

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE DESENHO INDUSTRIAL
CURSO DE BACHARELADO EM DESIGN

FLÁVIA APARECIDA SILVEIRA

**O DESIGN EMOCIONAL APLICADO NO DESENVOLVIMENTO DE UM
CARREGADOR DE ENERGIA SOLAR PORTÁTIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2015

FLÁVIA APARECIDA SILVEIRA

**O DESIGN EMOCIONAL APLICADO NO DESENVOLVIMENTO DE UM
CARREGADOR DE ENERGIA SOLAR PORTÁTIL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Design, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Vieira Pelegrini.

CURITIBA
2015

TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO Nº 109

“O DESIGN EMOCIONAL APLICADO NO DESENVOLVIMENTO DE UM CARREGADOR DE ENERGIA SOLAR PORTÁTIL”

por

FLÁVIA APARECIDA SILVEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 24 de junho de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM DESIGN do Curso de Bacharelado em Design, do Departamento Acadêmico de Desenho Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A aluna foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo, que após deliberação, consideraram o trabalho aprovado.

Banca Examinadora: Prof(a). Msc. Christiane M. Ogg Nascimento Gonçalves Costa
DADIN - UTFPR

Prof(a). Msc. Carlos Alberto Vargas
DADIN - UTFPR

Prof(a). Dr. Alexandre Vieira Pelegrini
Orientador(a)
DADIN – UTFPR

Prof(a). Esp. Adriana da Costa Ferreira
Professor Responsável pela Disciplina de TCC
DADIN – UTFPR

CURITIBA / 2015

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

Dedico este trabalho de conclusão de curso aos meus pais, que me incentivaram e auxiliaram em todos os momentos da minha vida. E ao meu namorado Rodrigo, que sem o auxílio e compreensão eu não conseguiria concluir esta etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força e coragem durante toda minha vida e ao mundo, por estar em constante mudança e possibilitar novas descobertas. Agradeço aos meus pais, Lúcia e Romualdo, pelo apoio, amor, dedicação, por não medirem esforços para que eu chegasse até aqui; ao meu amor Rodrigo que em momento algum me permitiu desanimar ou desistir; Aos amigos e colegas, pelo incentivo e apoio constante. Ao Vinicius B., pela ajuda com o desenvolvimento do circuito elétrico do projeto. Ao Alessandro e ao Francisco por toda a ajuda durante o curso e principalmente neste trabalho. Ao professor Dr. Alexandre Pelegrini, pela paciência durante a orientação, pelo incentivo e confiança, que tornaram possível a conclusão deste trabalho. Agradeço ainda, a todos os professores do curso, que foram tão importantes em minha vida acadêmica.

"I'm enough of an artist to draw freely on my imagination, which I think is more important than knowledge. Knowledge is limited. Imagination encircles the world." (EINSTEIN, Albert, 1929)

"Eu sou artista o suficiente para desenhar livremente em minha imaginação, que eu considero ser mais importante do que conhecimento. Conhecimento é limitado. Imaginação engloba o mundo." (EINSTEIN, Albert, 1929)

RESUMO

SILVEIRA, Flávia A. O design emocional aplicado no desenvolvimento de um carregador de energia solar portátil. 2015. 144 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Design, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Considerando que a energia elétrica apresenta-se cada vez mais intrínseca ao modo de vida da sociedade atual e também que sua produção apresenta problemas como a escassez de matéria prima, existe uma demanda por novos meios de geração de energia elétrica. Por isso, este trabalho consiste na pesquisa e relato de desenvolvimento de uma alternativa viável e eficiente de gerenciamento de energia utilizando a luz solar como fonte de energia limpa. Para este desenvolvimento, utilizamos a metodologia do *Design Thinking*, que busca colocar o usuário a par de todo o desenvolvimento de um produto. Nessa pesquisa o usuário foi acessado por meio de pesquisas de opinião e, considerando o resultado da primeira pesquisa, foi iniciado o processo de geração de alternativas, o que possibilitou a produção de *Mock Ups* e, posteriormente, uma nova pesquisa junto a um grupo de acesso, para a definição do modelo a ser utilizado na produção do protótipo. Após a realização desse protótipo, a marca foi desenvolvida, bem como as embalagens para venda e transporte.

Palavras chave: Design, Design Emocional. Sustentabilidade. Energia solar. Carregador solar portátil.

ABSTRACT

SILVEIRA, Flávia A. The emotional design applied to the development of a portable solar energy charger. 2015. 144 p. Final Year Research Project – Bachelor in Design, Federal University of Technology - Paraná. Curitiba, 2015.

Considering that electric energy is becoming more intrinsic to the current society's lifestyle, and that its production presents issues such as raw material shortage, there is a demand for new means of electric energy generation. Therefore, this paper consists on the research and development report of a viable and efficient alternative for management of energy, utilizing solar light as a clean energy source. This development was based on the *Design Thinking* methodology, which aims to acquaint the user to the whole creation of a product. The users were accessed by opinion surveys, and considering the results of the first survey, the process of alternatives generation began. Then, the production of Mock Ups was made possible, and furthermore, another research with an access group took place for the definition of the model to be used on the prototype production. After the conclusion of this prototype, the brand was developed, as well as the packaging for sale and transport.

Keywords: Design, Emotional Design. Sustainability. Solar energy. Portable solar charger.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CÉLULA FOTOVOLTAICA.....	23
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DAS PRÁTICAS AMBIENTAIS	29
FIGURA 3 - DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS	34
FIGURA 4 - UTILIZAÇÃO.....	37
FIGURA 5 - AQUISIÇÃO	38
FIGURA 6 - DISPONIBILIDADE DE VALORES DOS ENTREVISTADOS	39
FIGURA 7 - CARACTERÍSTICAS CONSIDERADAS IMPORTANTES	40
FIGURA 8 - CARACTERÍSTICAS CONSIDERADAS IMPORTANTES	42
FIGURA 9 - WAKAWAKA POWER.....	43
FIGURA 10 - SOLIO CLASSIC 2.....	45
FIGURA 11 - DBK S72	47
FIGURA 13 - TECNOLOGIA EMBARCADA - CÉLULA FOTOVOLTAICA	53
FIGURA 14 - PRIMEIRA FASE DA GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS	54
FIGURA 15 - SEGUNDA FASE DA GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS	55
FIGURA 16 - MECANISMO COM ABERTURA RADIAL	56
FIGURA 17 - INSPIRAÇÃO NA ECOLOGIA.....	57
FIGURA 18 - COMPOSIÇÃO GEOMETRIZADA.....	58
FIGURA 19 - COMPOSIÇÃO GEOMETRIZADA COM ARESTAS ORGÂNICAS ...	59
FIGURA 20 – APLICAÇÃO DE LINHAS ORGÂNICAS E SIMETRIA.....	60
FIGURA 21 - UTILIZAÇÃO DE GABARITO DE CÍRCULOS PARA GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS	61
FIGURA 22 - PRODUÇÃO DO PRIMEIRO MOCK-UP	62
FIGURA 23 - FINALIZAÇÃO DO PRIMEIRO MOCK-UP	63
FIGURA 24 - PRODUÇÃO DO SEGUNDO MOCK-UP	64
FIGURA 25 - CONCLUSÃO DO SEGUNDO MOCK-UP	64
FIGURA 26 - PRODUÇÃO DO TERCEIRO MOCK-UP	66
FIGURA 27 - CONCLUSÃO DO TERCEIRO MOCK-UP	66
FIGURA 28 - PRODUÇÃO DO QUARTO MOCK-UP.....	67
FIGURA 29 - CONCLUSÃO DO QUARTO MOCK-UP	68
FIGURA 30 - QUESTÃO SOBRE AS DIMENSÕES DO PRODUTO	69
FIGURA 31 - QUESTÃO SOBRE A FREQUENCIA DE UTILIZAÇÃO	69
FIGURA 32 - ADEQUAÇÃO DO TRANSPORTE	70
FIGURA 33 - MODELO PREFERIDO PARA OS ENTREVISTADOS	71
FIGURA 34 - TESTE COM AS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS COM DEFEITO, UTILIZANDO UM MULTÍMETRO.....	72
FIGURA 35 - PARTE FRONTAL DA CÉLULA FOTOVOLTAICA COM APLICAÇÃO DE E.V.A. TRANSPARENTE	73
FIGURA 36 - CÉLULA ENCAPSULADA DE 8X8,5CM.....	74
FIGURA 37 - PARTE TRASEIRA DA CÉLULA JÁ ENCAPSULADA	74
FIGURA 38 - FRESADORA CNC	75
FIGURA 39 - RESULTADO DO PRIMEIRO TESTE UTILIZANDO MDF	76
FIGURA 40 - VERIFICAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DO TAMANHO DA PEÇA USINADA EM RELAÇÃO ÀS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS	77
FIGURA 41 - REALIZAÇÃO DO SEGUNDO TESTE	78
FIGURA 42 - PEÇA DE PEAD USINADA DURANTE O SEGUNDO TESTE.....	79
FIGURA 43 - CHAPA DE PEAD COM 6MM DE ESPESSURA.....	80
FIGURA 44 - CHAPA DE PEAD COM 1MM DE ESPESSURA.....	81

FIGURA 45- DESENHO DA PARTE SUPERIOR.....	83
FIGURA 46 - DESENHO DA PARTE INFERIOR	83
FIGURA 47 - PROCESSO DE FIXAÇÃO DA CHAPA NA FRESADORA CNC.....	84
FIGURA 48 - CORTE REALIZADO NA CHAPA DE 1MM DE ESPESSURA	85
FIGURA 49 - INTERFACE GRÁFICA UTILIZADA PARA CONTROLAR A CNC....	86
FIGURA 50 - CIRCUITO IMPRESSO UNIVERSAL PERFURADO	87
FIGURA 51 - USB FÊMEA	87
FIGURA 52 - LED VERDE	88
FIGURA 53 - RESISTOR 430 OHMS	88
FIGURA 54 - RESISTOR 1K OHMS	89
FIGURA 55 - TRANSISTOR TIP127.....	89
FIGURA 56 - CAPACITOR ELETROLÍTICO	90
FIGURA 57 - CIRCUITO INTEGRADO 7805.....	90
FIGURA 58 - DIODO ZENER 5.6V	91
FIGURA 59 - ESQUEMA DO CIRCUITO INTERNO.....	91
FIGURA 60 - CIRCUITO MONTADO.....	92
FIGURA 61 - CÉLULA FOTOVOLTAICA SOBRE A BASE.....	93
FIGURA 62 - PRIMEIRA PARTE DA GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS DA MARCA	98
FIGURA 63 - SEGUNDA PARTE DA GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS DA MARCA.	99
FIGURA 64 - TERCEIRA PARTE DA GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS DA MARCA	99
FIGURA 65 - MARCA EM FORMA DE VETOR	100
FIGURA 66 - MARCA EM CORES	101
FIGURA 67 - ALTERAÇÃO DE OPACIDADE E CONTORNO NAS CORES	101
FIGURA 68 - MARCA FINAL.....	102
FIGURA 69 – DESENHO DA FACA PARA A PARTE INTERNA DA EMBALAGEM	103
FIGURA 70 – IMPRESSÃO DA EMBALAGEM EXTERNA ANTES DA MONTAGEM.....	104
FIGURA 71 - PARTE INTERNA E EXTERNA DA EMBALAGEM APÓS A MONTAGEM.....	104
FIGURA 72 - EMBALAGEM COM AS DUAS PARTES INTEGRADAS	105
FIGURA 73 - MARCA BORDADA NO TECIDO	106
FIGURA 74 - PROCESSO DE PRODUÇÃO DA BOLSA NA MÁQUINA DE COSTURA	106
FIGURA 75 - BOLSA DE TECIDO CONCLUÍDA	107
FIGURA 76 - APRESENTAÇÃO DO PRODUTO AO CONSUMIDOR	108
FIGURA 77 - CONTEÚDO DA EMBALAGEM	109
FIGURA 78 – CARREGADOR SOLAR EM POSIÇÃO DE USO.....	109

LISTA DE SIGLAS

CNC	Comando Numérico Computadorizado
DFMA	<i>Design for Manufacture and Assembly</i>
DFD	Diagrama de Fluxo de Dados
DXF	<i>Drawing Exchange Format</i>
E.V.A	<i>Ethil Vinil Acetat</i>
mAh	Miliampere-hora
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
mWatt	Watts por metro quadrado
PVC	<i>Polyvinyl chloride</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

LISTA DE ACRÔNIMOS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
LED	Light Emitting Diode
PEAD	Polietileno de Alta Densidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.3	JUSTIFICATIVA	16
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	17
1.4.1	Tipo de Pesquisa	17
1.4.2	População	17
1.4.3	Coleta de Dados	17
1.4.4	Análise dos dados e resultados obtidos	18
1.4.5	Geração de alternativas	18
1.4.6	Construção de mock-ups e testes junto ao público-alvo	19
1.4.7	Prototipagem e testes finais junto ao público-alvo	19
2	ANÁLISE DO PROBLEMA DE DESIGN	20
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
3.1	DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS	23
3.2	A ENERGIA SOLAR NO BRASIL	24
3.3	A IMPORTÂNCIA DO DESIGN	26
3.3.1	Design Emocional	27
3.3.2	Design e Consumo Sustentável	28
3.3.3	Usabilidade	30
3.3.4	DFMA e DFD	31
4	PESQUISA PRELIMINAR	36
4.1	PESQUISA DE IDENTIFICAÇÃO DE NECESSIDADES E REQUISITOS DO PRODUTO COM O PÚBLICO-ALVO	37
4.2	ANÁLISE DOS CONCORRENTES	42
5	CONCEITUAÇÃO DO PROJETO	49
5.1	REQUISITOS PARA O PROJETO	49
5.2	GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS	52
5.3	PRODUÇÃO DE MOCK-UPS	61
5.4	PESQUISA DE PRÉ-AVALIAÇÃO COM O USUÁRIO	68
5.5	TESTES PRÉ-PRODUÇÃO	72
5.5.1	Células solares	72
5.5.2	Corte utilizando a fresadora CNC (Comando Numérico Computadorizado)	75
6	ESCOLHA DO POLÍMERO UTILIZADO	80
7	PRODUÇÃO DO MODELO	82
7.1	DESENHO PARA CORTE NA CNC	82
7.2	CORTES NA CNC	84
7.3	PRODUÇÃO DO CIRCUITO INTERNO	86
7.4	APLICAÇÃO DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS	92
7.5	EIXO	93
7.6	ACABAMENTOS	93
8	ASPECTOS RELACIONADOS AO DESIGN APLICADOS NO PRODUTO	94
8.1	DESIGN EMOCIONAL	94
8.2	DESIGN E CONSUMO SUSTENTÁVEL	95
8.3	USABILIDADE	95
8.4	DFMA E DFD	96
9	PRODUÇÃO DA MARCA	97

9.1	NOME ESCOLHIDO	97
9.2	GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS DA MARCA	97
9.3	MARCA	100
10	EMBALAGEM	103
10.1	BOLSA CUSTOMIZADA	105
11	MODELO FINAL.....	108
12	DIFICULDADES ENCONTRADAS	110
13	PARA ESTUDOS FUTUROS	111
14	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	113
	REFERÊNCIAS.....	114
	APÊNDICES.	119
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DESENVOLVIDO PARA IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES E REQUISITOS DO PRODUTO COM O PÚBLICO ALVO.	120
	APÊNDICE B - O DESIGN EMOCIONAL APLICADO NO DESENVOLVIMENTO DE CARREGADORES DE ENERGIA SOLAR PORTÁTEIS - ARTIGO PUBLICADO NO GAMPI PLURAL 14, APRESENTADO NA UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE (UNIVILLE), EM 14 DE NOVEMBRO DE 2014, COMO ARTIGO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA.	127
	APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO DESENVOLVIDO PARA PESQUISA DE PRÉ- AVALIAÇÃO COM O USUÁRIO.....	135
	APÊNDICE D – MEDIDA DA EMBALAGEM – PARTE EXTERNA	136
	APÊNDICE E – MEDIDA DA EMBALAGEM – PARTE INTERNA	137
	APÊNDICE F – DESENHOS TÉCNICOS DO PRODUTO	138

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica, nos moldes de produção e consumo atuais caminha para uma crise. Segundo Barcellos Junior (2003, p. 15), um dos grandes desafios do ser humano é, sem dúvida, o abastecimento energético mundial. O autor ainda aponta que com o crescimento do consumo, torna-se cada vez mais necessário racionalizar, a fim de evitar a sua escassez futura.

A demanda mundial por eletricidade cresce rapidamente, mesmo considerando os impactos negativos que acompanham algumas formas de geração convencional, tais como a nuclear e a de combustível fóssil. Tudo isso conduziu à necessidade da geração de eletricidade alternativa, com os produtores considerando os recursos renováveis para suprir a demanda sem agregar poluição ambiental. (ALDABÓ, 2002 p. 9)

Segundo Santos (2007, p. 21) uma vez que a luz solar está disponível em todas as regiões da Terra e pode ser usada de forma descentralizada, a opção solar para a geração de eletricidade dispensa o caro transporte da energia através de redes de distribuição. E para Santos (2007, p. 21) os equipamentos solares têm um grande potencial em países tropicais, entre os quais se encontra o Brasil.

Considerando este breve panorama do contexto da energia na atualidade, a proposta deste trabalho nasce da seguinte pergunta de pesquisa: Como utilizar o design para valorizar a captação da energia solar fotovoltaica para uso doméstico?

A partir da pergunta de pesquisa, o projeto tem seu foco voltado para captadores de energia solar que possam ser utilizados no uso doméstico ou durante deslocamentos, sendo assim, portáteis.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um protótipo de dispositivo para a captação de energia solar através do emprego de células fotovoltaicas, voltado para ambientes residenciais ou externos, com foco nos aspectos estéticos e funcionais do produto, valorizando também os aspectos sociais e ambientais.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pesquisar os atuais modelos de captadores de energia, que utilizam células fotovoltaicas, bem como suas aplicações;
- Traçar o perfil do público-alvo;
- Avaliar os aspectos estéticos e ergonômicos através de *mock-ups*;
- Desenvolver um protótipo para demonstrar e analisar a funcionalidade do produto junto aos usuários;
- Elaborar uma identidade visual para o produto.

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com Patrocínio e Murakami Iha (2010), a sociedade vive atualmente o desafio de desenvolver ações que garantam simultaneamente a manutenção dos ecossistemas ao redor do mundo e a oferta de energia e de insumos à população.

A oferta de energia elétrica enfrenta problemas e tende a ser mais solicitada com o passar do tempo. Assim, a necessidade da geração de energia a partir de fontes renováveis está se tornando indispensável. Como dizem Patrocínio e Murakami Iha (2010), uma das metas para promover o desenvolvimento sustentável consiste em diversificar a matriz energética mundial e aumentar a contribuição das fontes renováveis de energia, como energia solar, eólica e biomassa.

Segundo Tang e Bhamra (2008), o design de produto combinado com a ciência e a tecnologia avançadas, em favor do meio ambiente inclui mudanças de comportamento, como o uso de novos materiais, recursos de energia renováveis, e novas tecnologias, podendo assim auxiliar no desenvolvimento sustentável.

A energia solar é a fonte de energia mais abundante e menos poluente conhecida até o momento (ALDABÓ, 2002, p. 9). De acordo com Aldabó, a captação de energia solar é uma opção bastante viável para as soluções energéticas que a sociedade precisa. Ainda para Aldabó (2002 p. 18), a energia solar é uma excelente fonte de eletricidade para telecomunicações, iluminação, televisores, micro-ondas, ferramentas, computadores, rádios, ventiladores, bombas, telefones e eletrônicos.

Assim, percebe-se que este é um problema que deve ser discutido e trabalhado, pois necessita de soluções que possibilitem a integração da energia solar no cotidiano das pessoas. Espera-se que o resultado deste projeto possa contribuir para a redução do uso de energias de fontes não renováveis, utilizando o design para incentivar o cuidado e a preservação do meio ambiente.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1.4.1 Tipo de Pesquisa

Para desenvolver o projeto proposto, foi realizada uma pesquisa exploratória, utilizando a revisão da literatura disponível, busca por produtos similares, estudo de público alvo, pesquisa de materiais e processos de fabricação e demais meios pertinentes ao projeto.

Segundo Gil (2002) estas pesquisas (exploratórias) têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado.

1.4.2 População

Para Gil (2002) a população, ou a amostra envolvem informações acerca do universo a ser estudado, da extensão da amostra e da maneira como será selecionada.

A população atendida pelo projeto foi definida a partir da pesquisa por produtos similares e textos da área, considerando que a mesma deve apresentar preocupação com o meio ambiente e interesse por projetos na área.

1.4.3 Coleta de Dados

Para a coleta dos dados do público-alvo, foi utilizado um questionário. Para Gil (2002), por questionário entende-se um conjunto de questões que são respondidas pelo pesquisado. Mais tarde, para a coleta de dados a respeito do

protótipo, foi utilizado um novo questionário, além da observação e anotação dos dados visualizados durante a utilização do protótipo por um grupo de acesso.

1.4.4 Análise dos dados e resultados obtidos

Por análise e interpretação de dados, é possível entender que

O processo de análise dos dados envolve diversos procedimentos: codificação das respostas, tabulação dos dados e cálculos estatísticos. Após, ou juntamente com a análise, pode ocorrer também a interpretação dos dados, que consiste, fundamentalmente, em estabelecer a ligação entre os resultados obtidos com outros já conhecidos, quer sejam derivados de teorias, quer sejam estudos realizados anteriormente. (GIL, 2002 p. 125)

Ao concluir a coleta de dados, foi realizada a análise, primeiramente interpretando o público-alvo, definindo características importantes para o projeto. Como a coleta foi feita por meio de questionários, a análise deu-se pela avaliação destes questionários, como por exemplo, o número de respostas iguais para determinada pergunta.

Após a análise do público-alvo, foram geradas alternativas para o protótipo, construção de *mock-ups*, escolha da alternativa que mais se adequar aos requisitos, desenho técnico, produção do protótipo e em seguida, realizada a análise do protótipo, tomando como base o procedimento realizado na avaliação do questionário voltado ao público alvo e também atentando para as anotações realizadas durante a observação de uso do protótipo por um grupo de acesso.

1.4.5 Geração de alternativas

Por meio da pesquisa e dos dados coletados, foram definidos os pré-requisitos e a geração de alternativas foi iniciada, atentando para a forma e sua funcionalidade estética, bem como para as limitações dos materiais disponíveis, como por exemplo, as dimensões da placa que realiza a captação da energia solar.

1.4.6 Construção de *mock-ups* e testes junto ao público-alvo

Após a geração de alternativas, foram desenvolvidos *mock-ups* com o objetivo de simular a visualização do produto final, e as limitações que poderiam ser encontradas no processo. Com os *mock-ups*, foram realizados testes junto a um grupo de acesso, no intuito de visualizar a aceitação e possíveis melhorias.

Quanto ao *mock-up*, Yoshida et al. (2009) afirmam que através deste procedimento é possível a verificação de aspectos não previstos na fase de projeto.

1.4.7 Prototipagem e testes finais junto ao público-alvo

Para Lima (2010), em resumo, protótipos são justamente aqueles membros de uma categoria que mais refletem a redundância da estrutura de uma categoria como um todo. Ou seja, os protótipos devem ter a maior semelhança possível com o produto final.

Após os testes realizados com os *mock-ups*, foi definido o modelo a ser desenvolvido, e o método utilizado na prototipagem, além da documentação técnica do projeto.

2 ANÁLISE DO PROBLEMA DE DESIGN

O uso da eletricidade está intrínseco no cotidiano da sociedade moderna, sendo uma ferramenta de grande poder de desenvolvimento socioeconômico.

Portanto, "O ser humano é bastante dependente da eletricidade e a demanda por essa energia cresce de maneira acelerada em todo o mundo" (VILLALVA E GAZOLI, 2012 p.17), e "as estratégias de design de produtos focadas no uso eficiente de energia são suscetíveis a complementar as soluções tecnológicas." (Wever, Kuijk e Bok, 2008 p.2 - tradução livre do autor)¹. A partir das palavras de Villalva e Gazoli e de Wever, Kuijk e Bok, é possível notar que são necessárias soluções baseadas na tecnologia e no design para suprir a necessidade energética da sociedade, observando que as energias renováveis são consideradas limpas e eficientes, e que o Brasil tem um grande potencial para a produção de energia solar fotovoltaica, proporcionado pela sua localização geográfica.

Além de pensar apenas na produção de eletricidade e em produtos que utilizam a energia eficientemente, é necessário pensar no usuário desses produtos, e no que faz com que ele adquira e utilize os mesmos. Segundo Norman, "Tudo o que fazemos, tudo o que pensamos tem um toque de emoção, frequentemente inconsciente. [...] Em paralelo às emoções, há também um outro ponto importante: estética, atratividade e beleza." (Norman, 2008 p. 27-28)

¹ No original "Therefore, design strategies focusing on energy-efficient usage of products are likely to complement technological solutions." (WEVER, KUIJK E BOK, 2008 p.2)

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Santos (2007, p. 21), olhando para o futuro, será possível perceber que o custo da energia tende a ser sempre maior, e a crise dos combustíveis fósseis e da madeira se ampliará, tornando-se mais aguda.

Complementando as palavras de Santos, Farret (1999, p.115) afirma que "As emissões de dióxido de carbono, na produção de energia, contribuem sozinhas com 50% de gases prejudiciais para o efeito estufa", além de Farret, Villalva e Gazoli (2012, p.17) contribuem destacando que "a exploração de qualquer fonte de energia provoca alterações no meio ambiente e produz impactos de maior ou menor relevância".

Partindo do pressuposto que o custo e a oferta dos combustíveis fósseis e de madeira estão caminhando em direções contrárias, e de que a produção de energia nos moldes atuais é bastante prejudicial ao meio ambiente, vê-se a necessidade de explorar novos meios de geração de energia, buscando ampliar a produção energética sem agregar altos custos, sejam eles ligados ao meio ambiente ou a economia. Contemplando estes aspectos,

existem na crise atual oportunidades de reconstruir o sistema energético mundial em novas bases, mais sólidas e menos poluentes. Um sistema eficiente e baseado em energias renováveis permitirá reverter as tendências de aumento da emissão de gases de "efeito estufa", pelo qual o uso de combustíveis fósseis são os principais responsáveis. (LUCON e GOLDEMBERG, 2009 p. 124)

O Brasil possui um grande potencial energético quando são consideradas as energias renováveis, porém este potencial ainda não é explorado em todas as suas vertentes. Para Lucon e Goldemberg (2009 p.124) "O Brasil há anos é considerado uma potência mundial em energias renováveis, graças ao bioetanol e ao seu parque hidrelétrico."

Segundo o Balanço Energético Nacional - BEN de 2013 (p.18), da energia que o Brasil utiliza 42% provém de fontes renováveis, o que inclui a biomassa da cana de açúcar, a energia produzida por hidroelétricas, a lenha e o carvão vegetal, também a lixívia e outros recursos renováveis. Ainda segundo o BEN (2013, p.18),

cerca de 58% da energia utilizada no Brasil ainda provém de fontes não renováveis, que incluem o petróleo e seus derivados, o gás natural, o carvão mineral e o urânio.

Aldabó, (2002, p. 67) comenta que os países desenvolvidos elegeram a energia solar como a mais promissora alternativa energética do futuro, e segundo os dados do BEN (2013), a energia solar utilizada no Brasil está abaixo de 5,8%, sendo colocada juntamente com outras fontes de energia renováveis, como a eólica, não possuindo uma classificação própria pelo seu baixo índice atual.

Apesar dos dados mostrados pelo BEN (2013), autores como Santos e Jabbour (2013, p. 972) demonstram que o sol possui um papel de extrema importância para a existência dos seres humanos, e o Brasil possui uma posição geográfica privilegiada para explorar a luz solar. Os autores também afirmam que nas últimas quatro décadas o consumo final de energia no Brasil registrou um crescimento de 3% ao ano.

Lucon e Goldenberg (2009, p. 124) afirmam que apesar de possuírem hoje uma menor participação na matriz mundial (aproximadamente 13% em 2006), as energias renováveis não são e não devem ser consideradas alternativas. Além disso, os autores descrevem que apesar da conscientização geral de que existem os problemas causados pelas emissões de gases de efeito estufa, especialmente o CO₂, não se cogita mudar hábitos insustentáveis de produção e consumo, o que é reafirmado por Tang e Bhamra (2008, p. 1365 - tradução livre do autor)² quando discorrem que "há uma falta de sensibilização dos consumidores para a conexão entre o comportamento pessoal e o impacto direto de tal sobre o meio ambiente e uso de energia."

Assim é necessário repensar os rumos que a produção de energia tem tomado e procurar soluções para reverter tais hábitos insustentáveis, cogitando mudanças, ou como Tang e Bhamra (2008) comentam, considerando os antecedentes, a mudança comportamental imediata de intenções, hábitos e controles é considerada muito importante.

Inserida nas soluções e mudanças para a produção de energia, as quais buscam reverter os hábitos insustentáveis da sociedade, está presente o aproveitamento da energia solar, que tem uma gama bastante grande de meios e possibilidades de utilização. Como Barcellos Junior demonstra,

² "there is a lack of consumer awareness of the connection between personal behaviour and the direct impact of such on the environment and energy use." (TANG E BHAMRA, 2008 p. 1365)

A energia solar pode ser usada direta ou indiretamente, em diversas formas de energia. A conversão direta da energia solar em outras formas de energia abrange os seguintes processos: produção de pressão, produção de calor, produção de eletricidade, etc. (BARCELLOS JUNIOR, 2003 p.33)

Silva, Chiquito e Souza (2004) mostram que muito tempo antes da atual e necessária procura por novas tecnologias de geração de energia, mais limpas, eficazes e de menor custo ambiental, as células solares já haviam mostrado sua potencialidade neste campo. Sendo assim, o desenvolvimento das células solares e os meios de aplicação e uso das mesmas tem um grande potencial, o que é demonstrado por Santos e Jabbour (2013), quando dizem que a energia solar fotovoltaica tornou-se uma ótima alternativa, por ser uma fonte de energia limpa, gerando menores danos ao meio ambiente.

3.1 DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS

Os dispositivos fotovoltaicos são compostos, principalmente, por células fotovoltaicas (Figura 01), que convertem diretamente a luz do sol em eletricidade. Para Farret (1999, p. 96) "A célula solar comporta-se como se fosse uma bateria de baixa tensão (em torno de 0,5 V), cuja carga é continuamente recompletada numa taxa proporcional à iluminação incidente".

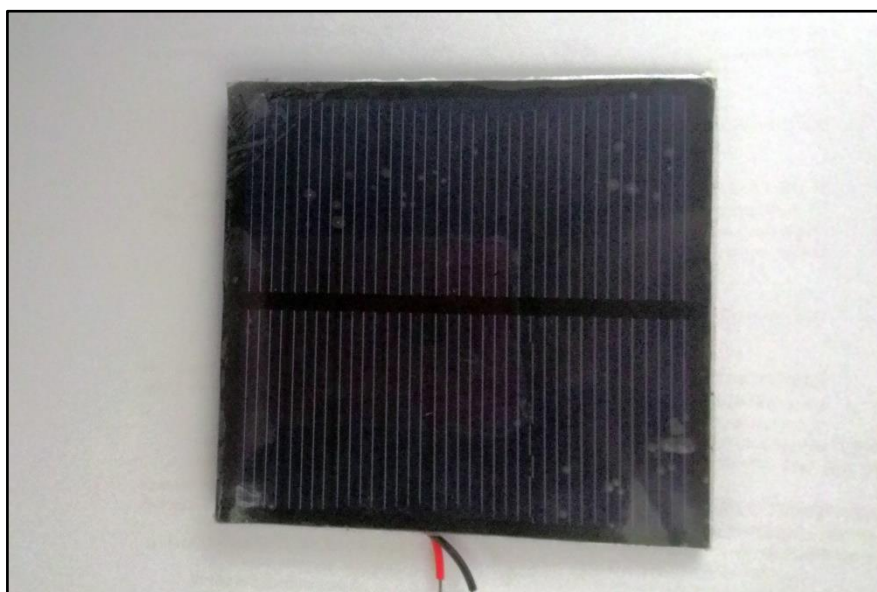


Figura 1 - Célula Fotovoltaica
Fonte: Autoria Própria (2015)

Villalva e Gazoli (2012, p. 66) comentam que uma célula fotovoltaica geralmente é composta por duas camadas, cada uma de um material semicondutor, mas também existem células fotovoltaicas com múltiplas junções, estas possuem mais camadas, porém o funcionamento é igual àquelas compostas por apenas duas. Os autores também discorrem que aproximadamente 95% das células fotovoltaicas fabricadas e comercializadas no mundo são de silício, pois ele é um material abundante na natureza e de custo reduzido.

Farret (1999) observa ainda que o efeito fotovoltaico, que ocorre nas células fotovoltaicas, é baseado na transformação direta da energia radiante (proveniente do Sol) em eletricidade, ou seja,

[...] consiste na transformação da radiação eletromagnética do Sol em energia elétrica, através da criação de uma diferença de potencial, ou uma tensão elétrica, sobre uma célula formada por um sanduiche de materiais semicondutores. Se a célula for conectada a dois eletrodos, haverá tensão elétrica sobre eles. Se houver um caminho elétrico entre os dois eletrodos, surgirá uma corrente elétrica. (VILLALVA E GAZOLI, 2012 p. 41)

Silva, Chiquito e Souza (2004, p. 379) observam que “atualmente com a escassez de fontes renováveis de energia, as células solares vem ganhando espaço devido a seu custo de produção ter diminuído graças às novas tecnologias de fabricação”. Portanto, a utilização da energia produzida por módulos fotovoltaicos está se tornando mais viável, podendo ser aplicada de diversas formas no Brasil.

É importante lembrar, segundo Farret (1999), que a geração de energia elétrica não está baseada diretamente no calor do Sol, mas sim na intensidade da luz incidente sobre as células fotovoltaicas, além disso, em dias nublados também haverá geração de energia, contudo, em menores níveis.

3.2 A ENERGIA SOLAR NO BRASIL

No Brasil, a energia solar fotovoltaica ainda não é muito utilizada. Em contrapartida, Esposito e Fuchs (2013, p. 109) afirmam: "é inegável que o Brasil apresenta oportunidades para aproveitamento da energia solar.”.

Para Villalva e Gazoli (2013, p.33) "atualmente a participação da energia fotovoltaica na matriz energética brasileira é praticamente desprezível", o que é confirmado pelo Balanço Energético Nacional de 2014 (2014, p. 14), onde a energia solar fotovoltaica continua sendo classificada junto com outras energias de fontes renováveis, possuindo assim menos de 4,2% da oferta energética do país.

Villalva e Gazoli (2013, p.33) afirmam que a fonte hidrelétrica não será suficiente para que o Brasil alcance uma geração de energia que possa ser comparada com países mais desenvolvidos nesta área, como por exemplo, a China e os Estados Unidos. Além disso, os autores comentam que a geração de energia baseada em hidrelétricas oferece uma base excelente para a implantação da energia solar, bem como da eólica.

Considerando a necessidade do aumento da produção de energia elétrica, e a base existente para a implantação da energia solar,

O Brasil é visto por grupos nacionais e estrangeiros como um dos mercados potenciais relevantes para a implantação de tecnologias de geração solar, levando em conta três principais fatores: intensa irradiação solar, recente regulamentação do *net metering* pela ANEEL e a proximidade da paridade de rede em todo o território nacional. (ESPOSITO e FUCHS, 2013 p. 106)

Com fins explicativos, por paridade de rede, é possível entender, segundo Rüter et al (2008, p.05) "o preço da energia [...] equivalente ao preço da geração convencional para o consumidor residencial." Já por *net metering*, a Agência Nacional de Energia Elétrica –ANEEL divulgou a seguinte explicação:

O Sistema de Compensação de Energia Elétrica, também conhecido pelo termo em inglês *net metering*, é um procedimento no qual um consumidor de energia elétrica instala pequenos geradores em sua unidade consumidora (como, por exemplo, painéis solares fotovoltaicos e pequenas turbinas eólicas) e a energia gerada é usada para abater o consumo de energia elétrica da unidade. Quando a geração for maior que o consumo, o saldo positivo de energia poderá ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário ou na fatura do mês subsequente. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 36 meses. (ANEEL, 2014)

3.3 A IMPORTÂNCIA DO DESIGN

O design está presente no cotidiano das pessoas, inserido em produtos, serviços e nas relações com o ambiente. Para Löbach (2001, p.14), ele é um processo de resolução de problemas, que atende às relações do homem com o seu ambiente. Assim, "o design, desde sua gênese, tem como fator principal atender o mais amplamente possível às necessidades das pessoas" (MENEZES E PASCHOARELLI, 2009 p.58).

Considerando o foco que o design possui em atender às pessoas, é importante notar as emoções e as experiências como significativas para o desenvolvimento de produtos, pois como dizem Holden e Butler, "As pessoas compreendem e interagem com os sistemas e ambientes com base em representações mentais desenvolvidas a partir de suas experiências" (2010, p. 154).

Outro aspecto importante, que pode ser auxiliado e ter influências, seja sobre ou pelo design, é o consumo sustentável, que segundo Furriela (2001, p. 47), se apresenta como "o consumo de bens e serviços promovido com respeito aos recursos ambientais, que se dá de forma que garanta o atendimento das necessidades das presentes gerações, sem comprometer o atendimento das necessidades das futuras gerações", constatação esta que retoma o que dizem Menezes e Paschoarelli, quando se referem ao design com o fator principal de atender as necessidades das pessoas.

Também é possível considerar a usabilidade como fator determinante no desenvolvimento e na inserção de um produto no mercado. Assim, podem ser consideradas as palavras de Holden e Butler em "Os modelos mentais são representações de sistemas e ambientes derivadas da experiência"(2010, p.154), com isso, é possível perceber que o aprimoramento da usabilidade pode ajudar a ampliar a satisfação do usuário de um determinado produto. Neste aspecto, podem ser utilizados princípios para a montagem e a desmontagem, de acordo com os métodos *Design for Manufacture and Assembly* - DFMA e Diagrama de Fluxos de Dados- DFD os quais são apresentados como fatores importantes, quando se pensa em um produto sustentável.

3.3.1 Design Emocional

O Design Emocional está voltado para como as emoções interferem nas escolhas das pessoas, com relação a produtos e serviços. Para Cantelli (2009, p. 23), "É indiscutível o papel que a emoção representa na forma como o ser humano se relaciona com os objetos. O valor do objeto transcende a sua qualidade, beleza e usabilidade, é, na verdade, valioso pelas sensações e memórias que invoca".

O design emocional assume, segundo Tonetto e Costa (2011, p. 133) "que a emoção pode ser previsível e controlável, e que o projeto de design pode atuar na modelação das experiências emocionais desejadas pelas pessoas". Os autores afirmam ainda que, para a teoria do design funcional possuir êxito, é necessário "projetar com a intenção, métodos, teorias e técnicas específicas para despertar ou evitar emoções pretendidas". Para influenciar nas experiências emocionais, que inicialmente seguem impulsos e não interpretações concisas, os sentidos devem ser levados em consideração, sendo que Cantelli (2009, p.19) comenta que "Quase toda a compreensão de mundo acontece através dos sentidos. Eles são o vínculo com a memória e atingem diretamente as emoções", Cantelli (2009, p. 22) afirma ainda que "Para cada sentido, o ser humano possui órgãos sensoriais que identificam os estímulos [...], os sentidos estão inerentemente interconectados".

Ao se deparar com um novo produto, o consumidor é levado a categorizá-lo primeiramente de acordo com atributos visuais e referentes ao tato (ou a outros sentidos), fatores estes que são diferentes para cada pessoa. Apenas mais tarde, funcionalidades ou questões técnicas são categorizadas. Assim, Norman (2008) realiza uma classificação do sistema emocional como visceral, comportamental e reflexivo.

Para Norman (2008), o design visceral é a respeito das reações iniciais dos consumidores sobre os objetos, para ele (2008, p. 89), "No nível visceral, aspectos físicos - aparência, toque e som - dominam". Já no design comportamental, a função é classificada como mais importante. A respeito das funções, Norman (2008, p.92) questiona: "Se o objeto não faz nada de interessante, então quem se importa com o quão bem ele funciona?". Finalmente, no design reflexivo, as relações são com o significado ou o uso de um produto, determinados pela cultura e pelas experiências adquiridas com o passar do tempo. Norman (2008, p.107) afirma que o nível

reflexivo "Por um lado, diz respeito ao significado das coisas, às lembranças pessoais que alguma coisa evoca. Por outro, diz respeito à autoimagem e às mensagens, que um produto envia às outras pessoas".

Para desenvolver um produto, é necessário pensar os três níveis do design emocional, pois eles estão relacionados ao entendimento e as emoções provenientes das experiências dos usuários, e assim, influenciam aspectos como aquisição, divulgação e utilização de um produto.

Outro fator que pode influenciar na aquisição e na produção de um produto é o consumo sustentável, que tende a buscar meios de reduzir a utilização de recursos naturais e ampliar a reutilização de produtos descartados.

3.3.2 Design e Consumo Sustentável

O consumo sustentável, ou seja, a utilização de bens e serviços respeitando o ambiente e as necessidades da sociedade, seja ela atual ou futura, é um meio encontrado para conter, em partes, o avanço negativo do ser humano sobre a natureza. De acordo com Slongo (2004, p.25) "a exploração irracional dos recursos naturais deve ser repensada de forma que não seja tão fortemente vinculada ao consumo", portanto, o Design pode influenciar este meio ao projetar produtos que utilizem materiais reciclados, que sejam duráveis ou que ajudem de alguma forma a reduzir a utilização de recursos naturais.

Contemplando os aspectos acima, Furriela (2001, p. 47) afirma que existe uma grande dificuldade em compreender as enormes pressões que o consumismo exerce sobre o meio ambiente, pois são utilizados materiais oriundos da natureza para a produção de bens e o descarte destes mesmos bens acaba retornando a ela de alguma forma, processo este que deve ser repensado. Assim, Dinato e Nascimento (2003, p. 3) comentam que "O consumo exige recursos, utiliza energia, gera resíduos durante as etapas de produção, uso e descarte, polui o ambiente" e ainda, "não há nada no mundo contemporâneo que não esteja marcado pelo processo de mercantilização, e, mais recentemente, pela crescente globalização do consumo".

Em relação ao Design voltado para produtos, Dinato e Nascimento (2003, p. 12) afirmam que além de medidas radicais em relação a criação dos produtos e seus meios de produção, "Os princípios da produção mais limpa incluem o contínuo redesign de processos industriais e produtos para prevenir a poluição e a geração de desperdícios em sua origem , bem como minimizar riscos para as pessoas e para o meio ambiente".

Sobre as causas ambientais e a sua relação com o Design, Kiperstok (2005, apud Kiperstok e Marinho 2001) apresenta um diagrama (Figura 02), no qual é possível ver a evolução das práticas ambientais, considerando o consumo sustentável como resultado desta evolução, que passa pelas etapas de produção e modificação do produto e se inicia pelo tratamento dos resíduos, configurando assim um ciclo.

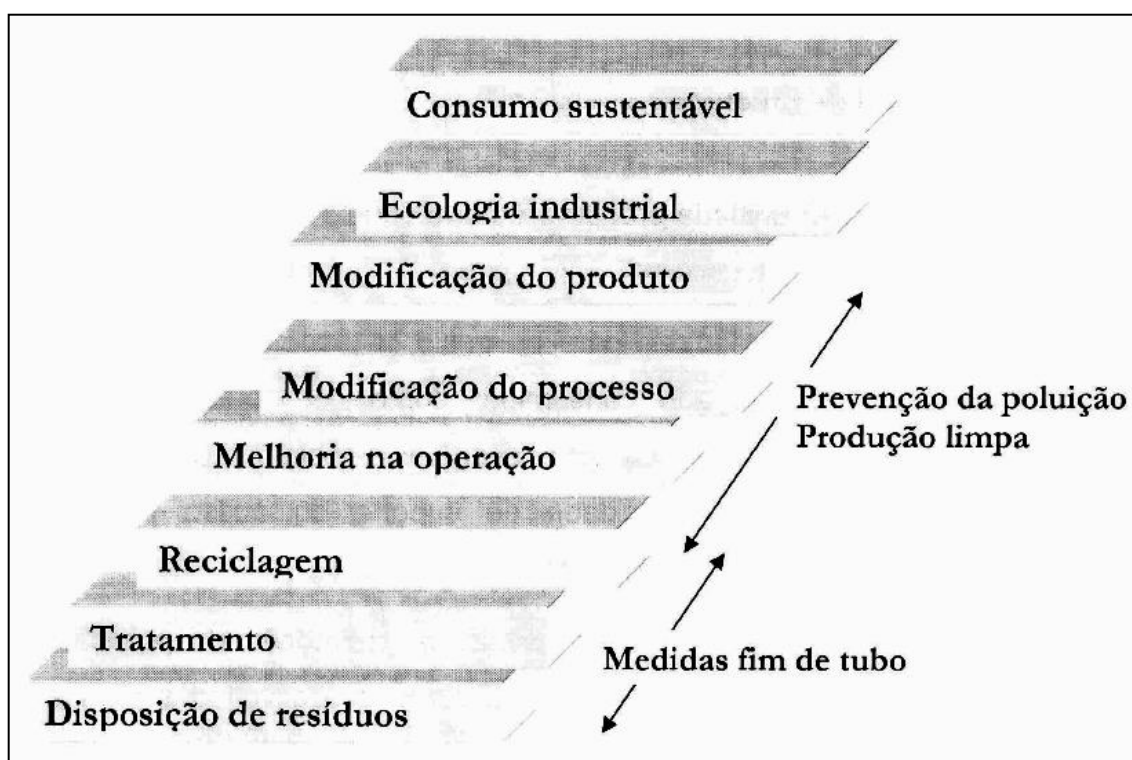


Figura 2 - Evolução das práticas ambientais
Fonte: Kiperstok (2005) apud Kiperstok e Marinho (2001)

3.3.3 Usabilidade

Ao falar sobre usabilidade, Cybis, Betiol e Faust (2010, p. 16-17) afirmam que "Pode-se dizer que a ergonomia está na origem da usabilidade, pois ela visa proporcionar eficácia e eficiência, além do bem-estar e saúde do usuário, por meio da adaptação do trabalho ao homem". Assim, percebe-se que os produtos devem ser pensados para, além de sua funcionalidade, possibilitar bem estar e eficiência aos seus usuários.

De acordo com a NBR 9241-11, a usabilidade é a "Medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso." (2002, p.3). Onde eficácia é definida como o nível de alcance dos objetivos, eficiência como o que é gasto (recursos) para que se alcance este objetivo, e a satisfação como a ausência de desconforto no uso de um produto e as atitudes positivas encontradas no mesmo, ao realizar uma tarefa.

Dentro deste contexto, a usabilidade pode ser entendida como a facilidade com que um produto pode ser utilizado, atendendo às necessidades para as quais foi designado e satisfazendo o usuário de acordo com seu uso. É importante considerar que a usabilidade não pode ser analisada se o produto for retirado de seu contexto de uso, e é suscetível as características do usuário, como formação social, entre outros.

Para auxiliar nas questões de usabilidade, Cybis, Betiol e Faust (2010, p. 135-136) afirmam ser necessário analisar os requisitos para realizar um bom projeto. Assim, existe a possibilidade de iniciar os estudos com a análise do perfil do usuário, a fim de conhecer os atributos pessoais, habilidades e competências dos possíveis usuários. Após, pode ser realizada a análise do contexto da tarefa, onde devem ser conhecidos os objetivos e resultados esperados, considerando a estrutura, a duração da ação, as dependências, os custos, a carga mental para os usuários, as interrupções no processo, entre outros. Outra análise a ser realizada é a das possibilidades e restrições da plataforma, onde são examinados equipamentos de produção, entre outros. A última análise proposta pelos autores é a dos princípios gerais para o projeto, onde devem ser pensadas questões ergonômicas, contexto de uso, ambiente e equipamentos necessários.

Levando estes dados em consideração, a NBR 9241-11, em seu Anexo D (2002, p. 19), demonstra três maneiras nas quais a usabilidade pode ser mensurada, sendo elas: a análise das características de um produto por um contexto de uso, onde são julgadas as características em um contexto particular relacionadas às normas técnicas, sejam elas brasileiras ou internacionais. A análise do processo de interação, onde ela é medida de acordo com a relação entre o usuário e a tarefa que está sendo desenvolvida com o produto. Esta técnica, contudo, não obtém resultados diretos, pois é baseada em análises de processos dinâmicos e bastante individuais, relacionados ao usuário. Em último lugar está a análise da eficácia e da eficiência resultantes do uso de um produto em dado contexto, onde é medida a satisfação dos usuários. Este meio de mensuração é mais direto que os anteriores, pois considera também o ambiente de uso do produto.

Ainda em relação a usabilidade, Cybis, Betiol e Faust (2010, p. 360-362) afirmam que a produtividade nem sempre é o caso mais importante ao se pensar em um produto, pois as relações entre usabilidade, beleza, cognição e emoção são muito estreitas, e assim as reações emocionais tem um impacto significativo na interação. Quando o usuário se depara com um produto cuja a usabilidade é ruim, lembrará da má experiência com detalhes, já quando a usabilidade do produto é boa, a experiência é lembrada, de forma geral, como agradável, fato que retorna às questões do Design Emocional.

3.3.4 DFMA e DFD

Com base nas palavras de Bates (apresentação on-line), é possível perceber que o princípio *Design for Manufacture and Assembly* (Design para fabricação e montagem) - DFMA é derivado do *Design for Manufacture* - DFM, que tem por objetivo diminuir os custos e o tempo de fabricação, e do *Design for Assembly* - DFA, que tem como intuito facilitar a montagem e a desmontagem dos produtos.

Estes dois aspectos (DFM e DFA), fazem com que o DFMA tenha como base a otimização do processo de produção, por meio de projetos multidisciplinares, que visam a redução de custo e tempo de fabricação.

O DFMA tem por consequência, durante a fase de desenvolvimento e produção, a criação de guias, encaixes, e outros métodos de fixação, fator que costuma ampliar a qualidade dos produtos, pois facilita a montagem e proporciona menores margens para erro.

A partir disso, Boothroyd, Dewhurst e Knight (2013, p. 4 - tradução livre do autor) afirmam que o objetivo do DFMA é produzir ferramentas que possam ser utilizadas por designers de produtos. Essas ferramentas orientam a equipe de projeto para onde estão os problemas da proposta de design.³

O DFMA auxilia também em estudos de engenharia simultânea, pois se comporta como uma base para este processo. Ele também pode ser utilizado para visualizar e analisar produtos concorrentes. Outro fator de uso do DFMA é o auxílio financeiro que ele representa, ao ajudar a controlar custos e negociações com fornecedores e parceiros.

Sendo assim, os autores afirmam que o

Design para fabricação e montagem é a combinação do DFA e do DFM.

O DFMA é usado para três atividades principais:

1. Como base para estudos de engenharia simultânea, fornecendo orientação para a equipe de projeto na simplificação da estrutura do produto, reduzindo os custos de fabricação e montagem, e quantificando melhorias.
2. Como uma ferramenta de referência para estudar produtos concorrentes e quantificar dificuldades durante a fabricação e montagem.
3. Como uma ferramenta para ajudar a controlar os custos e negociar contratos com fornecedores. (BOOTHROYD, DEWHURST e KNIGHT, 2011 p.1 - tradução livre do autor)⁴

Já o princípio do Diagrama de Fluxos de Dados - DFD é bastante diferente do DFMA. A base do Diagrama está na visualização do todo de um sistema, enquanto o DFMA tem o objetivo de auxiliar na fabricação e na montagem.

³ "The objective of DFMA was to produce tools which could be used by product designers. These tools guide the designers or design team to where the problems in a proposed design lie." (BOOTHROYD, DEWHURST e KNIGHT, 2011 p.4)

⁴ "Design for manufacturing and assembly is a combination of DFA and DFM.

DFMA is used for three main activities:

1. As the basis for concurrent engineering studies to provide guidance to design team in simplifying the product structure to reduce manufacturing and assembly costs ,and to quantify to improvements.
2. As a benchmarking tool to study competitors products and quantify manufacturing and assembly difficulties.
3. as a should-cost tool to help control costs and help negotiate suppliers contracts." (BOOTHROYD, DEWHURST e KNIGHT, 2011 p.1)

O DFD é construído a partir de vários processos interligados. Sendo assim, para Souza (2004 apud Yourdon) O diagrama de fluxo de dados é uma ferramenta de modelagem que nos permite imaginar um sistema como uma rede de processos funcionais.

O DFD, representado neste documento, teve o objetivo de demonstrar sucintamente os processos a serem realizados durante o desenvolvimento do produto, desde a busca pela problemática, questionários com o público alvo, até a fase de descarte após o tempo de uso e a reciclagem, que interfere nos materiais a serem utilizados e os métodos de encaixe e alia o DFD ao DFMA.

Para o autor, o diagrama de fluxo de dados é uma das mais utilizadas ferramentas de modelagem de sistemas, principalmente para sistemas operativos nos quais as funções do sistema sejam de fundamental importância. Souza (2004 apud Yourdon). No desenvolvimento de um produto, o DFD se apresenta como um importante aliado, pois possibilita visualizar problemas que devem ser evitados e os caminhos pelos quais o projeto deve seguir. Na Figura 03, é possível ver a aplicação do Diagrama de Fluxo de Dados no projeto do carregador portátil.

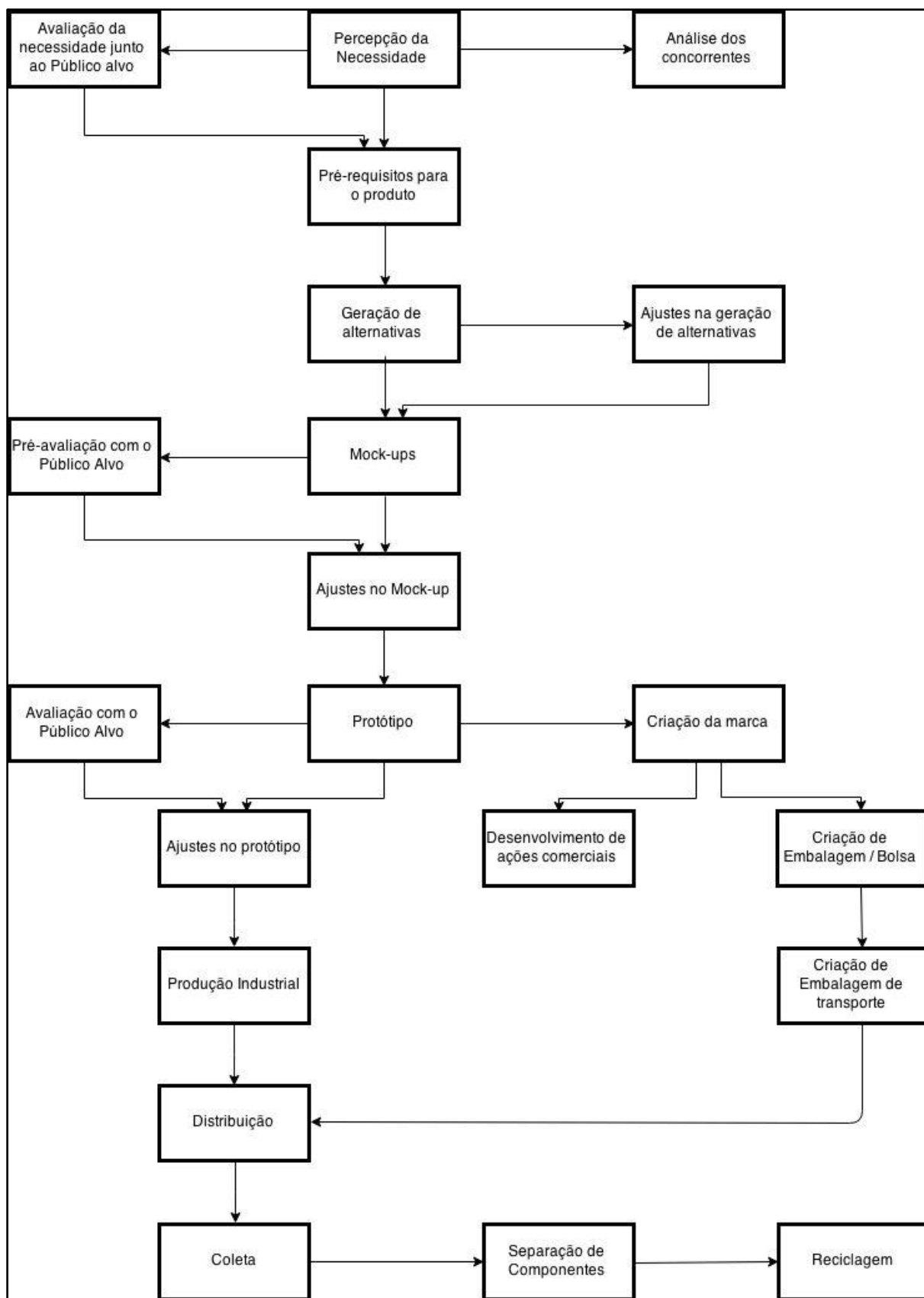


Figura 3 - Diagrama de Fluxo de Dados
 Fonte: Autoria Própria (2015)

Considerando os assuntos tratados anteriormente, com a finalidade de entender aspectos que serão buscados no desenvolvimento do produto, a sequência deste trabalho se dá por meio da descrição de uma pesquisa realizada com um possível público alvo, pois,

Todos os produtos evoluem em sequência através dos estágios básicos da criação. A compreensão e a utilização de práticas mais eficientes em cada estágio permitem que os designers maximizem a probabilidade de êxito de um produto. Todos os produtos têm quatro estágios básicos de criação: requisitos, design, desenvolvimento e teste. (HOLDEN e BUTLER, 2010 p. 78)

4 PESQUISA PRELIMINAR

A pesquisa é uma ferramenta bastante importante para levantar dados relevantes aos projetos e apresentar linhas que podem ser seguidas durante seu desenvolvimento.

Na pesquisa, sempre se busca compreender qual a experiência emocional desejada pelo usuário, bem como quais elementos devem estar presentes no projeto, a fim de proporcioná-la com maior probabilidade de ocorrência e eficácia junto aos indivíduos. (Tonetto e Costa, 2011 p. 133)

Para iniciar o processo de criação foi realizada uma pesquisa, onde se buscou obter os requisitos básicos para o desenvolvimento do protótipo. Tal pesquisa derivou-se de questionário *on-line* e apresentou 110 respostas desde 02/08/2014 até 12/08/2014, data em que foi encerrada.

As perguntas presentes no questionário foram elaboradas de modo a se obter respostas relacionadas ao modo de vida dos entrevistados, também as características consideradas importantes ao produto e os locais onde o utilizariam, bem como a sua opinião a respeito de 3 modelos de carregadores portáteis baseados em energia solar.

O meio mais prático para a divulgação do formulário foi através de redes sociais que a aluna possuía acesso, por possibilitar respostas em diferentes regiões geográficas, além de diferentes níveis de instrução, desde pessoas com ensino médio completo até algumas que possuem ou cursam pós-graduação, observando que a maior parte está cursando o ensino superior (67%). A pesquisa teve 10 dias de duração para a coleta dos dados, que sofreram análises posteriormente.

As idades apresentadas nas respostas variaram entre 18 e 77 anos, sendo que a maior densidade está na faixa etária de 20 a 30 anos. Em relação ao gênero, 57% eram mulheres e 43% homens.

Além das questões relacionadas ao nível de instrução, idade e gênero, foi incluída na pesquisa uma pergunta indagando aos entrevistados se utilizariam um carregador portátil movido à energia fotovoltaica. Como resultado dessa questão, 90% afirmou que utilizaria o produto, e deu continuidade ao questionário. O restante (10%) demonstrou não possuir interesse, e essa parcela de entrevistados foi

encaminhada diretamente para a seção sobre opiniões em relação aos produtos existentes, localizadas no fim do questionário.

As respostas apresentadas na sequência estão presentes em um artigo apresentado no Gampi Plural 2014 e, além disso, foram consideradas relevantes ao projeto, assim são demonstradas com a descrição da pergunta e as análises.

4.1 PESQUISA DE IDENTIFICAÇÃO DE NECESSIDADES E REQUISITOS DO PRODUTO COM O PÚBLICO-ALVO

Quando questionados sobre a utilização de carregadores solares portáteis, grande parte dos entrevistados (95%) afirmou que nunca utilizou, uma pequena parcela (2%), denominada como Outros, já havia observado alguém manipular tal modelo de carregador, e outra pequena amostra (3%) utiliza ou já utilizou um carregador solar portátil (Figura 04).

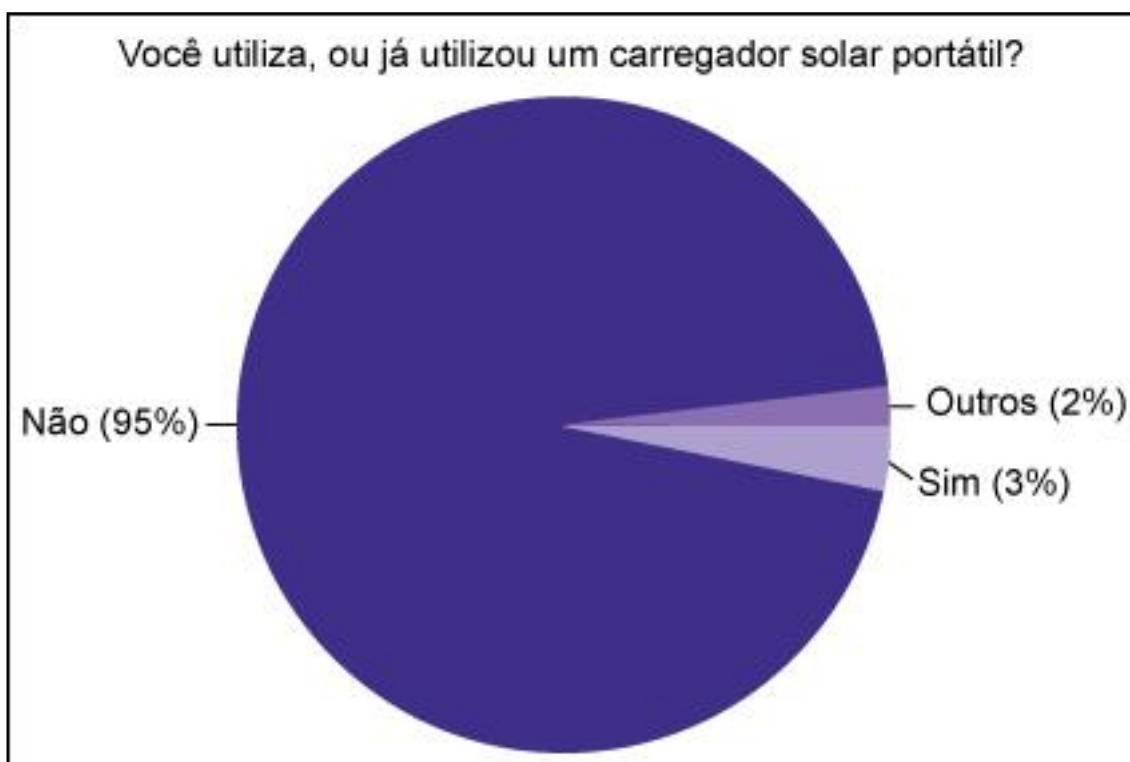


Figura 4 - Utilização
Fonte: Autoria própria (2014)

A partir destes 3%, foi possível notar uma pequena inserção do produto no mercado, além de observar a relação entre produto e usuário. Os entrevistados que já utilizaram carregadores movidos à energia solar afirmaram que eles são uma fonte de energia fácil, porém, mediante algumas particularidades, como peso elevado e falta de praticidade, são utilizados em caráter emergencial. Eles disseram ainda que o meio de captação solar é ótimo, mas que se sentem preocupados pela necessidade de carregar várias coisas para que o funcionamento seja realmente efetivo.

Mais adiante, perguntou-se sobre a aquisição de um carregador solar portátil, e como é possível observar na Figura 05, grande parte dos entrevistados (75%) não sabe como fazer a aquisição e aqueles que sabem como realizá-la conhecem apenas lojas virtuais (22%), onde não é possível manusear os produtos. Não houve respostas sobre lojas físicas que comercializem tais carregadores, o que pode demonstrar uma falha no processo de vendas e no acesso entre os clientes e os produtos.

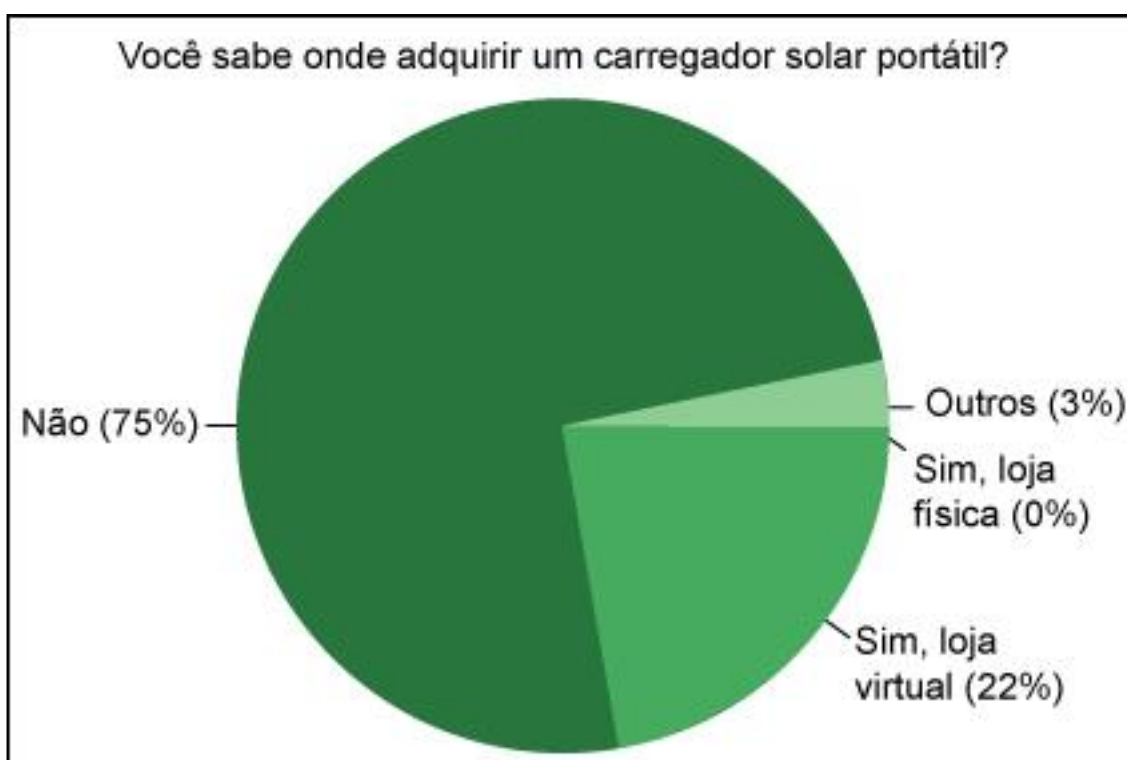


Figura 5 - Aquisição
Fonte: Autoria própria (2014)

Observou-se ainda que 3% dos entrevistados conhecem outros meios para aquisição de carregadores solares portáteis, porém estes meios não foram especificados.

As perguntas seguintes, que eram relacionadas à aquisição de carregadores solares portáteis, tinham como objetivo descobrir informações sobre o investimento que os entrevistados estariam dispostos a realizar. Destes, 41% dos entrevistados afirmou que teria disponibilidade de desembolsar de R\$ 50,00 à R\$ 99,00 para a aquisição (Figura 06).

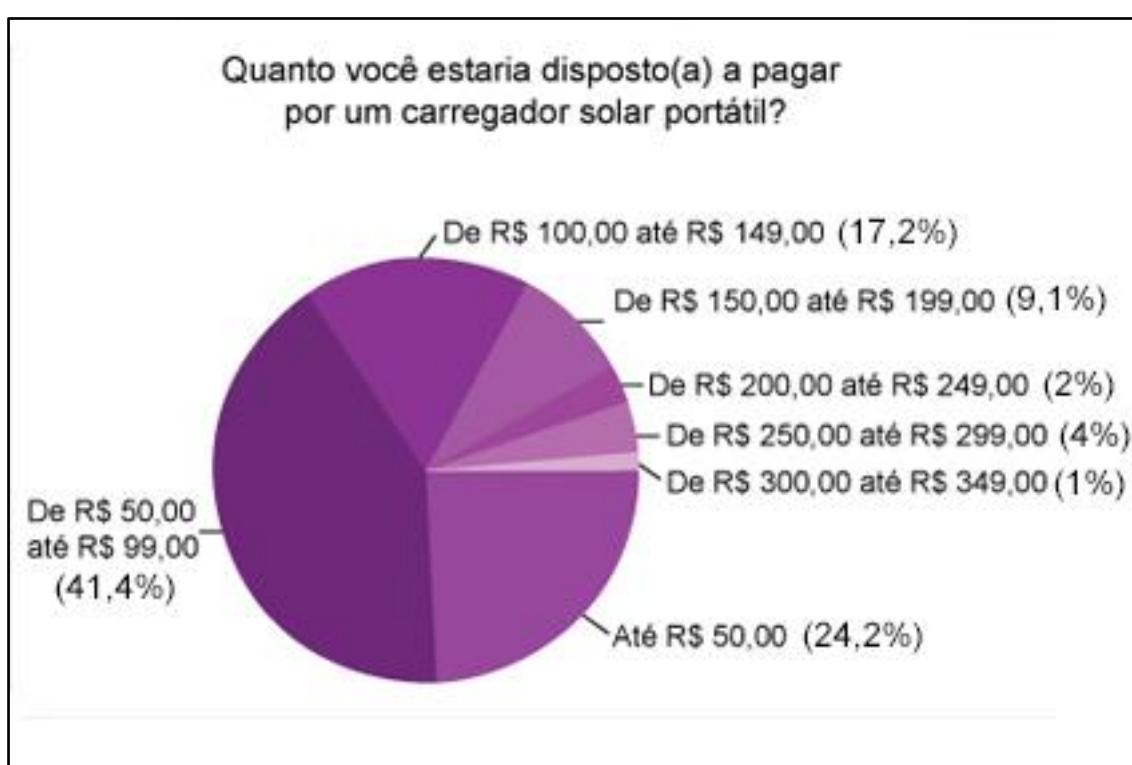


Figura 6 - Disponibilidade de valores dos entrevistados
Fonte: Autoria própria (2014)

Também foi questionada a disponibilidade de que os entrevistados desembolsassem um valor maior para a aquisição do produto, desta vez levando em conta as questões ambientais diretamente relacionadas ao produto. As respostas para esta questão foram 68% sim e 32% não.

Em seguida, perguntou-se sobre as características consideradas importantes para o produto, possibilitando a escolha entre 10 opções pré-dispostas pela autora, e um campo em aberto, caso outra alternativa importante para o entrevistado não estivesse listada nas demais. Para fins de análise e escolha de pré-requisitos para o projeto, a Figura 07 demonstra os 5 itens com maior número de

votos, e na sequência, um breve panorama sobre as opções presentes na questão com as respostas obtidas.

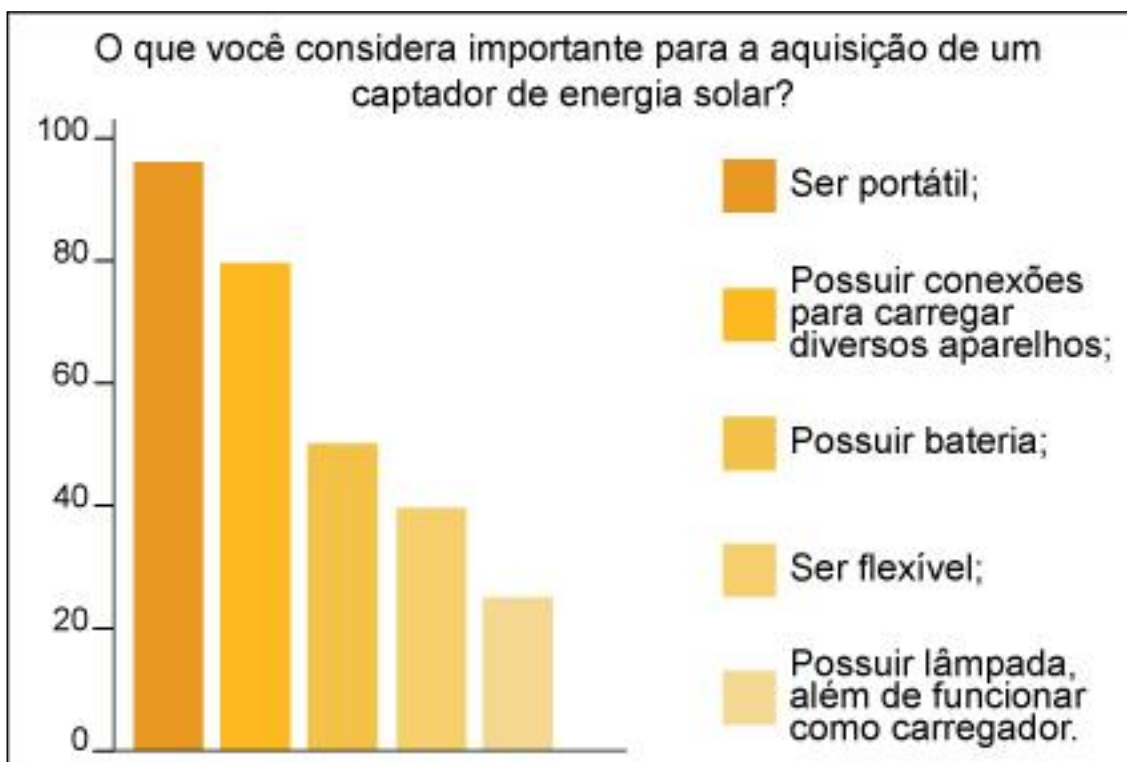


Figura 7 - Características consideradas importantes
Fonte: Autoria própria (2014)

Como pode ser observada na Figura 07, quando questionados sobre o que considerariam importante para a aquisição de um captador de energia solar, grande parte dos entrevistados, 96 pessoas, entenderam a possibilidade de o produto ser portátil como a mais importante característica, seguida pela necessidade de possuir conexões para carregar diversos aparelhos, com 80 respostas favoráveis e, com 50 respostas, possuir bateria. Além disso, foram consideradas importantes às possibilidades de o produto ser flexível, com 40 respostas a favor e, para 25 pessoas foi considerado importante possuir lâmpada, além de funcionar como carregador.

Inicialmente, as 5 características consideradas como mais importantes são parte dos objetivos do projeto. Além dos aspectos considerados acima, por ordem de votação, outros atributos faziam parte da questão, como a possibilidade de conexão com outro captador de energia solar, que obteve 23 respostas favoráveis, a cor, como característica atrativa obteve 16 respostas, a possibilidade de ser customizável, com a opinião de 10 pessoas, a textura, também como característica atrativa com 9 respostas e a possibilidade de gravar nomes ou símbolos, que obteve

o menor número de respostas a favor (8 pessoas). Estas características foram consideradas no questionário como secundárias, de acordo com o número das respostas, podem ser incluídas também nos pré-requisitos, em um estudo que se pretende realizar na sequência deste trabalho.

Dando continuidade ao questionário, perguntou-se em que tipo de ambiente os entrevistados utilizariam um carregador solar portátil, com a finalidade de perceber a aceitação e características pertinentes aos ambientes. As respostas para esta pergunta foram variadas, mas concentraram-se basicamente no desejo de obter maior liberdade por não precisar estar em proximidade à tomadas, e na possibilidade de utilizar o produto em viagens (hotéis, *hostels*, praias, campo, parques, ruas, entre outros) e durante a locomoção, seja ela por meio de transporte público, carros, motos ou bicicletas.

Após as características, as perguntas realizadas foram sobre viagens, iniciando com a frequência de realização, cuja resposta dominante foi a de algumas vezes por ano, seguida por frequentemente e depois, raramente, sem ter respostas negativas para a questão.

Posteriormente, perguntou-se o que os entrevistados costumam levar em suas viagens, além de roupas, calçados e utensílios de higiene. Os entrevistados afirmaram unanimemente que levam seus celulares, enquanto 67 pessoas levam também suas câmeras, 44 seus computadores e 27 seus *tablets*.

Questionou-se também sobre como os entrevistados realizam suas viagens (meios de transporte) e as respostas foram bastante variadas, como carros, ônibus, motos, aviões, "mochilões", trens, barcos, vans, "caronas" e bicicletas.

Outra questão abordou o costume de ficar ao ar livre durante viagens, as respostas ocorreram conforme demonstra a Figura 08, onde poucas pessoas não costumam permanecer ao ar livre (apenas 8) e grande parte frequenta praias, parques e outros ambientes externos.



Figura 8 - Características consideradas importantes
Fonte: Autoria própria (2014)

Os entrevistados responderam ainda sobre praticar o hábito de acampar, cujo resultado foi 26% sim e 74% não.

Outro dado interessante, foi o de que 99% dos entrevistados concordaram que a presença do carregador solar portátil, durante uma viagem, tornaria a jornada mais agradável.

A opinião dos entrevistados sobre os três modelos de carregadores portáteis será abordada na sequência deste estudo, onde também é realizada uma pequena análise dos concorrentes do produto.

4.2 ANÁLISE DOS CONCORRENTES

Ainda no questionário, foi solicitado que os entrevistados respondessem, com base em imagens, tamanho e peso, sobre o que pensavam sobre três modelos distintos de carregadores solares portáteis. No decorrer deste trabalho serão demonstradas as imagens, os comentários dos entrevistados e as questões encontradas nos *sites* dos produtores.

Para iniciar as análises, o primeiro modelo apresentado aos entrevistados foi o *WakaWaka Power*, que pode ser visto na Figura 09. Ele é produzido pela Fundação *WakaWaka* e possui, além da preocupação ambiental, uma ação social, que será comentada na sequência.



Figura 9 - WakaWaka Power
Fonte: Loja on-line WakaWaka(2014)

Sobre o *WakaWaka Power*, de acordo com os entrevistados, suas cores fortes são um grande atrativo, porém notou-se a necessidade de cores alternativas, além de amarelo e preto e a possibilidade de customização em algumas áreas do produto. Outro fator é que ele representa ser bastante compacto, leve, fácil de transportar e consegue unir a necessidade de carregar o *smartphone* e produzir iluminação com consciência ambiental, por utilizar uma energia limpa.

Alguns entrevistados notaram como ponto negativo a necessidade de deixar o aparelho 12 horas no sol, para carregá-lo pois, muitas vezes, não possuem esse tempo para esperar, já outros observaram que o tempo para carregar é rápido, considerando a tecnologia para captação de energia solar, o tamanho do produto e a possibilidade de carregar sua energia em diversos horários diferentes, e não mantendo 12 horas contínuas no sol.

Outro ponto interessante notado pelos entrevistados é a forma dinâmica de interagir com o aparelho, considerando a eficiência do mesmo, devido às suas dimensões, e o fato de ser 100% reciclável.

Algumas observações referentes ao design pontuam que os entrevistados gostariam que o *WakaWaka Power* fosse mais leve e fino, além de menor e menos robusto. Foi notado também que seria interessante a base, que fica apoiada sobre a mesa, ser reversível e cobrir a parte que capta a energia solar, para protegê-la quando não está em uso.

Além destes fatores, notou-se que a possibilidade de fixação em paredes ou janelas e outros materiais seria interessante, assim como um display digital, para ver o nível da energia no aparelho, ou o que falta para carregar sua bateria, dando assim um *feedback* ao usuário.

Houve ainda uma observação de que o carregador devesse ser maior, para carregar aparelhos maiores em menos tempo e que suas dimensões deveriam ser adequadas para o transporte em uma mochila, o que sugeriu a possibilidade de o produto ter duas versões, em tamanhos diferentes.

É importante lembrar que as opiniões dos entrevistados foram baseadas apenas na visualização de fotos dos produtos, suas dimensões e seus pesos, assim, podem divergir das características apresentadas pelos fabricantes.

Relacionado às questões técnicas do produto, segundo o site do fabricante, o *WakaWaka Power* é um carregador solar durável, leve e compacto, capaz de carregar qualquer tipo de *smartphone* ou pequenos dispositivos eletrônicos, além de ter capacidade de fornecer até 150 horas de luz. A bateria do *WakaWaka Power* é completamente carregada quando o aparelho permanece 12 horas no sol, com a possibilidade de não serem contínuas. O aparelho possui 4 configurações para a luz, muito brilhante, brilhante, médio e poupar energia.

O produto possui também uma entrada micro-USB, que permite conectá-lo ao computador, caso o usuário opte por completar a bateria sem utilizar energia solar, e uma saída USB, para carregar celulares e outros pequenos aparelhos. Para que um *smartphone* atinja a carga completa da sua bateria, o tempo médio de conexão entre os dois aparelhos é de 2 horas.

O *WakaWaka Power* é ainda 100% reciclado, além de ser produzido em material resistente ao impacto. Ele possui bateria de 2200 mAh (mili-ampere-hora),

células solares com 1050 mWatt (mili-watts por metro quadrado), e seu índice de eficiência corresponde a 22%.

Seu tamanho corresponde a 121 x 17 x 78 mm (comprimento, altura e largura, respectivamente) e pesa aproximadamente 200g.

Na sequência, o segundo modelo apresentado aos entrevistados foi o *Solio Classic 2*, que pode ser visualizado na Figura 10. Ele é produzido pela empresa *Solio*, que possui uma vasta gama de carregadores solares.



Figura 10 - Solio Classic 2
Fonte: Loja on-line Solio (2014)

Sobre o *Solio Classic 2*, os entrevistados afirmaram que suas funções são similares ao *WakaWaka Power*, mas a possibilidade de carregar sua bateria por uma conexão USB, além de apenas no sol, é um ponto positivo, além disso, os entrevistados acreditam que o tempo de exposição ao sol é menor que o primeiro produto, pois ele possui uma área maior com placas de captação solar. Um ponto criticado foi a não possibilidade de carregar os aparelhos, como celular, enquanto a pessoa está em deslocamento.

Sobre a aparência, os entrevistados classificaram como moderna e tecnológica, sendo que alguns gostaram bastante, outros já não comprariam o produto, pois para eles sua aparência não é atrativa.

Um ponto forte para os entrevistados foi a facilidade de uso, pois o produto possui indicador de quantidade de carga, apenas um botão e várias entradas, o que possibilita a conexão de diversos aparelhos, porém, o uso do produto foi considerado menos prático que o *WakaWaka Power*.

Uma parte considerável dos entrevistados não entendeu o intuito do lápis que está fixado no produto (conforme Figura 10), que é alterar a inclinação do mesmo em relação ao sol, a fim de obter maior eficiência, relacionando-o a um relógio solar.

Em relação às dimensões, grande parte das pessoas acreditou que ele é muito grande e pesado para ser considerado portátil, principalmente quando aberto.

Relacionado às questões técnicas do produto, segundo o site do fabricante, o *Solio Classic 2* é um carregador solar simples, que capta a energia como um relógio solar e possui apenas um botão feito em LED, que induz seu funcionamento. Ele também é capaz de carregar qualquer tipo de *smartphone* ou pequenos dispositivos eletrônicos, com a mesma eficiência que as tomadas conectadas à energia elétrica.

A bateria do *Solio Classic 2* é carregada completamente quando o aparelho permanece 24 horas no sol ou 6 horas conectado via micro-USB, caso o usuário opte por carregar a bateria sem utilizar energia solar. O fabricante também disponibiliza uma bateria reserva para proporcionar maior mobilidade ao usuário.

O dispositivo possui ainda uma saída USB, para carregar celulares e outros pequenos aparelhos. O botão de acionamento, feito em LED, funciona também como *feedback* ao usuário, pois de acordo com as características, como quantidade de carga ou operação que está sendo realizada, ele pisca em diversas cores e velocidades, por exemplo, quando a energia solar está sendo captada, a luz do botão LED está vermelha, ao pressionar o botão uma vez, ele pisca lentamente de 1 a 5 vezes, indicando o nível da bateria, na sequência, ele pisca rapidamente para indicar a potência que está carregando o dispositivo conectado a ele. Ao pressionar mais uma vez o botão, a energia será desligada.

O *Solio Classic 2* possui bateria de 3,200 mAh, já o número de watts por metro quadrado não é informado no site do fabricante, assim como seu índice de eficiência. Suas dimensões correspondem a 147 x 36 x 71 mm (comprimento, altura e largura, respectivamente) e pesa aproximadamente 310g.

O último modelo apresentado aos entrevistados foi o *DBK S72*, nome utilizado para comercialização, ou PB SS001, nome utilizado no site do fabricante.

Esse terceiro modelo pode ser visualizado na Figura 11. Ele é produzido pela empresa *DBK Electronics Technology*, que possui uma vasta gama de produtos, não apenas voltados à energia solar, como as anteriores.



Figura 11 - DBK S72

Fonte: Página do produto no site DBK Electronics Technology (2014)

Sobre o *DBK S72*, os entrevistados afirmaram que sua usabilidade parece fácil, e seus cabos adaptadores são considerados um ponto forte do produto, além de possuir características semelhantes as do *WakaWaka*. Relacionado ao tamanho, os entrevistados julgaram como grande, porém fácil de transportar.

Em relação à aparência, foi notada como masculina e desagradou grande parte dos entrevistados, que notaram a necessidade de um maior apelo visual e uma maior variação de cores.

Um fator positivo é que ele aparenta ser resistente contra impactos e quedas, o que possibilita um maior uso em trilhas ou campo, além das texturas que proporcionam um melhor contato com as mãos. Outro ponto positivo foi que a aparência do produto sugere que ele cumpre muito bem o objetivo de ser funcional, sugerindo maior eficiência. Além dos pontos já citados, o fato de ele ter uma alça

que possibilita o uso como um chaveiro em uma mochila agradou aos entrevistados, pois enquanto o trajeto é percorrido ele está exposto ao sol e armazenando energia.

Relacionado às questões técnicas do produto, segundo o site do fabricante, o *DBK S72* é um carregador solar eficiente e prático, que pode carregar qualquer tipo de *smartphone* ou pequenos dispositivos eletrônicos e possui LEDs inteligentes para a exibição do nível restante da bateria, além de ter um projeto para funcionar como chaveiro, o que possibilita uma maior variedade de usos, como em caminhadas, trilhas, escaladas e outros.

O produto possui uma entrada micro-USB, que permite conectá-lo ao computador e uma saída USB, para carregar celulares e outros aparelhos. O fabricante não disponibilizou a média de tempo que o aparelho leva para carregar sua bateria, tanto no sol quanto conectada a um computador, nem a média do tempo que ele leva para carregar um *smartphone*.

O *DBK S72* possui uma bateria de 7200mAh, a mais potente dentre os três modelos estudados, porém a potência das células solares e seu índice de eficiência também não foram informados.

Seu tamanho corresponde a 145 x 15 x 84 mm (comprimento, altura e largura, respectivamente) e pesa aproximadamente 290g.

5 CONCEITUAÇÃO DO PROJETO

5.1 REQUISITOS PARA O PROJETO

Para desenvolver os requisitos para o projeto, foi utilizado um modelo proposto por De Moraes (1999, p. 112-113), onde são separadas características relacionadas ao usuário, à produção e às vendas. Esse último aspecto (vendas) não foi abordado, sendo assim, utilizou-se o questionário para definir aspectos relacionados ao usuário e à produção.

Em caráter inicial, os aspectos definidos são, segundo De Moraes, quanto ao usuário.

A primeira característica a ser definida é a função do produto, que deve fornecer ao usuário energia; Posteriormente, está a prestação de serviços, onde a energia deve ser utilizada para carregar pequenos aparelhos eletrônicos, como um *smartphone*, o produto pode possibilitar ou não a geração de energia para carregar um ou mais aparelhos ao mesmo tempo.

Ainda em relação ao usuário, estão aspectos como segurança, onde ele não deve ter acesso à parte interna do produto; a ergonomia, que define a necessidade de o manuseio e o comando liga/desliga serem fáceis e rápidos; a higiene, pois o produto deve ser de fácil limpeza; a interação entre produto/usuário, pois em local de fácil visibilidade, deve haver informações demonstrando que o aparelho está em funcionamento; a adaptabilidade, que define a necessidade do produto ser portátil e facilitar o deslocamento; e a qualidade subjetiva, onde o aparelho deve ter variações de cores, para atrair aos usuários, além de manuseio agradável.

Posteriormente, os aspectos que devem ser definidos são a respeito da produção. De Moraes volta tais aspectos para uma produção em demanda, que não será utilizada em caráter inicial, para a produção do protótipo, mas alguns de seus aspectos serão abordados na definição das características do projeto.

Sendo assim, quanto à produção tem-se o aspecto técnico-produtivo, que visa à capacidade de produção da fábrica a ser utilizada; a racionalização, onde há uma busca por reduzir as peças do produto, facilitando a montagem, reduzindo erros e acelerando a produção; as características de custos, onde serão utilizados

componentes existentes no mercado para reduzir os custos e a montagem, que deve ser facilitada, utilizando poucos parafusos e possuindo guias de encaixes;

Além destes fatores, os protótipos devem ser os mais próximos possíveis do produto final e os fornecedores devem ser selecionados cuidadosamente. Ainda como parte da produção, tem-se os aspectos ecológicos, pelos quais o produto deve ser confeccionado utilizando termoplásticos compatíveis entre si; o processo de desmonte deve ser facilitado, para que haja reutilização de componentes; deve ser evitado o uso de insertos metálicos ligados aos materiais plásticos; as etiquetas sobre o fabricante e o número de série do produto devem ser compatíveis com os demais materiais do produto.

Os pré-requisitos considerados para a elaboração do projeto, bem como aqueles que não foram selecionados, encontram-se dispostos na tabela a seguir:

Pré-requisitos do projeto	Abordado	Não Abordado	Motivo
Produto portátil	X		Tamanho apropriado para transporte
Possuir conexões para carregar diversos aparelhos	X		Utilização de saída USB padrão
Possuir bateria		X	Necessidade de um circuito mais complexo / Risco de explosão
Ser flexível		X	A célula fotovoltaica utilizada não pode ser curvada
Possuir lâmpada		X	O produto não possui bateria
Conexão com outro carregador de energia solar		X	Tópico plausível para estudos futuros
Variação de cores	X		Na produção industrial há possibilidade de aplicar corante ao polímero
Possibilidade de ser customizável		X	Fator pós-produção
Textura		X	Tópico plausível para estudos futuros
Fornecimento de energia	X		Pré-requisito principal do projeto
Carregar mais de um aparelho simultaneamente		X	Tópico plausível para estudos futuros
Segurança	X		O usuário não tem acesso ao interior do produto
Higiene	X		Polímero antiaderente e de fácil limpeza
Interação entre produto / usuário	X		Led verde simbolizando o funcionamento em local de fácil acesso
Adaptabilidade	X		Produto portátil e de fácil deslocamento
Racionalização	X		Redução de peças do produto
Protótipo fiel ao produto final	X		Protótipo necessita de ajustes em guias e encaixes
Aspectos Ecológicos	X		Apenas um termoplástico, circuito facilmente removível após desmontagem

Elétrico

Mecânico/
Fabricação

Usabilidade

5.2 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

A geração de alternativas foi realizada em etapas. As ideias iniciais foram concebidas, adaptadas e aperfeiçoadas nas gerações posteriores, ou durante o desenvolvimento dos *mock-ups*. Para elaborar as alternativas, foram utilizados os aspectos descritos nos requisitos do projeto, além das medidas recorrentes às placas de captação de energia solar e do circuito interno (Figuras 12 e 13).

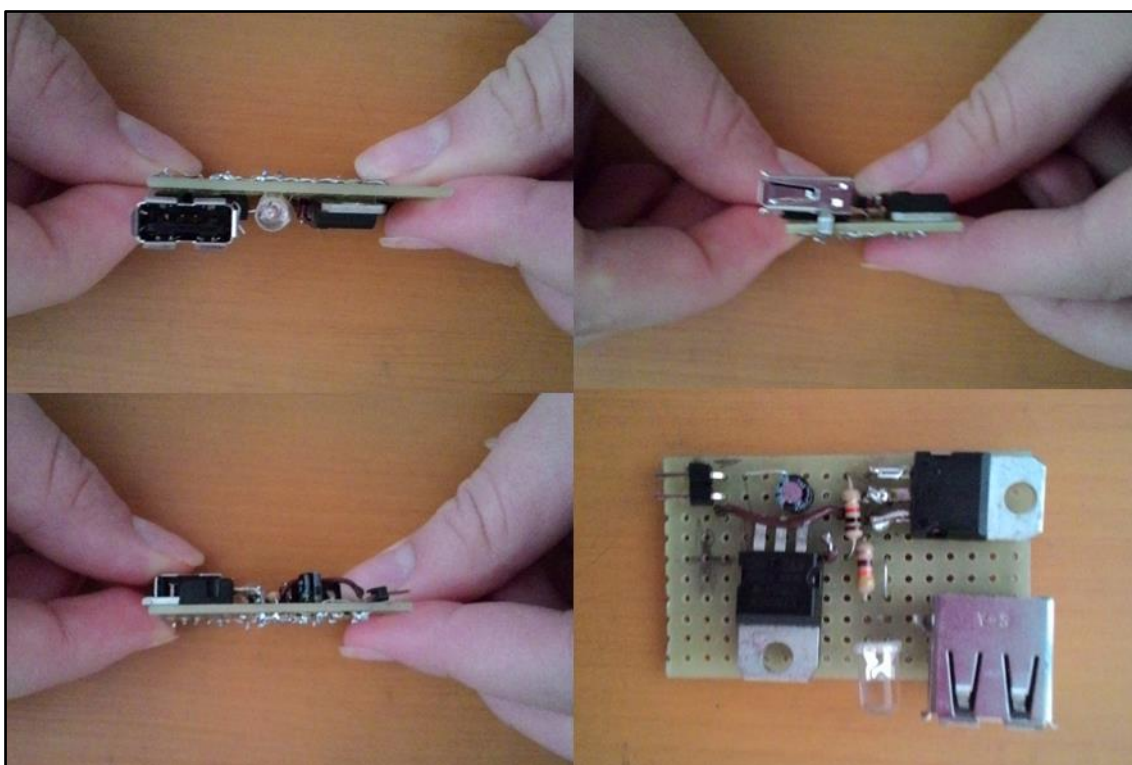


Figura 12 - Tecnologia embarcada – Circuito elétrico
Fonte: Autoria própria (2015)

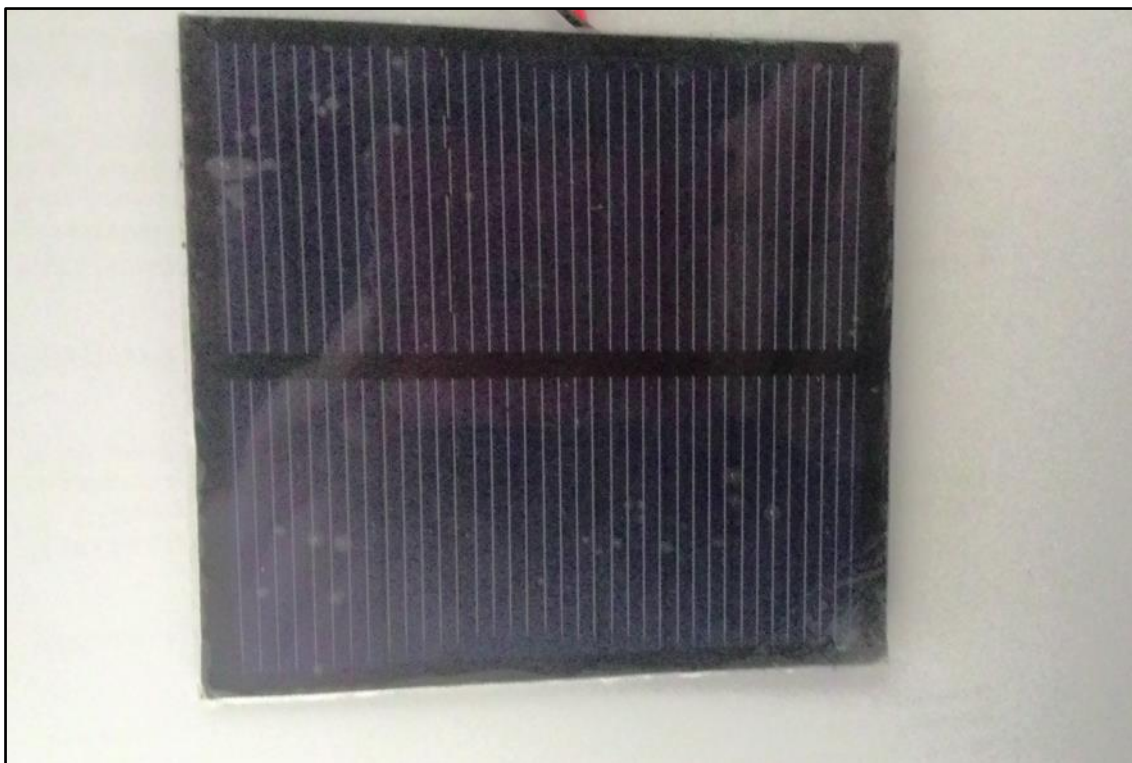


Figura 13 - Tecnologia embarcada - Célula fotovoltaica
Fonte: Autoria própria (2015)

No início da primeira geração de alternativas (Figura 14), foram buscadas inspirações em elementos da natureza, como o animal pavão, onde a cauda representaria as células solares, dispostas como um leque, e o corpo estilizado encapsularia os componentes eletrônicos.

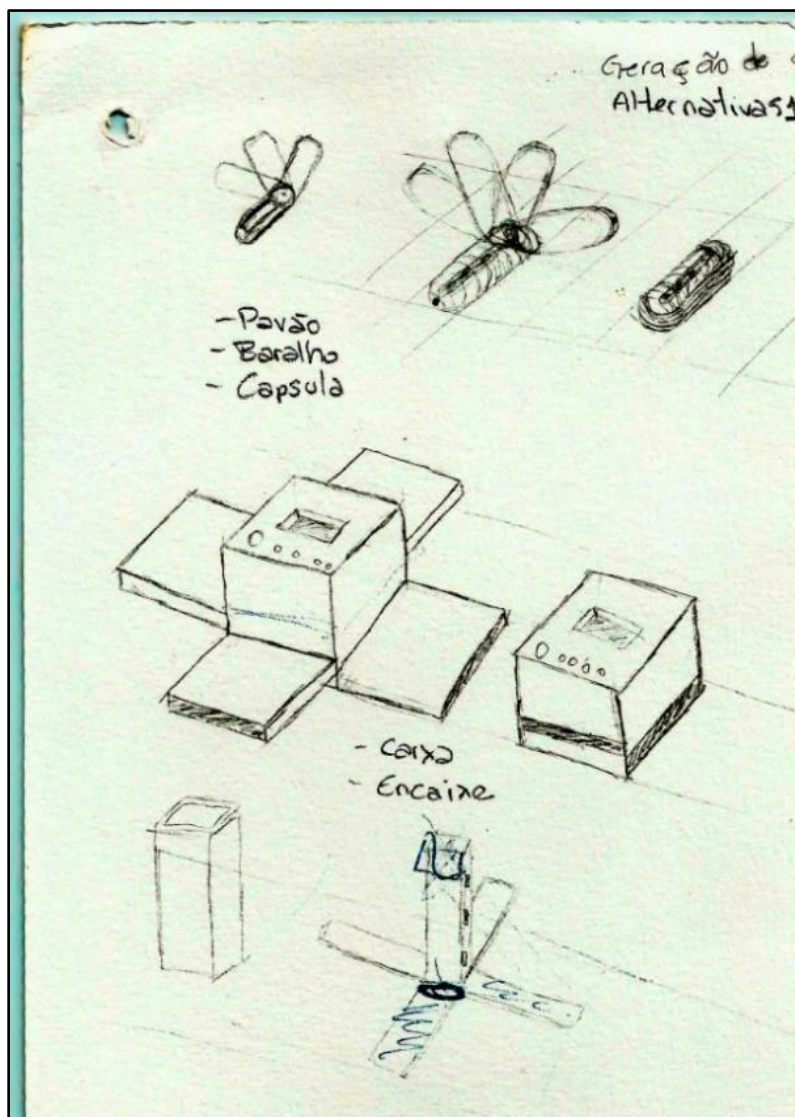


Figura 14 - Primeira fase da geração de alternativas
Fonte: Autoria própria (2014)

Posteriormente, buscando adaptar o produto às características encontradas atualmente em aparatos eletrônicos, optou-se por uma composição geometrizada, na qual cada célula solar seria retrátil ou dobrável, com a possibilidade de ser armazenada no interior ou na superfície do corpo do produto.

Para a segunda geração de alternativas (Figura 15), as ideias iniciais foram mantidas e exploradas. Também nesta etapa, foram consideradas as possibilidades de inserir diversas funcionalidades no aparelho, como caixa de som, lanterna LED, bateria e suporte para fixação em diversos locais. Além destes fatores, para que as características de portabilidade fossem mantidas, houve a necessidade de definir uma forma de dispor as células solares de maneira compacta, e neste estágio, a articulação começou a ser explorada.

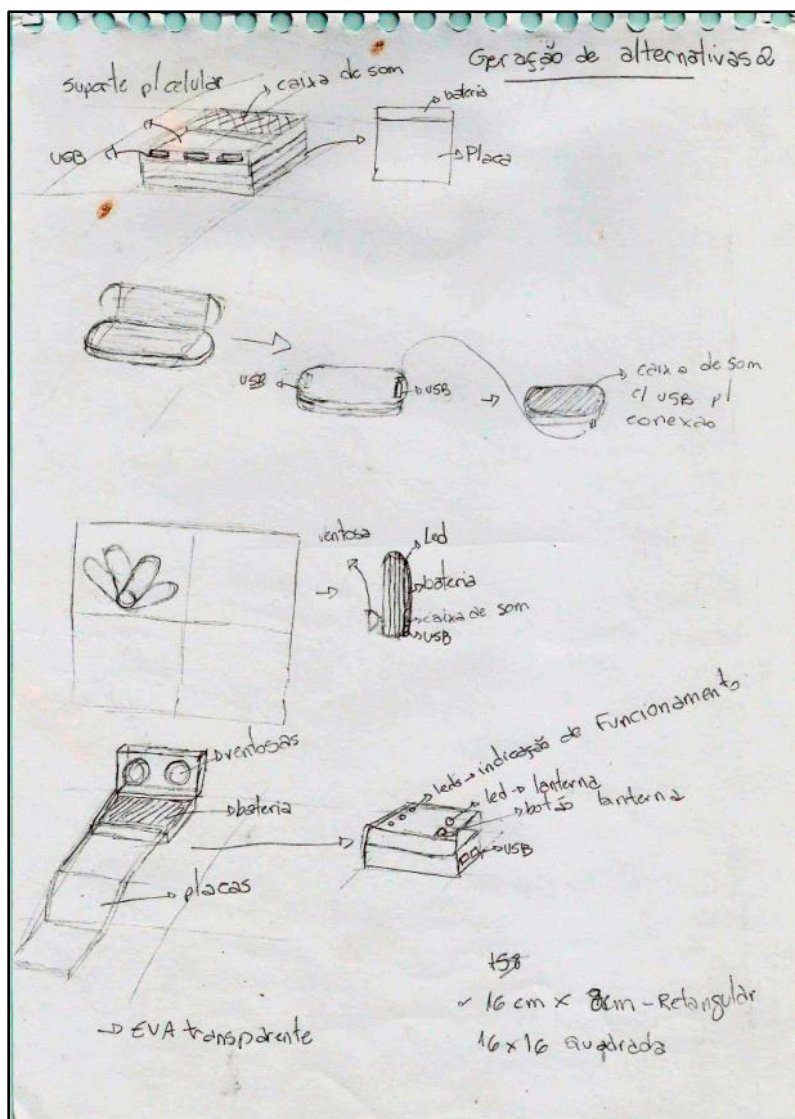


Figura 15 - Segunda fase da geração de alternativas
Fonte: Autoria própria (2014)

Dando continuidade à geração de alternativas, observou-se a necessidade de explorar melhor a estrutura do produto, para que este estimulasse melhor o nível visceral do público alvo.

A conveniência de articular as células fotovoltaicas justificou-se ao reduzir as dimensões para o transporte do produto. Partindo desse pressuposto, optou-se pela sobreposição das células, e pelo mecanismo de abertura radial (Figura 16).

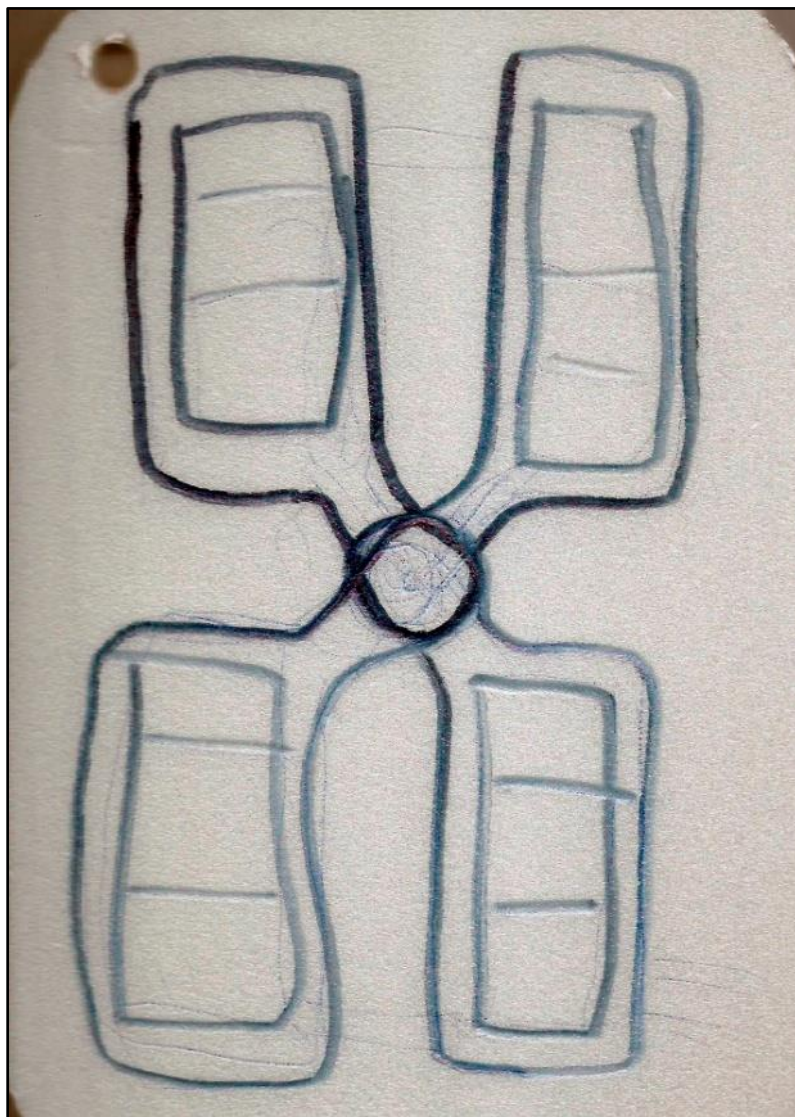


Figura 16 - Mecanismo com abertura radial
Fonte: Autoria própria (2014)

Inspirando-se neste mecanismo e na ecologia, foi considerada a ideia de adaptar as células fotovoltaicas a uma base cujo formato se remete a uma folha (Figura 17).

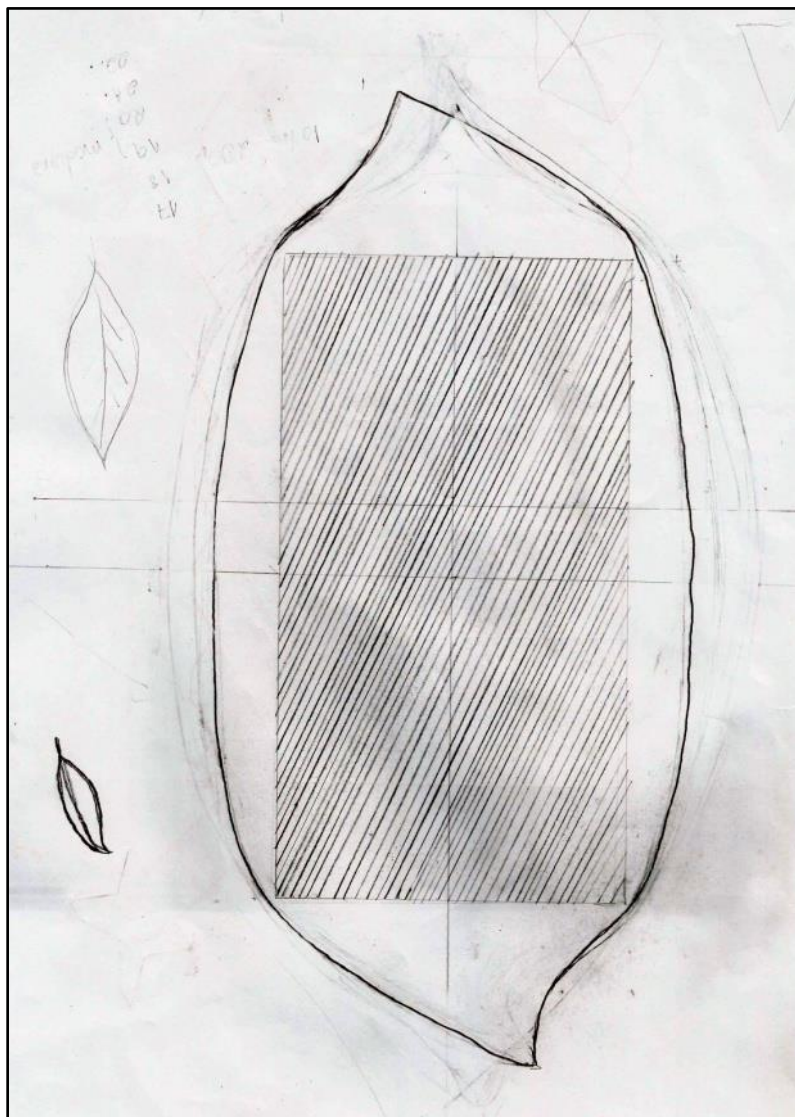


Figura 17 - Inspiração na ecologia
Fonte: Autoria própria (2014)

Refinando a ideia apresentada anteriormente, o eixo desenvolvido permaneceu nas gerações de alternativa posteriores. Contudo, no que diz respeito ao formato da estrutura, optou-se por uma composição geometrizada, que implica na indispensabilidade de facilitar o contato manual. Para isso foram inseridas texturas laterais (Figura 18).

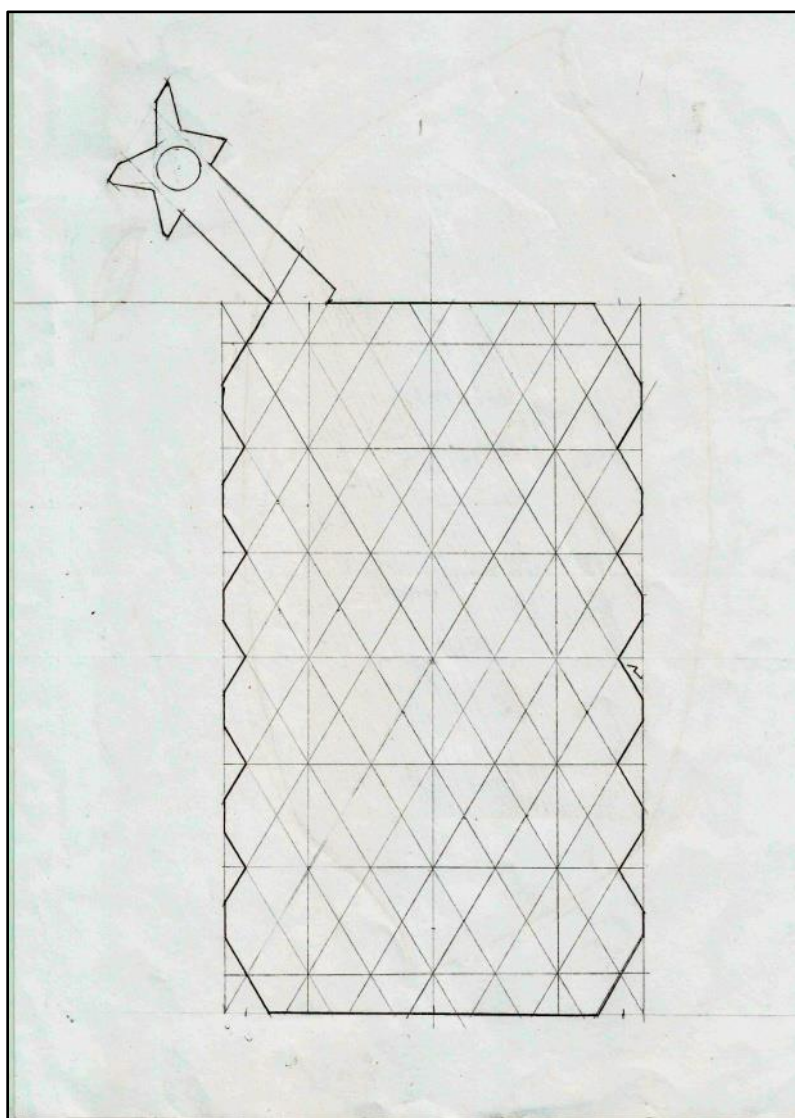


Figura 18 - Composição geometrizada
Fonte: Autoria própria (2014)

No decorrer do desenvolvimento das alternativas mais geometrizadas, foi possível perceber a necessidade do produto se tornar mais orgânico, ou seja, utilizar curvaturas que facilitam sua manipulação. Com isso, os riscos de acidentes relacionados às arestas do produto são reduzidos (Figura 19).

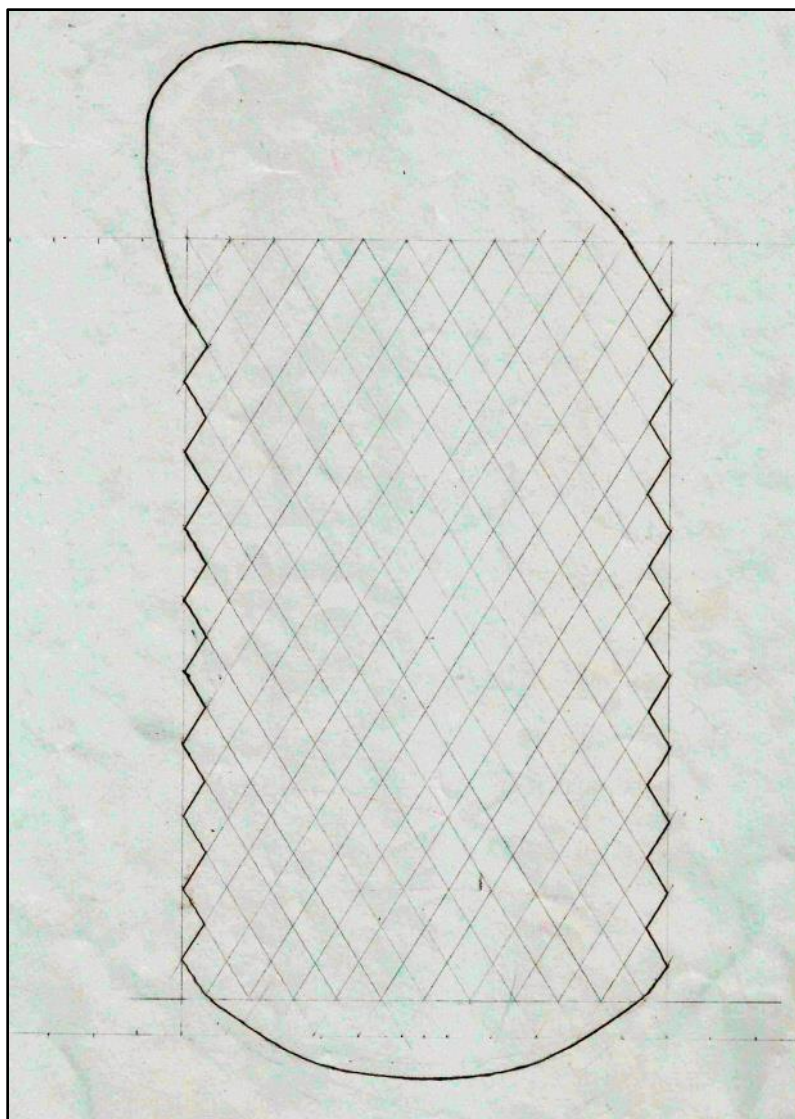


Figura 19 - Composição geometrizada com arestas orgânicas
Fonte: Autoria própria (2014)

A partir da utilização de linhas orgânicas e remoção de arestas pontiagudas, notou-se também a possibilidade de desenvolver um produto simétrico, pois este fator costuma ser agradável ao usuário (Figura 20).

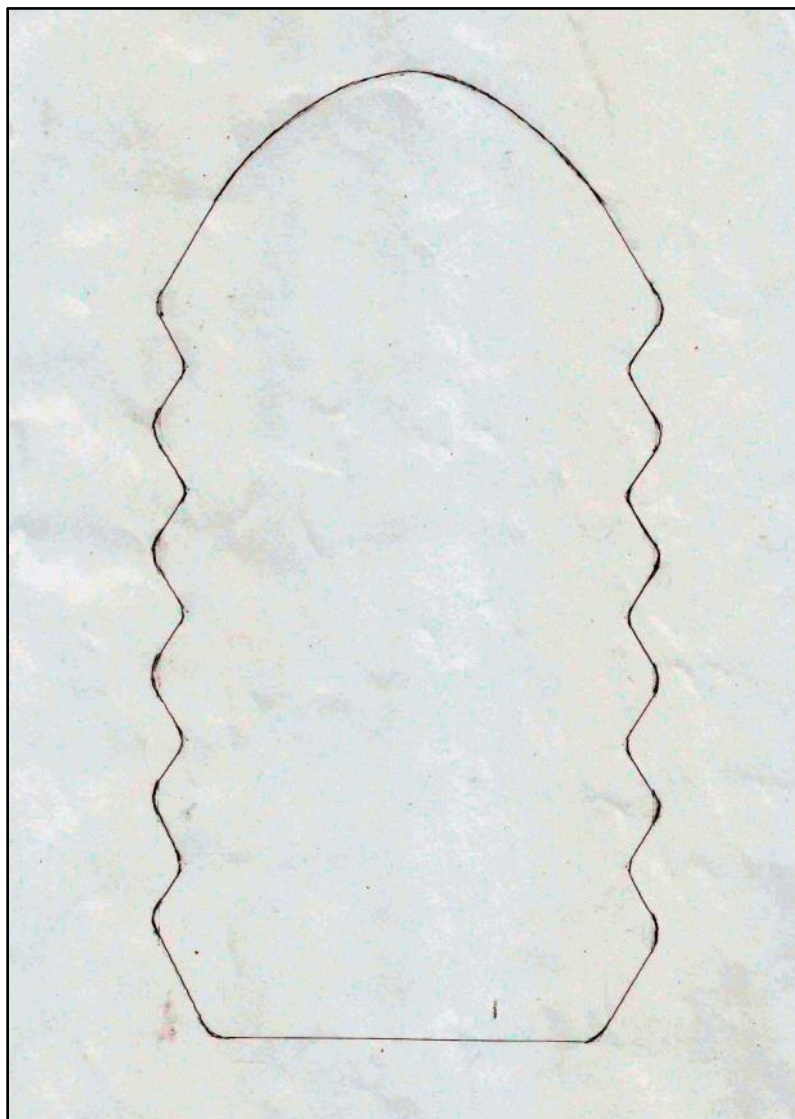


Figura 20 – Aplicação de linhas orgânicas e simetria
Fonte: Autoria própria (2014)

Mantendo a simetria como alicerce para a próxima geração de alternativas, optou-se por trabalhar com um gabarito de círculos (Figura 21).

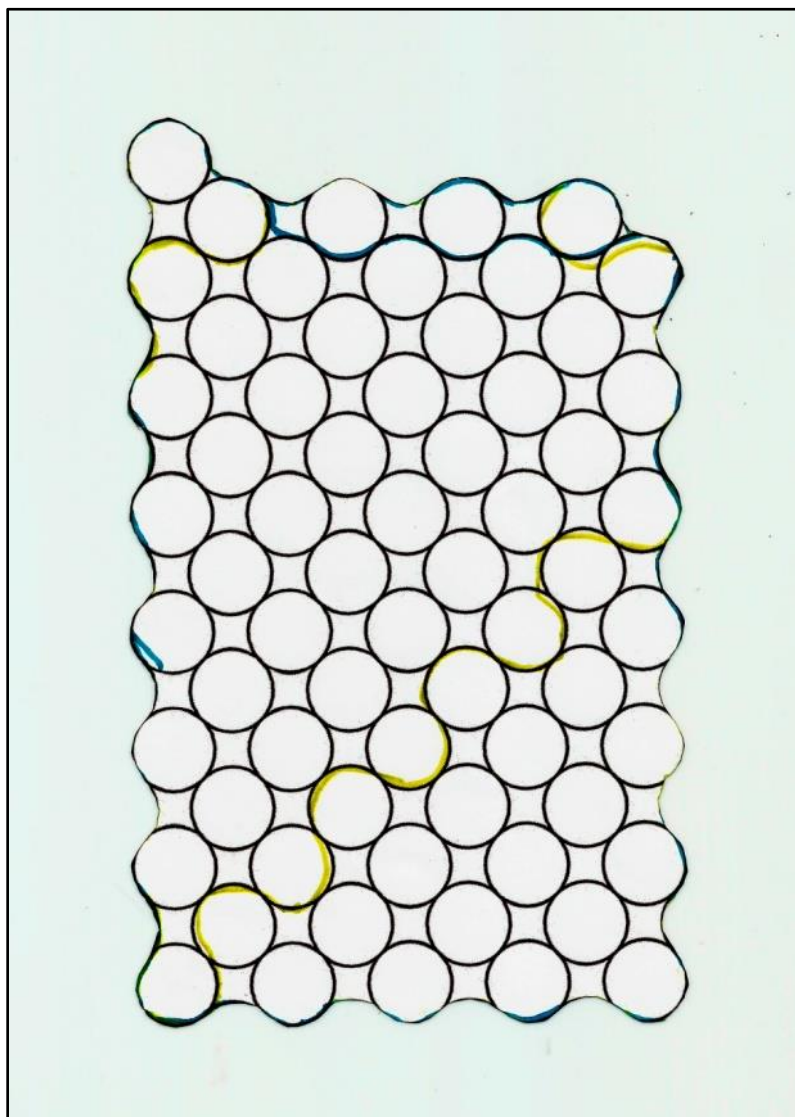


Figura 21 - Utilização de gabarito de círculos para geração de alternativas

Fonte: Autoria própria (2014)

5.3 PRODUÇÃO DE MOCK-UPS

A realização dos *mock-ups* iniciais aconteceu no mesmo período da geração de alternativas, com o intuito de testar e adaptar as ideias concebidas, além de posteriormente, avaliar as dimensões e formatos com um grupo de acesso.

A produção destes *mock-ups* pode ser visualizada nas imagens abaixo, de 18 a 25, que estão dispostas de acordo com a ordem da produção.

Posteriormente, está a análise realizada com o grupo de acesso, abordando questões sobre forma, dimensões, usabilidade e afins.

O primeiro *mock-up* (Figuras 22 e 23), em papel Paraná, foi produzido semelhante a um estojo, onde as células solares seriam dobradas umas sobre as outras para armazenamento, e em sequência, quando o produto estivesse em uso. Ele acompanharia ventosas para fixação em janelas.

Contudo, este projeto foi impossibilitado, vendo que problemas técnicos relacionados à possibilidade de produção existente e viável nas circunstâncias acadêmicas, impediriam a dobra de uma célula sobre a outra, pois poderia causar dano na fiação elétrica.

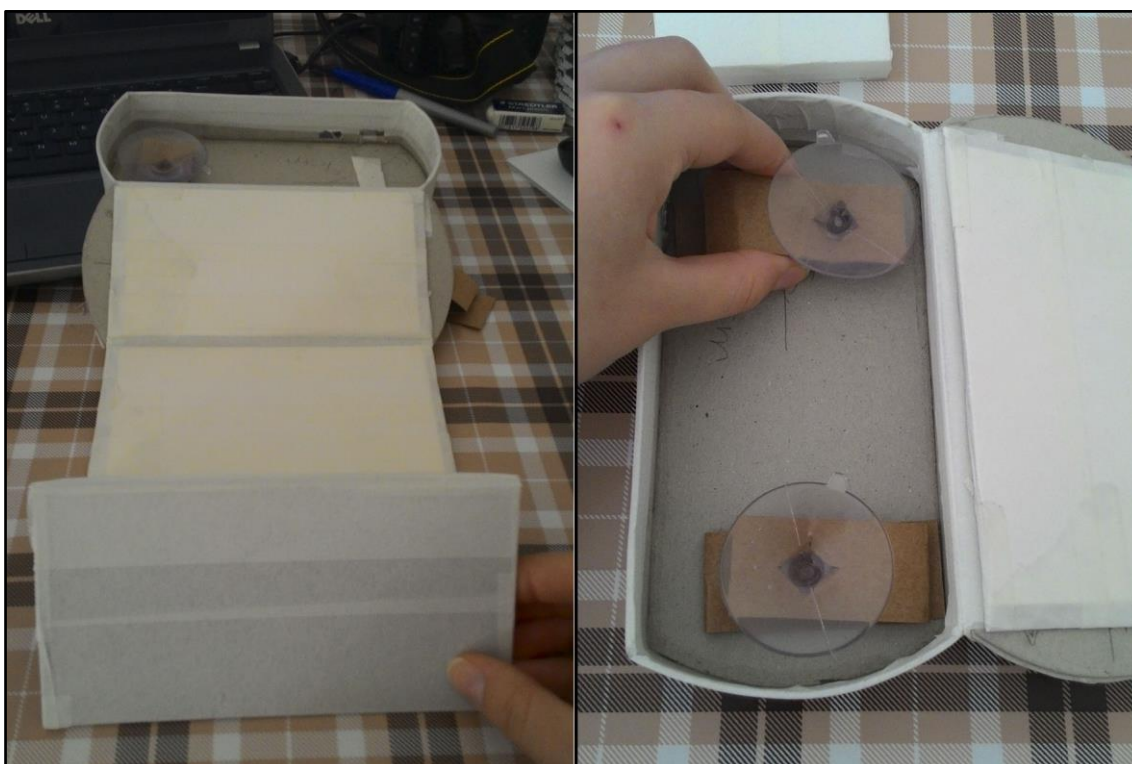


Figura 22 - Produção do primeiro mock-up
Fonte: Autoria própria (2015)



Figura 23 - Finalização do primeiro mock-up
Fonte: Autoria própria (2015)

Para o segundo *mock-up* (Figuras 24 e 25), optou-se em alterar o material para o Foan, visto que a espessura dele seria mais adequada às necessidades reais do projeto. A realização deste *mock-up* deu-se por corte com estilete, colagem, furo e encaixe de um eixo, composto por um tubo de conexão para fiação elétrica, utilizado em construções, e se repetiu nos modelos subsequentes.

A segunda proposta foi composta por repetições nas laterais e curvaturas na parte superior e inferior, a fim de proporcionar maior conforto no manuseio. O formato das curvas, e o posicionamento do eixo são provenientes da busca por evitar sombras sobre as células de captação de energia, pois este fator é prejudicial ao desempenho das mesmas. O dimensionamento do *mock-up* sofre interferência direta das medidas que compõe as células solares, e as dimensões das células fazem parte dos fatores responsáveis pelo nível da captação de energia, pois a superfície de exposição ao sol varia, de acordo com as medidas presentes nas células fotovoltaicas.

A opção de trabalhar com 4 hélices, facilita a obtenção de uma maior superfície onde as células solares devem ser apoiadas, a fim de captar a energia solar e transformá-la em energia elétrica. A última hélice é mais espessa, pois nela existem encaixes para bateria e circuitos elétricos.

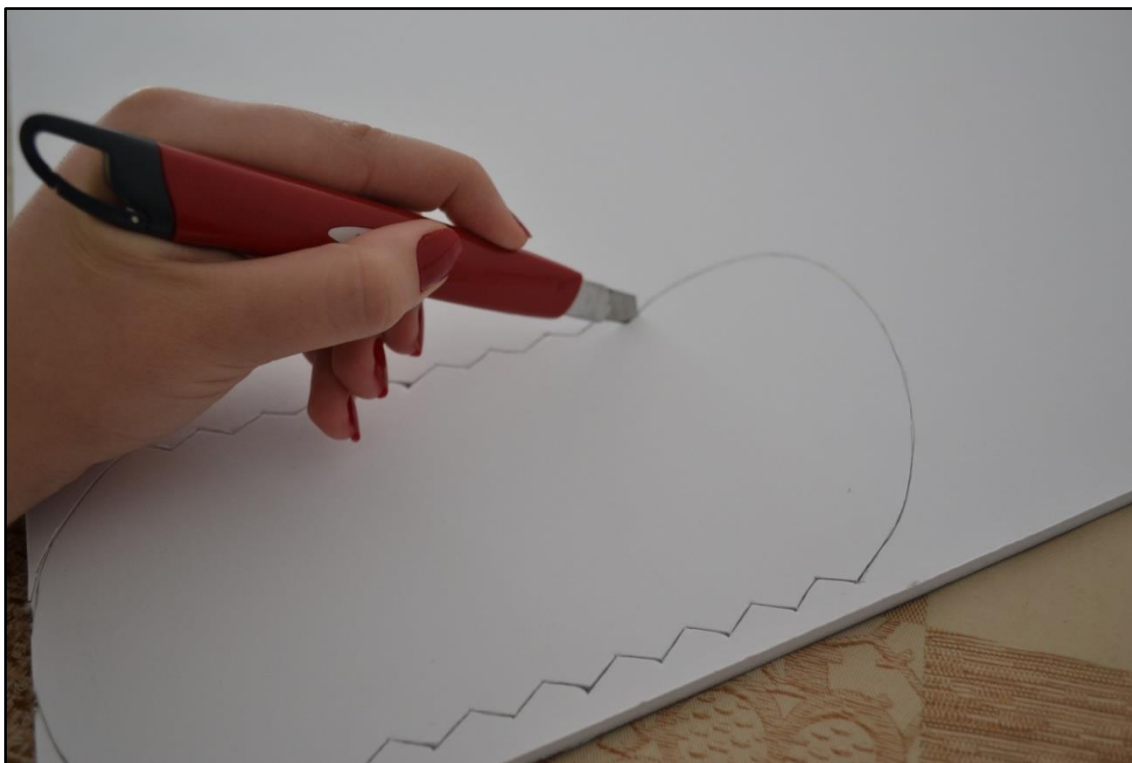


Figura 24 - Produção do segundo mock-up
Fonte: Autoria própria (2015)

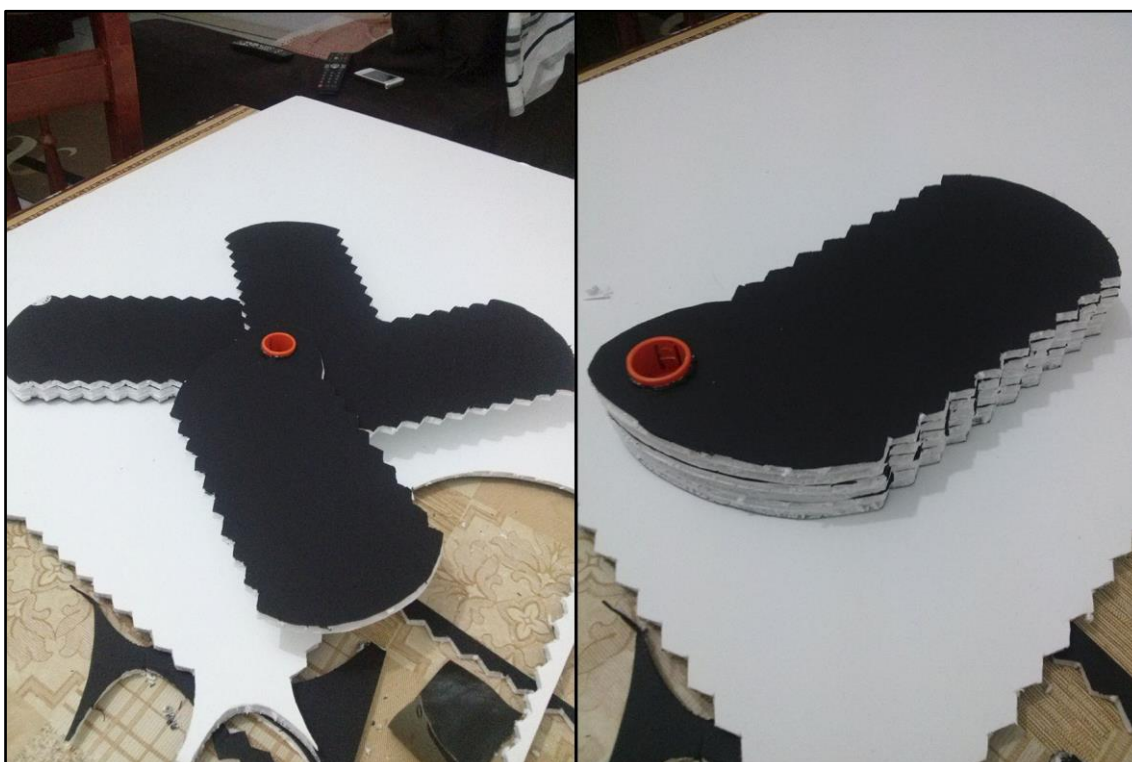


Figura 25 - Conclusão do segundo mock-up
Fonte: Autoria própria (2015)

No terceiro *mock-up* (Figuras 26 e 27), também foram utilizados um tubo de conexão para fiação elétrica e o Foan, que teve um bom comportamento na produção do *mock-up* anterior, seja por dimensões, seja por resistência, e assim foi possível repetir o processo de produção, variando apenas o desenho.

A terceira proposta foi pensada com base na simetria lateral como a anterior, porém foi aplicado um padrão composto por curvas, pois na produção do segundo *mock-up*, percebeu-se que as laterais se apresentavam bastante rígidas, e pouco confortáveis ao manuseio. Diferente da segunda proposta, esta possui uma curvatura na parte superior, onde é colocado o eixo, e uma reta na inferior, a fim de reduzir as medidas.

A curvatura superior, foi dimensionada para que uma célula não se sobreponha à outra, e com isso, não interfira na capacidade de geração de energia do conjunto. Além disso, ela demonstra uma estética diferenciada do restante do produto, o que interfere diretamente na composição e na relação do produto com os possíveis usuários.

As hélices foram mantidas, pois compõe um meio de aumentar a superfície de exposição e reduzir as medidas do produto final, mesmo que interfiram na sua espessura.

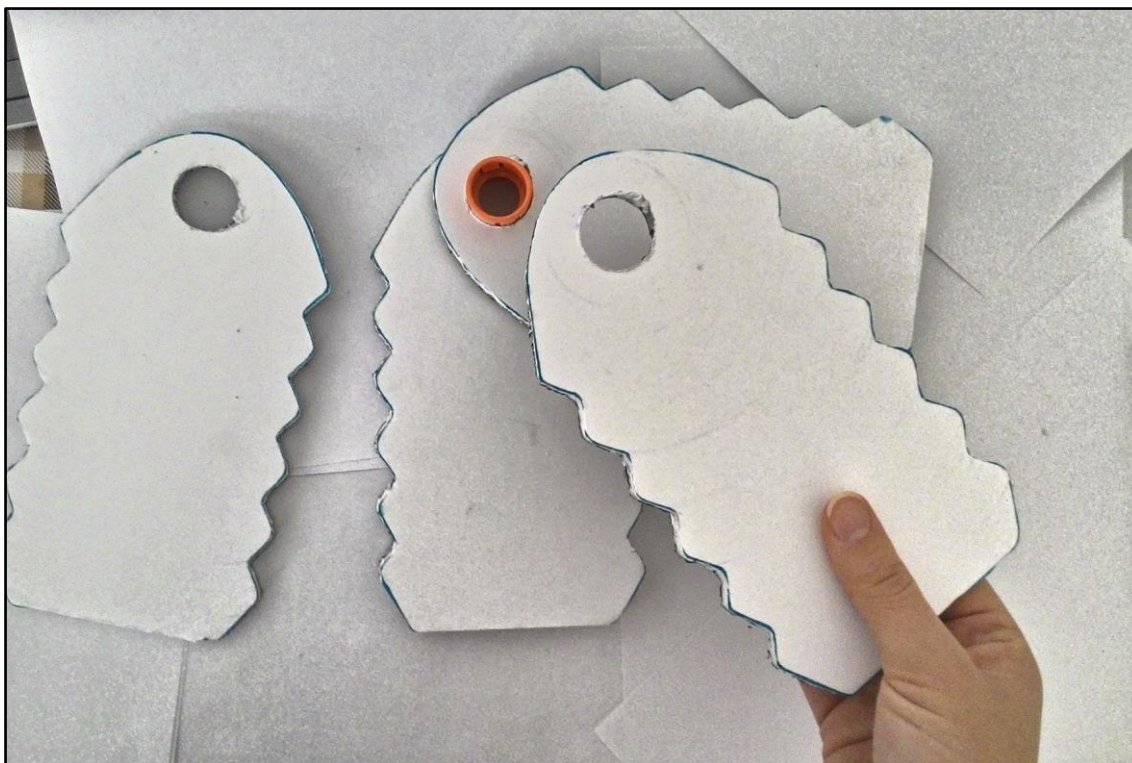


Figura 26 - Produção do terceiro mock-up
Fonte: Autoria própria (2015)

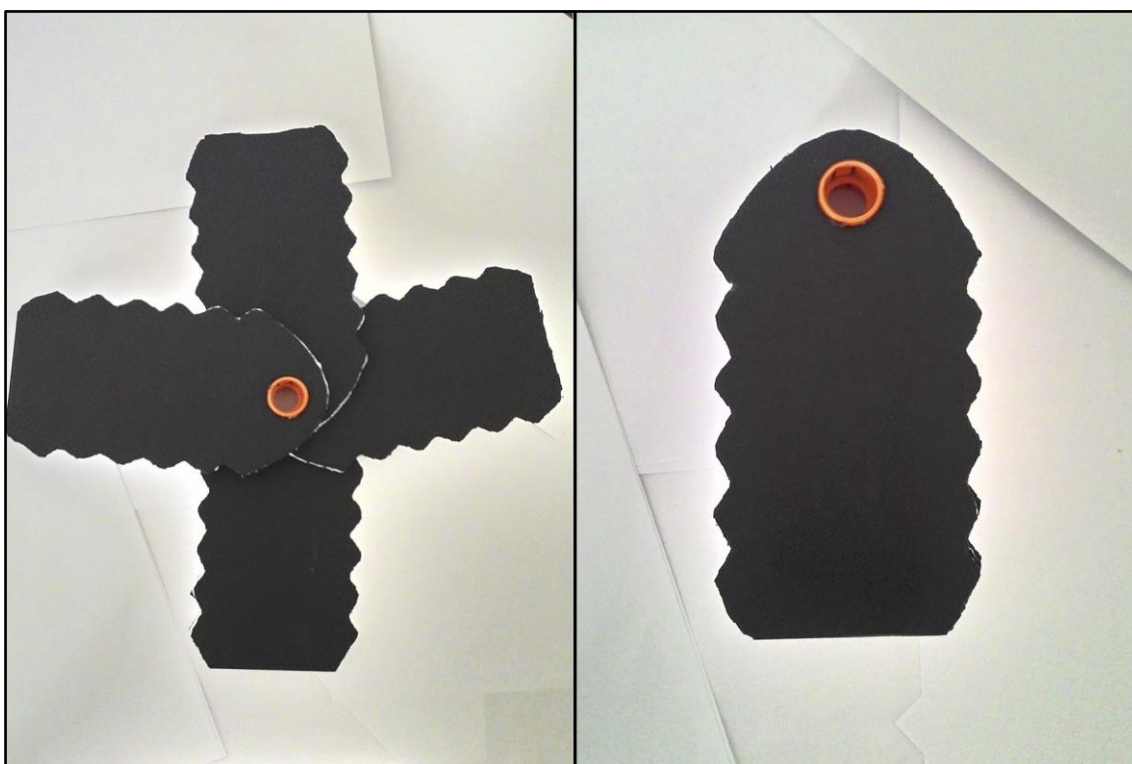


Figura 27 - Conclusão do terceiro mock-up
Fonte: Autoria própria (2015)

Para o desenvolvimento do quarto *mock-up* (Figuras 28 e 29), utilizou-se também o Foan, repetindo o processo de corte, colagem de algumas peças,

simulando as dimensões da bateria e circuitos elétricos, perfuração com um diâmetro menor, e encaixe.

Esta proposta foi desenvolvida buscando a simetria em todos os lados do produto, contudo, para suprir as necessidades do projeto, ele contou com uma saliência na parte superior, do lado esquerdo, a fim de compor um eixo de rotação para as hélices, em que estas não permanecessem sobrepostas.

O eixo de rotação, neste caso, teve a necessidade de ser reduzido, pois interfere diretamente na composição e no impacto visual do produto. Com este fator, utilizou-se uma cavilha de madeira, para compor o eixo, pois seu diâmetro é reduzido quando comparado com um tubo de conexão para fiação elétrica, que foi utilizado nos *mock-ups* anteriores.

Na Figura 28, é possível ver a inserção da cavilha de madeira no furo realizado no Foan já cortado, e na Figura 29, como funcionam as hélices, que buscam sempre estar dispostas de maneira a não prover sombra sobre as outras, aprimorando a captação de energia pelas células fotovoltaicas.

Este modelo apresentou-se como o menor, em dimensões, mas ao abrir, algumas partes ficaram sobrepostas. Para resolver este problema, seria necessário aumentar o tamanho do eixo, que pode alterar a percepção do usuário.

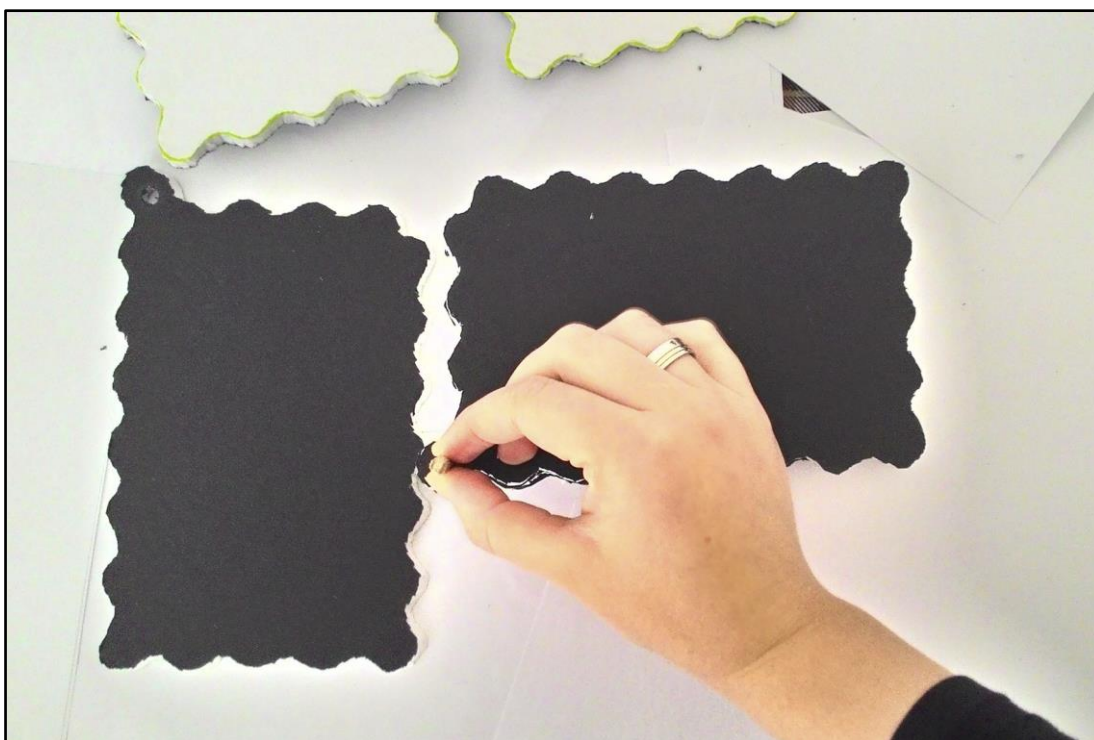


Figura 28 - Produção do quarto mock-up
Fonte: Autoria própria (2015)

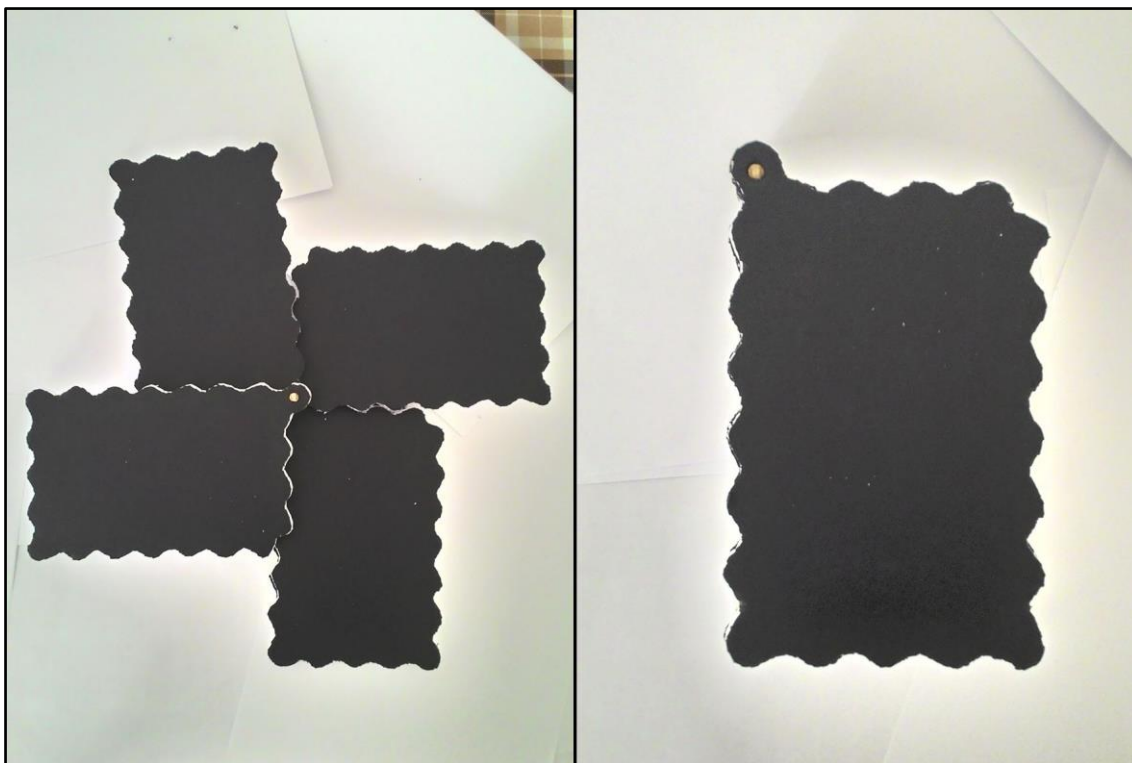


Figura 29 - Conclusão do quarto mock-up
Fonte: Autoria própria (2015)

5.4 PESQUISA DE PRÉ-AVALIAÇÃO COM O USUÁRIO

Após a construção dos *mock-ups*, realizou-se um novo questionário, com um grupo de acesso constituído por 12 pessoas, pertencentes a áreas de atuação diversas, como engenharia da computação, geologia, advocacia, design e licenciatura em letras.

Este questionário foi composto por 5 perguntas, incluindo o número do *mock-up* que parecia mais adequado ao ponto de vista de cada um, sendo o primeiro representado na Figura 24, o segundo na Figura 26 e o terceiro na Figura 28. Além das perguntas, um campo para observações foi adicionado.

A primeira questão, referente a todos os modelos, questionou os entrevistados a respeito das dimensões dos *mock-ups*, como está representado na Figura 30.

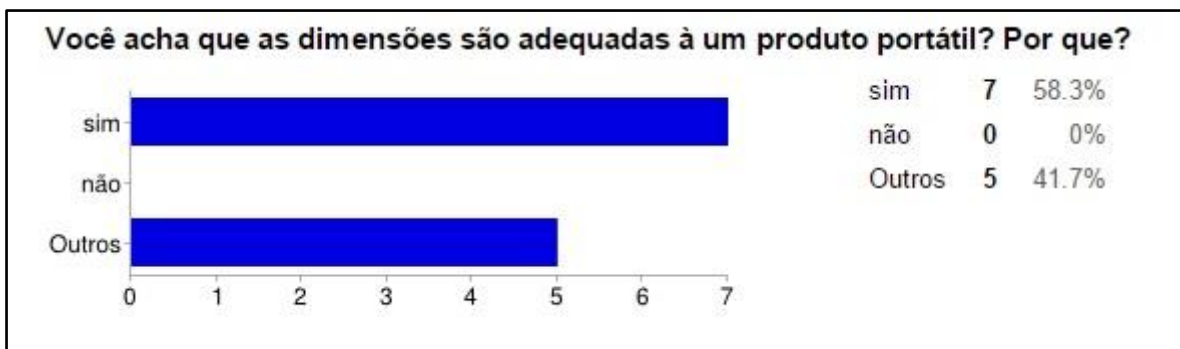


Figura 30 - Questão sobre as dimensões do produto
 Fonte: Autoria própria (2015)

Grande parte do grupo de acesso considerou as dimensões adequadas a um produto portátil, mas 5 pessoas deram opiniões diversas, desde comentar sobre o costume de usar mochilas ou bolsas no cotidiano, pois quem não usa, não teria onde colocar o aparelho, até questões de tamanho, onde os comentários afirmam que seria mais fácil o deslocamento caso o produto possuísse dimensões menores.

A questão seguinte buscou caracterizar a utilização, podendo ela ser mais ou menos frequente. As respostas a esse questionamento estão presentes na Figura 31, onde a maior parte do grupo de acesso (nove pessoas), afirmou que realizaria o uso frequente, e duas pessoas não utilizariam o produto pois não costumam precisar de uma fonte alternativa de energia.

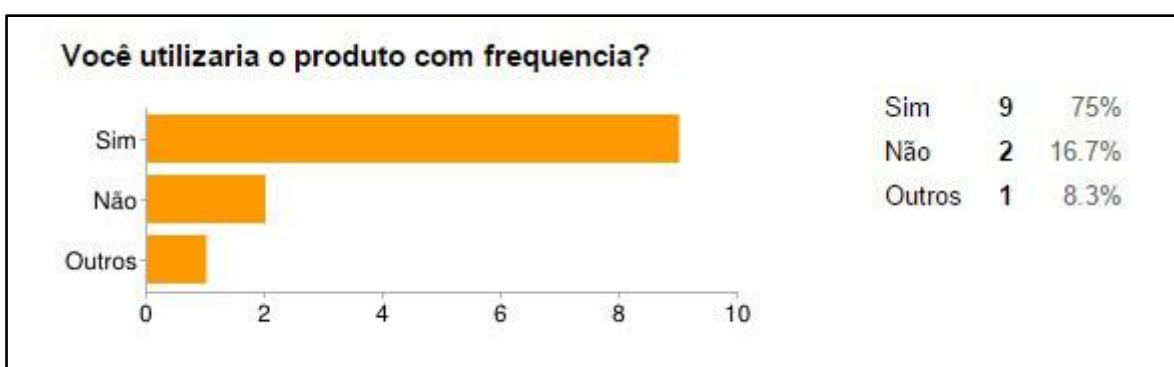


Figura 31 - Questão sobre a frequência de utilização
 Fonte: Autoria própria (2015)

Na opção Outros, um dos entrevistados deixou claro que somente utilizaria o produto com frequência caso este seja acompanhado de um acessório para carregá-lo.

Posteriormente, questionou-se sobre as ocasiões em que o produto seria utilizado, as respostas foram diversas. Alguns utilizariam em trabalhos ao ar livre e em reuniões externas, outros utilizariam em escaladas, campings, campos,

chácaras, churrascos e viagens, outros ainda utilizariam como energia limpa em casa, na faculdade, e ainda no painel do carro durante o dia, para captar energia. Os entrevistados disseram ainda, que um captador de energia solar portátil, seria uma boa solução para momentos em que a energia elétrica fosse necessária mas ao mesmo tempo difícil de ser encontrada.

A quarta questão, retratou diretamente aspectos relacionados ao transporte do produto, podendo o avaliador julgá-lo como adequado ou não. Os resultados podem ser entendidos a partir da Figura 32.

Um dos participantes afirmou que o *mock-up* de número 1 (Figura 24), não é adequado ao transporte, devido as suas dimensões. Onze entrevistados afirmaram que o produto parece adequado para o transporte, atendendo assim um dos requisitos do projeto.

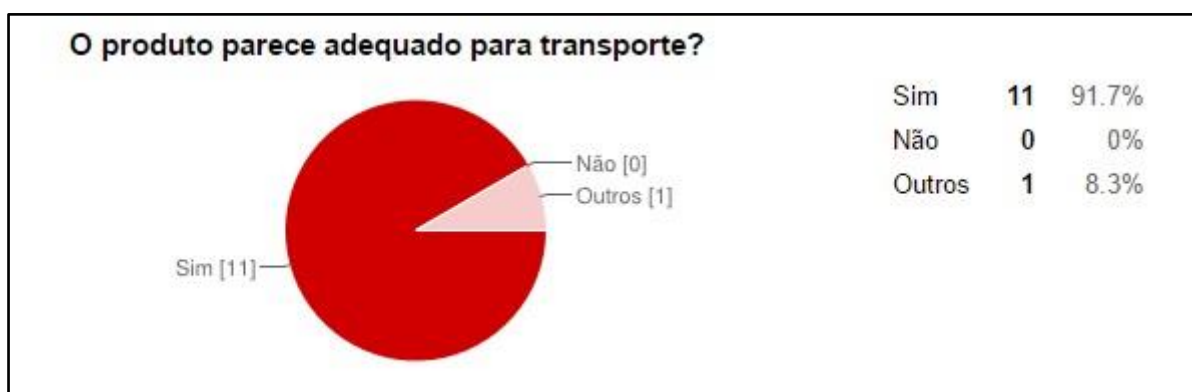


Figura 32 - Adequação do transporte
Fonte: Autoria própria (2015)

A última questão, ilustrada pela Figura 33, teve como objetivo determinar qual era a preferência pelos *mock-ups* expostos aos entrevistados.

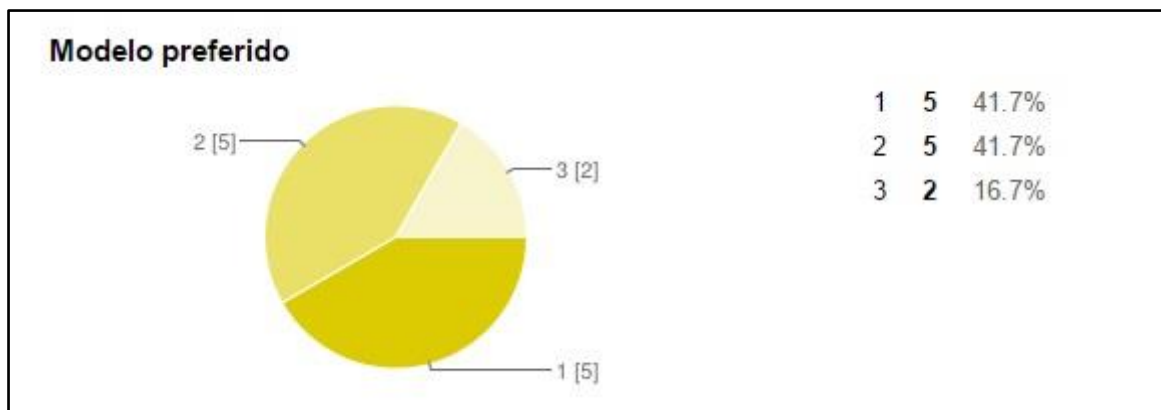


Figura 33 - Modelo preferido para os entrevistados
 Fonte: Autoria própria (2015)

Conforme observado, o modelo número 1 (Figura 24) e o número 2 (Figura 26) foram preferidos cinco vezes, já o modelo número 3 (Figura 28), apenas duas vezes.

No campo de observações, alguns dos entrevistados afirmaram que o modelo 1 (Figura 24) é um pouco grande, contudo, para eles, seu eixo parece mais adequado e confiável, pois facilita a exposição da placa para receber energia solar. Quanto ao modelo 2 (Figura 26), alguns outros entrevistados afirmaram ter um visual agradável, proveniente da simetria, cantos arredondados, e dimensões. Também foi apontado que os modelos seriam adequados para mochilas e bolsas, além de que celulares, ou outros aparelhos similares, requerem energia contínua.

Considerando as características desejáveis aos produtos, citadas por Itiro lida, que são a qualidade técnica encarregada pelo funcionamento do produto a qualidade ergonômica

[...] que garante uma boa interação do produto com o usuário. Inclui a facilidade de manuseio, adaptação antropométrica, fornecimento claro de informações, facilidades de “navegação”, compatibilidade de movimentos e demais itens de conforto e segurança (IIDA, 2005, p.316)

e a qualidade estética responsável pelo prazer do consumidor e as respostas do questionário, optou-se por produzir o *mock-up* de número 2. Contudo, algumas melhorias serão aplicadas ao modelo, visando adequá-lo às características anteriormente citadas. Uma dessas adequações que foi aplicada é o arredondamento dos cantos, que objetivou tornar o modelo mais fácil de ser manuseado pelo usuário.

5.5 TESTES PRÉ-PRODUÇÃO

5.5.1 Células solares

Foram realizados testes com as células de captação de energia solar, para medir sua capacidade energética e sua funcionalidade (Figura 34).



Figura 34 - Teste com as células fotovoltaicas com defeito, utilizando um multímetro
Fonte: Autoria própria (2015)

Também foi testado o modo de encapsular uma célula com *Ethil Vinil Acetat*, conhecida como E.V.A. (Figura 35).

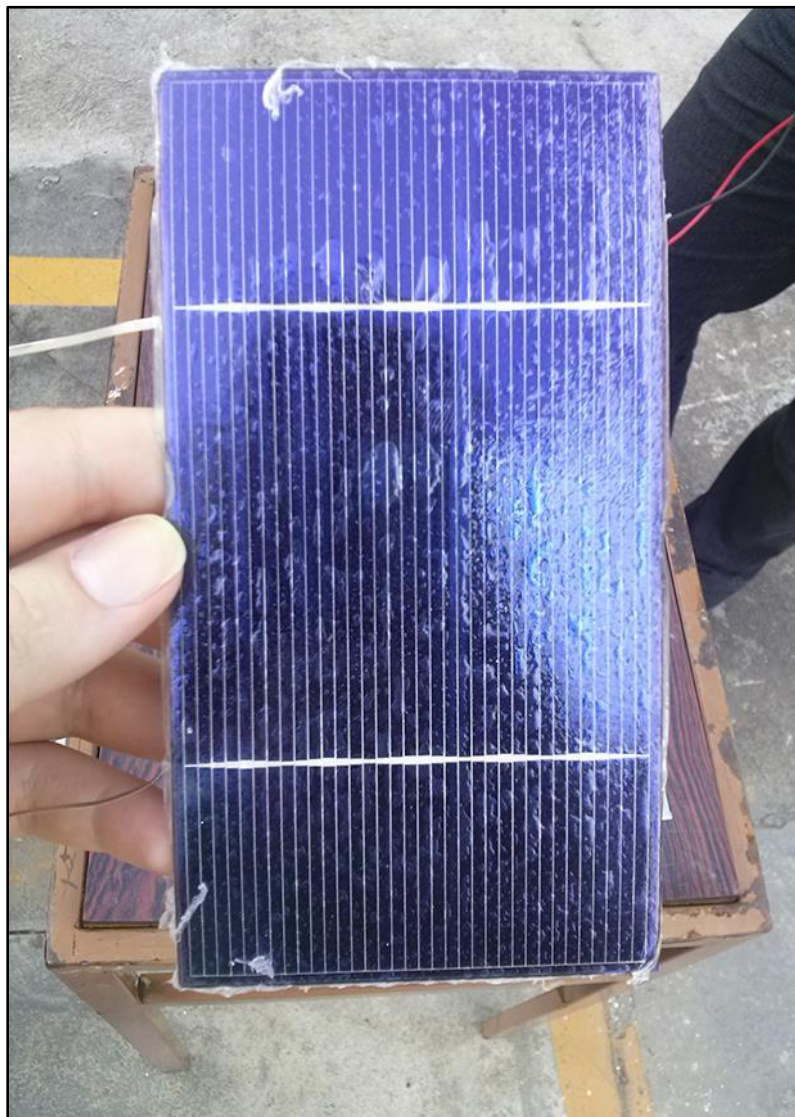


Figura 35 - Parte frontal da célula fotovoltaica com aplicação de E.V.A. transparente
Fonte: Aatoria própria (2015)

Após o teste com essas células solares, optou-se por buscar outras células, com dimensões mais adequadas ao projeto, ou seja, com medidas menores e com capacidade de captação solar adequada.

Assim, a partir de buscas na *internet*, foram adquiridas células já encapsuladas, com medidas de 8 x 8,5 cm (Figuras 36 e 37), que possibilitaram um produto de menor porte.



Figura 36 - Célula encapsulada de 8x8,5cm
Fonte: Autoria própria (2015)

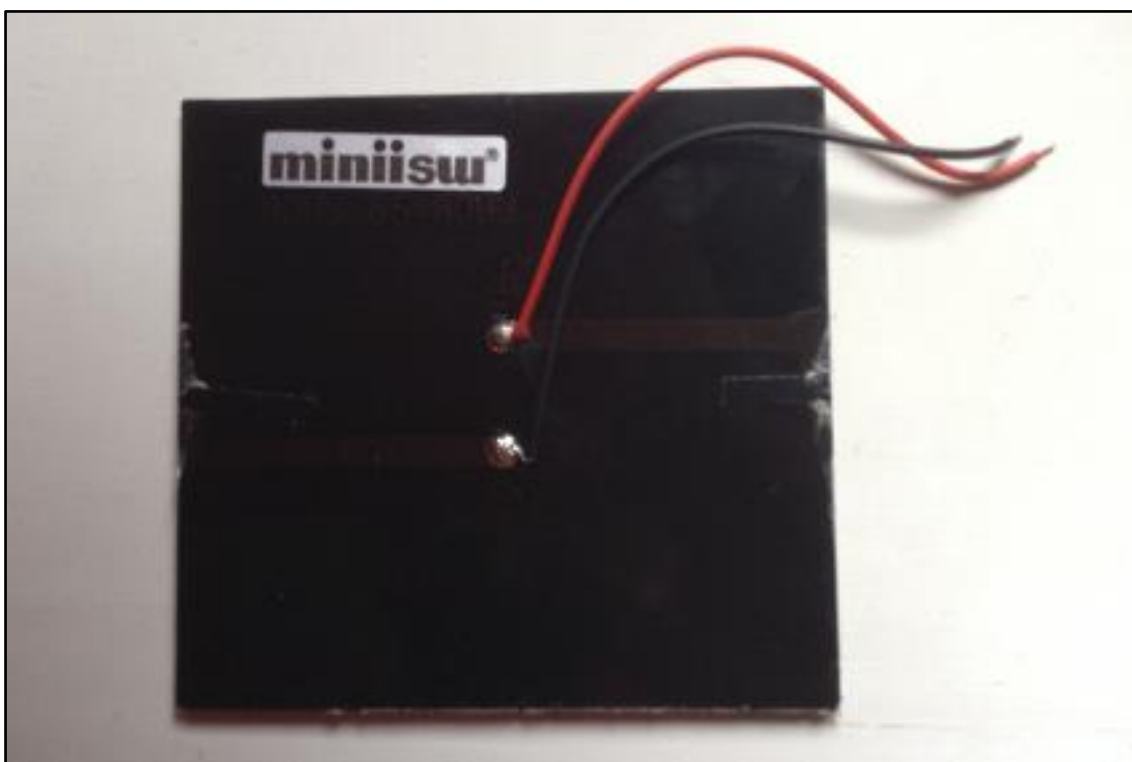


Figura 37 - Parte traseira da célula já encapsulada
Fonte: Autoria própria (2015)

5.5.2 Corte utilizando a fresadora CNC (Comando Numérico Computadorizado)

Com a definição do tamanho da célula de captação solar a ser utilizada, foi possível buscar um método de produção do modelo. Inicialmente, pensou-se em utilizar a impressão 3D, mas como o modelo escolhido tinha dimensões relativamente grandes e detalhadas, o tempo de processamento seria demasiado grande, assim, a busca por processos mais ágeis foi inevitável. Sendo assim a fresadora CNC foi considerada uma opção viável (Figura 38).

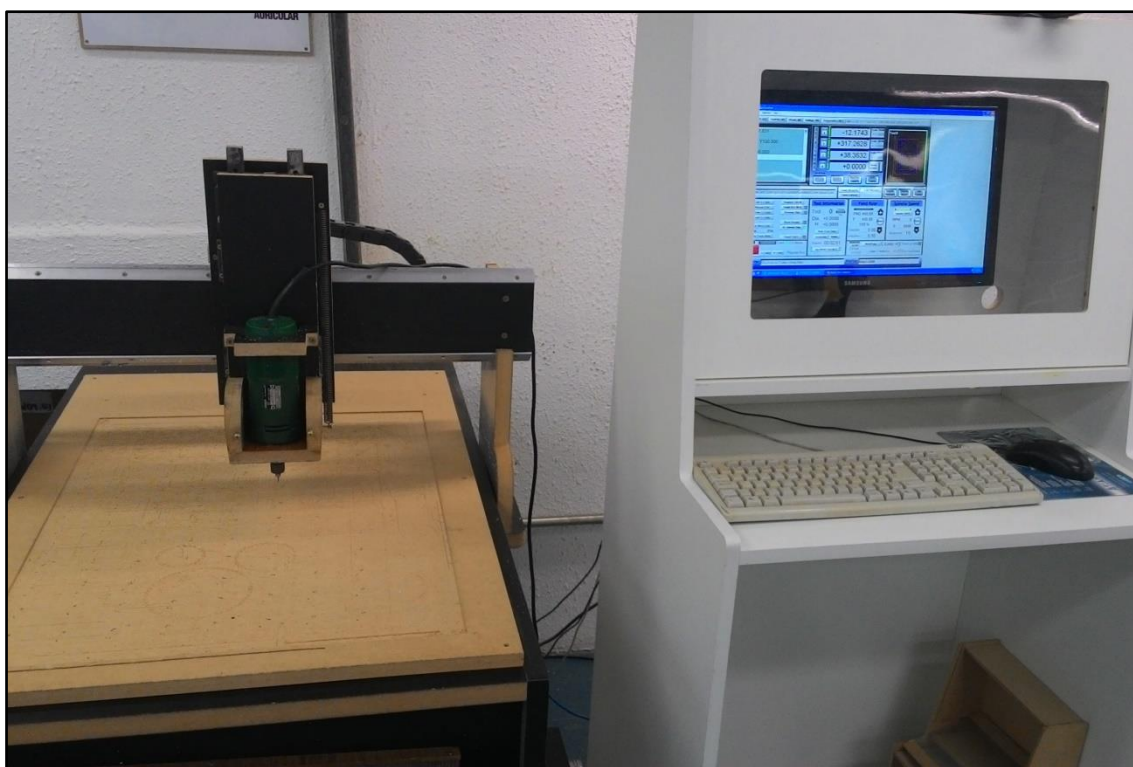


Figura 38 - Fresadora CNC
Fonte: Autoria própria (2015)

Para analisar a possibilidade de uso do equipamento, realizou-se um corte, utilizando uma chapa de MDF com 6 mm de espessura. O primeiro teste foi realizado com espaço para inserção de duas células fotovoltaicas (Figura 39).



Figura 39 - Resultado do primeiro teste utilizando MDF
Fonte: Autoria própria (2015)

Posteriormente, as células fotovoltaicas foram encaixadas no produto do teste, para que as dimensões, encaixes e canaletas fossem testados (Figura 40).



Figura 40 - Verificação da adequação do tamanho da peça usinada em relação às células fotovoltaicas
Fonte: Autoria própria (2015)

Como o primeiro teste foi eficaz, o próximo passo foi procurar um polímero para desenvolver o modelo, descrito no item 6. O corte deste polímero também foi testado na CNC, para analisar as dimensões, tempo de corte, possíveis problemas de produção e detalhes cuja alteração foi necessária.

Neste segundo teste, o espaço destinado à inserção de células fotovoltaicas foi reduzido, com o intuito de atender as expectativas do usuário em relação às dimensões do produto (Figuras 41 e 42).



Figura 41 - Realização do segundo teste
Fonte: Autoria própria (2015)



Figura 42 - Peça de PEAD usinada durante o segundo teste
Fonte: Autoria própria (2015)

6 ESCOLHA DO POLÍMERO UTILIZADO

Levando em consideração as características almejadas para o produto final, foi importante encontrar um material polimérico adequado, tanto para a usinagem na fresadora CNC, quanto para as necessidades da estrutura do modelo.

O material escolhido foi o PEAD (Polietileno de Alta Densidade),

[...]um termoplástico atóxico e com elevada resistência à abrasão que é amplamente utilizado para aplicações mais técnicas, geralmente relacionadas com a indústria. Trata-se de um material com elevada resistência química e mecânica, que pode ser submetido a diversos processos de transformação como termoestampagem, termomoldagem e termosoldagem sendo assim muito versátil e útil em muitos projetos especiais. (ACTOS, 20015).

Para a execução do projeto, foram adquiridas duas chapas do material. A primeira, para as bases do protótipo, com espessura de 6mm, e dimensões laterais de 500x500mm (Figura 43).



Figura 43 - Chapa de PEAD com 6mm de espessura
Fonte: Autoria própria (2015)

A segunda, destinada ao acabamento na parte superior de cada base, possui espessura de 1 mm, e dimensões laterais de 1000x2000mm (Figura 44).

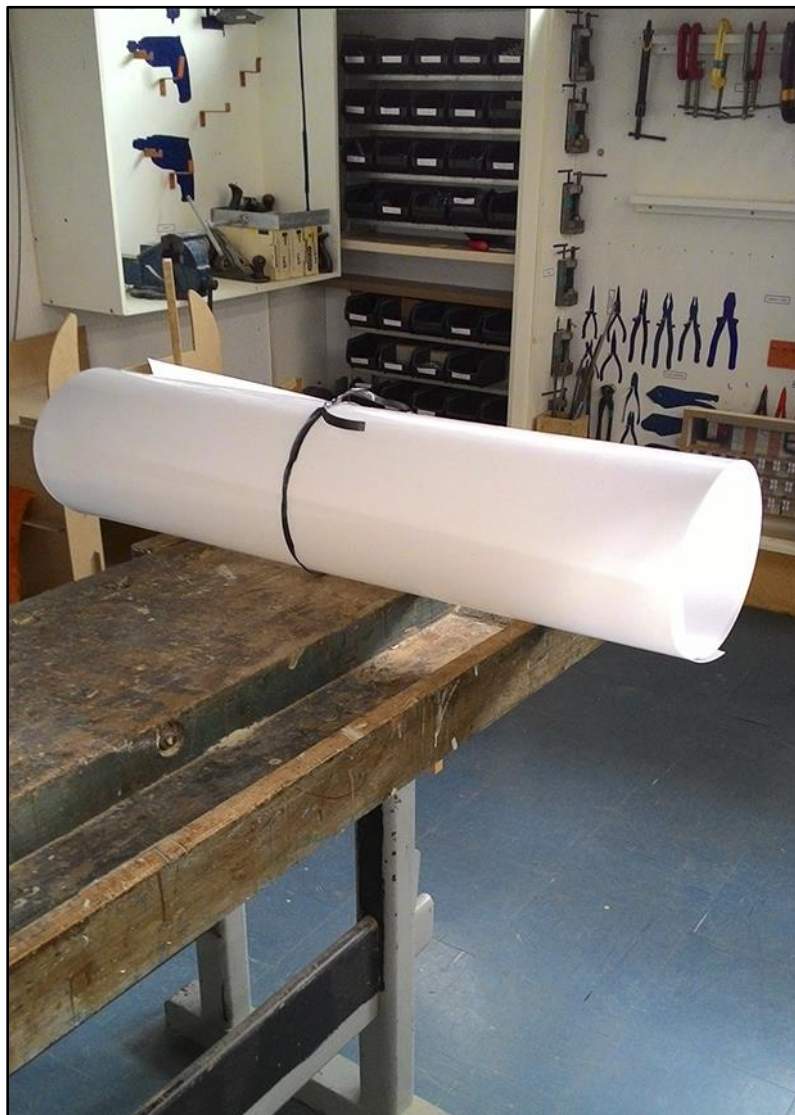


Figura 44 - Chapa de PEAD com 1mm de espessura
Fonte: Aatoria própria (2015)

7 PRODUÇÃO DO MODELO

Para desenvolver o protótipo foi utilizada a técnica de produção em CNC, visto que o protótipo visa apenas demonstrar aspectos funcionais e de uso do produto. Reconhece-se que as técnicas de fabricação utilizando CNC não são adequadas para uma produção em larga escala deste produto.

Sendo assim, a injeção plástica é a mais indicada para a produção industrial do produto final, pois como afirma Lesko (2004, p.182) “atualmente, os produtos moldados por injeção cobrem toda a variedade do design de produtos.”.

O tipo de injeção plástica a ser utilizada para a produção final deste produto é basicamente, um processo em que, segundo Lesko (2004, p.186), “o plástico derretido é mantido quente numa placa de distribuição aquecida. Esses moldes são mais complexos e, portanto, mais caros. Mas o tempo de ciclos é menor [...]”.

7.1 DESENHO PARA CORTE NA CNC

Com o objetivo de produzir as peças na fresadora CNC, foi necessário realizar um desenho em CAD (*computer aided design*), e para isto, foi utilizado o *software* Rhinoceros, na versão 5 (Figuras 45 e 46).

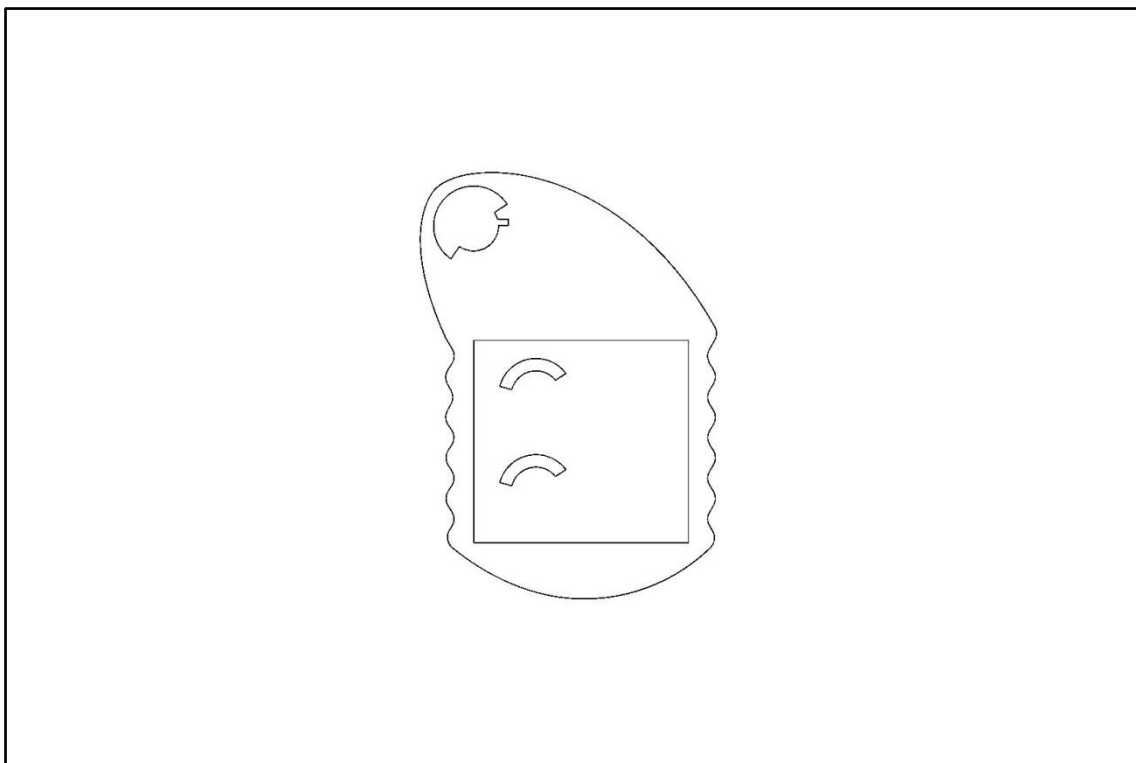


Figura 45- Desenho da parte superior
Fonte: Autoria Própria (2015)

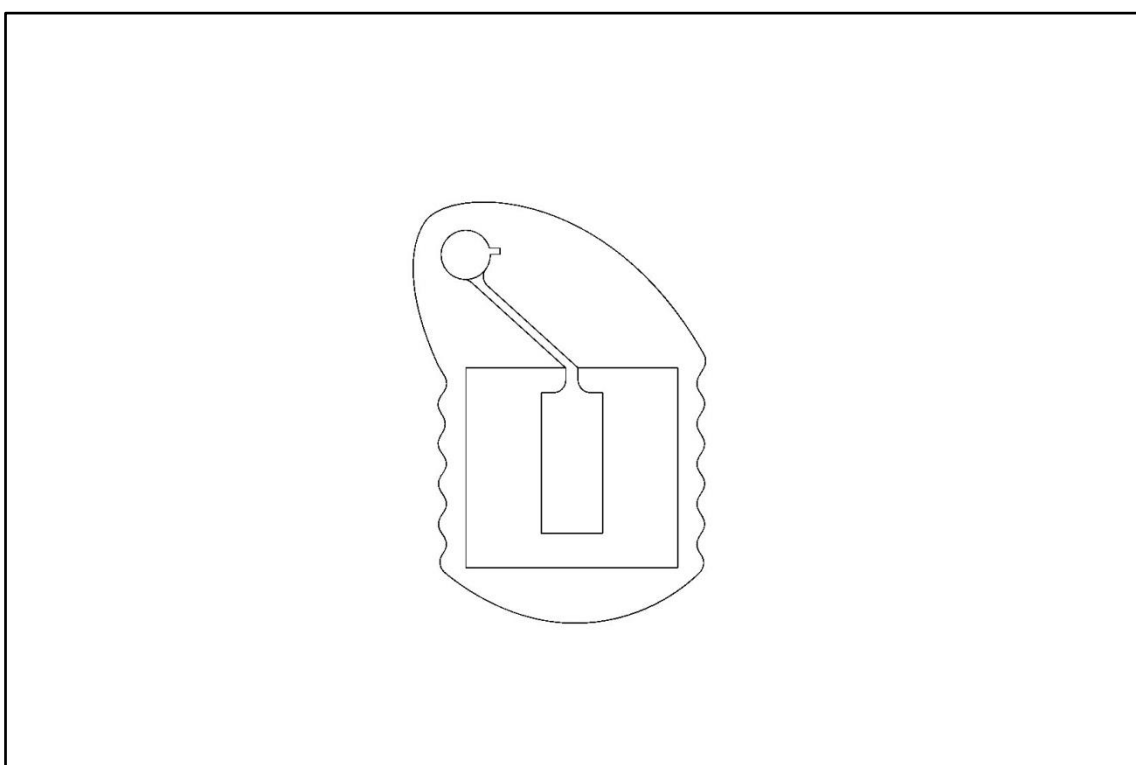


Figura 46 - Desenho da parte inferior
Fonte: Autoria própria (2015)

Após a produção do desenho, este foi salvo no formato DXF (*Drawing Exchange Format*) e, com o auxílio técnico obtido na modelaria da UTFPR, o corte foi programado.

7.2 CORTES NA CNC

Após realizar os testes de corte, material e utilização das células fotovoltaicas, foi dado início ao processo de produção do modelo em si.

Para dar continuidade aos cortes, foi necessário fixar as chapas na superfície de trabalho da CNC, para isto, foram feitos furos de 5mm de diâmetro na chapa de 6mm de espessura (Figura 47).



Figura 47 - Processo de fixação da chapa na fresadora CNC
Fonte: Autoria própria (2015)

Na chapa com 1 mm de espessura, além de furar, foi necessário cortar a superfície, para que ficasse adequada ao tamanho da máquina (Figura 48).



Figura 48 - Corte realizado na chapa de 1mm de espessura
Fonte: Autoria própria (2015)

Após a fixação das chapas, foram realizados os cortes. A interface gráfica, do programa utilizado pela CNC, pode ser visualizada na Figura 49.



Figura 49 - Interface gráfica utilizada para controlar a CNC
Fonte: Autoria própria (2015)

7.3 PRODUÇÃO DO CIRCUITO INTERNO

O circuito interno foi desenvolvido a partir de um processo de colaboração, com um aluno de Engenharia de Computação. O objetivo deste circuito, é entregar ao usuário uma corrente estável de energia elétrica, de modo a não causar danos ao

dispositivo a ele conectado. Levando esses aspectos em consideração, os componentes selecionados para o circuito foram:

Circuito impresso universal perfurado (Figura 50);

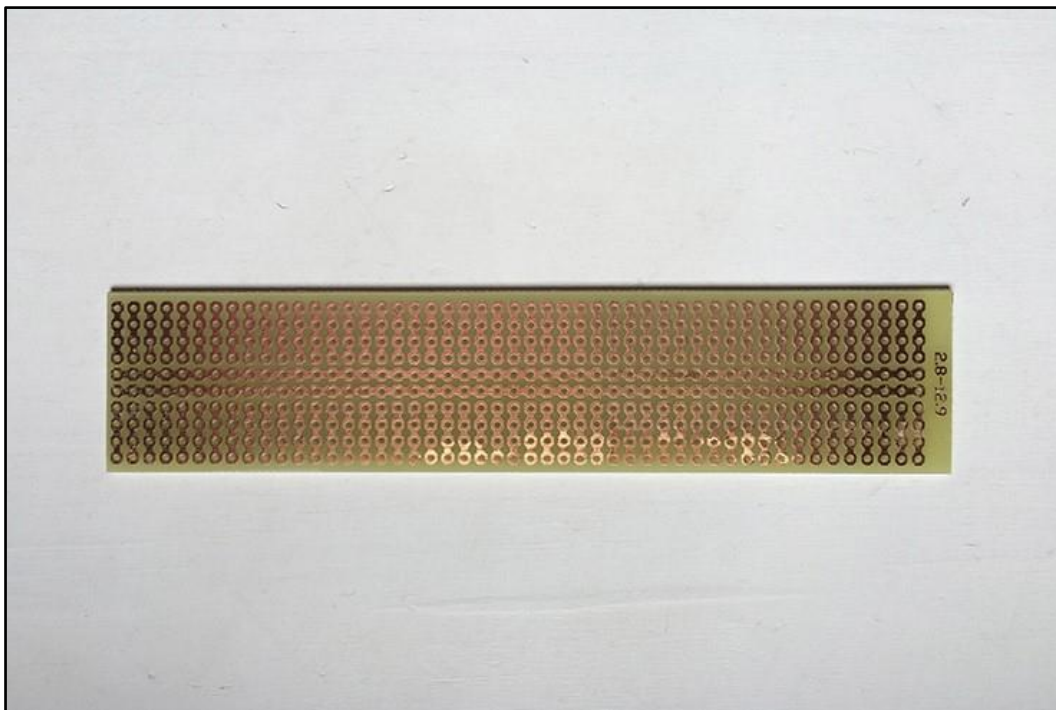


Figura 50 - Circuito Impresso Universal Perfurado
Fonte: Autoria própria (2015)

USB fêmea (Figura 51);



Figura 51 - USB fêmea
Fonte: Autoria própria (2015)

LED verde (Figura 52);



Figura 52 - LED verde
Fonte: Aatoria própria (2015)

Resistor 430 Ohms (Figura 53);

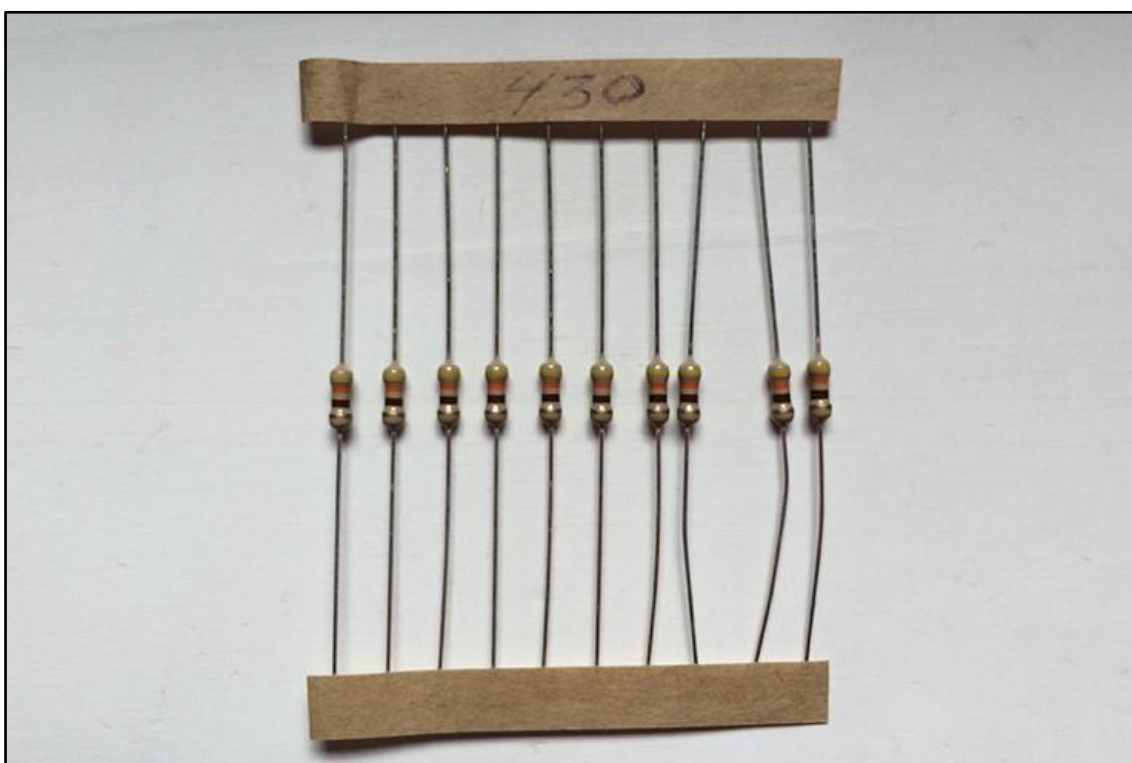


Figura 53 - Resistor 430 Ohms
Fonte: Aatoria própria (2015)

Resistor 1k Ohms (Figura 54);

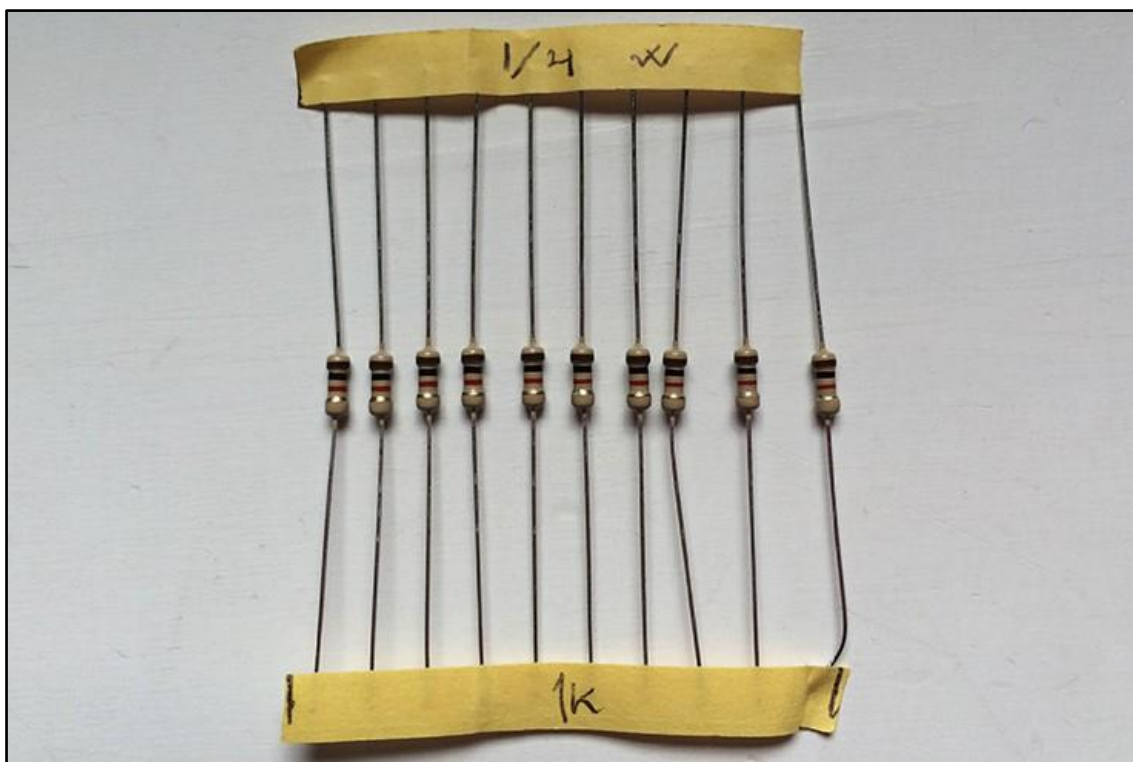


Figura 54 - Resistor 1k Ohms
Fonte: Autoria própria (2015)

Transistor TIP127 (Figura 55);

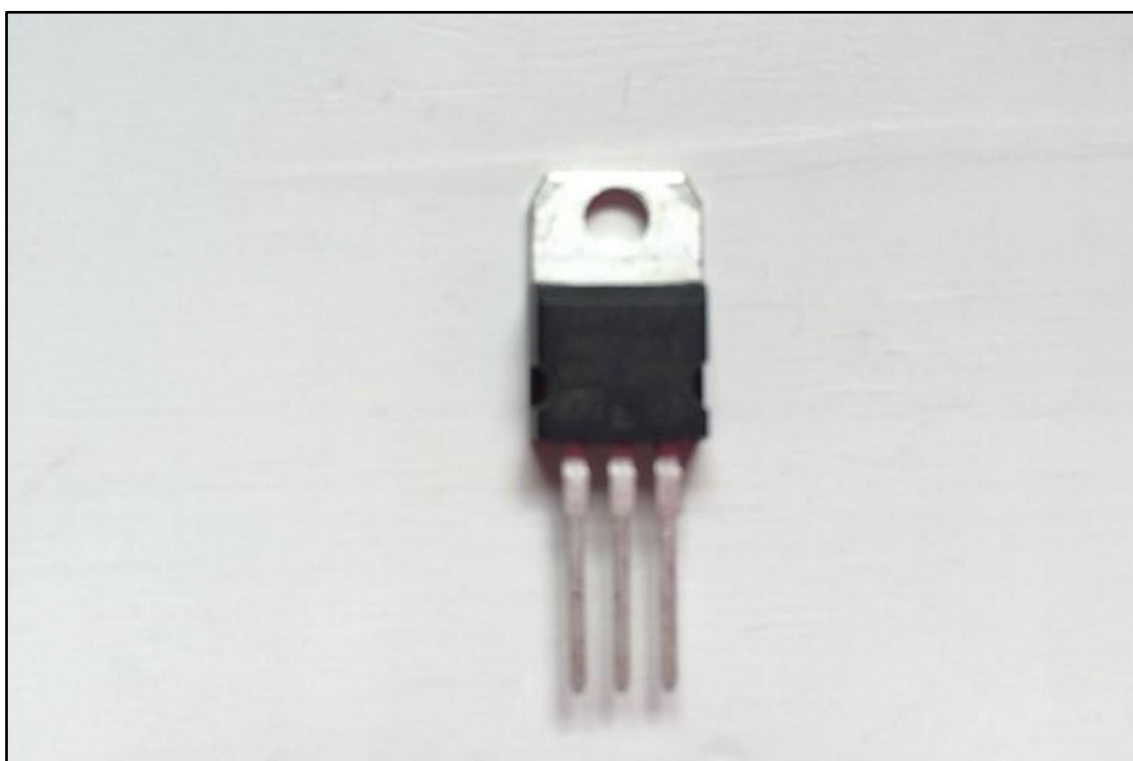


Figura 55 - Transistor TIP127
Fonte: Autoria própria (2015)

Capacitor Eletrolítico 1uF x 50V (onde 1uF x 50V é igual a 1 micro Farad por 50 volts) (Figura 56);



Figura 56 - Capacitor Eletrolítico
Fonte: Autoria própria (2015)

Circuito integrado 7805 (Figura 57);

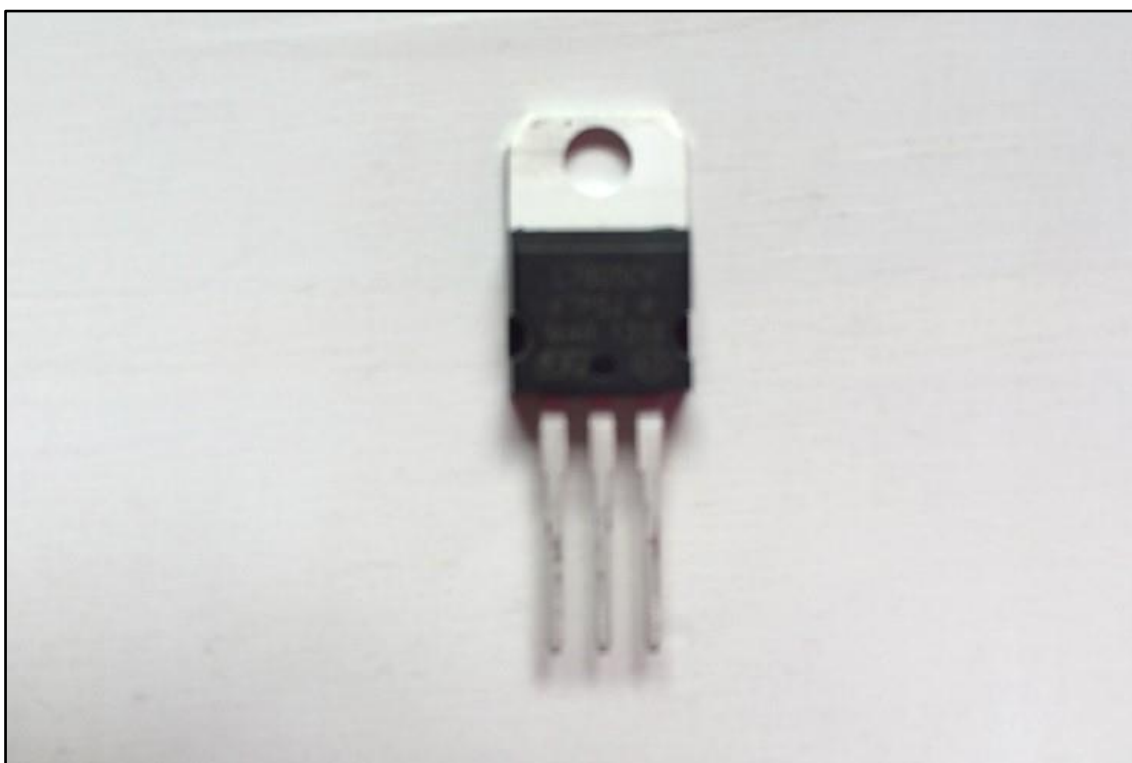


Figura 57 - Circuito Integrado 7805
Fonte: Autoria própria (2015)

Diodo Zener 5.6V (Figura 58);



Figura 58 - Diodo Zener 5.6V
Fonte: Autoria própria (2015)

Utilizando os componentes anteriormente mencionados, o circuito utilizado neste projeto está ilustrado na Figura 59.

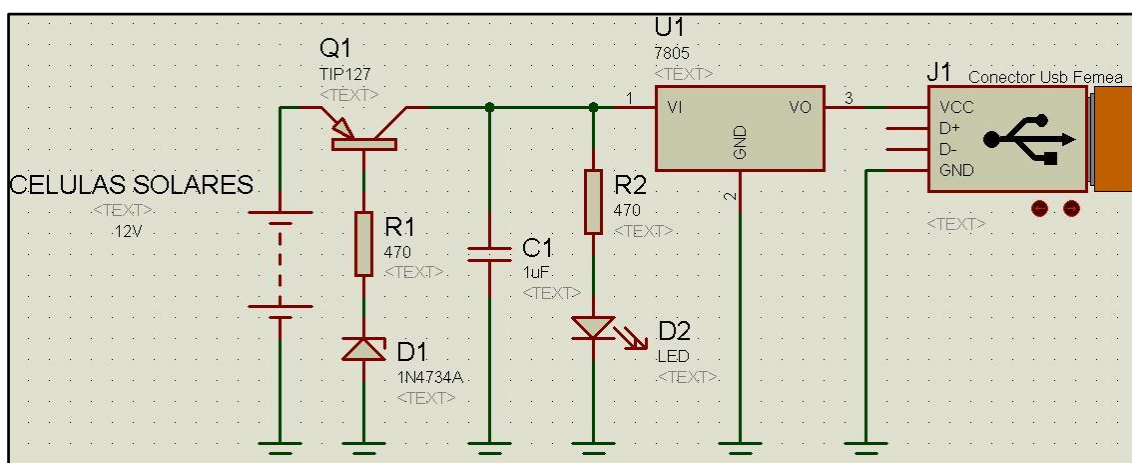


Figura 59 - Esquema do circuito interno
Fonte: BRENNER, Vinicius (2015)

A partir da Figura 59, o circuito físico foi construído, como pode ser visualizado na Figura 60.

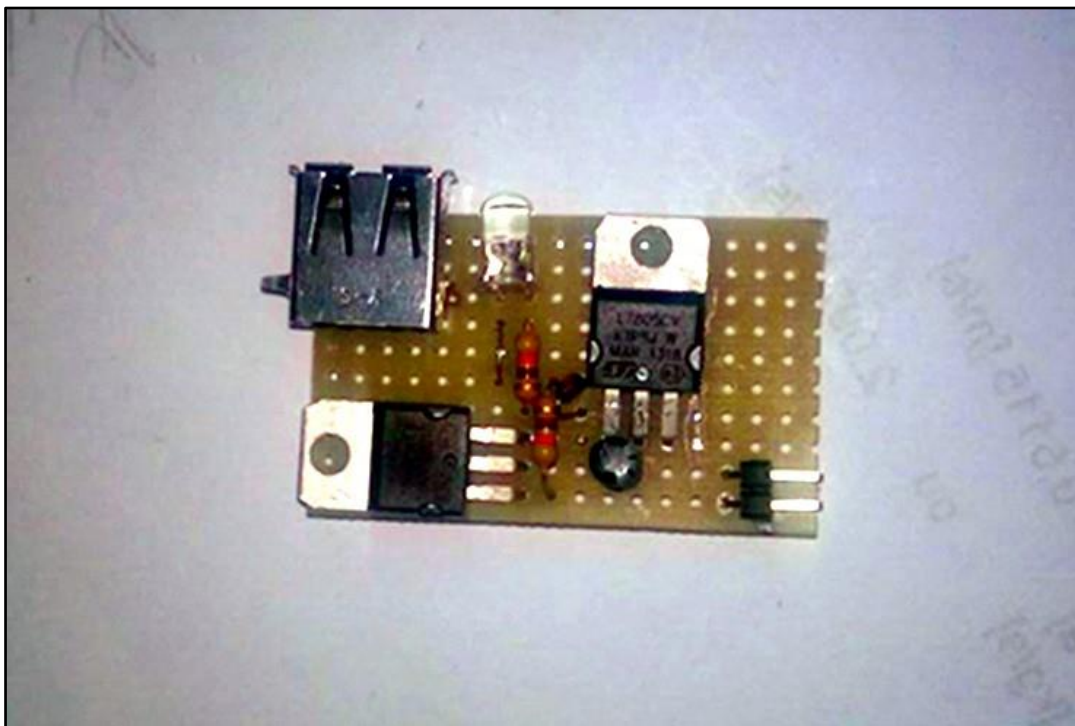


Figura 60 - Circuito montado
Fonte: Autoria própria (2015)

7.4 APLICAÇÃO DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

Após a realização dos cortes, foi possível encaixar a célula fotovoltaica sobre a base de PEAD (Figura 61).

O mesmo processo foi aplicado às outras bases cortadas na fresadora CNC.

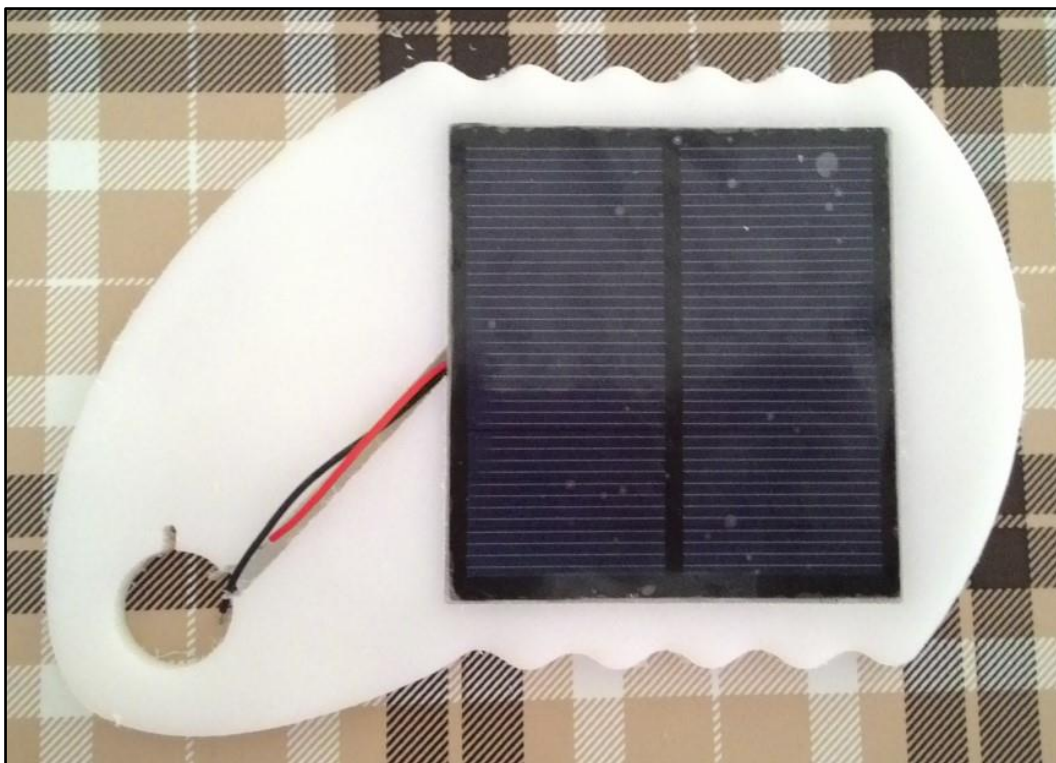


Figura 61 - Célula fotovoltaica sobre a base
Fonte: Aatoria própria (2015)

7.5 EIXO

O eixo é o elemento responsável por manter as hélices posicionadas corretamente, e dar o movimento de rotação ao produto. O tubo é feito de PVC, pois esse material possibilita que furos sejam feitos para a adaptação dos fios que passam por sua área interna. Para controlar o tamanho da abertura de cada hélice, foram inseridos pequenos parafusos em diferentes posições ao redor do eixo, funcionando como travas.

7.6 ACABAMENTOS

Para um melhor acabamento, as peças foram lixadas e os adesivos de proteção removidos, tanto da placa fotovoltaica, quanto das hélices.

8 ASPECTOS RELACIONADOS AO DESIGN APLICADOS NO PRODUTO

8.1 DESIGN EMOCIONAL

Considerando os aspectos fundamentados por Norman, e a abordagem realizada na seção 3.3.1 deste trabalho, é possível observar que o protótipo, a partir de suas formas e do modo como às hélices estão dispostas, instiga o usuário no nível visceral, pois incita o manuseio do protótipo e posteriormente a descoberta de sua funcionalidade. Devido ao PEAD possuir aspecto antiaderente, há uma indução do toque por parte do protótipo, pois apresenta-se suave e ao mesmo tempo resistente.

O fácil manuseio apresentado pelo protótipo interfere em aspectos do design comportamental. O acesso rápido e a eficiência da função principal são importantes para que o usuário continue a utilizar o produto, e auxilie na sua inserção no mercado. Os aspectos relacionados à função ainda necessitam de estudos adicionais, para que o produto torne-se mais eficiente e tenha funcionalidades distintas, no intuito de atender a demanda existente.

O design reflexivo é atendido devido às demandas por tecnologias menos agressivas ao meio ambiente, fator que está sendo ampliado a cada dia, seja pela consciência ambiental, seja pela escassez de recursos naturais. Este aspecto do design, anteriormente abordado na seção 3.3.1, tem relação com a percepção do usuário por outras pessoas no meio social. O design reflexivo também está relacionado às lembranças pessoais de um produto, neste aspecto, o protótipo desenvolvido tem potencial para criar vínculos com o seu usuário, seja pela necessidade momentânea em uma queda de energia ou no uso em atividades meio à natureza.

8.2 DESIGN E CONSUMO SUSTENTÁVEL

Durante o desenvolvimento do produto, aspectos pertinentes ao consumo sustentável foram considerados. Entre eles, está o material escolhido, um polímero reciclável e de alta durabilidade. Este polímero foi selecionado no intuito de criar um círculo de produção, onde os objetos descartados após o tempo de vida útil do produto podem ser transformados novamente em produtos, e assim auxiliar nos aspectos ambientais.

Outro aspecto é a busca pela utilização de poucos materiais no processo de produção industrial. Contudo, este aspecto não foi contemplado durante a produção do modelo, pois algumas peças que possuíam encaixe necessitaram de cola, uma vez que para realizar os encaixes utilizando a fresadora CNC, o tempo de produção seria demasiado. Sendo assim, os detalhes relacionados ao encaixe necessitam aprimoramentos, caso seja objetivada uma produção em larga escala.

8.3 USABILIDADE

O estudo da usabilidade iniciou-se no primeiro questionário, onde foi possível realizar uma análise do perfil do usuário, percebendo sua preocupação com o meio ambiente e seu interesse por novas tecnologias. Além disso, características relacionadas ao contexto da tarefa foram analisadas, de modo que os entrevistados expuseram suas expectativas.

A usabilidade do produto quando analisada dentro de um contexto de grande insolação, apresenta eficácia, pois os objetivos são alcançados completamente. A eficiência é atingida, pois o único recurso gasto é a energia proveniente do sol. Entretanto, a satisfação é relativa, pois ela somente pode ser atingida de acordo com as necessidades do usuário, que variam de acordo com o seu modo de vida.

Outra característica que tange a usabilidade é a facilidade de uso apresentada pelo protótipo, pois a sua designação é cumprida facilmente quando o usuário provê as condições mínimas necessárias.

Quanto às possibilidades e restrições da plataforma, é possível apontar que durante a produção do protótipo aspectos como encaixes, travas e canaletas precisaram ser aprimorados de modo a eliminar a necessidade de cola no processo de montagem, e assim respeitar questões relativas ao meio ambiente e reciclagem.

Como parte da última análise de usabilidade, está a ergonomia, que prevê características e adaptações ao produto, que visam facilitar seu manuseio. Outra parte desta análise é o contexto e o ambiente de uso, no qual qualquer ambiente que possua incidência direta de luz solar está apto a prover as necessidades mínimas de funcionamento do produto. É importante apontar que para o funcionamento do produto, não são necessários outros equipamentos.

8.4 DFMA E DFD

Contemplando os princípios do DFMA, para o desenvolvimento do protótipo houve uma busca por minimizar a variação de componentes e materiais necessários para o seu funcionamento.

Guias, encaixes e outros métodos de fixação não foram inseridos para a produção do modelo. Contudo, para que uma produção eficiente em larga escala seja viabilizada, é preciso que estes aspectos sejam inseridos objetivando reduzir a quantidade de componentes fixados por cola.

Já o DFD demonstra os processos realizados durante o desenvolvimento do produto até sua comercialização, descarte e reciclagem. Estes aspectos podem ser visualizados na Figura 3.

9 PRODUÇÃO DA MARCA

9.1 NOME ESCOLHIDO

Para que um nome fosse escolhido para o produto, foi realizada uma pesquisa de curta duração sobre nomes de corpos celestes, pensando sempre em quais seriam sugestivos aos possíveis consumidores. Na sequência desta breve pesquisa, nomes como: Pegasi, Pollux, Icarus, Polaris, Liliium, Solari e Solaria foram considerados como potenciais.

Após consultar o grupo de acesso, os nomes Solari e Solaria demonstraram preferência. Sendo assim, restou à autora discernir entre os dois, e o escolhido foi Solari por sua grafia que remete ao Sol do planeta Terra e apresenta-se como sugestivo em relação ao produto.

9.2 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS DA MARCA

Com o nome definido, iniciou-se o processo de concepção da marca a ser utilizada para o produto. Para isto, versões com o nome foram testadas (Figura 62).

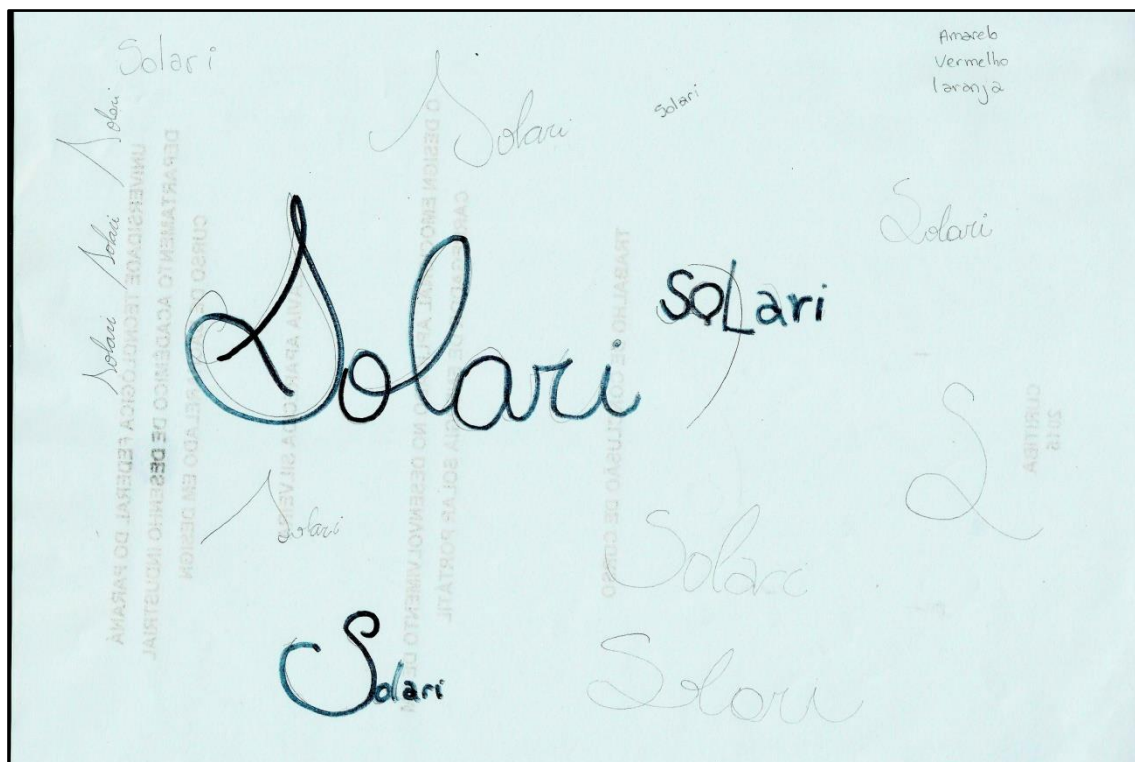


Figura 62 - Primeira parte da geração de alternativas da marca
Fonte: Autoria própria (2015)

Dando sequência ao desenvolvimento da marca, estudou-se a possibilidade de inserir o desenho formado pelo produto, tanto aberto quanto fechado, junto ao logotipo. Várias maneiras de aplicação do desenho foram testadas, como por exemplo, a imagem integrada às letras, ou contornando a palavra (Figura 63).

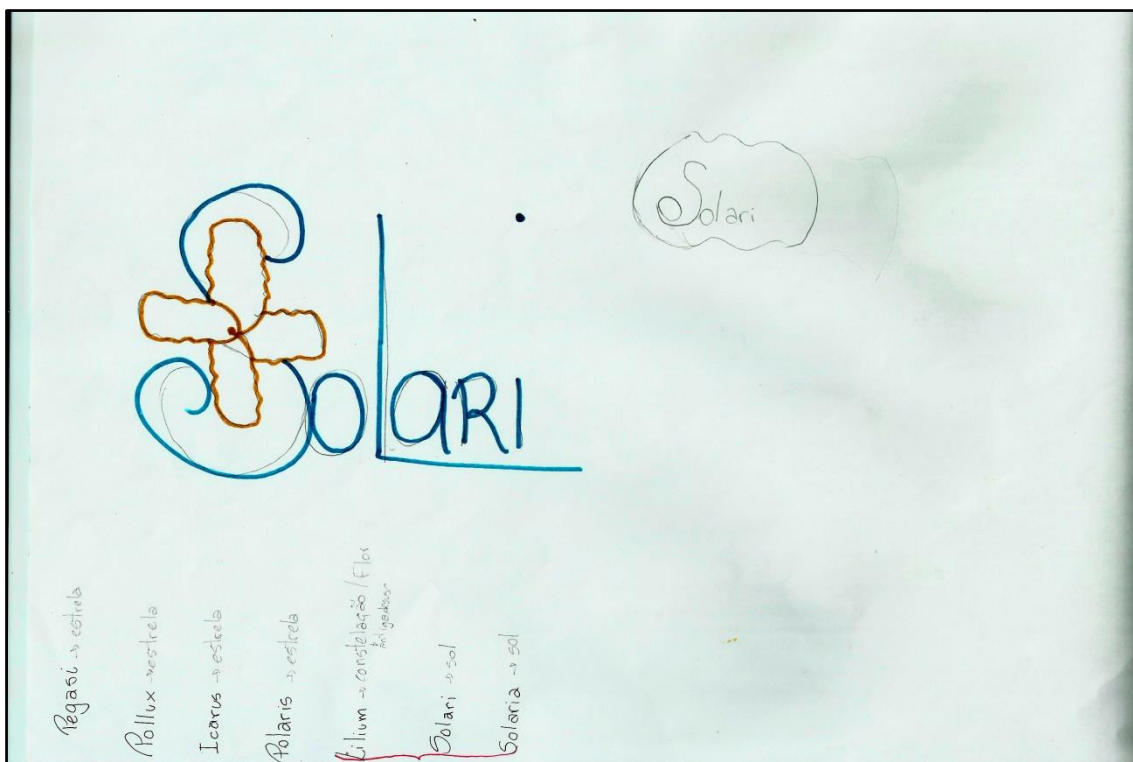


Figura 63 - Segunda parte da geração de alternativas da marca.
Fonte: Autoria própria (2015)

Outro exemplo foi tentar posicionar o desenho próximo ao texto, ou fazendo parte do mesmo (Figura 64).

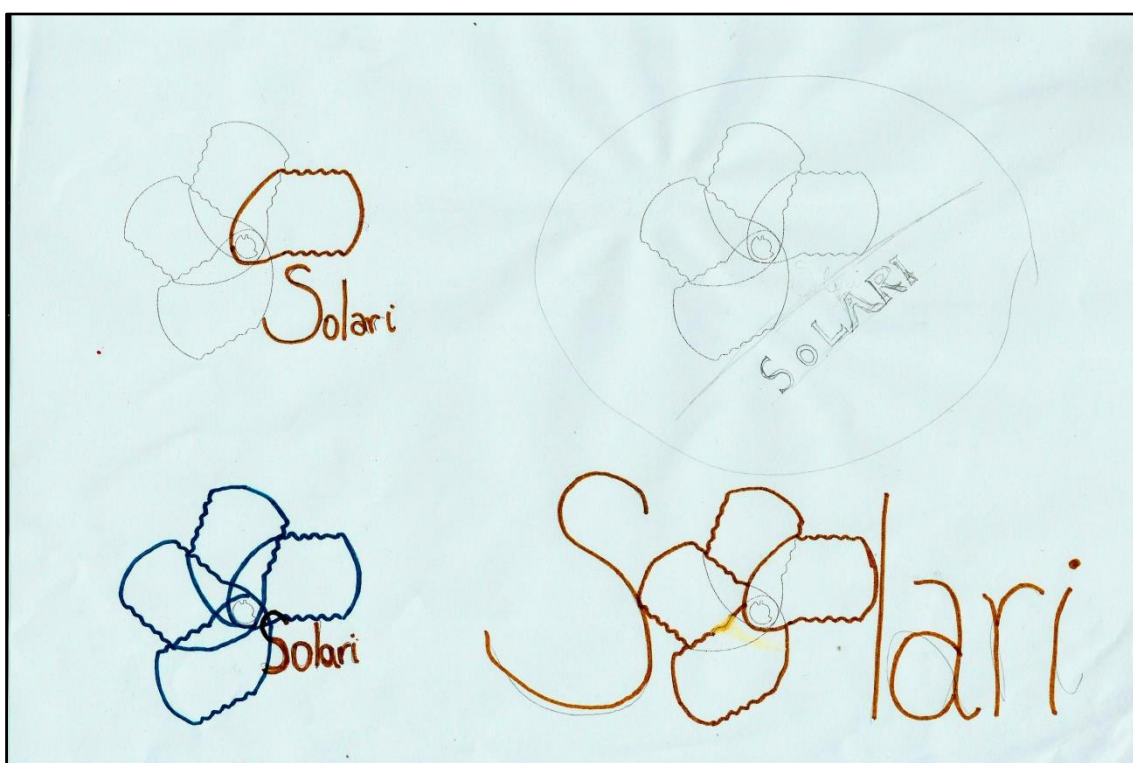


Figura 64 - Terceira parte da geração de alternativas da marca
Fonte: Autoria própria (2015)

9.3 MARCA

A seleção da marca só foi possível de ser realizada após o término do processo de geração de alternativas para a mesma.

Realizando uma rápida pesquisa com o grupo de acesso, percebeu-se que quando o desenho estava localizado próximo ao logotipo, mostrava-se mais atrativo do que quando localizado entre o texto.

Sendo assim, optou-se por trabalhar duas versões presentes na terceira parte da geração de alternativas, que podem ser visualizadas após o trabalho com curvas utilizando o programa *Adobe Illustrator* (Figura 65).

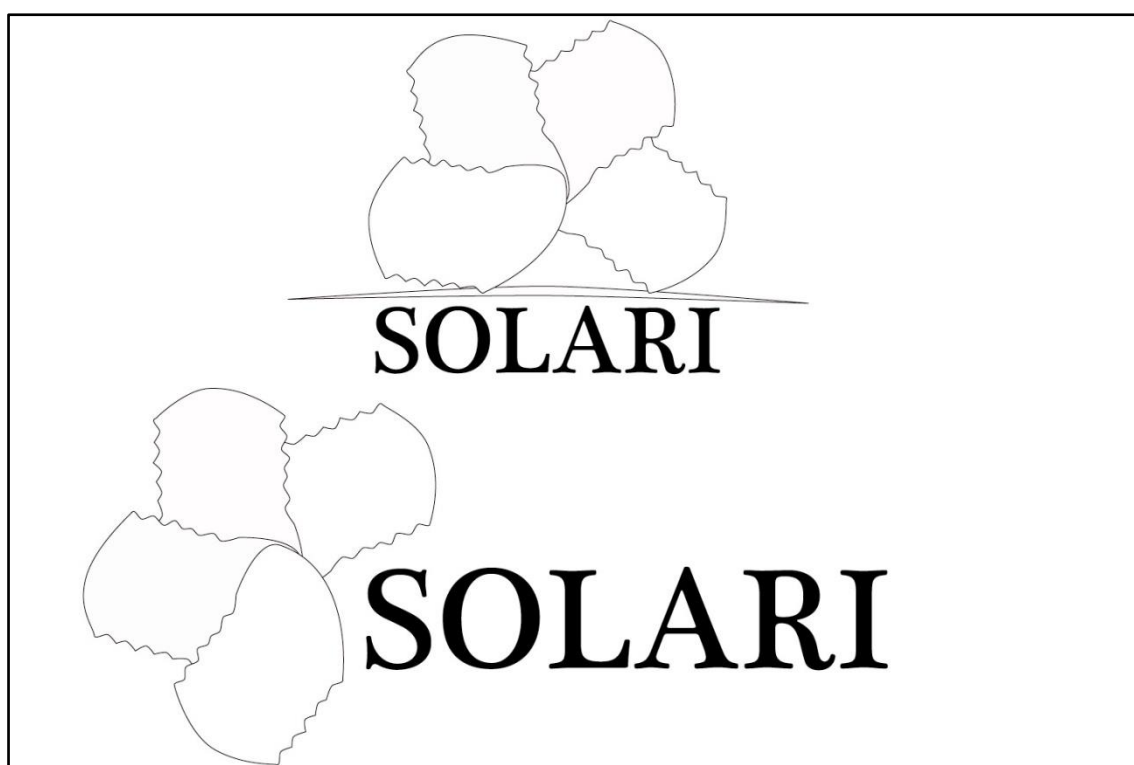


Figura 65 - Marca em forma de vetor
Fonte: Autoria própria (2015)

Considerando a quantidade de itens presentes na composição, e as possíveis aplicações futuras, a autora optou por seguir o desenvolvimento da marca utilizando o desenho ao lado do nome do produto.

Com o objetivo de relacionar a marca ao produto e sua funcionalidade, explorou-se a possibilidade da utilização de cores quentes, como o amarelo, o laranja e o vermelho (Figura 66).

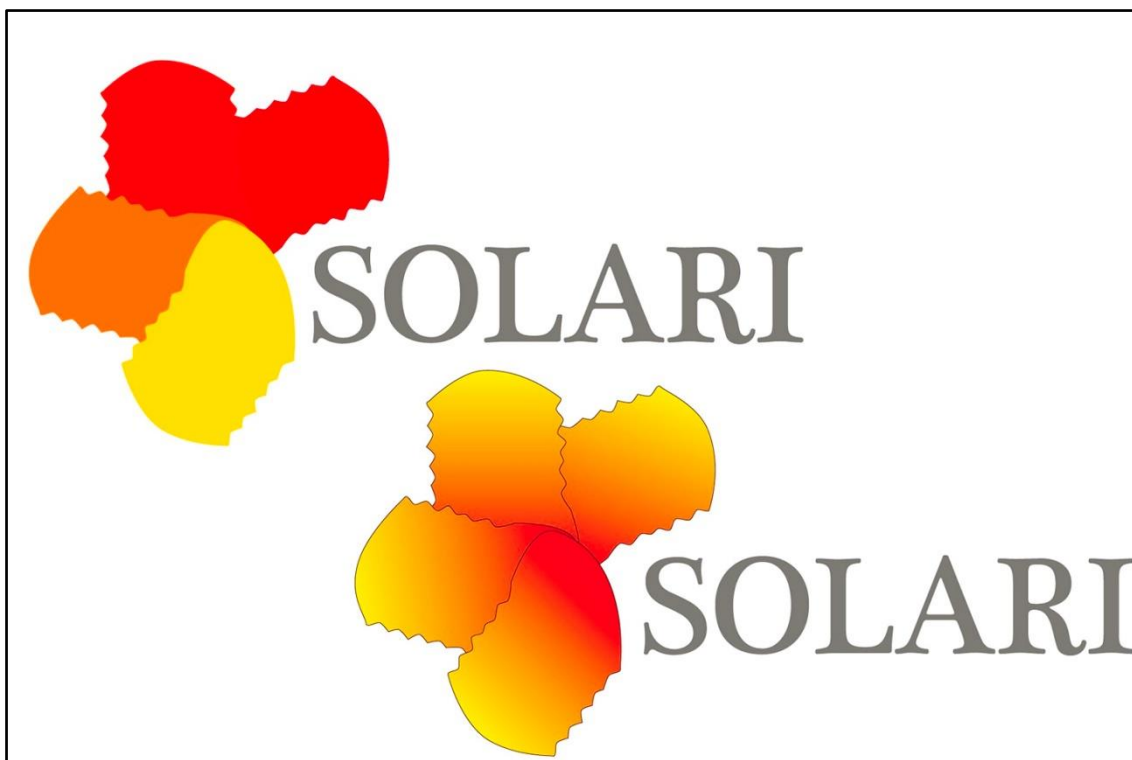


Figura 66 - Marca em cores
Fonte: Autoria própria (2015)

Após a primeira inserção de cores, estas foram trabalhadas de modo a proporcionar melhor adaptação ao produto e aos possíveis usuários (Figura 67).

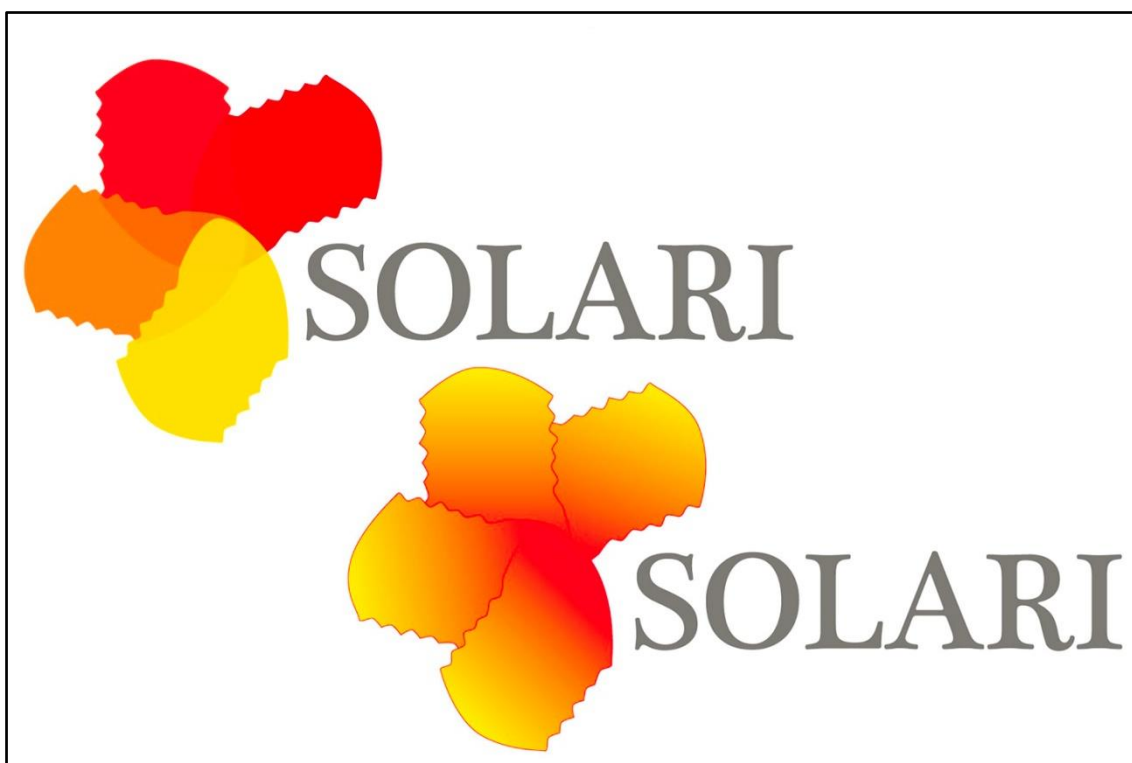


Figura 67 - Alteração de opacidade e contorno nas cores
Fonte: Autoria própria (2015)

Consultando novamente o grupo de acesso, com o intuito de avaliar as cores, percebeu-se maior interesse pela versão que não utilizava degrade. Concluindo assim a preferência pelo modelo que utilizava uma cor em cada hélice.

Com o estilo de coloração definido, a opacidade e os contrastes foram trabalhados para integrar melhor a marca, o produto e o público alvo.

A partir destas adaptações, a conclusão da marca deu-se por meio da utilização de cores menos contrastantes entre si, aliadas com uma leve transparência e uma cor neutra no nome do produto (Figura 68).



Figura 68 - Marca final
Fonte: Autoria própria (2015)

10 EMBALAGEM

A embalagem criada tem como objetivo possibilitar a venda e distribuição do produto de modo que ele não seja danificado. Ela será dividida em duas partes, sendo elas, interna e externa. Essas partes foram projetadas de modo a possibilitar o entrosamento entre elas. A parte interna da embalagem impressa pode ser visualizada na Figura 69.

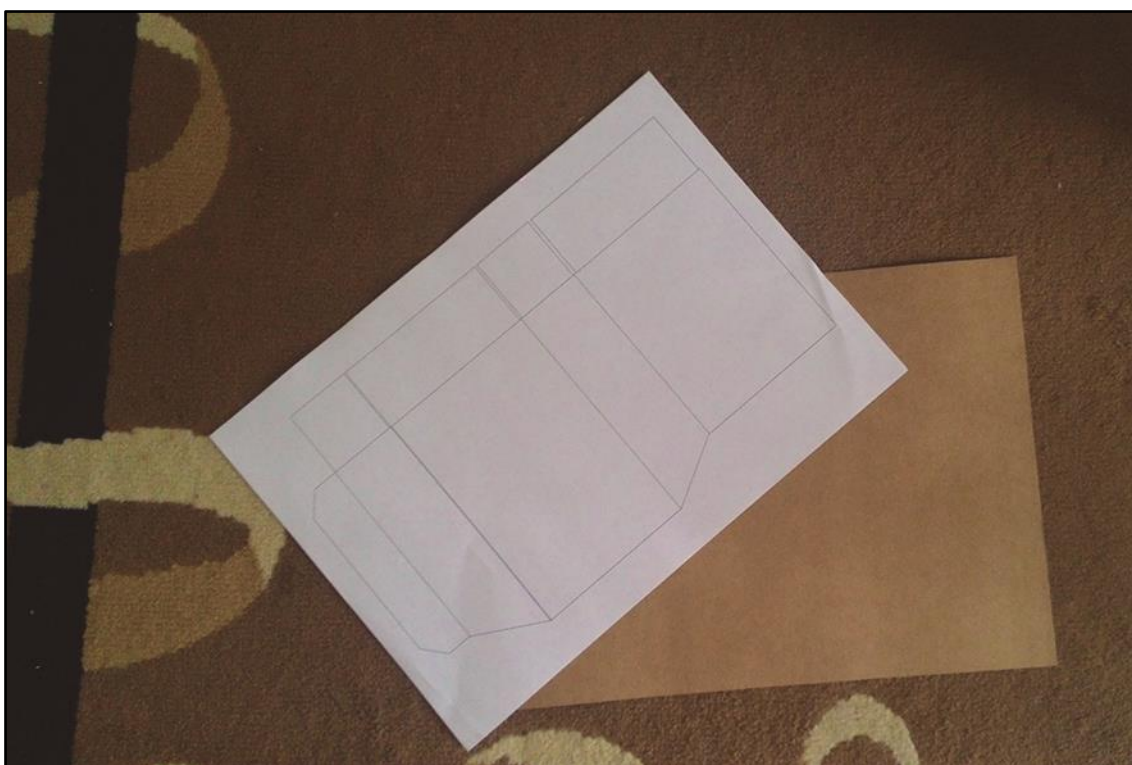


Figura 69 – Desenho da faca para a parte interna da embalagem
Fonte: Autoria própria (2015)

Sobre a superfície externa da embalagem constam informações sobre o uso, e características técnicas do produto direcionadas ao usuário, como o peso e as suas dimensões (Figura 70).

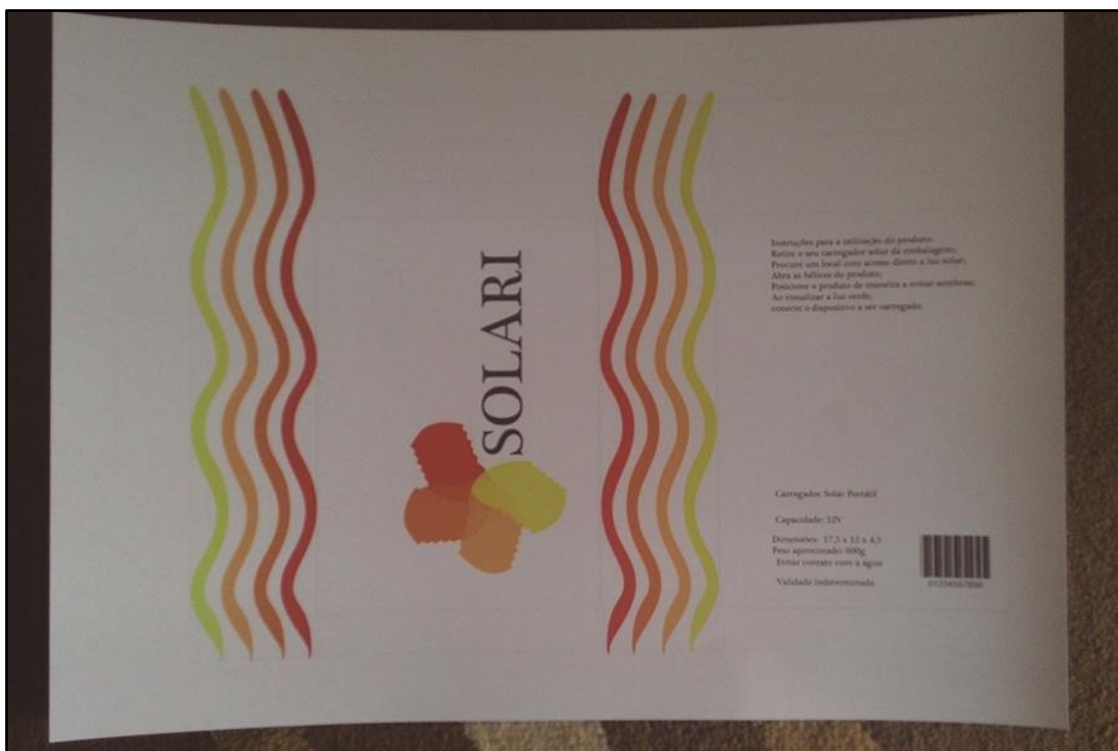


Figura 70 – Impressão da embalagem externa antes da montagem
Fonte: Autoria própria (2015)

As duas partes da embalagem, após a montagem, podem ser visualizadas na Figura 71.



Figura 71 - Parte interna e externa da embalagem após a montagem
Fonte: Autoria própria (2015)

A junção das duas partes está representada na Figura 72.



Figura 72 - Embalagem com as duas partes integradas
Fonte: Autoria própria (2015)

Observa-se que a parte interna da embalagem possui dimensões de comprimento levemente superiores ao da parte externa, facilitando ao usuário a abertura da embalagem.

10.1 BOLSA CUSTOMIZADA

Acompanhando a embalagem, o usuário receberá uma bolsa customizada da marca, criada para facilitar o transporte do produto. A marca foi inserida no tecido da bolsa utilizando uma máquina de bordado computadorizado (Figura 73).



Figura 73 - Marca bordada no tecido
Fonte: Aatoria própria (2015)

A bolsa foi produzida utilizando uma máquina de costura (Figura 74), em tecido resistente de linho (Brim), preenchido com E.V.A. para prover sustentação.



Figura 74 - Processo de produção da bolsa na máquina de costura
Fonte: Aatoria própria (2015)

A bolsa costurada e preenchida pode ser visualizada na Figura 75.



Figura 75 - Bolsa de tecido concluída
Fonte: Autoria própria (2015)

11 MODELO FINAL

Após todos os ajustes necessários, integração das placas ao circuito interno, inserção do eixo e desenvolvimento das embalagens, o modelo final foi concluído.

A apresentação do modelo ao consumidor se dá por meio de uma embalagem externa, revestindo uma bolsa que contém o produto e pode ser visualizada na Figura 76.



Figura 76 - Apresentação do produto ao consumidor
Fonte: Autoria própria (2015)

Ao abrir a embalagem, o consumidor visualizará a bolsa de transporte e o carregador solar (Figura 77).



Figura 77 - Conteúdo da embalagem
Fonte: Autoria própria (2015)

Quando o carregador estiver em funcionamento, ele se apresentará conforme a Figura 78.

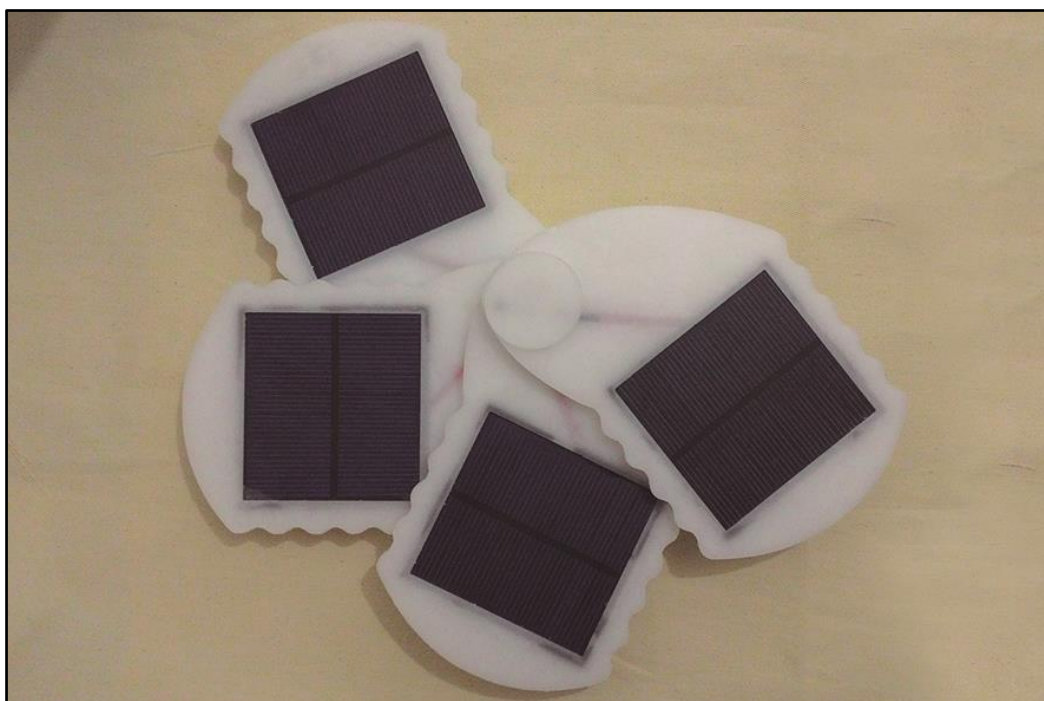


Figura 78 – Carregador solar em posição de uso
Fonte: Autoria própria (2015)

12 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Durante a geração de alternativas, foi encontrada uma grande dificuldade proveniente das dimensões das células fotovoltaicas, que não são alteráveis. É importante ressaltar que essas células inicialmente consideradas para a composição do produto (Figura 34), além de possuírem grandes dimensões (14,5 cm x 8,5 cm), não estavam encapsuladas, o que é um limitador do manuseio, pois elas se apresentaram de forma muito frágil. Os polos (positivo e negativo) não estavam indicados na célula, o que causou confusões durante os testes de soldagem.

Visando contornar os problemas encontrados com a célula fotovoltaica inicial, houve um processo de pesquisa e aquisição de novas células, desta vez, já encapsuladas, com indicações dos polos, dimensões menores (8cm x 8,5cm) e capacidade energética similar. O tempo entre a aquisição e o recebimento das novas células (Figuras 36 e 37) foi de aproximadamente 60 dias úteis, o que gerou atrasos no desenvolvimento do projeto.

Um dos principais desafios durante a finalização do projeto foi o de inserir um eixo funcional, de modo que ele contivesse em seu interior os fios que ligam as células fotovoltaicas ao circuito gerenciador. Uma vez que os fios do circuito deveriam ser girados juntamente com as hélices, foi preciso estabelecer uma disposição adequada dos fios no interior do eixo.

A inserção de um sistema de controle para bateria demonstrou ser um grande empecilho, pois a existência de uma bateria interna demanda um estudo mais aprofundado, para que um circuito seguro seja construído. Contudo, a possibilidade continua a ser considerada para o desenvolvimento de uma versão sequente do modelo.

13 PARA ESTUDOS FUTUROS

Nesta seção, estão presentes alguns fatos observados no decorrer do projeto, que possibilitariam aprimoramentos no dispositivo, tanto na parte física, quanto na parte funcional em relação ao usuário.

Como primeira sugestão de aprimoramento, pode ser citada a inserção de uma bateria. Ela poderá facilitar novos usos para o produto, como por exemplo carregar objetos quando não se tem luz solar. Contudo, por motivos de segurança, esta bateria necessita de um estudo particular. Caso ela não esteja acoplada a um circuito inteligente e bem estruturado, não poderá gerenciar a energia de maneira eficiente e segura para o usuário.

Outra sugestão que demanda de um estudo direcionado, é o aperfeiçoamento do eixo responsável pela rotação das hélices. Onde sua funcionalidade, poderia ser complementada pela inserção de uma trava integrada ao eixo, tanto para a abertura, quanto para o fechamento das hélices.

Com o intuito de eliminar a presença dos fios internos, existe a possibilidade da criação de um contato metálico, que acoplado ao eixo, poderia conduzir a corrente elétrica do sistema, aumentando assim a vida útil do produto.

Pensando ainda na utilização de contatos metálicos, também há a possibilidade de adaptar o produto, de maneira que sua operação possa ser realizada de forma modular. Esta modularização consiste em facilitar a conexão de vários dispositivos da mesma família de produtos, proporcionando uma melhor funcionalidade.

A utilização de uma plataforma de prototipagem eletrônica, como o Arduino poderia ser uma solução inteligente para integrar melhor o sistema e o usuário. Ele facilitaria a integração de novos componentes, como por exemplo, uma tela. A tela, por sua vez, ficaria encarregada de demonstrar aspectos técnicos de maneira que o usuário possa entender.

Todos os fatores anteriormente descritos interferem diretamente no aprimoramento da resposta do sistema ao usuário. Sendo assim, é necessário trabalhar a interface com foco no usuário, para que este tenha facilidade e sinta prazer em operar o objeto.

Além destas modificações, uma família de produtos poderia ser desenvolvida, ofertando ao usuário novas ferramentas e extensões. Sendo elas integradas ao produto, ou como complementos, comercializadas como itens individuais (lanterna, caixa de som, aparatos para fixação do carregador solar, etc.).

14 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse projeto possibilitou, por meio dos resultados obtidos, identificar que o uso de carregadores solares portáteis ainda não é uma prática comum. Isso pode ser justificado pelo fato de que muitas pessoas simplesmente não sabem onde adquiri-lo ou também não possuem conhecimento da existência de tais dispositivos.

A pesquisa teórica possibilitou perceber o crescimento na demanda por energias alternativas, uma vez que o consumo de energia elétrica atual apresenta-se cada vez mais nocivo ao meio ambiente.

Contudo, mesmo que a utilização de carregadores solares não esteja muito difundido na sociedade atual, em um futuro próximo a energia solar deverá receber uma atenção especial, pois apresenta-se como uma alternativa limpa de energia, que está cada vez menos dispendiosa financeiramente em relação aos seus resultados.

O produto foi desenvolvido utilizando componentes de baixo custo, que podem ser adquiridos por qualquer pessoa. Essa característica demonstra que o produto é acessível e viável tecnicamente, mesmo quando considerada a produção em larga escala.

O trajeto percorrido pela autora, desde a concepção da proposta inicial até a conclusão do projeto, demandou de aproximadamente dois anos. Esse período possibilitou que diversas adaptações e melhoramentos fossem complementados no projeto. Sendo assim, a finalização do produto ocorreu com sucesso. O carregador solar portátil, após a conclusão, apresentou as características almejadas.

REFERÊNCIAS

ACTOS - **O PEAD (Polietileno de alta densidade)**. Disponível em: <<http://catalogo.actos.com.br/item/plasticas/polietileno-de-alta-densidade/natural-8?>> Acesso em: 10 mai. 2015, 15:48.

ALDABÓ, Ricardo. **Energia Solar**, São Paulo: Ed. Artliber, 2002.

ANEEL - **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=725&idPerfil=3>> Acesso em: 15 jul. 2014, 10:34.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9241-11**: Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores - Parte 11 - Orientações sobre Usabilidade. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~cybis/pg2003/iso9241-11F2.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2014, 19:58

BARCELLOS Junior, André L. **Análise termoeconômica de coletores solares planos**. 2003. 71 f. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2003. Disponível em: < http://www.biblioteca.pucpr.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=964 >. Acesso em 20 fev. 2014, 12:32.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **Relatório síntese do balanço energético nacional - BEN 2013**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioSintese2013.aspx> >. Acesso em 25 fev. 2014, 19:43.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **Relatório síntese do balanço energético nacional - BEN 2014**. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf >. Acesso em 13 jul. 2014, 19:24.

BATES, Seth. **Design for Manufacturing and Assembly I: General Principles**. Manufacturing and Product Design. San José State University. Apresentação *on-line*. Disponível em: <http://www.engr.sjsu.edu/~sbates/images/mfg/DFMA_I.pdf >. Acesso em: 13 jan. 2015, 21:06.

BOOTHROYD, Geoffrey; DEWHURST, Petere KNIGHT, Winston A. **Product Design for Manufacture and Assembly**. 3 ed. New York: Taylor & Francis Group, 2011.

Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=W2FDCcVPBcAC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false> >. Acesso em 13 jan. 2015, 20:55.

BRENNER, Vinícius. **Produção e imagens do circuito elétrico interno ao carregador de energia solar portátil**. 2015, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Currículo lattes em: <<http://lattes.cnpq.br/4761172614997457>>. Acesso em 12 jul. 2015, 17:39.

CANTELLI, Ana P. Design **emocional: Elaboração de material didático**. 2009. --f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Artes Gráficas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

CYBIS, Walter, BETIOL, Adriana H, FAUST, Richard. **Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, métodos e aplicações**, 2.ed. São Paulo: Ed. Novatec, 2010.

DBK Electronics Technology. Disponível em: <<http://www.dbk.com.hk/>>. Acesso em 27 ago. 2014, 09:35.

DBK Electronics Technology. DBK S72; **Página do produto**. Disponível em: <<http://www.dbk.com.hk/index.php/Product/show/id/303>>. Acesso em: 27 ago. 2014, 09:37.

DE MORAES, Dijon. **Limites do Design**, 2 ed. São Paulo: Studio Nobel, 1999.

DINATO, Monique R, NASCIMENTO, Luis F. Consumo sustentável e o sistema Produto-Serviço: Reflexões para um *outro* desenvolvimento. **Encontro da ANPAD (Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração) - EnANPAD 2003**. Atibaia , 2008. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/enanpad2003-gsa-1163.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2014, 20:24

FARRET, Felix A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**, Santa Maria: Ed. da UFSM, 1999.

FURRIELA, Rachel B. Educação Para o Consumo Sustentável. **Programa Conheça a Educação do Cibec/Inep - MEC/SEF/COEA** - Ciclo de Palestras sobre Meio Ambiente. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://download.inep.gov.br/download/cibec/pce/2001/47-55.pdf>>. Acesso em 07 out. 2014, 18:49

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**, São Paulo: Atlas, 2002.

KIPERSTOK, Asher. **Sustentabilidade Ambiental: Produção e Consumo. I Congresso Internacional de Cooperação Universidade-Indústria - UNINDU 2005.** Ubatuba, 2005. Disponível em: <http://teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art23.pdf>. Acesso em: 08 out. 2014, 20:24

LESKO, Jim. **Design Industrial: materiais e processos de fabricação.** São Paulo: Ed Blücher, 2004.

LIMA, Gercina A. B. O. **Modelos de categorização: apresentando o modelo clássico e o modelo de protótipos.** *Perspect. ciênc. inf.* [online]. 2010, vol.15, n.2, pp. 108-122. ISSN 1413-9936. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pci/v15n2/a08v15n2.pdf>>. Acesso em 27 fev. 2014, 18:22.

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

Loja *on-line* **WAKA WAKA.** Disponível em: <https://waka-waka.com/store/catalogue/wakawaka-power_17/>. Acesso em 25 Ago. 2014, 17:22.

LUCON, Oswaldo; GOLDEMBERG, José. **Crise financeira, energia e sustentabilidade no Brasil.** *Estud. av.* [online]. 2009, vol.23, n.65, pp. 121-130. ISSN 0103-4014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v23n65/a09v2365.pdf>> Acesso em 25 fev. 2014, 12:24.

MENEZES, Marizilda D. S.; PASCHOARELLI, Luis C. (Orgs.) **Design e planejamento: aspectos tecnológicos.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

NORMANN, Donald A; **Design emocional: por que adoramos (ou detestamos) os objetos do dia-a-dia.** Tradução: Ana Deiró. Rio de Janeiro: Ed. Rocco, 2008.

PATROCINIO, Antonio O. T; MURAKAMI IHA, Neyde Y. **Em busca da sustentabilidade: células solares sensibilizadas por extratos naturais.** *Quím. Nova* [online]. 2010, vol.33, n.3, pp. 574-578. ISSN 0100-4042. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n3/16.pdf>>. Acesso em 26 fev. 2014, 18:59.

RÜTHER, Ricardo et all., **Programa de telhados solares fotovoltaicos conectados à rede elétrica pública no Brasil.** XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Fortaleza, 2008.

SANTOS, Juliane B; JABBOUR, Charbel J. C. **Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais.** *Saúde soc.* [online]. 2013, vol.22, n.3, pp. 972-977. ISSN 0104-1290. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v22n3/26.pdf>>. Acesso em 25 fev. 2014, 12:37

SANTOS, Natanaelyfle R. G. **Projeto, construção, e análise de desempenho de coletores solares alternativos utilizando garrafas PET.** 2007. 100 f. Dissertação (mestrado em engenharia mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/15534>>. Acesso em 18 mai. 2015, 21:42.

SILVA, Reginaldo da; CHIQUITO, Adenilson J.; SOUZA, Marcelo G. de; MACEDO, Rodrigo P. **Células solares "caseiras".** *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2004, vol.26, n.4, pp. 379-384. ISSN 1806-1117. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v26n4/a12v26n4.pdf>>. Acesso em 25 fev. 2014, 13:40.

SLONGO, Luiz A. **A influência da consciência ambiental e das atitudes em relação ao consumo sustentável na intenção de compra de produtos ecologicamente embalados.** 2004. 159 f. Dissertação (mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3904>>. Acesso em: 12 jul. 2015, 18:00.

SOUZA, Rafael R. apud Yourdon Edward. **Diagrama de Fluxo de Dados.** Material de aula. UninCor – Universidade Vale do Rio Verde, 26p.

TANG Tang; BHAMRA Tracy. A. **Changing energy consumption behaviour through sustainable product design.** International Design Conference - Design. 2008, Workshop 5, Eco Design p. 1359-1366. Disponível em: <http://www.designsociety.org/publication/26725/changing_energy_consumption_behaviour_through_sustainable_product_design>. Acesso em 11 mar. 2014, 10:47.

VILLALVA, Marcelo G; GAZOLI, Jonas R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações.** São Paulo: Ed. Ética Ltda. 2012. Vol1. 224p.

YOSHIDA et al. **Análise de conforto de poltronas de aeronaves executivas.** Brazilian Symposium on Aerospace Eng. & Applications. 2009, CTA-DLR. Disponível em: <<http://www.cta-dlr2009.ita.br/Proceedings/PDF/59639.pdf>>. Acesso em 26 fev. 2014, 21:08.

WAKA WAKA. Disponível em: <<http://waka-waka.com/>>. Acesso em 25 Ago. 2014, 17:25.

WEVER Renee; KUIJK Jasper; BOKS Casper. **User-centred Design for sustainable Behaviour.** *International Journal of Sustainable Engineering* 2008, Vol. 1, 16p.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Questionário desenvolvido para identificação das necessidades e requisitos do produto com o público alvo.

Captador de energia solar portátil

O presente questionário refere-se a pesquisa inicial para a produção do TCC que está sendo desenvolvido pela aluna Flávia Silveira, do curso de Bacharelado em Design da UTFPR e a participação é voluntária. Não é necessário qualquer tipo de identificação nominal.

*Obrigatório

WakaWaka Power



1. Qual a sua idade? *

Em anos

2. Sexo: *

Marcar apenas uma oval.

- Feminino
 Masculino

3. Qual seu nível de escolaridade? *

Marcar apenas uma oval.

- Ensino Fundamental Incompleto
 Ensino Fundamental Completo
 Ensino Médio Incompleto
 Ensino Médio Completo
 Ensino Superior Incompleto
 Ensino Superior Completo
 Outro: _____

Fonte: Aatoria própria, 2014

4. Você utilizaria um carregador portátil para celular, computador ou tablet, movido a energia solar fotovoltaica? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

5. Você utiliza, ou já utilizou um carregador solar portátil? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Outro: _____

6. Se a resposta a pergunta anterior foi sim, qual é o produto e a sua opinião sobre ele?
(Dimensões adequadas, energia suficiente para sua necessidade, aparência do produto, entre outros)

7. Você sabe onde adquirir um carregador solar portátil? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim, loja física;
 Sim, loja virtual;
 Não
 Outro: _____

Fonte: Aatoria própria, 2014

8. Quanto você estaria disposto(a) a pagar por um carregador solar portátil?

Marcar apenas uma oval.

- Até R\$: 50,00
- De R\$: 50,00 até R\$: 99,00
- De R\$: 100,00 até R\$: 149,00
- De R\$: 150,00 até R\$: 199,00
- De R\$: 200,00 até R\$: 249,00
- De R\$: 250,00 até R\$: 299,00
- De R\$: 300,00 até R\$: 349,00
- De R\$: 350,00 até R\$: 399,00
- De R\$: 400,00 até R\$: 449,00
- De R\$: 450,00 até R\$: 499,00
- Outro:

9. Considerando as questões ambientais, você estaria disposto a desembolsar um valor maior para a aquisição do produto?

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

10. O que você considera importante para a aquisição de um captador de energia solar? *

Marque todas que se aplicam.

- Ser portátil;
- Ser flexível;
- Possibilidade de conexão com outro captador de energia solar;
- Possuir conexões para carregar diversos aparelhos;
- Possuir bateria;
- Ser customizável;
- Cor;
- Textura;
- Possibilidade de gravar nomes, símbolo, entre outros;
- Possuir lâmpada, além de funcionar como carregador.
- Outro:

11. Em que tipo de ambiente você utilizaria um carregador solar portátil? *

(Em casa, em viagens, em parques, entre outros)

12. Você costuma viajar? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim, com frequência;
- Sim, algumas vezes por ano;
- Sim, raramente;
- Não
- Outro: _____

13. O que você costuma levar em suas viagens? *

(além de roupas e produtos de higiene)

Marque todas que se aplicam.

- Celular;
- Computador;
- Tablet;
- Câmera;
- Outro: _____

14. Como você realiza suas viagens? *

(Carro, ônibus, avião, mochilão, carona, entre outros)

15. Em suas viagens, você costuma passar algum tempo ao ar livre? *

(Em praias, parques, trilhas ou similares)

Marque todas que se aplicam.

- Em praias;
- Em parques;
- Em trilhas;
- No Campo;
- Não costumo ficar ao ar livre;
- Outro:

16. Você costuma acampar? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

17. Um carregador solar portátil poderia deixar suas viagens melhores? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

Waka Waka Power



Dimensões: 121 x 17 x 78 mm
Peso: 200 gramas

18. Qual a sua opinião sobre a aparência, as dimensões e os pontos fortes do carregador solar Waka Waka Power? *

https://waka-waka.com/store/catalogue/wakawaka-power_17/

Solio Classic 2



Dimensões: 147 x 71 x 36 mm
Peso: 310 gramas

19. Qual a sua opinião sobre a aparência, as dimensões e os pontos fortes do carregador solar Solio Classic 2? *

<http://store.solio.com/Solio-Store/solio-products/CLASSIC-2-Solar-Battery-Charger-S-13-AF1RW>

DBK S72



Dimensões: 189 x 108 x 30 mm

Peso: 292 gramas

20. Qual a sua opinião sobre a aparência, as dimensões e os pontos fortes do carregador solar DBK S72?

http://www.miniinbox.com/pt/dbk-s72-banco-portatil-de-energia-para-dispositivos-moveis-de-energia-solar_p659659.html

APÊNDICE B - O Design Emocional Aplicado no Desenvolvimento de Carregadores de Energia solar portáteis - Artigo publicado no GAMPI plural 14, apresentado na Universidade da região de Joinville (Univille), em 14 de novembro de 2014, como artigo de iniciação científica.



O Design Emocional Aplicado No Desenvolvimento De Carregadores De Energia Solar Portáteis

Emotional design applied in the development of portable solar energy chargers

SILVEIRA, Flavia Aparecida; Graduanda em Design; UTFPR
flaasilveira@gmail.com

PELEGRINI, Alexandre Vieira; Doutor; UTFPR
avpelegrini@gmail.com

Resumo

No mundo contemporâneo, a energia elétrica é cada vez mais utilizada e sua produção pode gerar consequências negativas ao meio ambiente, pedindo por novos meios de geração para suprir a demanda. Neste contexto, o design é uma importante ferramenta na solução energética, contribuindo na criação de produtos com menor consumo ou inserindo a geração energética no cotidiano. Este artigo apresenta uma breve investigação da aplicação do design emocional no desenvolvimento de carregadores de energia solar portáteis. A metodologia considerou a elaboração e aplicação de entrevistas com o usuário, além da análise de modelos de carregadores solares disponíveis no mercado.

Palavras Chave: Design Emocional; Sustentabilidade; Energia.

Abstract

In today's world, power is increasingly used in society and its production can have negative consequences for the environment, which calls for new means of generation in order to meet growing demand. In this context, the design can be seen as an important tool in energy solution, is to contribute to the creation of products with lower consumption or to create means to enter the power generation in everyday life. This article presents a brief investigation on the application of emotional design in the development of portable solar chargers. The methodology of this study considered the development and implementation of user interviews as well as the analysis of models of solar chargers available on the market.

Keywords: Emotional Design; Sustainability; Energy.

Introdução

A energia elétrica caminha para uma crise. Para Barcellos Junior (2003, p. 15), "um dos grandes desafios do ser humano é, sem dúvida, o abastecimento energético mundial". O autor aponta que com o crescimento do consumo, é necessário racionalizar.

Considerando estes fatos, Patrocínio e Murakami Iha (2010), afirmam que a sociedade é desafiada a desenvolver ações que garantam a manutenção dos ecossistemas ao redor do mundo e a oferta de energia e insumos à população. Segundo Tang e Bhamra (2008), "o design de produto combinado com a ciência e a tecnologia avançadas, em favor do meio ambiente inclui mudanças de comportamento, como o uso de novos materiais, recursos de energia renováveis, e novas tecnologias, podendo assim auxiliar no desenvolvimento sustentável". Este é um problema que deve ser discutido e trabalhado, pois a sociedade necessita de soluções que integrem outras formas de captação de energia ao cotidiano das pessoas.

Os Problemas Energéticos

De acordo com Santos (2007, p. 21), ao olhar para o futuro, será visível que o custo da aumentará, e a crise dos combustíveis fósseis e da madeira tornar-se-á mais aguda. Complementando as palavras de Santos, Farret (1999, p.115) afirma que "As emissões de dióxido de carbono, na produção de energia, contribuem sozinhas com 50% de gases prejudiciais para o efeito estufa". Villalva e Gazoli (2012, p.17) destacam que "a exploração de qualquer fonte de energia provoca alterações no meio ambiente e produz impactos de maior ou menor relevância".

Partindo do pressuposto de que a produção de energia nos moldes atuais é prejudicial ao meio ambiente, vê-se a necessidade de explorar novos meios de ampliar a produção energética sem agregar altos custos, sejam eles ao meio ambiente ou a economia. Portanto,

"... existem na crise atual oportunidades de reconstruir o sistema energético mundial em novas bases, mais sólidas e menos poluentes. Um sistema eficiente e baseado em energias renováveis permitirá reverter as tendências de aumento da emissão de gases de "efeito estufa", pelo qual o uso de combustíveis fósseis são os principais responsáveis". (LUCON e GOLDEMBERG, 2009 p. 124)

É importante observar que o Brasil possui grande potencial para o uso da energia solar, mas este não é amplamente explorado. Para Lucon e Goldemberg (2009 p.124) "O Brasil há anos é considerado uma potência mundial em energias renováveis, graças ao bioetanol e ao seu parque hidrelétrico." Aldabó, (2002, p. 67) comenta que os países desenvolvidos elegeram a energia solar como a mais promissora alternativa energética, mas, segundo o Balanço Energético Nacional - BEN (2013), a energia solar utilizada no Brasil está abaixo de 5,8%.

Silva, Chiquito e Souza (2004, p. 379) observam que "com a escassez de fontes renováveis de energia, as células solares vem ganhando espaço devido a seu custo de produção ter diminuído graças às novas tecnologias de fabricação". Assim, a utilização da energia gerada por módulos fotovoltaicos vem se tornando mais viável, e pode ser aplicada de diversas formas. Farret (1999) lembra que a geração de energia não é baseada no calor do Sol, mas na intensidade da luz incidente sobre as células fotovoltaicas, assim, em dias nublados há geração de energia.

Análise do Problema de Design

A cada dia, o desenvolvimento pede mais energia elétrica, "o ser humano é bastante dependente da eletricidade e a demanda por essa energia cresce de maneira acelerada em todo o mundo" (VILLALVA E GAZOLI, 2012 p.17), "as estratégias de design de produtos focadas no uso eficiente de energia são suscetíveis a complementar as soluções tecnológicas." (Wever, Kuijk e Bok, 2008 p.2) A partir das palavras de Villalva e Gazoli e de Wever, Kuijk e Bok, é possível notar a necessidade de soluções baseadas na tecnologia e no design para suprir a necessidade energética da sociedade, observando que energias renováveis são consideradas limpas e eficientes, e que o Brasil tem grande potencial para a produção de energia solar, devido a sua localização geográfica.

Além de pensar na produção de eletricidade e em produtos que utilizam a energia eficientemente, é necessário pensar no usuário, e no que faz com que ele adquira e utilize os produtos. Para Norman, "Tudo o que fazemos, tudo o que pensamos tem um toque de emoção, frequentemente inconsciente. [...] Em paralelo às emoções, há também um outro ponto importante: estética, atratividade e beleza." (Norman, 2008 p. 27-28)

A Importância do Design

O design está presente no cotidiano das pessoas, em produtos, serviços e nas relações com o ambiente. Para Löbach (2001, p.14), é um processo de resolução de problemas, que atende às relações do homem com o ambiente. "O design, desde sua gênese, tem como fator principal atender o mais amplamente possível às necessidades das pessoas" (MENEZES E PASCHOARELLI, 2009 p.58).

Se considerarmos o design emocional, Tonetto e Costa (2011, p. 133), dizem que "a emoção pode ser previsível e controlável, e que o projeto de design pode atuar na modelação das experiências emocionais desejadas pelas pessoas", os autores afirmam que para a teoria do design funcional ter êxito, deve-se "projetar com a intenção, métodos, teorias e técnicas específicas para despertar ou evitar emoções pretendidas". É importante notar as emoções e as experiências como significativas para o desenvolvimento de produtos, como dizem Holden e Butler, "As pessoas compreendem e interagem com os sistemas e ambientes com base em representações mentais desenvolvidas a partir de suas experiências" (2010, p. 154).

A usabilidade pode ser considerada determinante no desenvolvimento de produtos, de acordo com as palavras de Holden e Butler "Os modelos mentais são representações de sistemas e ambientes derivadas da experiência" (2010, p.154), é visível que o aprimoramento da usabilidade pode ajudar a ampliar a satisfação do usuário.

Pesquisa com o Usuário

A pesquisa derivou-se de um questionário *online* e foi concluída com 110 respostas. As perguntas foram elaboradas para conhecer o modo de vida dos entrevistados, as características consideradas importantes ao produto e os locais onde o utilizariam, bem como sua opinião a respeito de 3 carregadores solares portáteis.

Quando questionados sobre a utilização dos carregadores, grande parte dos entrevistados (95%) afirmou que nunca utilizou, uma pequena parcela (2%) já observou alguém utilizar, e outra (3%) utiliza ou já utilizou um carregador solar portátil. A partir destes 3%, foi possível perceber a pequena inserção do produto no mercado e observar a relação entre produto e usuário. Os entrevistados que já utilizaram os produtos afirmaram que são uma fonte de energia fácil, porém o peso e a falta de praticidade, fazem com que sejam utilizados em

caráter emergencial. Grande parte dos entrevistados (75%) não sabe como fazer a aquisição de um carregador solar, os que sabem como realizá-la (22%) conhecem apenas lojas virtuais.

Posteriormente, perguntou-se sobre características importantes para o produto, possibilitando a escolha entre opções pré-dispostas pelos autores. Para fins de análise, a Figura 01 demonstra os 5 itens com maior número de votos.



Figura 1 - Características importantes
Fonte: Autoria própria (2014)

Como demonstra a Figura 1, quando questionados sobre aspectos importantes para a aquisição de um captador de energia solar, grande parte dos entrevistados (96 pessoas), entenderam a possibilidade de o produto ser portátil como mais importante, seguida pela necessidade de possuir conexões para diversos aparelhos (80) e possuir bateria (50). Além destes, foram considerados importantes a flexibilidade (40), e possuir lâmpada (25).

Após as características, questionou-se sobre viagens, iniciando com a frequência, cuja resposta dominante foi algumas vezes por ano, seguida por frequentemente e raramente. Questionou-se também o que os entrevistados levam em suas viagens, eles afirmaram levar celulares, 67 deles levam também suas câmeras, 44, computadores e 27, *tablets*. Perguntou-se ainda sobre como realizam as viagens (transporte) e as respostas foram variadas, como carros, ônibus, motos, aviões, "mochilões", trens, barcos, vans, "caronas" e bicicletas.

A opinião dos entrevistados sobre os modelos de carregadores portáteis é abordada na sequência.

Análise dos Modelos de Carregadores Solares Portáteis

Foi solicitado que os entrevistados respondessem, com base em imagem, tamanho e peso, o que pensavam sobre três modelos de carregadores solares portáteis. Para iniciar as análises, o primeiro modelo apresentado foi o *Waka Waka Power* (Figura 2), produzido pela Fundação *Waka Waka*.



Figura 2 - Waka Waka Power
Fonte: Loja on-line Waka Waka (2014)

Sobre o *Waka Waka Power*, as cores fortes são atrativas, porém notou-se a necessidade de cores alternativas. Outro fator é que ele representa ser compacto, leve, fácil de transportar e consegue unir a necessidade de carregar o *smartphone* e produzir iluminação com consciência ambiental. Alguns entrevistados notaram como ponto negativo a necessidade de deixar o aparelho 12 horas no sol, para carregá-lo pois, muitas vezes, não possuem esse tempo para esperar, outros observaram que o tempo para carregar é rápido, considerando a tecnologia, o tamanho do produto e a possibilidade de carregá-lo em diversos horários diferentes.

Outro ponto notado é a forma dinâmica de interagir com o aparelho, e o fato de ser 100% reciclável. Algumas observações referentes ao design pontuam que os entrevistados gostariam que o *Waka Waka Power* fosse mais leve e fino. Notou-se também que seria interessante a base, que fica apoiada sobre a mesa, ser reversível para cobrir a parte que capta a energia solar, protegendo-a quando não está em uso. Além disso, a possibilidade de fixação em paredes ou janelas seria interessante, assim como um *display* digital, para ver o nível da energia, ou o que falta para carregar sua bateria, dando um *feedback* ao usuário.

O tamanho do *Waka Waka Power* corresponde a 121 x 17 x 78 mm (comprimento, altura e largura) e ele pesa 200g.

O segundo modelo apresentado foi o *Solio Classic 2*, que pode ser visualizado na Figura 3, produzido pela empresa *Solio*.



Figura 3 - Solio Classic 2
Fonte: Loja on-line Solio (2014)

Sobre o *Solio Classic 2*, os entrevistados afirmaram ter funções similares as do *Waka Waka Power*, e acreditam que o tempo de exposição ao sol é menor que o primeiro produto, pois possui maior área com placas de captação solar.

Sobre a aparência, os entrevistados classificaram como moderna e tecnológica, porém houve divergência a respeito de sua atratividade. Um ponto forte foi a facilidade de utilizar, pois o produto possui indicador de quantidade de carga, apenas um botão e vários tipos de conexões, contudo, o uso produto foi considerado menos prático que o anterior. Parte dos entrevistados não entendeu o intuito do lápis fixado no produto (Figura 3), que é alterar a inclinação em relação ao sol. Em relação às dimensões, grande parte acreditou que é grande para ser portátil, principalmente quando aberto. As dimensões do *Solio Classic 2* correspondem a 147 x 36 x 71 mm (comprimento, altura e largura) e ele pesa 310g.

O último modelo, Figura 4, apresentado aos entrevistados foi o *DBK S72* (PB SS001, segundo o fabricante). Produzido pela empresa *DBK Electronics Technology*.



Figura 4 - DBK S72
Fonte: DBK Electronics Technology (2014)

Os entrevistados afirmaram que a usabilidade do DBK S72 parece fácil, seus cabos adaptadores são considerados um ponto forte. Relacionado ao tamanho, os entrevistados julgaram como grande, mas fácil de transportar.

Em relação à aparência, foi notada como masculina e desagradou parte dos entrevistados, pois há necessidade de maior apelo visual e variação de cores. Um fator positivo é a resistência contra impactos e quedas, além das texturas que proporcionam melhor contato com as mãos. Outro ponto positivo foi sua aparência funcional, sugerindo maior eficiência. Além disso, o fato de ser utilizado como chaveiro agradou aos entrevistados, pois enquanto o trajeto é percorrido ele armazena energia. Seu tamanho corresponde a 145 x 15 x 84 mm (comprimento, altura e largura) e pesa 290g.

Conclusão

Este artigo corresponde à parte de um estudo que está sendo realizado para a produção de um modelo de carregador solar portátil. A partir dos dados e do questionário, é visível o interesse e a necessidade das pessoas por novas fontes de energia, principalmente quando estas proporcionam flexibilidade ao seu cotidiano. Verifica-se também que o design emocional poderá contribuir no desenvolvimento de carregadores portáteis de energia solar.

Referências

- ALDABÓ, Ricardo. **Energia Solar**. São Paulo: Ed. Artliber, 2002.
- BARCELLOS Junior, André L. **Análise termoeconômica de coletores solares planos**. 2003. 71 f. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2003. Disponível em: <http://www.biblioteca.pucpr.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=964>. Acesso em 20 fev. 2014.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **Relatório síntese do balanço energético nacional - BEN 2013**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioSintese2013.aspx>>. Acesso em 25 fev. 2014.
- DBK Electronics Technology. DBK S72; Página do produto. Disponível em: <<http://www.dbk.com.hk/index.php/Product/show/id/303>>. Acesso em: 27 ago. 2014.
- FARRET, Felix A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1999.
- LÓBACH, Bernd. **Design Industrial - Bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Ed. Blucher, 2001.
- Loja *on-line* WAKA WAKA. Disponível em: <https://waka-waka.com/store/catalogue/wakawaka-power_17/>. Acesso em 25 Ago. 2014.

LUCON, Oswaldo; GOLDEMBERG, José. **Crise financeira, energia e sustentabilidade no Brasil**. Estud. av. [online]. 2009, vol.23, n.65, pp. 121-130. ISSN 0103-4014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v23n65/a09v2365.pdf>> Acesso em 25 fev. 2014.

MENEZES, Marizilda D. S.; PASCHOARELLI, Luis C. (Orgs.) **Design e planejamento: aspectos tecnológicos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

NORMANN, Donald A; **Design emocional: por que adoramos (ou detestamos) os objetos do dia-a-dia**. Tradução: Ana Deiró. Rio de Janeiro: Ed. Rocco, 2008.

PATROCINIO, Antonio O. T; MURAKAMI IHA, Neyde Y. **Em busca da sustentabilidade: células solares sensibilizadas por extratos naturais**. Quim. Nova [online]. 2010, vol.33, n.3, pp. 574-578. ISSN 0100-4042. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n3/16.pdf>>. Acesso em 26 fev. 2014.

SANTOS, Natanaelyfle R. G. **Projeto, construção, e análise de desempenho de coletores solares alternativos utilizando garrafas PET**. 2007. 100 f. Dissertação (mestrado em engenharia mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007. Disponível em: <http://bdtd.ufm.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1692>. Acesso em 20 fev. 2014.

SILVA, Reginaldo da; CHIQUITO, Adenilson J.; SOUZA, Marcelo G. de; MACEDO, Rodrigo P. **Células solares "caseiras"**. *Rev. Bras. Ensino Fis.* [online]. 2004, vol.26, n.4, pp. 379-384. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v26n4/a12v26n4.pdf>> Acesso em 25 fev. 2014.

TANG Tang; BHAMRA Tracy. A. **Changing energy consumption behaviour through sustainable product design**. International Design Conference - Design. 2008, Workshop 5, Eco Design p. 1359-1366. Disponível em: <http://www.designsociety.org/publication/26725/changing_energy_consumption_behaviour_through_sustainable_product_design>. Acesso em 11mar. 2014.

VILLALVA, Marcelo G; GAZOLI, Jonas R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Ed. Ética Ltda. 2012. Vol 1. 224p.

WAKA WAKA. Disponível em: <<http://waka-waka.com>>. Acesso em 25 Ago. 2014.

WEVER Renee; KUIJK Jasper; BOKS Casper. **User-centred Design for sustainable Behaviour**. *International Journal of Sustainable Engineering* 2008, Vol. 1, 16p.

APÊNDICE C - Questionário desenvolvido para pesquisa de pré-avaliação com o usuário.

Projeto de TCC, Flávia Aparecida Silveira

De acordo com os mock ups:

1. Você acha que as dimensões são adequadas à um produto portátil? Por que?
Marque todas que se aplicam.

sim

não

Outro:

2. Você utilizaria o produto com frequência?
Marque todas que se aplicam.

Sim

Não

Outro:

3. Em quais ocasiões utilizaria?

.....

4. O produto parece adequado para transporte?
Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

Outro:

5. Modelo preferido
Marcar apenas uma oval.

1

2

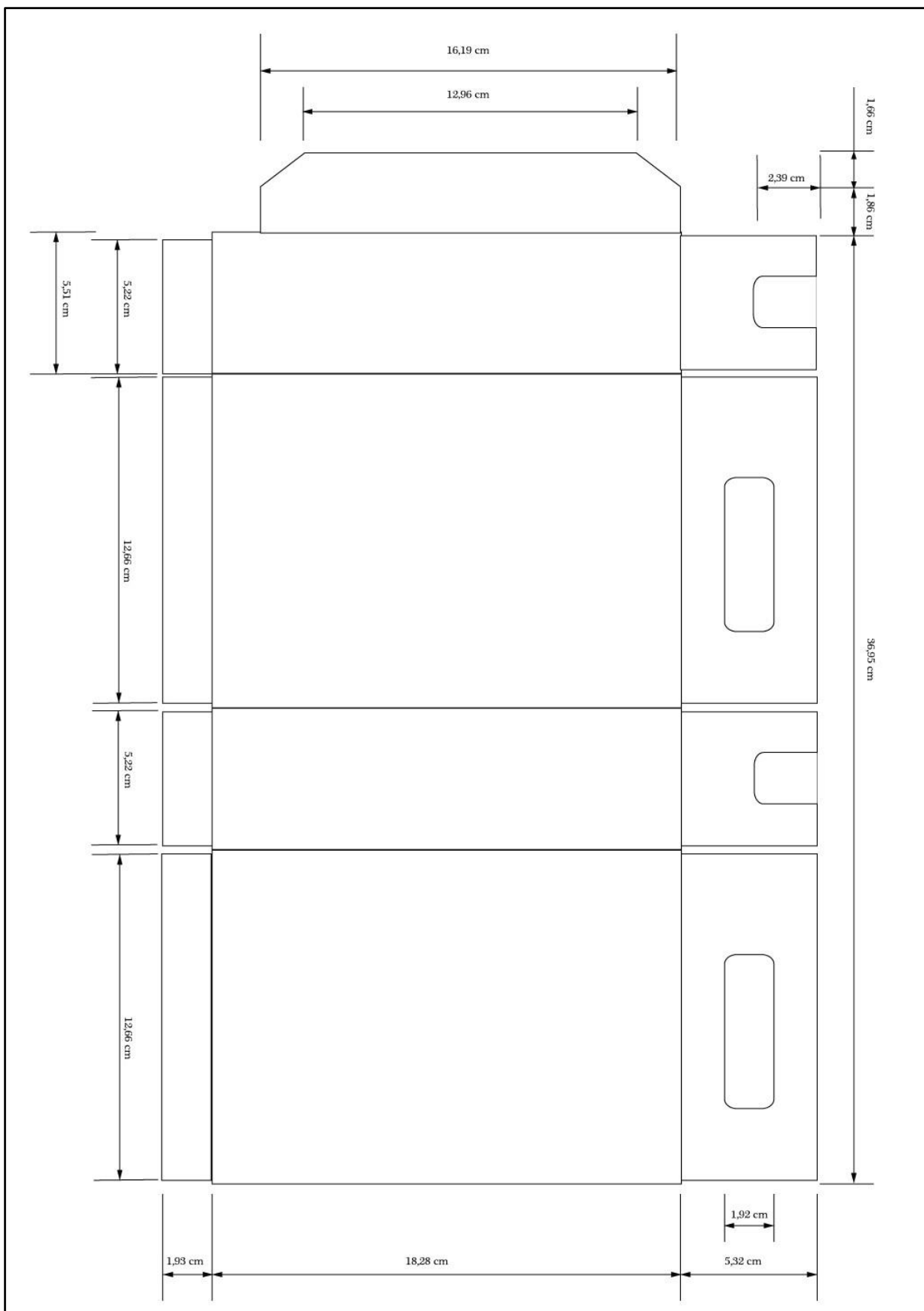
3

6. Observações

.....

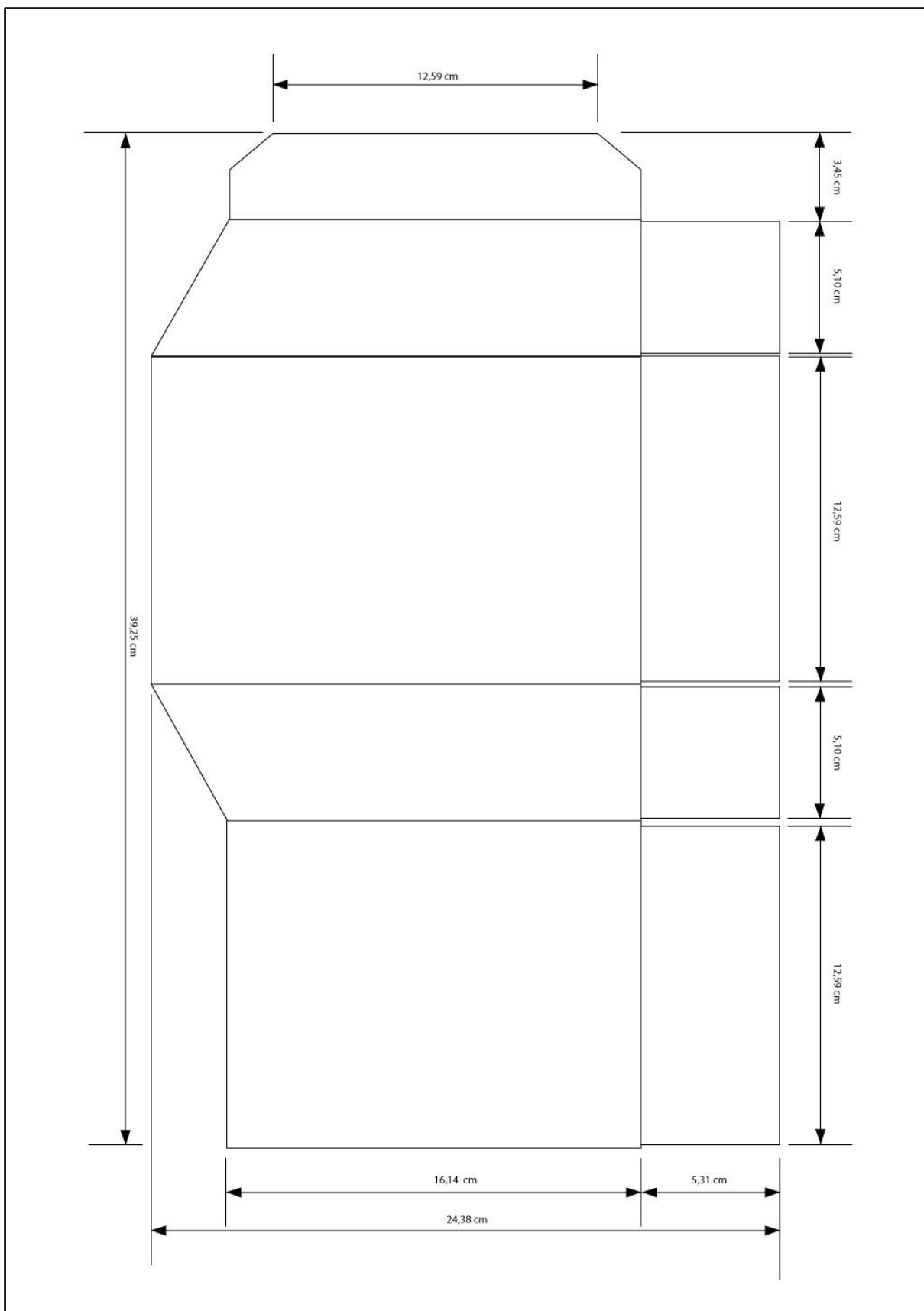
Fonte: Autoria própria, 2015

APÊNDICE D – Medida da Embalagem – Parte Externa



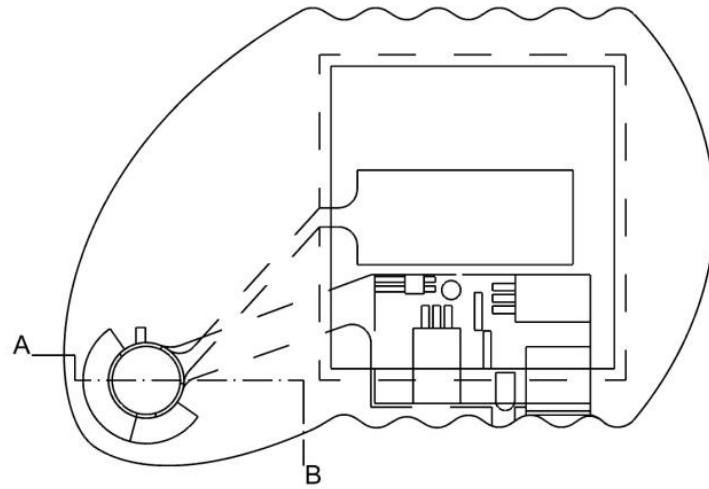
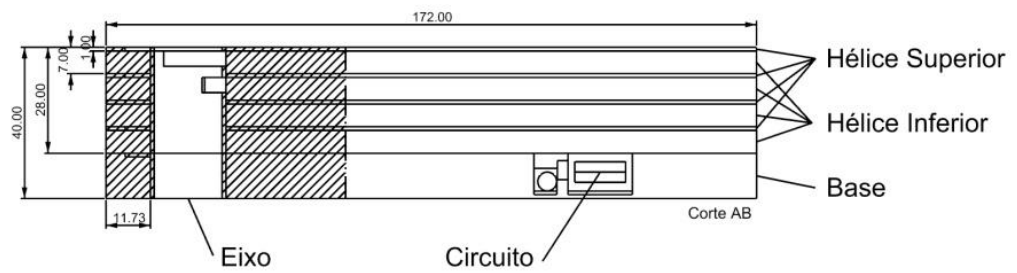
Fonte: Autoria própria, 2015

APÊNDICE E – Medida da Embalagem – Parte Interna

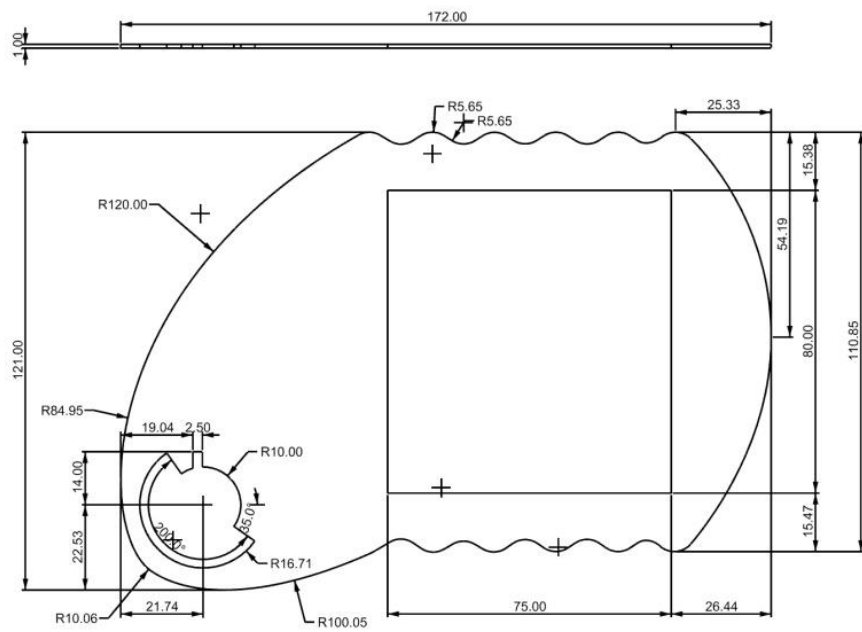


Fonte: Autoria própria, 2015

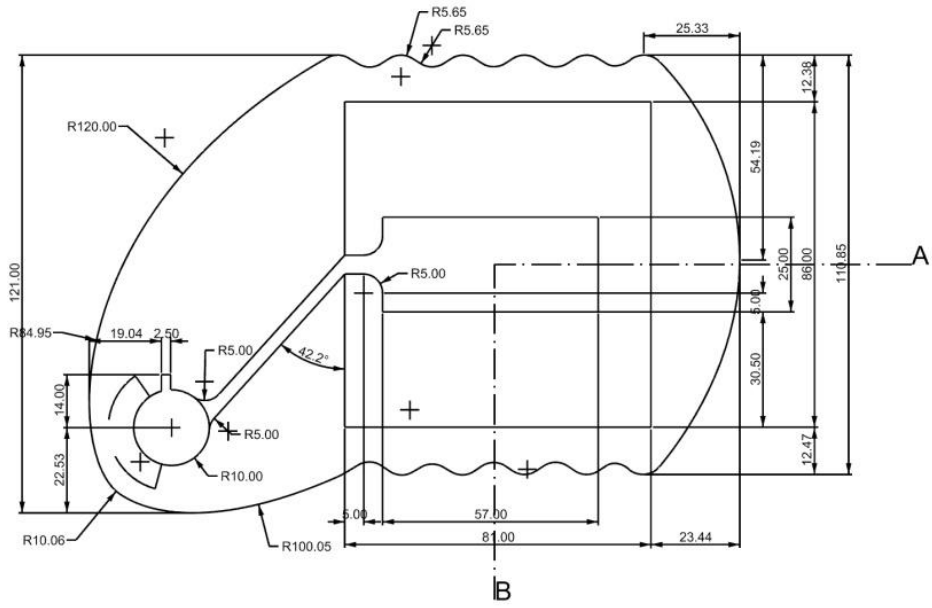
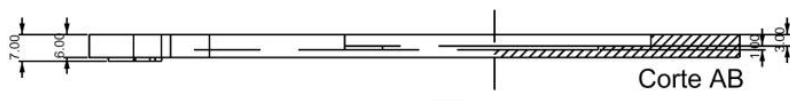
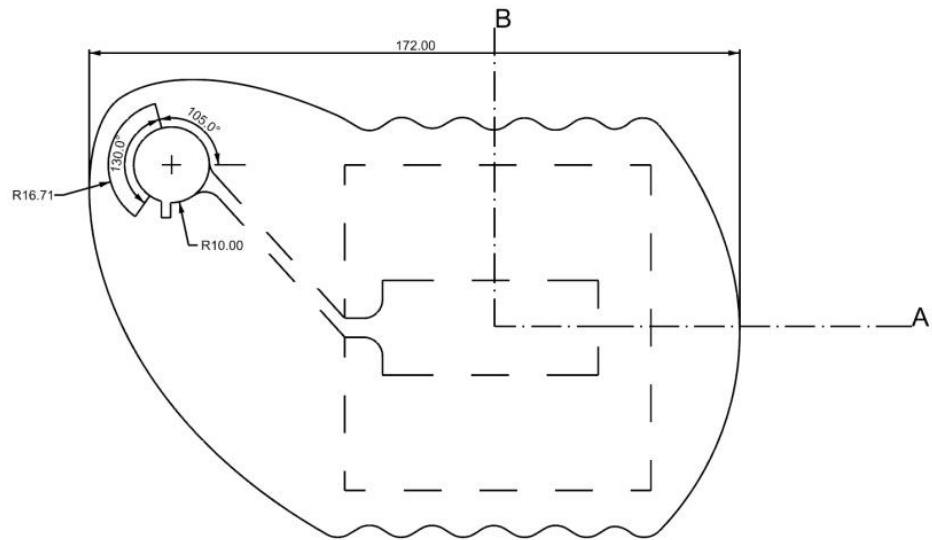
APÊNDICE F – Desenhos técnicos do produto



Pça nº:	Denominação: Desenho de Conjunto	Quant.: 1	Material: Polietileno de Alta Densidade	
Observação:				
BACHARELADO EM DESIGN			Escala: 1:2	Des. Nº: 01
Projeto: Solari			Unidade: MM	Data: 07/07/2015
Nome: Flávia Aparecida Silveira		Orientador: Alexandre Vieira Pelegrini		
				01



Pça nº: 1	Denominação: Hélice Superior	Quant.: 4	Material: Polietileno de Alta Densidade	
Observação:				
BACHARELADO EM DESIGN			Escala: 1:2	Des. Nº: 02
Projeto: Solari			Unidade: MM	Data: 07/07/2015
Nome: Flávia Aparecida Silveira		Orientador: Alexandre Vieira Pelegrini		
				02



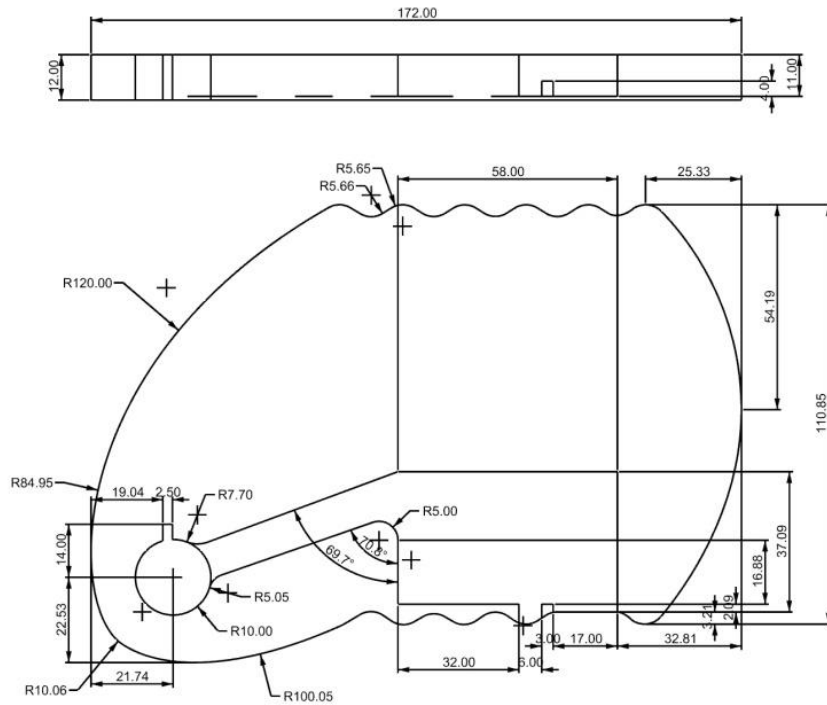
Pça nº: 2	Denominação: Hélice Inferior	Quant.: 4	Material: Polietileno de Alta Densidade
-----------	------------------------------	-----------	---

Observação:

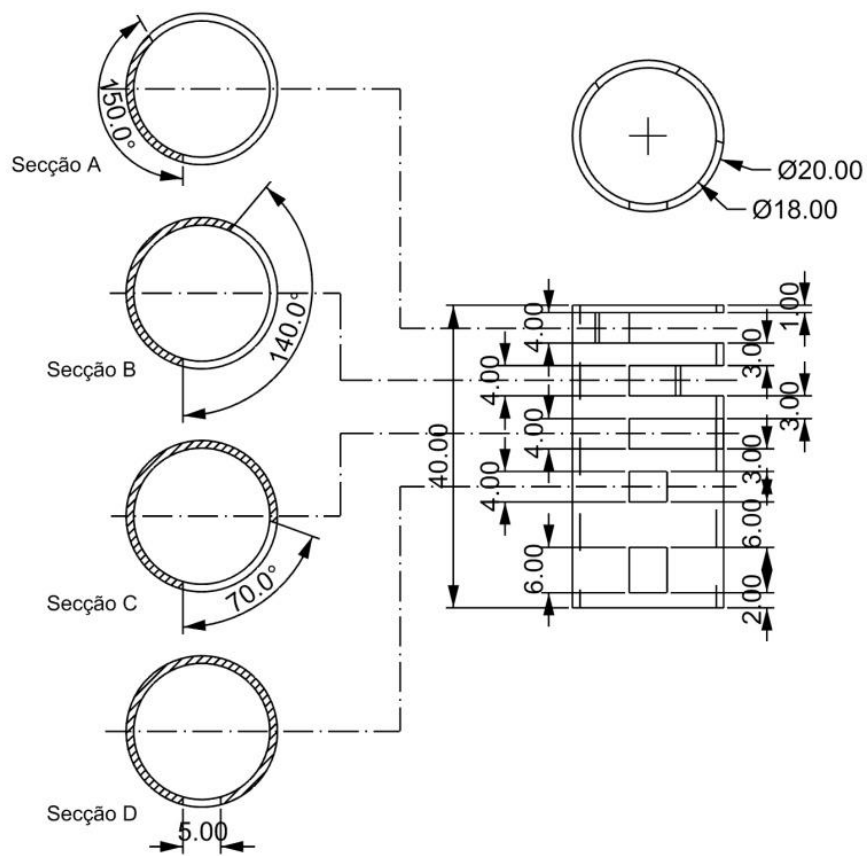
BACHARELADO EM DESIGN		Escala: 1:2	Des. Nº: 03
-----------------------	--	----------------	----------------

Projeto: Solari	Unidade: MM	Data: 07/07/2015
--------------------	----------------	---------------------

Nome: Flávia Aparecida Silveira	Orientador: Alexandre Vieira Pelegrini		03
------------------------------------	---	--	----



Pça nº: 3	Denominação: Base	Quant.: 1	Material: Polietileno de Alta Densidade	
Observação:				
BACHARELADO EM DESIGN			Escala: 1:2	Des. Nº: 04
Projeto: Solari			Unidade: MM	Data: 07/07/2015
Nome: Flávia Aparecida Silveira		Orientador: Alexandre Vieira Pelegrini		
				04



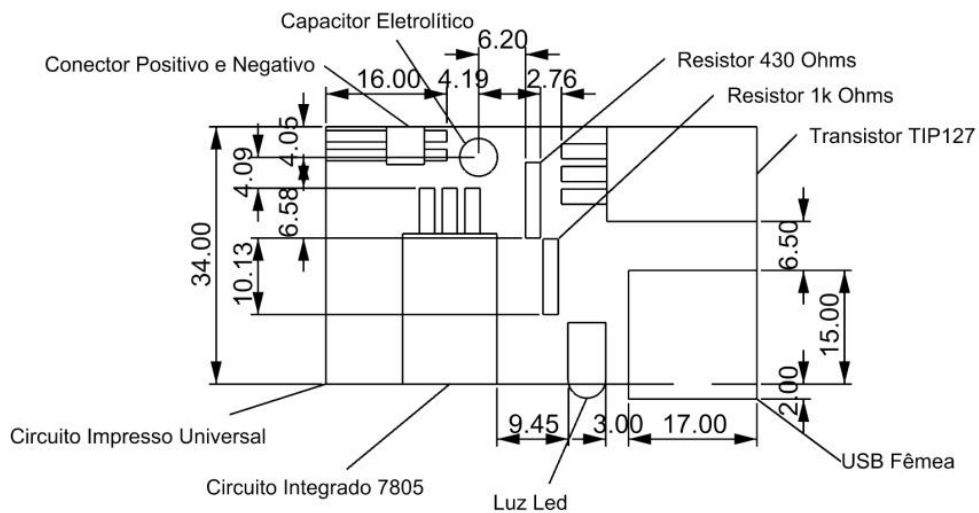
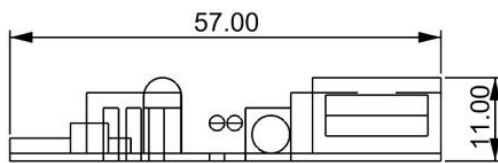
Pça nº: 4	Denominação: Eixo	Quant.: 1	Material: Polietileno de Alta Densidade
-----------	-------------------	-----------	---

Observação:

BACHARELADO EM DESIGN		Escala: 1:1	Des. Nº: 05
-----------------------	--	----------------	----------------

Projeto: Solari	Unidade: MM	Data: 07/07/2015
--------------------	----------------	---------------------

Nome: Flávia Aparecida Silveira	Orientador: Alexandre Vieira Pelegrini		05
------------------------------------	---	--	----



Pça nº: 5	Denominação: Circuito	Quant.: 1	Material: Polietileno de Alta Densidade	
Observação:				
BACHARELADO EM DESIGN			Escala: 1:1	Des. Nº: 06
Projeto: Solari			Unidade: MM	Data: 07/07/2015
Nome: Flávia Aparecida Silveira		Orientador: Alexandre Vieira Pelegrini		
				06