o operador erroneamente não faz uso dos equipamentos de proteção individual. Propõe-se que a placa controladora do sistema fique alojada no manche, e a condução do sinal elétrico seja feita mediante o uso de fitas de cobre auto-adesivas por dentro dos tubos do produto.

Por fim, uma medida de segurança importante e contida em todos os aparelhos similares é a trava do acelerador, já apresentada na Figura 73. O gatilho do aparelho só tem efeito quando pressionando em conjunto com esta trava, garantindo assim que o usuário esteja de fato empunhando o manche da máquina e evitando acionamentos acidentais.

6.10. CORES

De certa forma, a paleta de cores escolhida para o produto também constitui uma medida de segurança, pois foi selecionada para promover um alto contraste em relação ao seu ambiente de uso, aumentando assim a visibilidade do produto nos canaviais e reduzindo o risco de acidentes entre operadores. Por isto foram escolhidos os tons avermelhados, diametralmente opostos aos esverdeados (cana e folhas) no círculo cromático. Os tubos metálicos foram anodizados na cor branca para reduzir o aquecimento do conjunto sob a radiação solar.

Também estão presentes no ambiente de trabalho rural tonalidades amareladas (Figura 94), no limiar do verde, o que justificaria a aplicação alternativa de cores entre o ciano e o violeta no equipamento – estas últimas descartadas pela intrínseca associação com a feminilidade infantil (PETIT, 2003 *apud* PETER, 2007), principalmente nas sociedades ocidentais.

Figura 94 - Tonalidades típicas em um canavial.



Fonte: Allianz, s.d.

Por fim, como a forma do projeto segue uma linha estética original ao invés de uma linguagem visual propositalmente ligada a alguma marca, como ocorre em outras propostas conceituais do gênero; os tons alaranjados foram descartados, pela atual associação com as empresas Stihl® e Husqvarna® AB.

6.11. MATERIAIS

Como citado anteriormente, é proposto que a lâmina circular seja composta por uma liga de carboneto de tungstênio. Já para os tubos foi escolhido o alumínio, não apenas pela sua leveza, mas também pela natural resistência às intempéries. Lima (2006) explica que o alumínio suporta a corrosão em virtude da película de óxido de alumínio (alumina) que se forma sobre sua superfície. Quase todas as ligas deste material apresentam tal propriedade, mas para este projeto foi selecionada a ASTM 3003, já utilizada em tubos industriais para aplicações estruturais.

Para as engrenagens angulares do sistema de transmissão propõe-se o uso do aço 4140, submetido ao tratamento térmico de cementação. Segundo Lima (2006), neste processo é adicionado um alto teor de carbono à peça, o que aumenta sua dureza superficial, porém a ductibilidade do núcleo é mantida após a têmpera. Para a carcaça do acoplamento foi escolhida a liga de alumínio 7075-T6 fundida, com tensão de escoamento comparável à de alguns aços, porém densidade quase três vezes inferior, sendo assim muito mais leve.

Para o cabeçote e a flange inferior da ponteira foi designado o aço SAE 1045, enquanto a proteção da lâmina e as guias de corte seriam mais leves, em Alumínio 6061-T6, outra liga de elevada resistência mecânica. Demais peças metálicas, de mercado, tem sua composição variada (arruelas, parafusos, porcas, anéis de retenção, etc).

As empunhaduras do manche e do tubo de manejo são feitas em borracha nitrílica (NBR), para garantir uma pega mais confortável e firme. Dentre as peças poliméricas, a maior parte é composta por uma blenda de ABS (que por si já é um copolímero de acrilonitrila, butadieno e estireno) com policarbonato (PC), principalmente para conferir ao material uma maior resistência à radiação solar e às elevadas temperaturas de trabalho na lavoura, além da resistência mecânica.

As peças menos exigidas esteticamente e mecanicamente, como tanque e tampa de **combustível e os botões, porém, são fabricadas com o chamado polietileno “verde”** I'm green™ da empresa petroquímica Braskem® - mais especificamente o polietileno de alta densidade (PEAD) SHD7275LSL, que apresenta 96% de fontes renováveis em sua composição. Esta família de materiais é composta pelo eteno derivado do etanol de cana-de-açúcar, considerada uma fonte renovável, ao passo que os polietilenos convencionais utilizam matérias-primas fósseis, como petróleo ou gás natural (BRASKEM S.A., 2013).

Desta forma, da mesma maneira que o uso de etanol como combustível do equipamento, o uso do PE verde em parte de suas peças fecha um interessante ciclo de retroalimentação sustentável, reduzindo o impacto ambiental do produto.

A seleção definitiva dos materiais de um produto, contudo, depende de ensaios de resistência em uma fase posterior do projeto não abordada neste estudo, bem como dos rigorosos testes práticos realizados com protótipos funcionais em campo.

6.12. ESTIMATIVA DE CUSTOS

Seria precipitado e irreal tentar levantar orçamentos com certo grau de precisão em um projeto ainda em fase conceitual, tão distante da etapa de fabricação. Valores de fabricação de moldes de injeção, por exemplo, variam de acordo com os detalhes construtivos das peças e do conseqüente tempo de usinagem gasto. O próprio custo de fabricação dos componentes plásticos sofre amortização conforme o lote comprado, e mesmo os preços de **componentes padronizados, comumente ditos “de prateleira”**, dependem de quantidades mínimas. Soma-se a isso a possibilidade ou não do produto ser produzido por algum grande fabricante, já com infraestrutura adequada para tal, o que reduz o valor final de revenda.

De qualquer sorte, uma aproximação, mesmo rudimentar, pode ser feita mediante um comparativo dos preços de roçadeiras profissionais no mercado. A Tabela 6 apresenta uma média de valores dos dois modelos mais indicados para manejo florestal.

Tabela 6 - Comparativo de preços encontrados para roçadeiras florestais.

Fabricante	Modelo	Preço 1 (R\$)	Preço 2 (R\$)	Preço 3 (R\$)	Preço 4 (R\$)	Preço médio (R\$)
Husqvarna®	345FR	1.929,00	2.099,00	2.221,20	2.099,00	2.087,05
Stihl®	FS290	2.204,00	2.079,00	2.440,00	2.250,00	2.243,25
Preço médio final						2.165,15

Fonte: Autor

O conceito proposto faz uso de materiais e tecnologias já existentes e disponíveis. Considerando alguns aspectos, como sua arquitetura diferenciada e o fato de ser um produto sem similar específico para sua função, podemos supor, ainda que muito grosseiramente, que ele custaria cerca de 30% a mais do que a média do mercado.

Tomando o preço médio final apresentado acima, temos assim um valor de revenda estimado em R\$2.814,70. Supondo cenários ainda mais críticos, em que o produto venha a custar 50% ou até mesmo o dobro dos atuais, chegamos aos valores de R\$3.247,73 e R\$4.330,30, respectivamente.

São valores ainda modestos se compararmos a um implemento agrícola muito mais complexo mas cada vez mais difundido nas pequenas propriedades e frequentemente obtido por meio de linhas de crédito e financiamentos: os tratores – como aquele utilizado pelo Sr. Ronaldo Barbosa em 4.2.1.2. Estes veículos têm preços que variam de R\$20.000,00 até R\$500.000,00, em alguns casos. É importante também lembrar que colhedoras de grande porte podem custar mais de 1 milhão de reais.

Entre os programas de apoio citados estão o BNDES Finame Agrícola e o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) que, conforme aponta Lohmann (2012), não contempla apenas projetos voltados à agropecuária tradicional, mas também à produção artesanal e ao agronegócio familiar (BNDES, s.d. *apud* LOHMANN, 2012), casos em que o produto proposto se adequaria.

6.13. SOLUÇÃO FINAL – *CANEOFF*

A Figura 95 é composta algumas imagens do produto como um todo, simulando materiais e efeitos de luz e sombra em um ambiente externo, como na lavoura. Ele recebeu a denominação comercial de *CaneOff*, propositalmente um anglicismo, visando a possibilidade de atingir outros mercados, como Índia, África do Sul, entre outros. O nome é curto, sonoro, de fácil assimilação e pronúncia simples mesmo para idiomas mais distantes das línguas germânicas, como o Chinês e o Russo.

Apesar disso, é provável que um produto desta natureza seja popularmente conhecido como *cortadeira* no Brasil – dedução esta baseada na observação de como outros equipamentos são chamados no meio rural: roçadeira, colhedeira ou colheitadeira, derriçadeira, descascadeira, etc.

Figura 95 - Composição fotorealística.

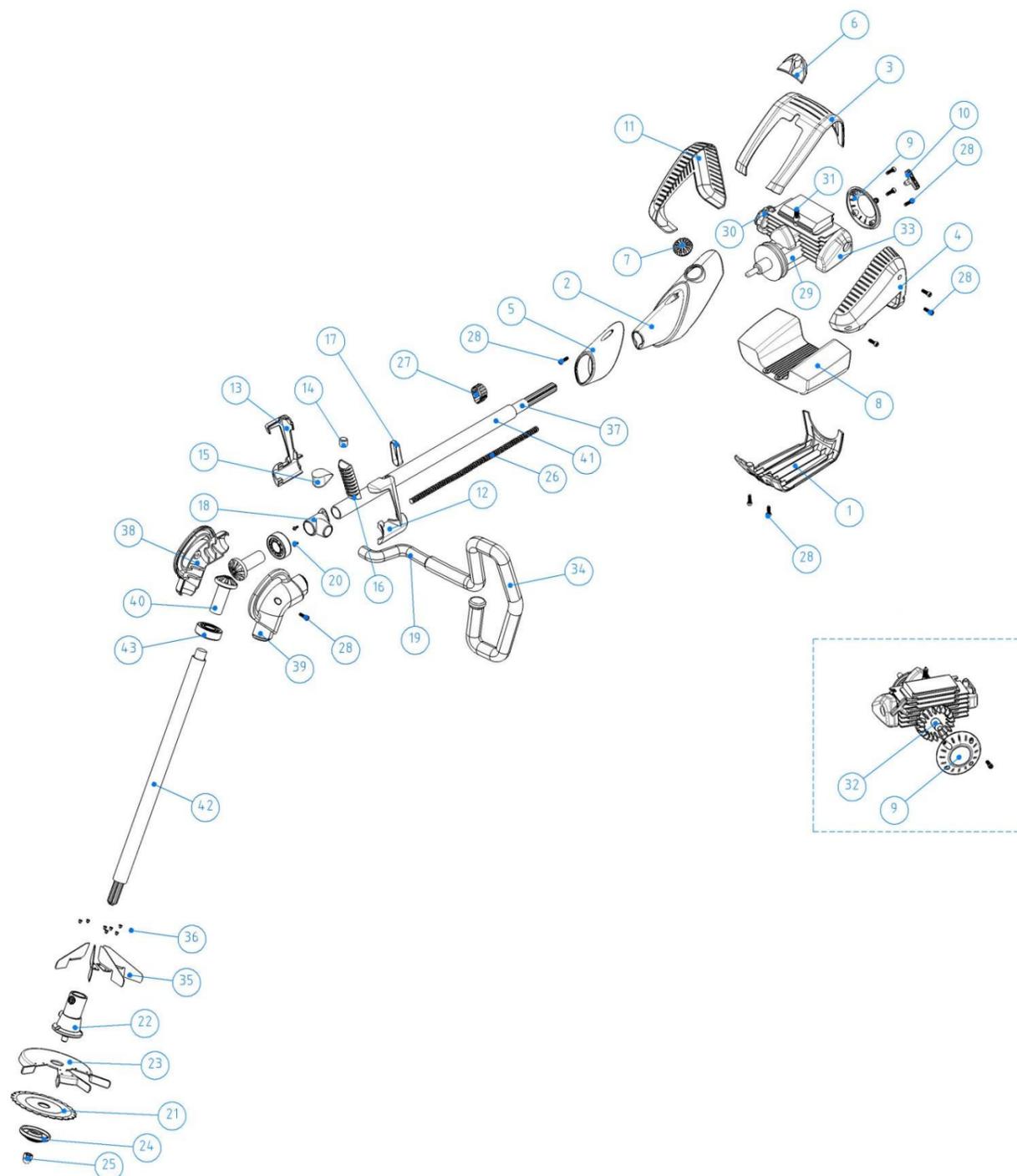


Fonte: Autor

6.14. DETALHAMENTO

A Figura 96 mostra uma vista explodida simplificada do produto, suas principais partes e subconjuntos. Neste esquema não constam todos os elementos de fixação nem alguns componentes de mercado como rolamentos, anéis de retenção, anéis de vedação (*o' rings*), porcas, arruelas e afins. O conjunto do motor, embreagem, filtro de ar, carburador e vela é representado *esquemáticamente*.

Figura 96 - Vista explodida e lista de peças, seus materiais e quantidades.



ITEM	Descrição	Material	QTD.
1	Base da carenagem principal	ABS + PC	1
2	Proteção da embreagem	ABS + PC	1
3	Tampa da carenagem principal	ABS + PC	1
4	Tampa lateral esquerda	ABS + PC	1
5	Reforço frontal	ABS + PC	1
6	Proteção da vela	PE Verde	1
7	Tampa de combustível	PE Verde	1
8	Tanque de combustível	PE Verde translúcido	1
9	Tampa traseira	ABS + PC	1
10	Puxador do arranque	PE Verde	1
11	Tampa lateral direita	ABS + PC	1
12	Punho esquerdo	ABS + PC	1
13	Punho direito	ABS + PC	1
14	Botão de desligamento	PE Verde	1
15	Gatilho do acelerador	PE Verde	1
16	Pega emborrachada	NBR	1
17	Trava do gatilho do acelerador	PE Verde	1
18	Conexão T	ABS + PC	1
19	Haste de manejo	Alumínio 3003	1
20	Parafuso cabeça panela fenda philips M4 X 10	Aço Inox A2	2
21	Lâmina circular	WC-Co	1
22	Carcasa da engrenagem angular	Aço 1045	1
23	Proteção da lâmina	Alumínio 6061-T6	1
24	Flange inferior	Aço 1045	1
25	Porca sextavada cabeça redonda M12	Aço 1010	1
26	Cabo de comando	TPU	1
27	Abraçadeira metálica	Aço inox 304	1
28	Parafuso cabeça redonda fenda sextavada interna (allen) M6 X 20	Aço inox A2	10
29	Conjunto do motor + cilindro	- materiais diversos -	1
30	Carburador	- materiais diversos -	1
31	Vela	- materiais diversos -	1
32	Sistema de ventilação	- materiais diversos -	1
33	Filtro de ar	- materiais diversos -	1
34	Empunhadura da haste	NBR	1
35	Chapas-guia para cana	Alumínio 5052-F	4
36	Rebites de repuxo	Aço 1030	8
37	Eixo cardan	Alumínio 7021	2
38	Base da carcaça do acoplamento	Alumínio 7075-T6	1
39	Tampa da carcaça de acoplamento	Alumínio 7075-T6	1
40	Engrenagem angular	Aço 4140 cementado	2
41	Tubo superior	Alumínio 3003	1
42	Tubo inferior	Alumínio 3003	1
43	Rolamento de rolos auto-compensador	- materiais diversos -	2

Fonte: Autor

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme aponta Norman (2011), apesar do recorrente culto às inovações radicais na indústria, as inovações de ordem *incremental* também cumprem fundamental **importância. Com efeito, mais de 90% das inovações ditas “radicais” não conseguem de fato chegar ao mercado.** Elas são muito menos frequentes se comparadas às milhares de inovações incrementais em produtos no nosso cotidiano, e que ainda assim melhoram consideravelmente a vida de muitos usuários. O autor alerta que os estudantes de design são treinados para tentar criar produtos revolucionários, mesmo que no mundo real, fora da academia, tais propostas falhem por completo, e eles sejam solicitados a realizar inovações de ordem incremental em suas atividades diárias. Norman defende ainda a polêmica posição de que inovações de ruptura nunca são atingidas mediante pesquisa, mas sim guiadas pela tecnologia. Segundo ele, estudos de mercado, observações de campo, etnografia aplicada, etc., jamais alavancam a criação de produtos completamente inéditos, mas são extremamente importantes no desenvolvimento de produtos melhores e, principalmente, mais adequados aos anseios de seus usuários. (NORMAN, 2011).

O presente trabalho, portanto, não teve a pretensão de resultar em um produto absolutamente revolucionário ou disruptivo, mas sim em uma proposta para melhorar o ambiente e a vida dos agricultores e trabalhadores rurais da cana-de-açúcar, mediante um equipamento projetado especificamente para o corte da planta, ao invés de meramente adaptado. A Figura 97 a seguir lista alguns itens da cortadeira CaneOff, não encontrados em produtos similares, sem contar seu visual diferenciado.

Assim, ao longo deste estudo houve um cuidado em tentar situar o produto final em um ponto de equilíbrio entre uma proposta puramente corporativa, na qual pesariam em demasia fatores mercadológicos, a ponto de potencialmente bloquear o seu desenvolvimento; e outra de cunho futurista, o que abstrairia diversas preocupações funcionais e fabris. Por isto, apesar de seu caráter acadêmico, este estudo procurou não se render ao subterfúgio de ser um **projeto reservado para “o amanhã”, empregando técnicas e tecnologias ainda indisponíveis**, mas sim uma ideia comprometida com o momento presente, atendendo a demandas atuais - mesmo que o conceito requeira ajustes e melhorias em fases posteriores do desenvolvimento, o que é natural. O importante é que se buscou suprir parte das carências de um grande grupo de usuários ainda desassistidos, os trabalhadores rurais da cana-de-açúcar, sempre tentando

harmonizar a viabilidade técnica e econômica do produto com o menor impacto possível ao meio-ambiente.

Figura 97 - Principais diferenciais da CaneOff



Fonte: Autor

Adicionalmente a este enfoque canavieiro, a *cortadeira* portátil proposta poderia também atender àqueles que trabalham com manejo florestal, pois está apta a cortar jovens arborizações de até 4 cm de diâmetro, entre outras atividades. Assim, apesar de ter sido projetada para a cana-de-açúcar, *CaneOff* abrange também a silvicultura, e de maneira mais segura que as atuais roçadeiras, devido ao bloqueio da zona de rebote e outras medidas já descritas.

Ademais, o trabalho teve a intenção de lançar um olhar sobre uma área ainda pouco explorada por projetistas, apesar de sua relevância social e econômica, ao invés de retomar temáticas recorrentes como mobiliário ou design automotivo, o que traria mais um carro a um mundo já saturado de veículos.

Por fim, é fundamental também destacar a importância das observações *in loco* para o resultado deste trabalho. A pesquisa de campo, inicialmente destinada a apenas

corroborar a hipótese inicial e enriquecer a fase informacional com dados úteis ao projeto, acabou por derrubar esta hipótese e levantar uma nova, promovendo assim uma readequação do problema de projeto dentro da temática escolhida. O encerramento de projetistas em um ambiente de trabalho hermético e sem contato com a realidade de uso dos produtos não é, infelizmente, caso raro em muitas universidades e empresas do país. A prática da coleta de dados em campo deve ser cada vez mais estimulada e adotada tanto entre os estudantes quanto entre os profissionais de design no Brasil.

8. REFERÊNCIAS

ADAMS, William M. **The Future of Sustainability**: Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century. Report of the IUCN Renowned Thinkers Meeting, jan. 2006. Disponível em: <http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn_future_of_sustainability.pdf>. Acesso em: 27 set. 2012.

AMERICAN HONDA MOTOR CO., INC. **Owner's manual trimmer/brush cutter hht25s / hht31s**. Honda, 2003.

ANDREAS Stihl Ag & Co. Kg Portugal. **Trabalhar com as roçadeiras STIHL**: Manual de consultas para os utilizadores profissionais. Coimbra, 2010.

BACK, Nelson *et al.* **Projeto Integrado de Produtos**: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008.

BARROSO, Vera Lúcia Maciel. **Moendas Caladas**: Açúcar Gaúcho S.A. - AGASA: um projeto popular silenciado. Santo Antônio da Patrulha e Litoral Norte do Rio Grande do Sul (1957-1990). 2007. 727 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em História, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <http://tede.pucrs.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=769>. Acesso em: 17 dez. 2012.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto**: Guia prático para o design de novos produtos. São Paulo: Blücher, 2000.

BENETT, Cleiton Gredson Sabin *et al.* Produtividade e desenvolvimento da canaplanta e soca em função de doses e fontes de manganês. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 35, p.1661-1668, 2011.

BNDES. **Índice de nacionalização**. Disponível em: <<https://www.cartaobndes.gov.br/cartaobndes/PaginasCartao/FAQ.ASP?T=17&Acao=R&CTRL=&Cod=67,67>>. Acesso em: 01 jun. 2013.

BONSIEPE, Gui. *Development through design*. United Nations Industrial Development Organization. Viena: 1973.

BRASKEM S.A. **Catálogo Biopolímeros: I'm Green**. Disponível em: <<http://www.braskem.com.br/catalogo201306/>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

BÜRDEK, Bernhard E. **História, teoria e prática do design de produtos**. São Paulo: Blücher, 2006.

CAMPOS, Alessandro Torres *et al.* Análise energética de biodigestores tubulares usando dejetos de suínos. In: **Anais 5.º Encontro de Energia No Meio Rural**, Marechal Cândido Rondon, 2004. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000100013&script=sci_arttext>. Acesso em: 01 jun. 2013.

CARDOSO, Rafael. **Uma introdução à história do design**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2004.

CAUDURO, Flávio Vinícius *et al.* Reflexões sobre o processo de design, **Pensando Design**. p.159-167, Porto Alegre: UniRitter, 2004.

CROSS, Nigel. **Engineering Design Methods: Strategies for Product Design**. Chichester: John Wiley & Sons, 2000.

DANTAS, Leiliam Cruz; GUIMARÃES, Luiz Eduardo Cid. O papel do desenho industrial na agricultura familiar: o caso do assentamento rural de Pilões - PB. In: 8.º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 2008. São Paulo: AEND, 2009. p.2252-2260.

DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO GOVERNAMENTAL. **Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas/>>. Acesso em: 27 jul. 2012.

DESIGN também chega a caminhões e tratores em Tóquio: Salão do Automóvel japonês traz veículos com desenho futurista. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, p. 25-25. 06 nov. 2007.

DUARTE, Regina Horta. “Com açúcar, com afeto”: impressões do Brasil em Nordeste de Gilberto Freyre. *Tempo*, Rio de Janeiro, n. 19, p.125-147, 25 set. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/tem/v10n19/v10n19a09.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 2012.

EMATER/RS-ASCAR. **Relatório de atividades 2011**. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/br/arquivos/sobre/relat_atividades_2011.pdf>. Acesso em: 28 out. 2012.

_____. Cana-de-açúcar [folheto]. 2008.

ESM ENNEPETALER SCHNEID- UND MÄHTECHNIK GMBH & CO. KG. **Special applications: CaneThumper®**. Disponível em: <<http://www.esm-ept.de/cms/126/1/1/cat/CaneThumperTechnology.html>>. Acesso em: 09 dez. 2012.

EQUIPAMENTO simples melhora condições de trabalho no campo: O equipamento custa cerca de R\$ 1,8 mil e, durante a safra, alguns apanhadores conseguem pagar em menos de três meses. **Jornal Nacional**, Rio de Janeiro, 15 ago. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2011/08/equipamento-simples-melhora-condicoes-de-trabalho-no-campo.html>>. Acesso em: 06 maio 2013.

FERNANDES, Elieti Biques. **O setor de cachaça artesanal da região do litoral norte gaúcho: processo de estruturação?** 2010. 108 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FERREIRA, Leda Leal *et al.* **Análise Coletiva do Trabalho dos Cortadores de Cana**: da Região de Araraquara. São Paulo: Fundacentro, 2008. Disponível em: <www.fundacentro.gov.br/ARQUIVOS/PUBLICACAO/I/Cortadores%20de%20Cana.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2012

FILHO, Benedito Souza; NORONHA, Raquel Gomes; SANTOS, Camila Andrade Dos. Design etnográfico: uma proposta metodológica. In: 5.º CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM DESIGN, 2009, Bauru, SP. p. 480-487.

FISKARS. **Fiskars International Website**. Disponível em: <<http://www.fiskars.eu/>>. Acesso em: 02 jun. 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT**: Statistics Division of the FAO. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index.html>>. Acesso em: 17 dez. 2012.

FRÖGELIUS, Bengt. Instruções para o uso: 345FR 545FX 545FXT 545RX 545RXT. 2012.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA DO RIO GRANDE DO SUL. **4 primeiros municípios do RS**, 2009. Disponível em: <http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pop_4primeiros.php?KeepThis=true&TB_iframe=true&height=300&width=500>. Acesso em: 19 dez. 2012.

_____. **Santo Antônio da Patrulha**: Resumo estatístico municipal, 2011. Disponível em: <http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_municipios_detalhe.php?municipio=Santo+Ant%F4nio+da+Patrulha>. Acesso em: 19 dez. 2012.

GEEL, Jeroen Van. **Design Research and Innovation: An Interview with Don Norman**. Entrevista. Disponível em: <<http://johnnyholland.org/2011/01/design-research-and-innovation-an-interview-with-don-norman/>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

GONZAGA, Maria Cristina. **O uso de luvas de proteção no corte manual da cana-de-açúcar**. 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, 2004.

GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo *et al.* (Org.). **Design e Sustentabilidade**: Brasil, produção e consumo. Design Sociotécnico. Porto Alegre: Feeng, 2010.

GUIMARÃES, Luiz Eduardo Cid. *et al.* Desenho industrial e sustentabilidade no cerrado brasileiro: Desenvolvimento de uma decortadora de castanha do baru. In: **2º Simpósio Brasileiro De Design Sustentável**, 2009. São Paulo: RBDS, 2009.

GÜNTERT, Thomas Stefan *et al.* Desenvolvimento de um motor ciclo stirling para geração de energia elétrica a partir da biodigestão de rejeitos orgânicos .In: **5.º Prêmio Aea de Meio Ambiente**, São Caetano do Sul, 2011. Disponível em: <<http://www.aea.org.br/premio/sistema/trabalhos/TB000147.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2013.

HELSINKI DESIGN LAB. Ethnography fieldguide, 2009. Disponível em: <<http://www.helsinkidesignlab.org/dossiers/design-ethnography>>. Acesso em: 23 ago. 2012

HENDRICK, Hal W.; KLEINER, Brian M. **Macroergonomics**: an introduction to work system design. Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society, 2001.

HUSQVARNA faz entrega de roçadeiras para desbrota de eucaliptos para a Fibria: Os equipamentos serão usados na unidade de Três Lagoas-MS. **Painel Florestal**, Campo Grande, 17 fev. 2013. Disponível em: <<http://www.painelflorestal.com.br/noticias/silvicultura/husqvarna-faz-entrega-de-rocadeiras-para-desbrota-de-eucaliptos-para-a-fibria>>. Acesso em: 24 abr. 2013.

IDEO. Human-centered design toolkit, 2009. Disponível em: <<http://www.ideo.com/work/human-centered-design-toolkit>>. Acesso em: 15 ago. 2012.

IIDA, Itiro. **Ergonomia**: projeto e produção. São Paulo: Blucher, 2005.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. Decent work in agriculture. In: **International Workers' Symposium On Decent Work In Agriculture, 2003**. Geneva: ILO, 2003. p.1-83. Disponível em: <http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---sector/documents/publication/wcms_161567.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2012.

JONES, J. C. **Essays in Design**. Chichester and New York: John Wiley & Sons, 1984.

KEYES, Ralph. **The Quote Verifier**. New York: Simon & Schuster, 2006

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. **Administração de Marketing: A Bíblia do Marketing**. Rio de Janeiro: Prentice Hall Brasil, 2006

LAAT, Erivelton Fontana de, *et al.* Impacto sobre as condições de trabalho: o desgaste físico dos cortadores de cana-de-açúcar. In: IBASE - Plataforma BNDES. (org.). **Impactos da indústria canavieira no Brasil**. Rio de Janeiro: Ibase, 2008, v. 1, p. 36-46.

LAAT, Erivelton Fontana De. **Trabalho e risco no corte manual de cana-de-açúcar: A Maratona Perigosa nos Canaviais**. 2010. 206 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia da Produção, Unimep, Santa Bárbara do Oeste, 2010.

LEINDECKER, João A. *et al.* Critérios de seleção levados em consideração na aquisição de tratores agrícolas na região do vale do rio pardo e na depressão central do rio grande do sul In: Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola – 40.º CONBEA, 2011, Cuiabá. **Anais**. Cuiabá: Sbea, 2011. p. 01 - 04. Disponível em: <<http://goo.gl/sz1Rq>>. Acesso em: 13 jun. 2013.

LEITE, Raimundo Laerton de Lima *et al.* Produção e desenvolvimento de cultivares de cana-de-açúcar em argissolo vermelho eutroférico no estado do Tocantins, Brasil. **Amazônia: ciência & desenvolvimento**, Belém, v.5, n. 10, p.181 – 194, jan/jun 2010.

LIMA, Marco Antonio Magalhães. **Introdução aos Materiais e Processos para Designers**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006

LINDORO, Francisco. **Harvesting Sugar Cane**: master thesis project done at Umeå Institute of Design in 2011 in collaboration with Husqvarna AB. Disponível em: <<http://pacolindoro.com/harvestingsugarcane>>. Acesso em: 09 dez. 2012.

LÖBACH, Bernd. **Design Industrial**: Bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LOHMANN, Henrique Massardo. **Desenvolvimento conceitual avançado de um veículo todo-terreno**. 2012. 228 f. Monografia (Bacharelado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

LOW cost sugarcane harvesting machine brings cheer. **The Hindu**, Chennai (madrás), p. 25-25. 23 abr. 2012. Disponível em: <<http://www.thehindu.com/education/low-cost-sugarcane-harvesting-machine-brings-cheer/article3345808.ece>>. Acesso em: 09 dez. 2012.

MAKITA DO BRASIL FERRAMENTAS ELÉTRICAS LTDA. **A primeira roçadeira do mundo 100% etanol**. Ponta Grossa, 2012.

_____. **4-Tempos**: Motores Ambientalmente Corretos. Ponta Grossa, 2012. Disponível em: <http://www.comercialferp.com.br/documents/cat_makita_linha4tempos.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2013.

_____. EBH252U Original Instruction Manual.

_____. **Série de motores 4 tempos**: Coexistir com o meio ambiente é o nosso lema. Disponível em: <http://www.makita.com.br/4tempos/4tempos_flash_20090829.html>. Acesso em: 19 jul. 2013.

MARGOLIN, Victor. Design and the world situation. **Design Issues**, v.12, n.2, p.40-49, 1996.

_____. Design para o desenvolvimento: para uma história. **Arcos Design**, n. 4, p.01-06, jan. 2009.

MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. **Cradle to cradle**: remaking the way we make things. New York: North Point Press. 2002.

MUNARI, Bruno. **Das coisas nascem coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

NATIONAL INSTITUTE OF DESIGN (NID). **Ahmedabad declaration on industrial design for development**: major recommendations for the promotion of industrial design for development. Ahmedabad: National Institute of Design, 1979. Disponível em: <<http://www.designinindia.net/resources/publications/reports/Ahmedabad-declaration-on-industrial-design-6-2009.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2012

NEUFERT, Ernst. **A Arte de Projetar Em Arquitetura**. São Paulo: Gustavo Gili do Brasil, 1976.

NORMAN, Donald. **Act First, Do the Research Later**. Disponível em: <http://www.core77.com/blog/columns/act_first_do_the_research_later_20051.asp>. Acesso em: 20 jul. 2013.

_____. **Innovation and The Research-Product Gap**. Chicago, IIT Institute of Design, Maio 2010. Palestra ministrada durante a Design Research Conference 2010. Disponível em: <<http://vimeo.com/12022651>>. Acesso em: 27 jul. 2013.

_____. **Technology First, Needs Last**. Disponível em: <http://www.jnd.org/dn.mss/technology_first_needs_last.html>. Acesso em: 20 jul. 2013.

_____. **What is the role of the user as part of the design team?** Disponível em: <http://www.jnd.org/dn.mss/what_is_the_role_of_.html>. Acesso em: 20 jul. 2013.

_____. **Why doing user observations first is wrong**. Disponível em: <http://www.jnd.org/dn.mss/why_doing_user_obser.html>. Acesso em: 20 jul. 2013.

NUSSBAUM, Bruce. Technology Vs. Design--What is the Source of Innovation?

Business Week, Illinois, 22 dez. 2009. Disponível em:

<http://www.businessweek.com/innovate/NussbaumOnDesign/archives/2009/12/technology_vs_c.html>. Acesso em: 20 jul. 2013.

_____. Technology Vs. Design--Part Two. **Business Week**, Illinois, 23 dez. 2009. Disponível em:

<http://www.businessweek.com/innovate/NussbaumOnDesign/archives/2009/12/technology_vs_d.html>. Acesso em: 20 jul. 2013

OEHLKE, Horst. Der Funktionsbegriff in der industriellen Formgestaltung. In: 2. Kolloquium zu Fragen der Theorie und Methodik. Halle 1978.

PANERO, Julius; ZELNIK, Martin. **Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores**: Estándares antropométricos. Barcelona: G. Gilli, 1983.

PAPANEK, Victor. **Design for the Real World**. London: Thames & Hudson, 1985.

PEDRON, Fernando Galdino. Etnografia aplicada ao design. In: Semana Acadêmica UFPEL, 2009, Pelotas.

PEDROSA, Riuzuani Michelle Bezerra *et al.* Avaliação dos parâmetros dos colmos da cana-de-açúcar, segunda folha, submetida a níveis de irrigação e adubação. **Revista De Biologia E Ciências Da Terra**, v. 5, n. 1, p.231 – 236, jan/jun. 2005.

PELLENC AUSTRALIA PTY LTD. **Pellenc Australia**: Leading Suppliers of Grape Harvesters Vineyard Equipment Electric Secateurs. Adelaide, 2013. Disponível em: <<http://www.pellenc.com.au/>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

_____. **CATALOGUE 2013**: The Energy of the Future. Adelaide, 2013. Disponível em: <http://www.pellenc.com/gct/en/iso_album/pellenc-cat-gct2013-en.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2013.

PETER, Cristiane Duarte. **A recepção das cores nas pinturas da revista em quadrinhos ‘the savage brothers’ 1ª edição**. 2007. 133 f. Monografia (Bacharelado) - Curso de Publicidade e Propaganda, Departamento de Faculdade de Comunicação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

ROCHA, Everardo P. Guimarães. **O que é etnocentrismo**. São Paulo: Brasiliense, 1988.

RODRIGUES, João Domingos. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP, 1995.

SALVI, José Vitor. **Qualidade do corte de base em colhedoras de cana-de-açúcar**. 2006. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Departamento de Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SANTOS, José Samuel da Silva. **Programa Puro Engenho**: solução para a comercialização de derivados de cana-de-açúcar em Santo Antônio da Patrulha - RS? 2011. 46 f. Monografia (Graduação) - Curso de Tecnologia em Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural, Departamento de Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Santo Antônio da Patrulha, 2011.

SAWSTOP LLC. **White Paper**: SawStop ® table saws are the most advanced saws in the world, setting the standard for table saw safety.. Tualatin, Oregon, 2005. Disponível em: <http://www.sawstop.com/wp-content/uploads/sawstop_whitepaper.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2012.

SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, PESCA E AGRONEGÓCIO DO RIO GRANDE DO SUL. **Estatísticas de lavouras**: Cana-de-açúcar, 2010. Estatística e Informações. Disponível em: <<http://www2.agricultura.rs.gov.br/servicos.php?cod=76>>. Acesso em: 27 jul. 2012.

SILVA, Joanir. Máquina para derriçar café reduz custos em 10%. **Portal Embrapa**: Notícias, Brasília, 25 nov. 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br/imprensa/noticias/2000/abril/bn.2004-11-25.7913612177/#>>. Acesso em: 05 maio 2013.

SHAPIRO, Fred R. (Org.). **The Yale Book of Quotations**. Yale: Yale University Press, 2006.

SLACK, Nigel. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

SOBRAL, Graziela Ribeiro. **Evolução da Indústria de Tratores Agrícolas no Brasil**: Estrutura de Mercado e Competitividade no Período 1994 - 2008. 2010. 60 f. Monografia (Bacharelado) - Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/25390/000750681.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 16 jun. 2013.

SOUZA, Majô de. Produtor credita acidente à falha em roçadeira. **Jornal Dos Lagos**, Alfenas, 31 mar. 2010. Cidade, p. 5-5. Disponível em: <<http://www.jornaldoslagos.com.br/jlagos/dat/doc/roca.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2013.

STIHL. **STIHL lança linha completa de produtos a bateria**. 25 set. 2012. Disponível em: <<http://www.stihl.com.br/stihl-lanca-linha-completa-de-produtos-a-bateria.aspx>>. Acesso em: 05 jun. 2013.

_____. FS 160, 220, 280, 290. Manual de instruções de serviços. 2001.

STOLF, Rubismar. Metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar. **Stab**, Piracicaba, v. 4, n. 6, p. 22-36, jul./ago. 1986.

SUDJIC, Deyan. **A Linguagem das Coisas**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2010.

TAYLOR, Paul R. **Technology first, needs last: What was Donald Norman thinking?** Disponível em: <<http://designerlythinking.wordpress.com/2011/08/02/technology-first-needs-last-what-was-donald-norman-thinking/>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

THIEL, Philip. **Visual Awareness and Design**: an introductory program in conceptual awareness, perceptual sensitivity and basic design skills. Seattle: University of Washington Press, 1981.

TILLEY, Alvin R; HENRY DREYFUSS ASSOCIATES. **As medidas do homem e da mulher**: Fatores Humanos em Design. Porto Alegre: Bookman, 2005.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇUCAR. **Portal Única**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 16 fev. 2013.

UNITED NATIONS (UN). **World Summit Outcome**. New York, 2005. Disponível em: <<http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N05/487/60/PDF/N0548760.pdf?OpenElement>>. Acesso em: 27 set. 2012

VALDER, Wilhelm. *Saccharum sp. - colour illustration*. 1997. Ilustração, color. , 376 x 450 px. Disponível em: <<http://www.plantwise.org/default.aspx?site=234&page=4279&dslID=48160>>. Acesso em: 17 dez. 2012.

VENTURA, Roberto. A saga da cana-de-açúcar. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 12 mar. 2000. p. 16-17. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mais/fs1203200008.htm>>. Acesso em: 19 dez. 2012.

WANDSCHEER, Elvis Albert Robe; BASTIAN, Lillian. As agroindústrias de derivados da Cana-de-açúcar em Santo Antônio da Patrulha-RS. In: 5º Encontro de Economia Gaúcha, 2010, Porto Alegre - RS. 5º Encontro de Economia Gaúcha, 2010.

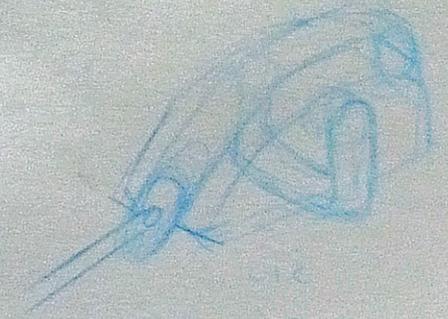
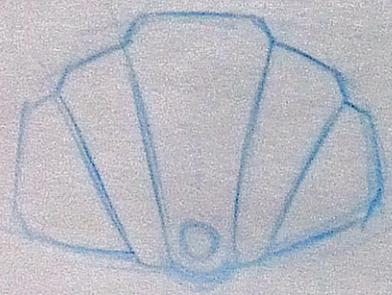
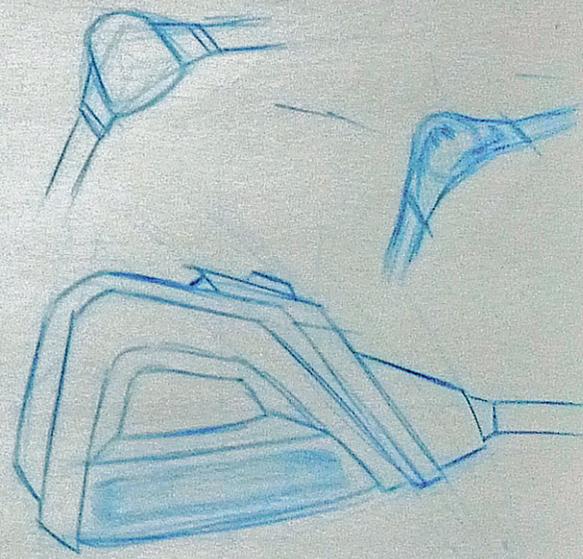
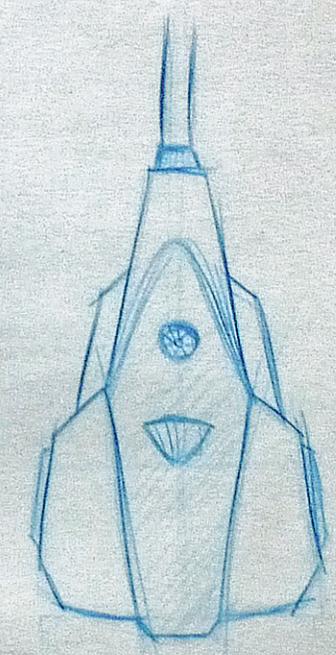
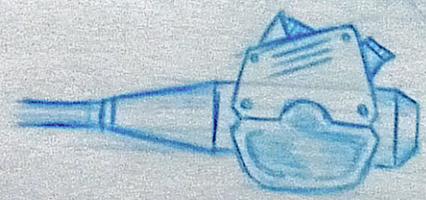
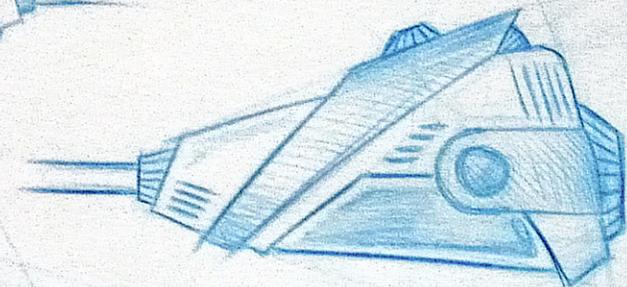
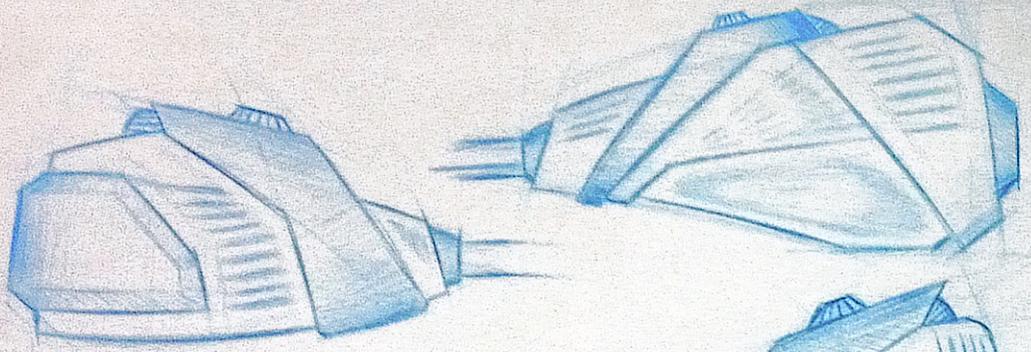
WEBSTER POWER PRODUCTS LTD (North Lanarkshire). **Pellenc Excelion Professional Grass/Brush Cutter**: Use with Pellenc Ultra Lithium Battery Pack. Disponível em: <<http://www.websterpowerproducts.co.uk/>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

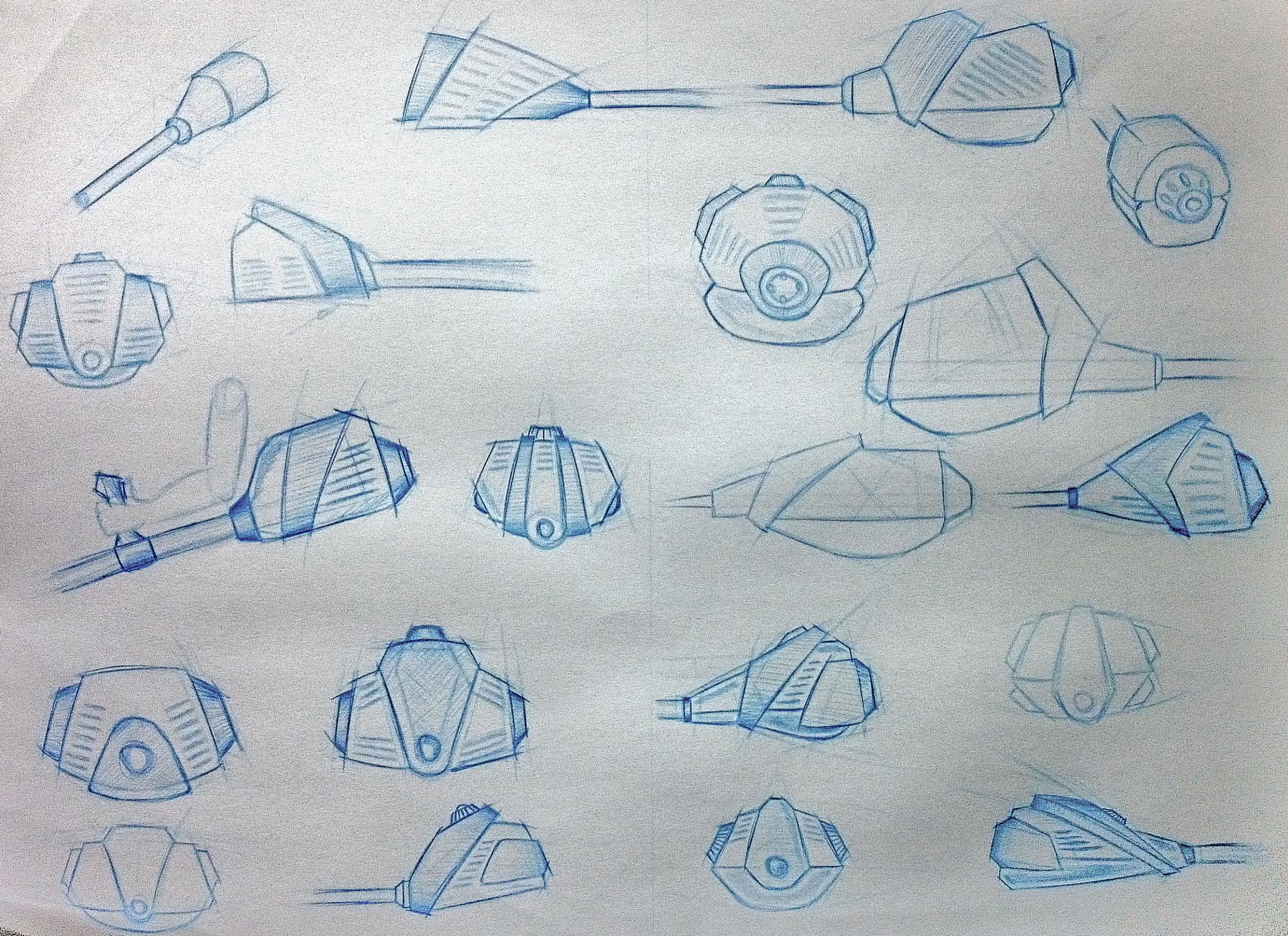
WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED). **Our common future**. Oxford; New York: Oxford University Press, 1987.

YOSHIDA, Ernesto *et al.* **Guia Quatro Rodas de Mecânica**: Como funciona seu carro em 105 respostas. São Paulo: Abril, 2007. 114 p.

APÊNDICE A

Esboços em geral





PAINEL
FOTOVOLTAICO



MOTOR
ELÉTRICO

COBRE e BATERIAS
DE ÍON-LÍTIO

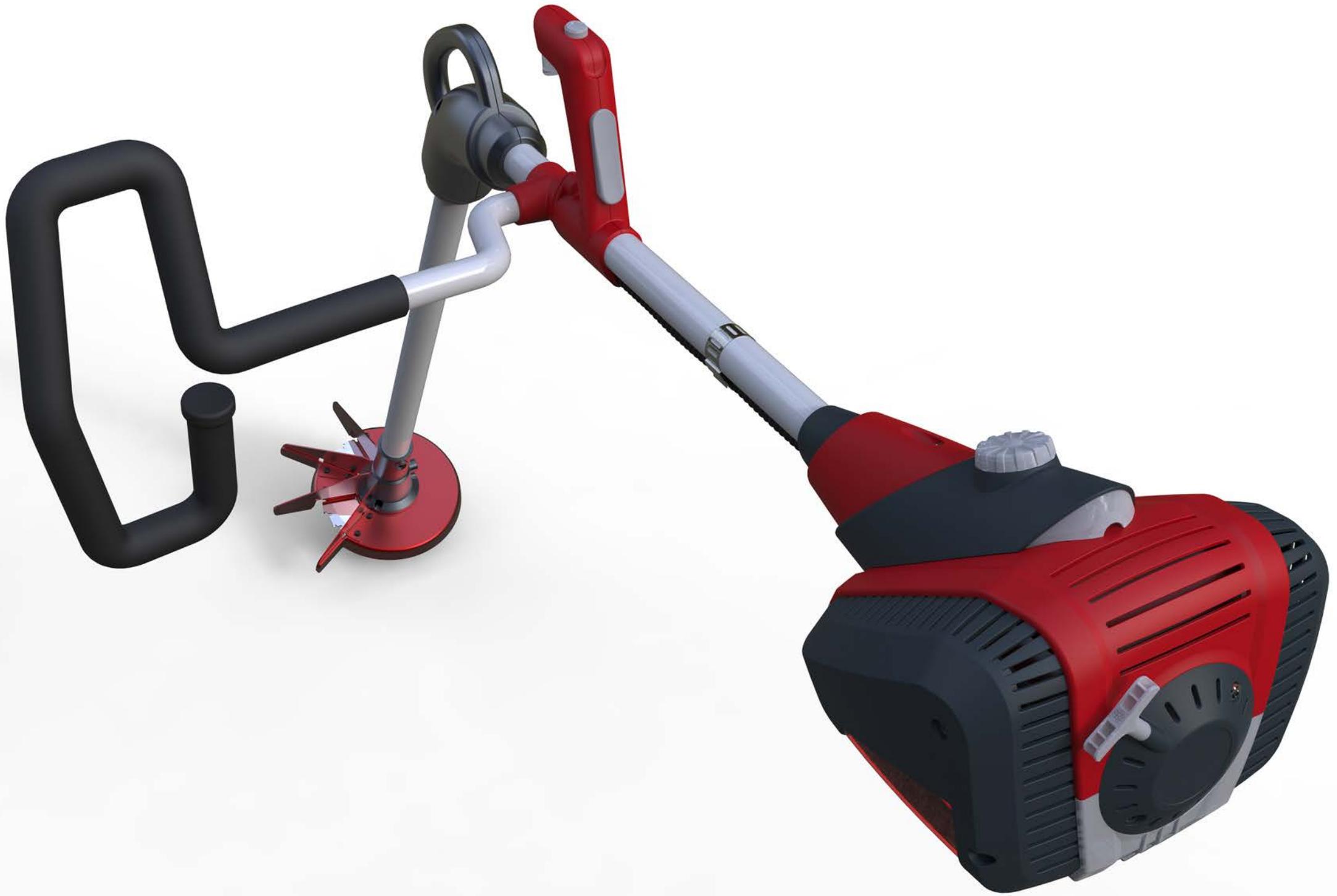


APÊNDICE B

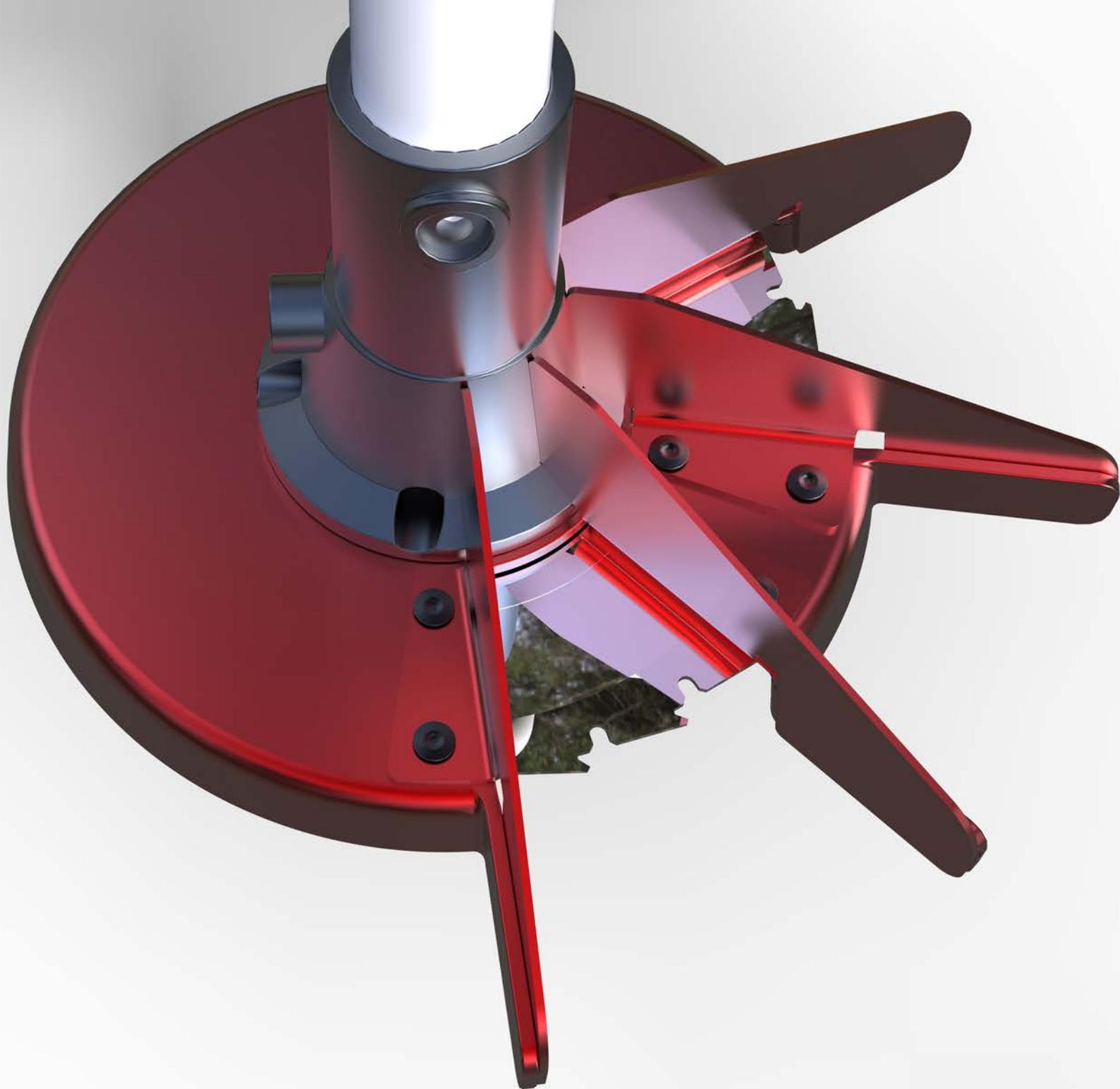
Renderings digitais







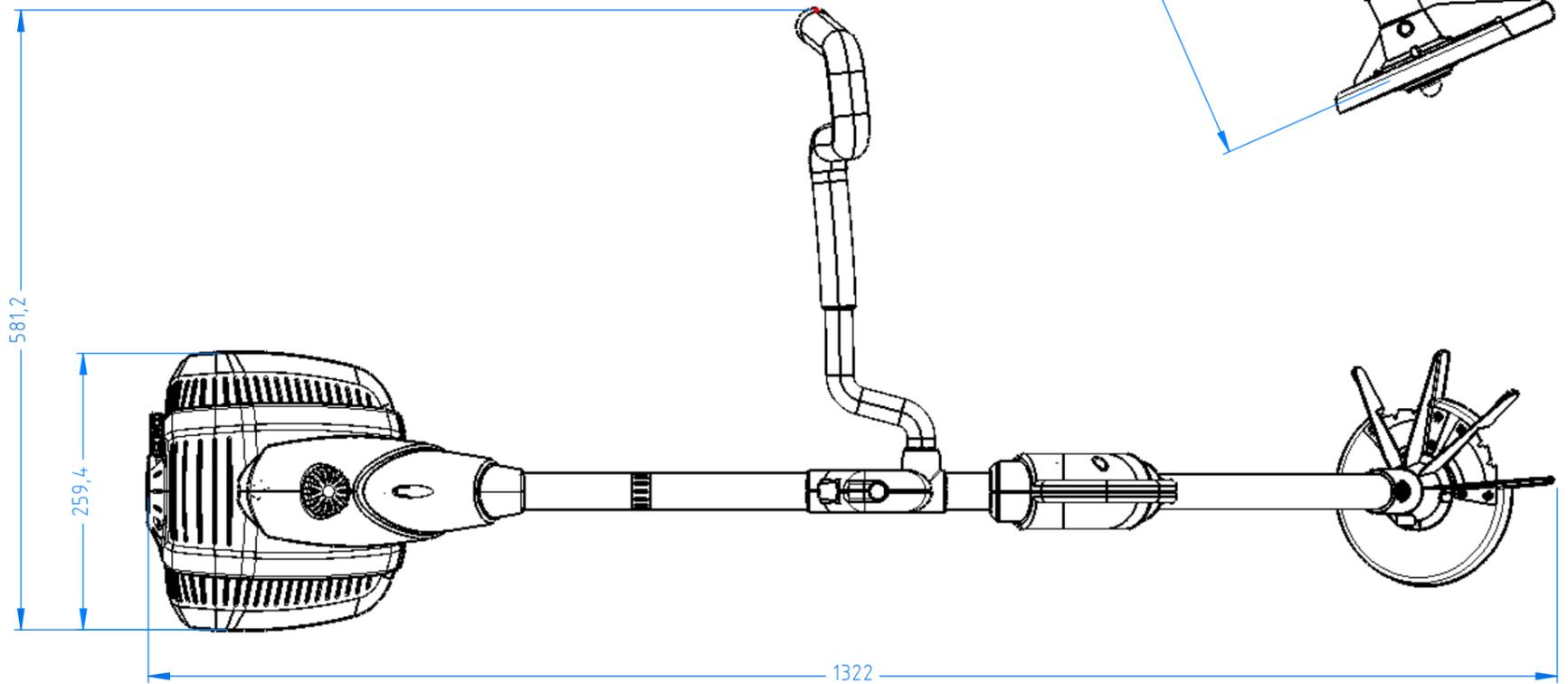
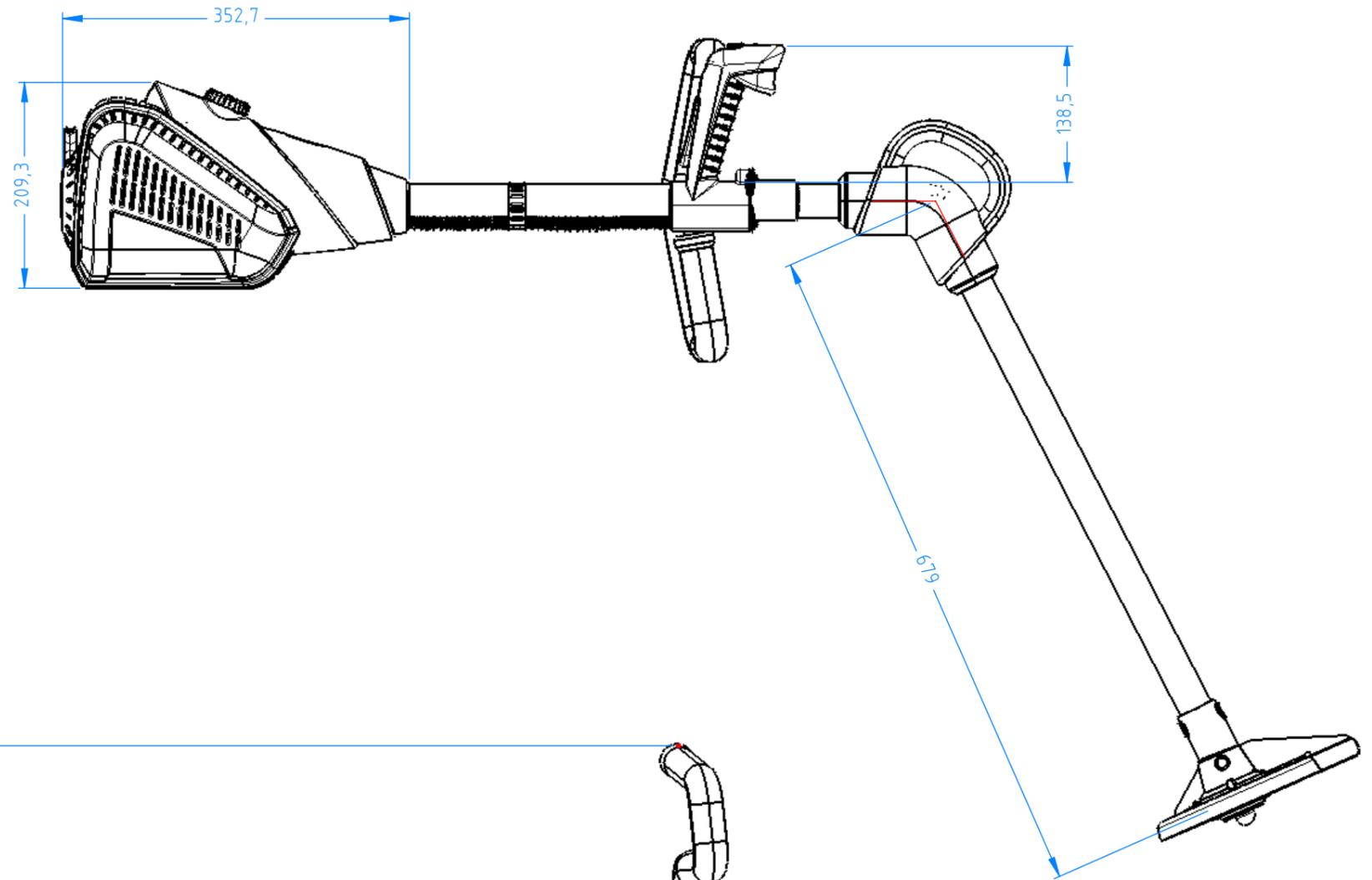
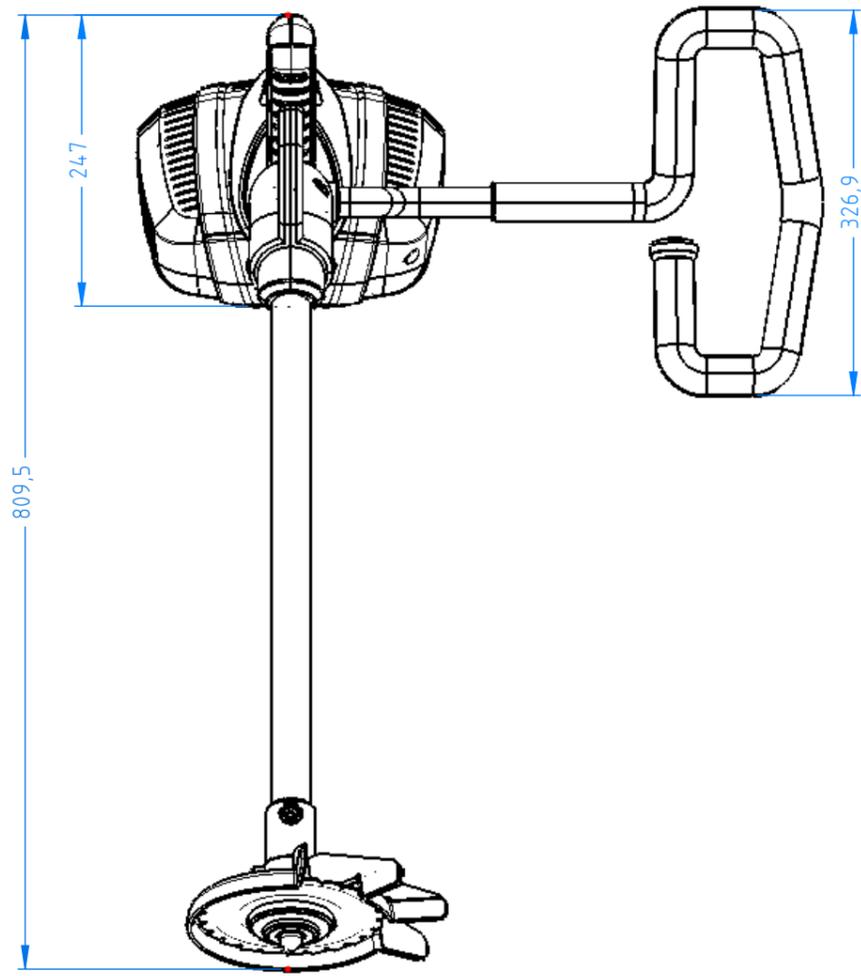




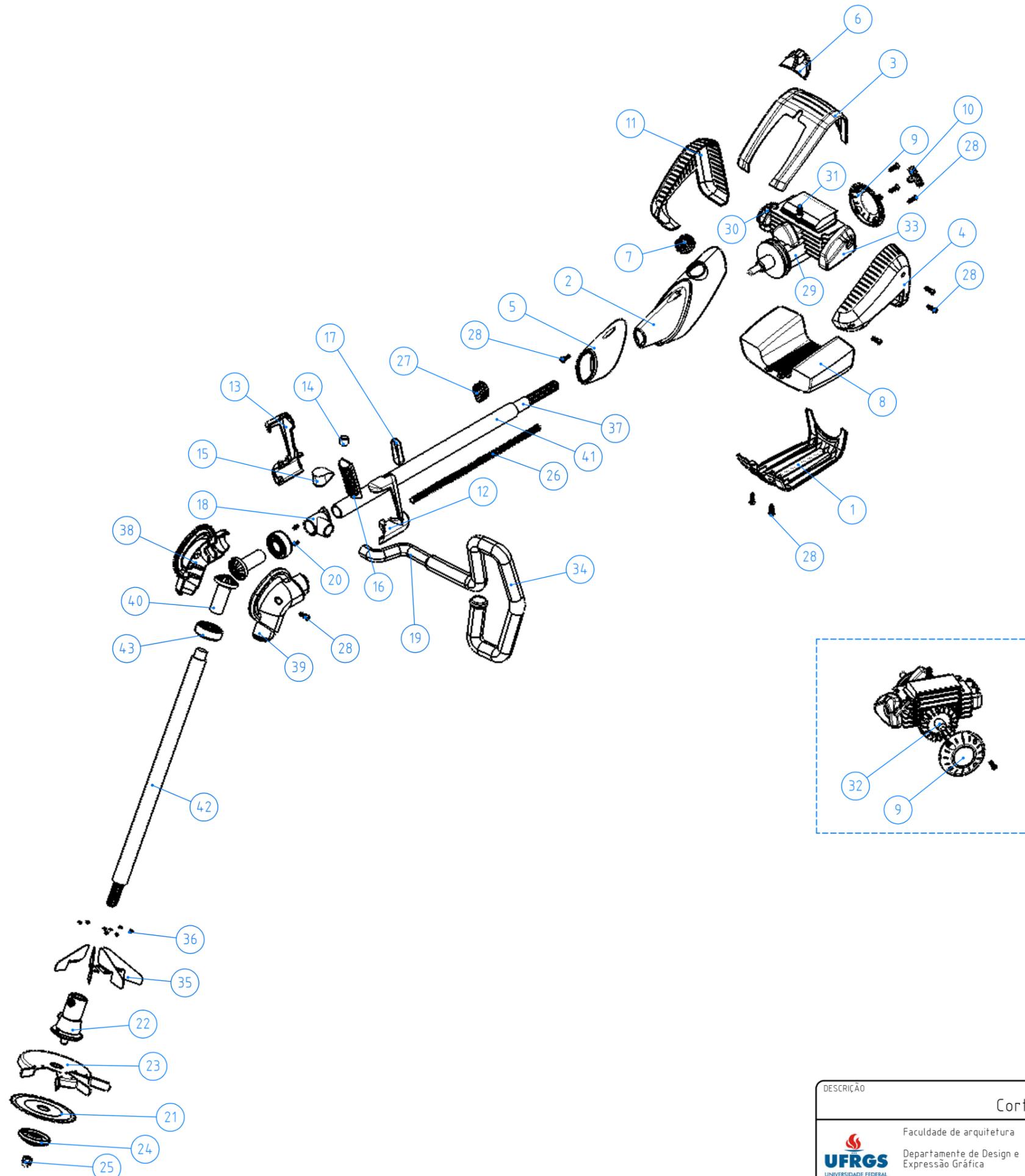


APÊNDICE C

Detalhamento técnico

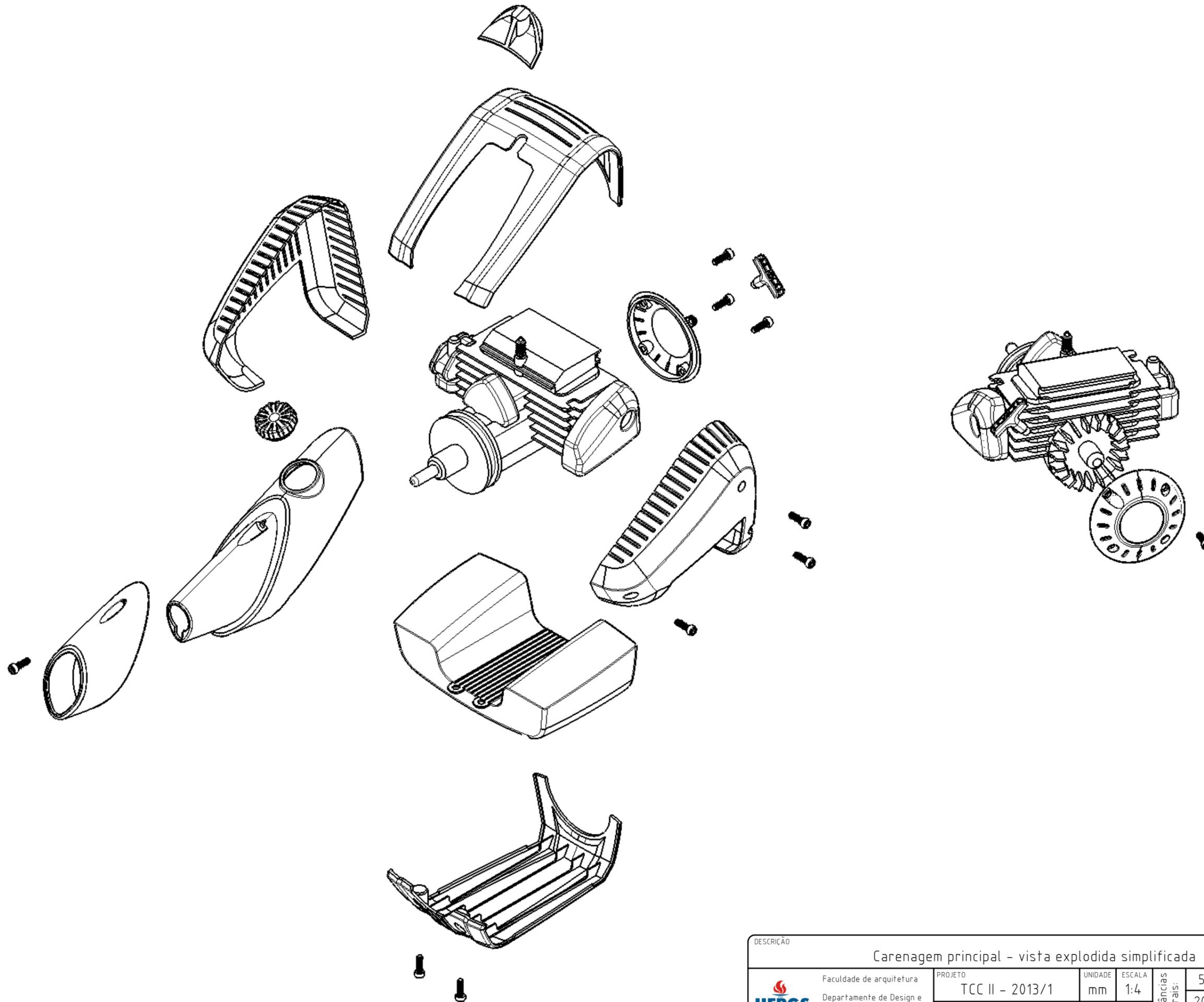


DESCRIÇÃO		Cortadeira - desenho de conjunto						FOLHA		
								1 de 4		
 Faculdade de arquitetura Departamento de Design e Expressão Gráfica Curso de Design de Produto	PROJETO	TCC II - 2013/1	UNIDADE	mm	ESCALA	1:6	Tolerâncias Gerais:	50 ±0,15	100 ±0,20	150 ±0,25
	Autor	Guilherme C. Webster						200 ±0,30	250 ±0,35	300 ±0,40
								400 ±0,50	▷ ±0,6	angular:±30'

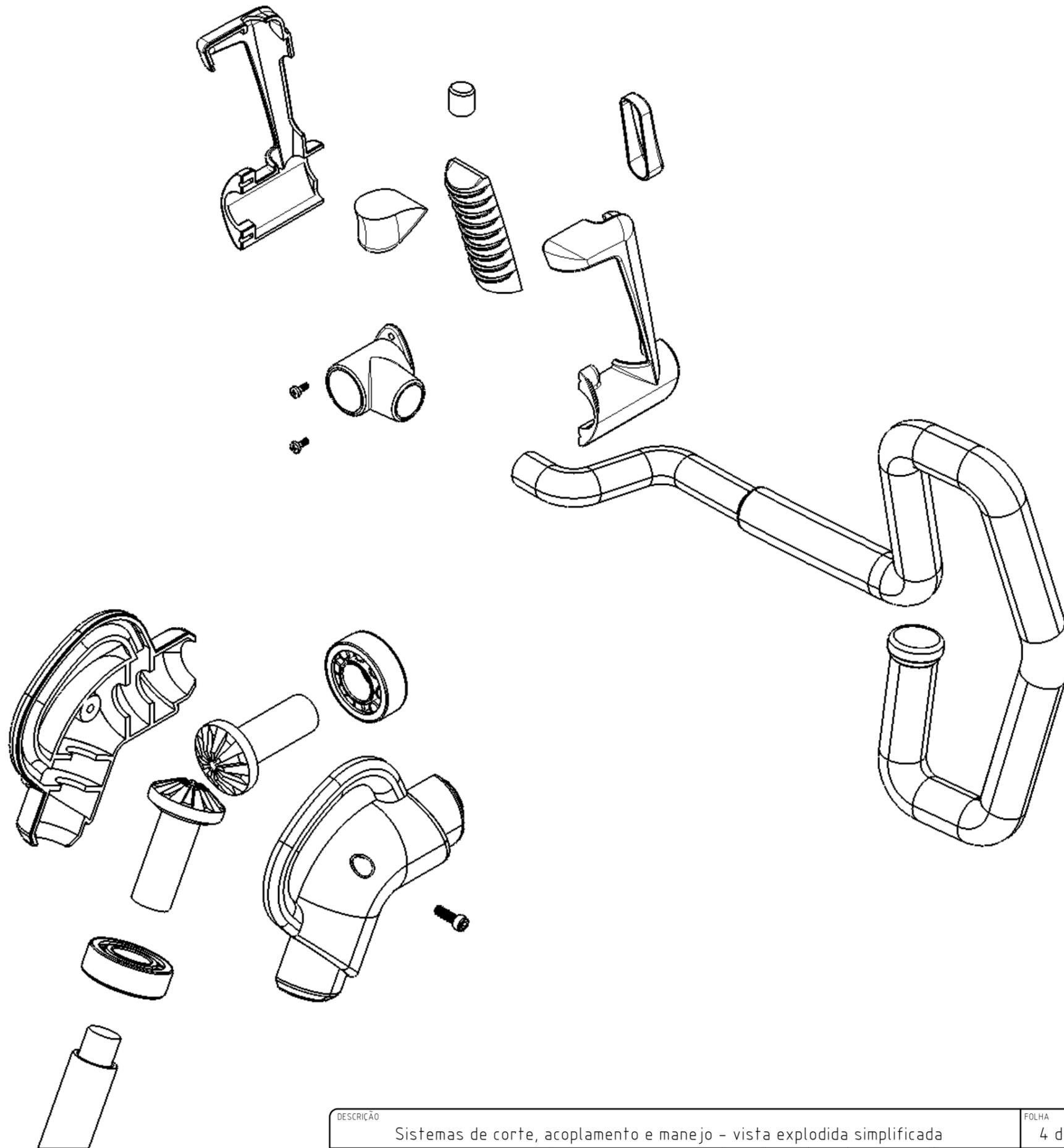
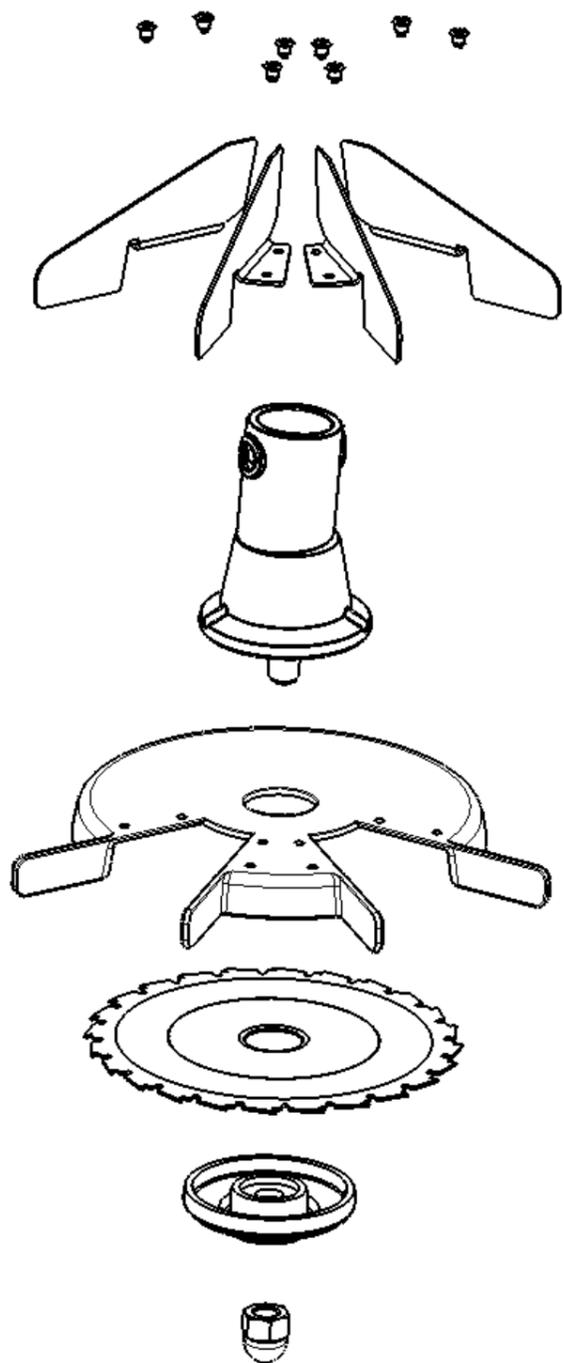


ITEM	Descrição	Material	QTD.
1	Base da carenagem principal	ABS + PC	1
2	Proteção da embreagem	ABS + PC	1
3	Tampa da carenagem principal	ABS + PC	1
4	Tampa lateral esquerda	ABS + PC	1
5	Reforço frontal	ABS + PC	1
6	Proteção da vela	PE Verde	1
7	Tampa de combustível	PE Verde	1
8	Tanque de combustível	PE Verde translúcido	1
9	Tampa traseira	ABS + PC	1
10	Puxador do arranque	PE Verde	1
11	Tampa lateral direita	ABS + PC	1
12	Punho esquerdo	ABS + PC	1
13	Punho direito	ABS + PC	1
14	Botão de desligamento	PE Verde	1
15	Gatilho do acelerador	PE Verde	1
16	Pega emborrachada	NBR	1
17	Trava do gatilho do acelerador	PE Verde	1
18	Conexão T	ABS + PC	1
19	Haste de manejo	Alumínio 3003	1
20	Parafuso cabeça panela fenda philips M4 X 10	Aço Inox A2	2
21	Lâmina circular	WC-Co	1
22	Carcaça da engrenagem angular	Aço 1045	1
23	Proteção da lâmina	Alumínio 6061-T6	1
24	Flange inferior	Aço 1045	1
25	Porca sextavada cabeça redonda M12	Aço 1010	1
26	Cabo de comando	TPU	1
27	Abraçadeira metálica	Aço inox 304	1
28	Parafuso cabeça redonda fenda sextavada interna (allen) M6 X 20	Aço inox A2	10
29	Conjunto do motor + cilindro	- materiais diversos -	1
30	Carburador	- materiais diversos -	1
31	Vela	- materiais diversos -	1
32	Sistema de ventilação	- materiais diversos -	1
33	Filtro de ar	- materiais diversos -	1
34	Empunhadura da haste	NBR	1
35	Chapas-guia para cana	Alumínio 5052-F	4
36	Rebites de repuxo	Aço 1030	8
37	Eixo cardan	Alumínio 7021	2
38	Base da carcaça do acoplamento	Alumínio 7075-T6	1
39	Tampa da carcaça de acoplamento	Alumínio 7075-T6	1
40	Engrenagem angular	Aço 4140 cementado	2
41	Tubo superior	Alumínio 3003	1
42	Tubo inferior	Alumínio 3003	1
43	Rolamento de rolos auto-compensador	- materiais diversos -	2

DESCRIÇÃO				Cortadeira - Vista explodida simplificada			FOLHA	
Faculdade de arquitetura Departamento de Design e Expressão Gráfica Curso de Design de Produto	PROJETO	TCC II - 2013/1	UNIDADE	ESCALA				
	Autor	Guilherme C. Webster	mm	1:10				
	Tolerâncias Gerais:		50 ±0,15	100 ±0,20	150 ±0,25			
		200 ±0,30	250 ±0,35	300 ±0,40				
		400 ±0,50	±0,6	angular: ±30'				



DESCRIÇÃO		Carenagem principal - vista explodida simplificada						FOLHA
 Faculdade de arquitetura Departamento de Design e Expressão Gráfica Curso de Design de Produto	PROJETO	TCC II - 2013/1	UNIDADE	mm	ESCALA	1:4	3 de 4	
	Autor	Guilherme C. Webster			Tolerâncias Gerais:			
					50 ±0,15	100 ±0,20	150 ±0,25	
				200 ±0,30	250 ±0,35	300 ±0,40		
				400 ±0,50	▷ ±0,6	angular:±30°		



DESCRIÇÃO Sistemas de corte, acoplamento e manejo - vista explodida simplificada		FOLHA 4 de 4		
Faculdade de arquitetura Departamento de Design e Expressão Gráfica Curso de Design de Produto	PROJETO TCC II - 2013/1	UNIDADE mm	ESCALA 1:3	Tolerâncias Gerais: 50 ±0,15 100 ±0,20 150 ±0,25 200 ±0,30 250 ±0,35 300 ±0,40 400 ±0,50 ▷ ±0,6 angular:±30°
	Autor Guilherme C. Webster			