



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Yohanan Gil Cintra Machado

**Projeto Informacional e Projeto Conceitual de um Sistema de
Monitoramento de Consumo e Geração de Energia Elétrica**

Recife
2023

Yohanan Gil Cintra Machado

**Projeto Informacional e Projeto Conceitual de um Sistema de
Monitoramento de Consumo e Geração de Energia Elétrica**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Fernando Roberto Pereira

Recife
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Machado, Yohanan Gil Cintra.

Projeto Informacional e Projeto Conceitual de um Sistema de
Monitoramento de Consumo e Geração de Energia Elétrica / Yohanan Gil Cintra
Machado. - Recife, 2023.

62 p. : il., tab.

Orientador(a): Francisco Fernando Roberto Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Mecânica -
Bacharelado, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. Monitoramento de energia elétrica. 2. Desenvolvimento de produto. 3.
Low-cost. 4. Previsão de gastos. I. Pereira, Francisco Fernando Roberto.
(Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

Yohanan Gil Cintra Machado

**Projeto Informacional e Projeto Conceitual de um Sistema de
Monitoramento de Consumo e Geração de Energia Elétrica**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro Mecânico” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Mecânica.

Recife, 07 de Agosto de 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Francisco Fernando Roberto Pereira, Dr.
DEMEC - CTG - Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Justo Emilio Alvarez Jacobo, Dr.
DEMEC - CTG - Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Janaína Moreira de Meneses, Dr^a.
DEMEC - CTG - Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me permitido chegar até aqui e vencer este curso, concluindo mais uma importante etapa da vida. Quero agradecer também ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco Pereira, pela orientação e dedicação ao longo deste projeto, mesmo diante dos obstáculos que surgiram.

Não posso deixar de expressar minha gratidão à minha querida Manuela, aos meus pais Gilson e Luciana e aos meus irmãos Gil Markos e Suelen pelo apoio e incentivo constantes ao longo desta jornada. Ao meu amigo Marcelo, meu sincero agradecimento pelo incentivo e pelas trocas de conhecimentos e informações. Vocês foram essenciais para que eu pudesse enfrentar os desafios e seguir em frente, sendo uma fonte valiosa de inspiração e motivação durante todo o processo.

Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e encorajamento de cada um de vocês. Estou verdadeiramente grato pela contribuição de todos e por fazerem parte dessa conquista. Obrigado!

RESUMO

O desenvolvimento de sistemas de energias limpas (energia verde) tem se tornado realidade em todo o globo, tendo em vista a crescente demanda por energia e o latente cuidado com o meio ambiente. Com isso, um produto que surge para complementar essa tendência é um sistema que monitore a geração e o consumo de energia para que haja um gerenciamento efetivo dos recursos, sendo aplicável desde residências até indústrias. O projeto contemplou o desenvolvimento de um conceito de sistema de monitoramento das energias elétricas, tanto a energia gerada (seja por meio de painéis solares ou outras fontes) quanto a consumida por equipamentos como lâmpadas, geladeiras, ventiladores, chuveiros, dentre outros. Inicialmente, foi realizado um desenvolvimento de um projeto informacional. Esse trabalho utilizou uma metodologia de projeto de produtos baseada em metodologias aplicadas e validadas pela teoria e prática do mercado mundial tendo em vista uma melhor organização e uma maior previsibilidade do desenvolvimento do produto. Foi, então, realizado um estudo de mercado, comparando produtos já existentes e estabelecendo as especificações conforme os dados obtidos por meio de uma pesquisa informacional com clientes em potencial, estabelecendo-se as personas de usuário. Além disso, o projeto foi capaz de reunir as necessidades de um determinado público, estabelecer os requisitos do projeto e transformá-los em especificações-meta visando um produto *low-cost*. Esse estudo trouxe como resultado um caminho do desenvolvimento de um produto em potencial, com toda a estrutura e planejamento já prontos para a execução, abrangendo tanto o aplicativo para o monitoramento do consumo e geração de energia (*software*) quanto o equipamento que realiza a medição (*hardware*).

Palavras-chave: Monitoramento de energia elétrica, desenvolvimento de produto, *low-cost*, previsão de gastos.

ABSTRACT

The development of clean energy systems (green energy) has become a reality worldwide, given the growing demand for energy and the underlying concern for the environment. As a result, a product that emerges to complement this trend is a system that monitors energy generation and consumption for effective resource management, applicable from households to industries. The project encompassed the development of a concept for an electrical energy monitoring system, covering both generated energy (whether from solar panels or other sources) and energy consumed by devices such as lights, refrigerators, fans, showers, among others. Initially, an informational project development was carried out. This work employed a product design methodology based on approaches applied and validated by both theory and practice in the global market, aiming for better organization and enhanced predictability in product development. Subsequently, a market study was conducted, comparing existing products and establishing specifications based on data gathered through informational surveys with potential customers, thereby defining user personas. Moreover, the project managed to gather the needs of a specific audience, define project requirements, and transform them into target specifications with a focus on a low-cost product. This study yielded a pathway towards the development of a potential product, with all the structure and planning already prepared for execution, encompassing both the application for energy consumption and generation monitoring (software) and the measurement device (hardware).

Keywords: Electrical energy monitoring, product development, low-cost, expenditure forecasting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curva etapa x custo relativo: a- custo de alterações; b- comprometimento de custo do produto.	14
Figura 2 – Funil de Decisões.	16
Figura 3 – Modelo de um PDP.	17
Figura 4 – Fluxograma do processo de Planejamento do Projeto.	18
Figura 5 – Ciclo de vida segundo a evolução das vendas do produto.	20
Figura 6 – Ciclo de vida segundo a evolução das vendas do produto.	20
Figura 7 – Ciclo de vida com redesenho segundo a evolução das vendas do produto.	21
Figura 8 – Informações principais e dependência entre as atividades da fase de Projeto Informacional.	22
Figura 9 – Fluxograma do Projeto Informacional.	24
Figura 10 – Informações principais e dependências entre as atividades da fase de Projeto Conceitual.	26
Figura 11 – Fluxograma do Projeto Conceitual.	27
Figura 12 – Fluxograma geral de projeto do produto	29
Figura 13 – Medidor de energia da IE Tecnologia	32
Figura 14 – Instalação do medidor de energia da IE Tecnologia	32
Figura 15 – Analisador de energia bidirecional da DMI	33
Figura 16 – Representação esquemática do Sistema Solar Híbrido	34
Figura 17 – Medidor de energia trifásico da WEG	35
Figura 18 – Monitor de energia digital	36
Figura 19 – Medidor da Kron	37
Figura 20 – UI do aplicativo Intelbras Solar. a: Tela principal; b: Painel de controle; c: Informações do sistema	38
Figura 21 – Inversor de frequências da Intelbras com módulo que ativa a comunicação via <i>wi-fi</i>	40
Figura 22 – Inversor de frequências da Intelbras com módulo que ativa a comunicação via <i>wi-fi</i>	43
Figura 23 – Modelo com porta do subsistema “carcaça”	51
Figura 24 – Vista explodida do modelo com porta do subsistema “carcaça”	51
Figura 25 – Modelo com tampa parafusada do subsistema “carcaça”	52
Figura 26 – Vista explodida do modelo com tampa parafusada do subsistema “carcaça”	53
Figura 27 – Desenho técnico: Vista explodida.	58
Figura 28 – Desenho técnico: Base.	59
Figura 29 – Desenho técnico: Tampa.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comentários recorrentes no <i>Google Play Store</i> sobre o aplicativo	38
Tabela 2 – Persona 1	41
Tabela 3 – Persona 2	41
Tabela 4 – Especificações-meta definidas para o produto	42
Tabela 5 – Comparativo entre soluções para o subsistema carcaça (K)	44
Tabela 6 – Comparativo entre soluções do subsistema “conversor AC-DC” (C) . .	46
Tabela 7 – Comparativo entre soluções do subsistema “Microcontrolador” (M) . .	48
Tabela 8 – Comparativo entre soluções do subsistema “ <i>Display</i> ” (D)	49
Tabela 9 – Matriz morfológica do Projeto Conceitual	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Polímero: <i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>
AC	<i>Alternating Current</i>
CI	Circuito Integrado
DC	<i>Direct Current</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IHM	Interface Homem-Máquina
IoT	<i>Internet-of-things</i>
LCD	<i>Liquid Cristal Display</i>
MIPS	Milhões de Instruções por Segundo
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
MVP	<i>Minimum Viable Product</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PDP	Processo de Desenvolvimento do Produto
RTC	<i>Real Time Clock</i>
TC	Transformador de Corrente
TP	Transformador de Tensão
UI	<i>User Interface</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>W</i>	Watt
<i>VAR</i>	Volt-Ampère Reativo
<i>Hz</i>	Hertz
<i>kWh</i>	Quilowatt-hora
<i>V</i>	Volt
<i>kA</i>	Quilo-ampère
<i>A</i>	Ampère
<i>cm</i>	Centímetro
<i>RMS</i>	Valor eficaz
<i>g</i>	Gramma
<i>mm</i>	Milímetros
<i>kg</i>	Quilograma
<i>kW</i>	Quilowatt
<i>I</i>	Corrente
<i>VA</i>	Volt-Ampère

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	PROCESSO DE PROJETO	17
2.1.1	Planejamento do Projeto	18
2.1.2	Projeto Informacional	19
2.1.2.1	<i>Público-alvo × Personas</i>	<i>25</i>
2.1.3	Projeto Conceitual	25
2.2	PRÓXIMOS PASSOS	28
3	METODOLOGIA	29
3.1	PROPOSTA DO TRABALHO	30
4	DESENVOLVIMENTO	31
4.1	PROJETO INFORMACIONAL	31
4.1.1	Pesquisa por produtos similares	31
4.1.1.1	<i>Medidor de energia trifásico bidirecional</i>	<i>31</i>
4.1.1.2	<i>Analizador de energia bidirecional</i>	<i>33</i>
4.1.1.3	<i>Inversor solar híbrido</i>	<i>34</i>
4.1.1.4	<i>Multimedidor de energia digital trifásico</i>	<i>35</i>
4.1.1.5	<i>Monitor de energia digital</i>	<i>36</i>
4.1.1.6	<i>Multimedidor</i>	<i>36</i>
4.1.1.7	<i>Intelbras solar</i>	<i>37</i>
4.1.1.8	<i>Inversor de frequências</i>	<i>39</i>
4.1.2	Personas de Usuários	40
4.1.3	Necessidades, requisitos e especificações-meta	42
4.2	PROJETO CONCEITUAL	43
4.2.1	Carcaça (K)	43
4.2.2	<i>Hardware</i>	45
4.2.2.1	<i>Conversor AC – DC (C)</i>	<i>46</i>
4.2.2.2	<i>Microcontrolador (M)</i>	<i>47</i>
4.2.2.3	<i>Display (D)</i>	<i>48</i>
4.2.2.4	<i>Outros dispositivos eletrônicos</i>	<i>49</i>
4.2.3	Resultado do Projeto Conceitual	49
4.2.4	Projeto Conceitual da Carcaça (K)	50
4.2.5	Configurações do modelo para o subsistema “Carcaça”	50
4.2.5.1	<i>Com tampa tipo porta</i>	<i>51</i>
4.2.5.2	<i>Com tampa parafusada</i>	<i>52</i>
5	CONCLUSÃO	54

REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE A – Desenho técnico da carcaça.	58

1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia no último século tem implicado em grandes progressos para a humanidade, o que tem facilitado bastante a vida do ser humano em diversos aspectos, além de melhorar o conforto e praticidade para a realização de muitas tarefas. De acordo com a *United Nations News* (2022), há muitas discussões em conferências internacionais sobre consumo e geração de energias renováveis (ou "verdes" como solar, eólica e hidrelétrica) para conter a ampla utilização dos combustíveis não-renováveis (como o uso dos combustíveis fósseis através da queima, como o carvão e o petróleo).

De fato, a maior busca por energia para suprir fatores como o crescimento populacional e a industrialização (MUTEZO; MULOPO, 2021; DEPREN *et al.*, 2022) é uma tendência liderada pela China, seguida pelos Estados Unidos da América e logo em seguida pelo Brasil (SHETWI, 2022). Isso regirá o comportamento humano nos próximos anos, haja vista as restrições globais impostas à geração de energia não renovável. Visando a economia necessária por conta do maior uso da energia, um sistema de medição de energia se faz necessário visando um maior controle de quanto se utiliza, independente de qual fonte geradora provenha essa energia.

O desenvolvimento deste trabalho examinou uma das necessidades do mercado, já que há uma escassez de produtos do tipo que sejam de uso intuitivo e ininterrupto, e ainda maior é essa escassez se restringir as buscas e análises ao Brasil. A maior fabricante do Brasil no ramo é a IntelBras (2022) que, embora não tenha um medidor de energia consumida, tem equipamentos (como o inversor de frequência) que possibilitam a medição da energia produzida por um sistema fotovoltaico e que, ainda assim, têm diversas reclamações dos clientes quanto ao funcionamento inconstante do *software*. Outras empresas de menor porte, como a IE Tecnologia (2022), produzem medidores de consumo de energia elétrica e outras, como a ISSO Telecom (2022), possuem medidores bidirecionais de energia (que medem a produção e o consumo de energia elétrica), mas o sistema de monitoramento não é organizado e nem intuitivo. Tendo isso em vista, foi proposta uma alternativa para suprir a demanda por um sistema que seja organizado, intuitivo e estável.

Por fim, esse projeto realizou com sucesso as etapas iniciais (projeto informacional e projeto conceitual) do desenvolvimento de um importante produto, considerando as maiores dificuldades e vontades de uma rede de clientes em potencial. Foi realizado um estudo de mercado, analisando produtos já existentes e estabelecendo via *Google Forms* um primeiro contato com possíveis clientes e com clientes de outras empresas que já obtiveram alguma experiência de uso em produtos de aplicação minimamente semelhante. Essas pessoas relataram suas experiências, incluindo o que sentem falta ou poderia melhorar e o que acham positivo. Com isso, foi possível encontrar e definir as personas de usuário para que, por meio delas, os clientes em potencial pudessem ser melhor definidos. Unindo e analisando todos os dados elencados até o final do projeto informacional (que consistiu

majoritariamente no levantamento desses dados), foi observado um padrão consistente que permitiu desenvolver toda a ideia do produto de forma que as especificações-meta fossem estabelecidas a partir dos requisitos observados na pesquisa e fossem possíveis ser alcançadas. As etapas de projeto preliminar e projeto detalhado podem ser conferidas em Santana (2023).

1.1 OBJETIVOS

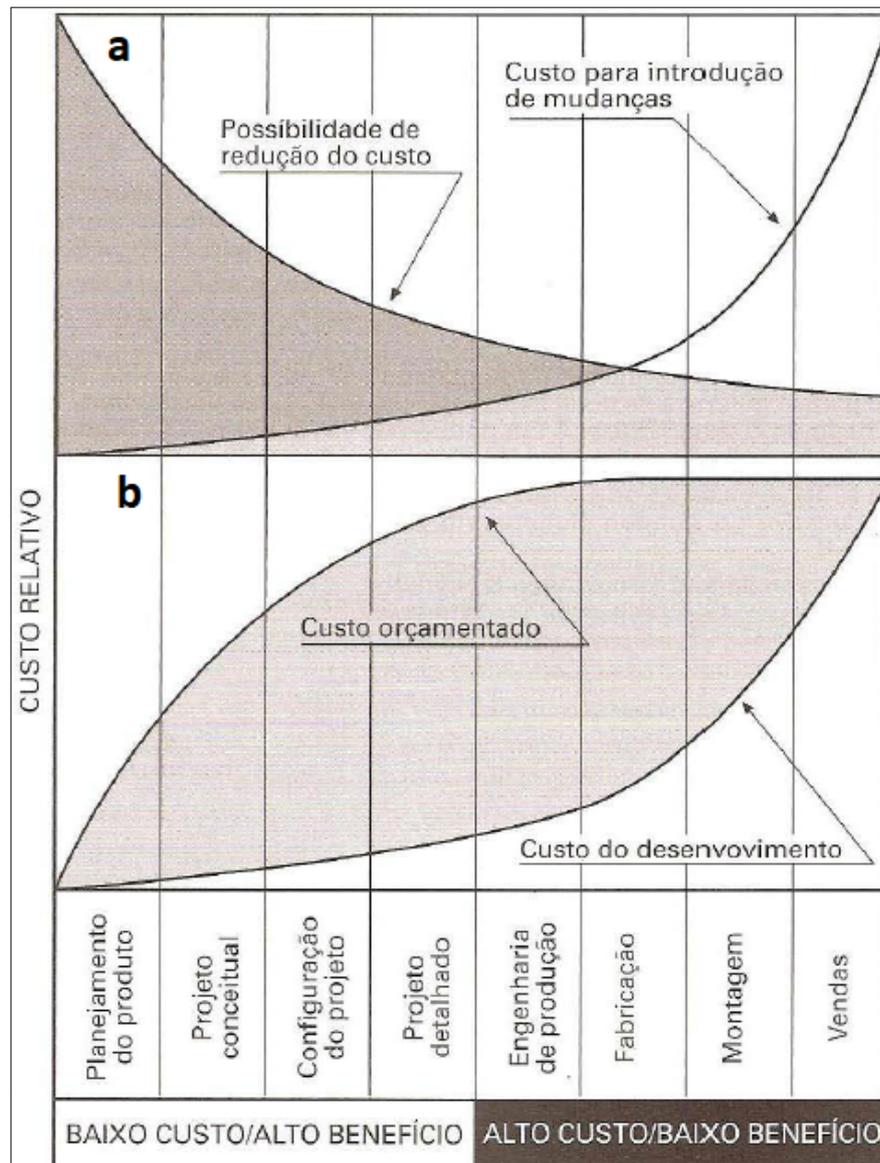
O objetivo geral deste projeto foi realizar o projeto informacional e o projeto conceitual de um sistema de monitoramento de consumo e geração de energia elétrica. Além disso, os passos para que esse objetivo fosse atingido estão listados abaixo através dos objetivos específicos.

- a) Examinar os tipos de sistemas similares já existentes no mercado por meio de um projeto informacional;
- b) Realizar uma pesquisa a respeito dos requisitos dos clientes em potencial;
- c) Elaborar as personas de usuário visando aprimorar a usabilidade do projeto;
- d) Definir as especificações-meta a partir dos requisitos de projeto elencados e coletados no projeto informacional;
- e) Analisar as características dos produtos elencados no projeto informacional e selecionar as que tendem a atender aos requisitos do projeto, fazendo isto por meio do projeto conceitual.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Preliminarmente, Rozenfeld (2007) apresenta uma consideração sobre essa temática mostrando as dificuldades, necessidades de inovação e custos do processo de criação do projeto. Ele explica que as decisões de impacto do projeto são tomadas nessa fase inicial como tecnologias, materiais e processos de fabricação que, embora estejam sujeitas a alterações ao longo do projeto, os rumos são decididos aqui. Isso implica diretamente em a maior parte dos custos estar alocada nessa parte, podendo representar cerca de 85% do valor do produto final já que, posteriormente, serão definidas as tolerâncias, fornecedores, cadeia de suprimentos, arranjo físico da produção, protótipo, *marketing*, dentre outros (ROZENFELD *et al.*, 2007).

Figura 1 – Curva etapa x custo relativo: a- custo de alterações; b- comprometimento de custo do produto.



Fonte: Baxter (1998)

Tendo em vista as grandes incertezas dessa fase inicial na qual há o maior custo do projeto (ou ao menos são definidos), é realizado o gerenciamento de riscos através do PDP (Processo de Desenvolvimento dos Produtos), gerando assim uma vantagem competitiva. Baxter (1998) chega a um resultado semelhante ao de comprometimento de custo conforme a Figura 1.b. Além disso, a Figura 1.a mostra que, embora seja possível alterar algo em qualquer etapa do desenvolvimento do produto, o custo agregado pode ser bastante elevado e não compensar.

Rozenfeld (2007) afirma que um produto pode ser definido por dois pontos de vista diferentes: o ponto de vista comercial e o ponto de vista técnico. Pelo primeiro, um produto é caracterizado simplesmente como qualquer objeto — de natureza material ou imaterial — que o consumidor recebe quando realiza uma compra. Em contraponto, pelo segundo, um produto é uma concatenação de sistemas e subsistemas que atuam (de forma integrada ou não) com o intuito de realizar uma determinada atividade, submetidos a restrições de qualquer natureza.

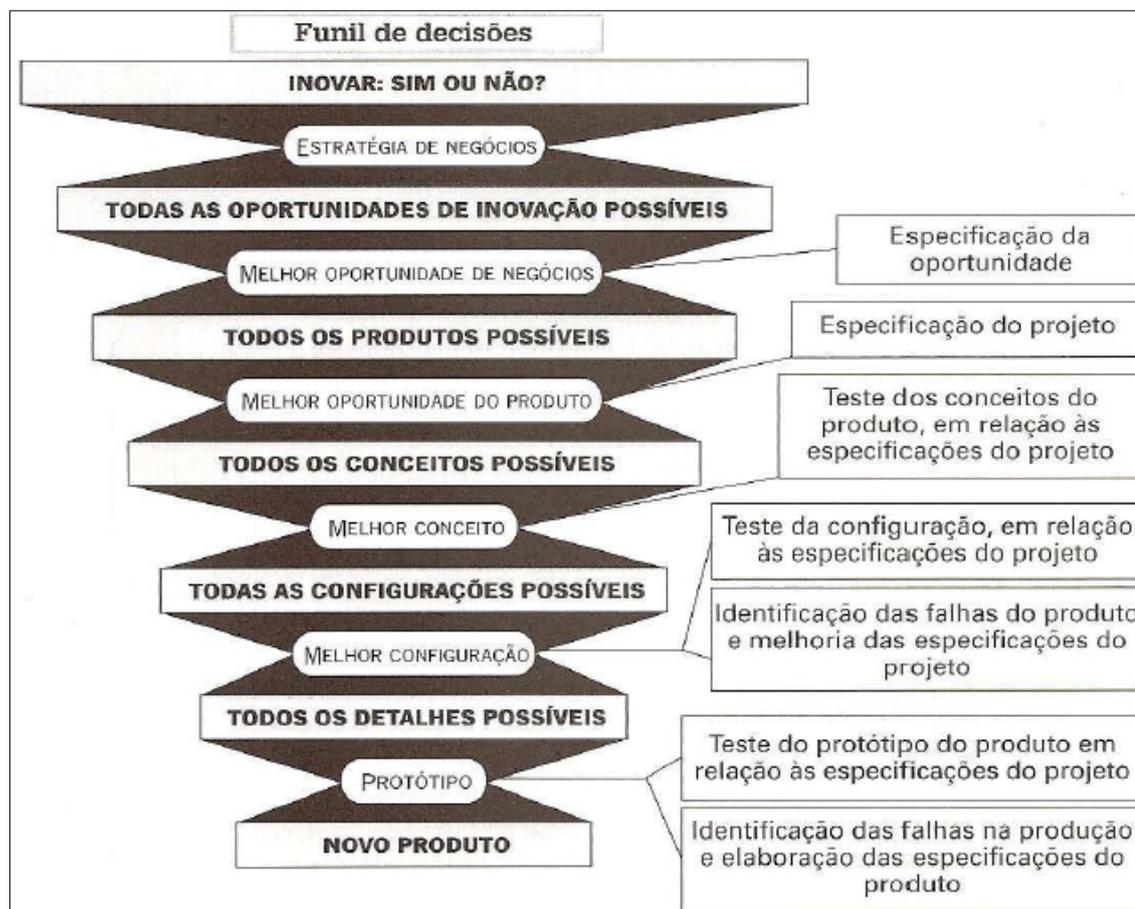
O desenvolvimento de um produto é um processo bastante complexo e amplamente estudado pelo ser humano desde os primórdios da civilização, quando objetos eram trocados entre pessoas que o faziam para suprir suas necessidades básicas (escambo), trocas estas que faziam germinar o conceito de valor. Diversas empresas, no mundo inteiro, não utilizam um processo de desenvolvimento de produto adequado, visando apenas o lançamento rápido. Normalmente, investir mais tempo no processo de desenvolvimento de um produto aumenta as chances da empresa realizar vendas com sucesso e de se manter estável por mais tempo após o lançamento do produto, além de mitigar os erros do processo de projeto e melhorar a qualidade percebida pelos clientes.

Carpes Jr. (2014) defende que um produto, para ser novo, precisa ter apenas uma característica nova, que o torna diferente dos seus semelhantes. Várias são as características possíveis para tornar um produto inédito: a criação de uma solução inovadora e o aperfeiçoamento de uma solução já existente são exemplos disso. Tais características visam suprir uma ou mais necessidades do cliente, dentre elas: estética, sustentabilidade, ergonomia, funcionalidade, segurança, produtibilidade, operacionalidade, economia ou alguma outra mais específica. Como consequência, se o produto não supre a necessidade do seu público-alvo, a sua vida útil não avança de maneira adequada e assim, muitas vezes, surge um produto natimorto, ou seja, que morreu antes de nascer.

A metodologia de projeto de um produto parte do princípio de elencar as especificações de projeto que suprem as necessidades do público-alvo. A seguir, são utilizadas as especificações percebidas nas necessidades do público para desenvolver a cadeia de sistemas e subsistemas capaz de definir o produto, sendo este último passo chamado de síntese funcional. Logo após, são escolhidas as melhores formas de produzir cada subsistema da etapa anterior. Então, há o desenho dos subsistemas de maneira geral, escolhendo os materiais, formas, dimensões e método de produção. Por fim, passa-se ao projeto detalhado,

no qual são documentadas todas as formas, tamanhos, métodos de fabricação e outros detalhes finais, que são colocados exatamente como serão desenvolvidas na prática.

Figura 2 – Funil de Decisões.



Fonte: Baxter (1998)

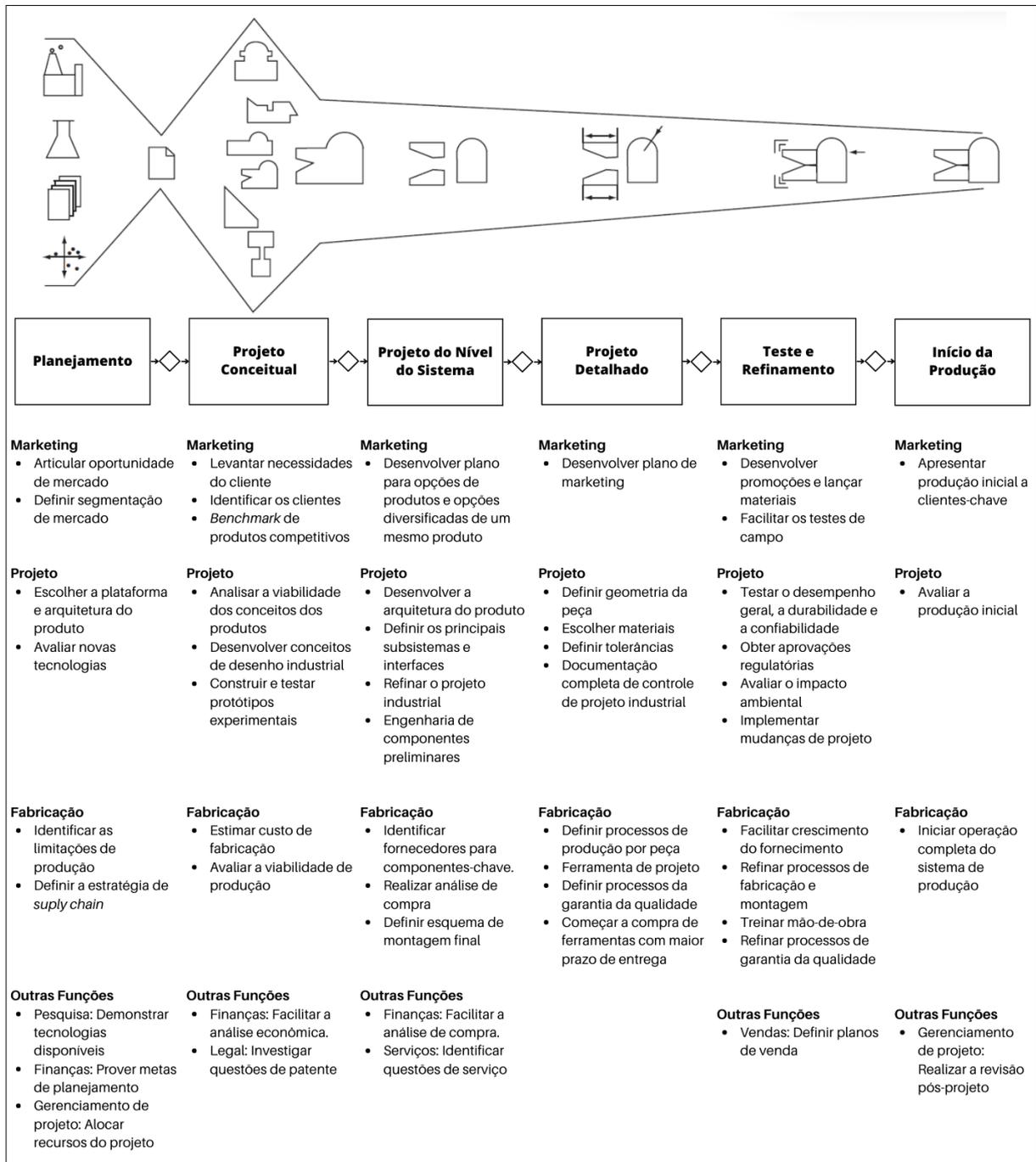
Rozenfeld (2007) coloca ainda a importância de desenvolver um PDP que oriente as etapas do projeto a serem realizadas visando um projeto final bem sucedido. Para isso, ele divide os processos em etapas de planejamento (do produto e do projeto), processo de projeto e implementação de projeto, sendo que cada processo contém fases próprias e exclusivas. Este trabalho foca no processo de planejamento do produto, que permitiu um desenvolvimento de projeto e implementação, conforme vê-se em Santana (2023).

Define-se processo como um andamento ou sequência de procedimentos que apresentem certa regularidade ou se desenvolvem de forma sistemática (PROCESSO, 2022) e fase como cada uma das etapas de algo em progresso (FASE, 2022). Ao final de cada uma dessas, há um período de avaliação (*gate*) dos resultados obtidos (*deliverables*) em cada uma das fases, já que cada uma se torna a base da próxima.

De forma geral, Baxter (1998) montou um funil de decisões (Figura 2) que resume bem o PDP, conforme será visto ao longo da fundamentação teórica desse projeto. Além disso, Ulrich (2020) apresenta um modelo que explicita bem cada passo do que é feito em

cada etapa do PDP, acompanhado de uma figura que ilustra o que está acontecendo em cada um deles (Figura 3).

Figura 3 – Modelo de um PDP.



Fonte: Adaptado de Ulrich (2020)

2.1 PROCESSO DE PROJETO

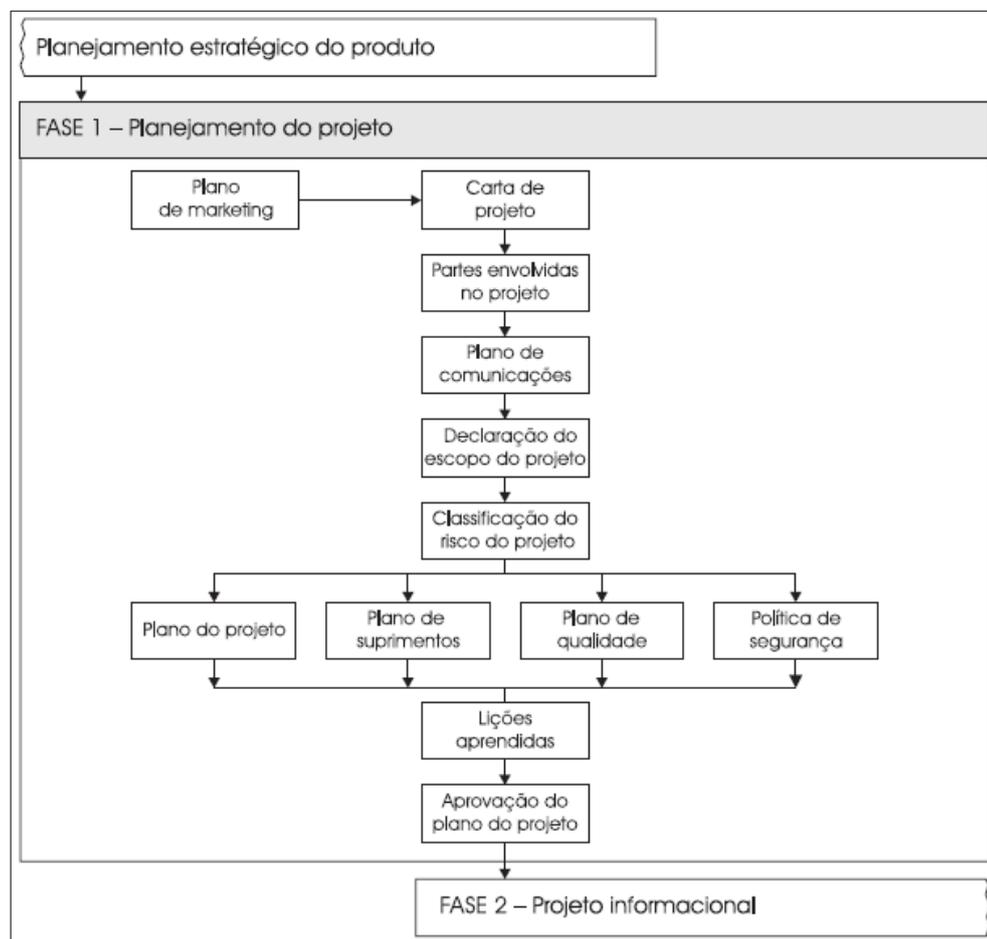
Para entender o desenvolvimento deste trabalho, é importante conhecer e compreender em que consiste o processo de projeto, que é a etapa na qual o projeto é alavancado,

buscando uma organização para o desenvolvimento sem que haja um tempo perdido, viabilizando o projeto. Esse processo se forma por meio de quatro fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Posteriormente, serão apresentadas individualmente as etapas utilizadas neste projeto, que foram as de projeto informacional e de projeto conceitual. As fases de projeto preliminar e projeto detalhado podem ser conferidas em Santana (2023).

2.1.1 Planejamento do Projeto

Diferentemente dos demais autores, Back (2008) separa o conceito de planejamento do projeto das demais etapas do planejamento do produto.

Figura 4 – Fluxograma do processo de Planejamento do Projeto.



Fonte: Back (2008)

Enquanto Rozenfeld (2007), Carpes Jr. (2014) e Baxter (1998) trazem esse conceito como algo introdutório ao projeto, Back coloca-o como uma parte inicial do processo do projeto. Essa fase se resume aos processos de planejar o produto antes de iniciá-lo, como mostra a Figura 4. A partir do escopo do produto, avalia-se a viabilidade de prosseguir com a ideia e o desenvolvimento do projeto e do produto. No mais, essa fase não se distingue do que já foi apresentado anteriormente.

2.1.2 Projeto Informacional

Uma das ideias que há no estudo da sociedade é a de que a consciência humana é moldada pelo ambiente social em que as pessoas vivem, e não o contrário. Essa ideia não é diferente do ponto de vista de produtos, tendo em vista que a necessidade de cada indivíduo surge da coletiva, embora seja afetada conforme a análise de necessidade individual. Carpes Jr. (2014) toma essa premissa como verdadeira quando afirma que a percepção da necessidade de compra surge do coletivo, passando pela individual, o que leva à resposta (a aquisição em si) visando satisfazê-la. Cita-se como exemplo aqui a aquisição de um *smartphone*, tendo em vista que um determinado grupo de pessoas prioriza câmera como critério de escolha, enquanto outros priorizam o processador, outros a bateria, outros o *display*, outros a modernidade do sistema operacional, dentre outras razões que se traduzem em necessidades do coletivo, cujo motivo de aquisição leva em conta a necessidade individual.

Juran (1992), reconhecido por seus trabalhos no ramo da qualidade, traz a ideia de que os clientes podem sentir diferentes tipos de necessidade, sendo elas as reais, declaradas, percebidas, culturais e atribuídas a usos inesperados. As necessidades reais são aquelas que o indivíduo realmente precisa para sobreviver (como água e alimento); as necessidades declaradas são as vontades de aquisição (como um carro ou um celular); as percebidas são um caso particular das declaradas, que é quando o cliente declara desejar adquirir algo a partir de sua percepção de necessidade (como uma calculadora gráfica); as culturais são aquelas que o indivíduo busca em prol de uma inserção ou aceitação por parte da sociedade (como uma camisa de determinado time de futebol); e, por fim, as atribuíveis a uso inesperado diz respeito ao desejo de aquisição de algo para uma finalidade diferente da proposta originalmente (como adquirir um violão apenas para enfeite de parede ou uma caneca para colocar lápis).

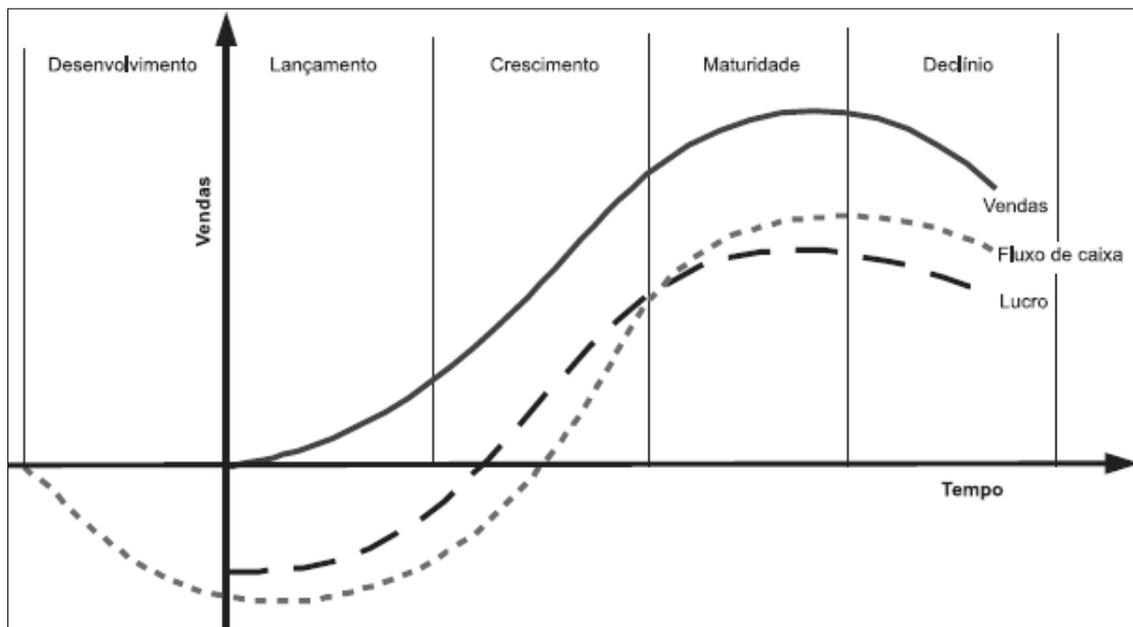
Nessa fase, é trazida uma ideia a respeito do projeto a partir de um *brainstorming* (que é uma reunião de ideias fornecidas por envolvidos no projeto); são definidas personas, coletadas informações e necessidades dos usuários, definidos os requisitos do produto e as especificações-meta, ou seja, é a fase na qual busca-se compreender e suprir quaisquer necessidades para atender à demanda da sociedade e/ou do indivíduo.

Entende-se por necessidade dos usuários alguns pontos de vista e opiniões deles a respeito de como deveria ser o produto final (ROZENFELD *et al.*, 2007). Os requisitos dos produtos são exigências em relação ao produto que limitam o projeto de acordo com os atributos dele e também que reflitam as necessidades dos usuários. As especificações-meta são os requisitos dos produtos traduzidos à linguagem técnica, definindo parâmetros mensuráveis e estabelecendo o desempenho e dimensões requeridas (valores-meta).

Além disso, uma etapa a ser considerada é a análise do ciclo de vida do produto (ROZENFELD *et al.*, 2007). Nela é possível ver cada estágio do processo e do desenvolvimento dele, que vão desde os primeiros esforços para sua criação até além do tempo

no qual ele ainda está em fase de produção, sendo válido enquanto houver fabricação de componentes para reposição e manutenção, conforme mostra a Figura 5.

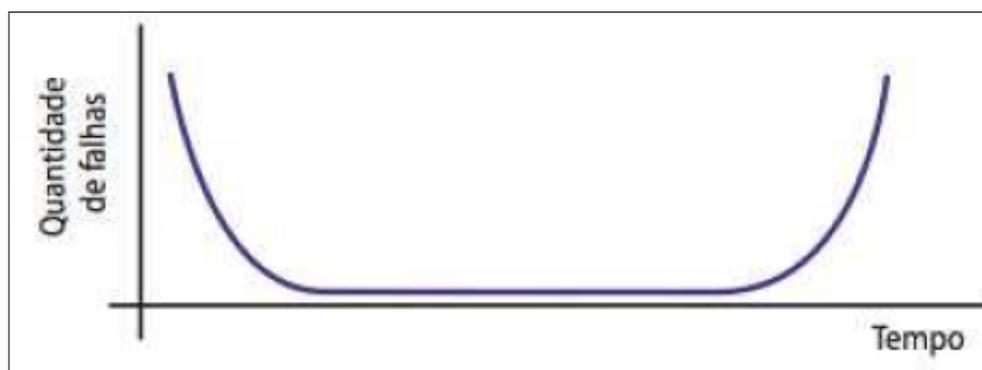
Figura 5 – Ciclo de vida segundo a evolução das vendas do produto.



Fonte: Rozenfeld (2007)

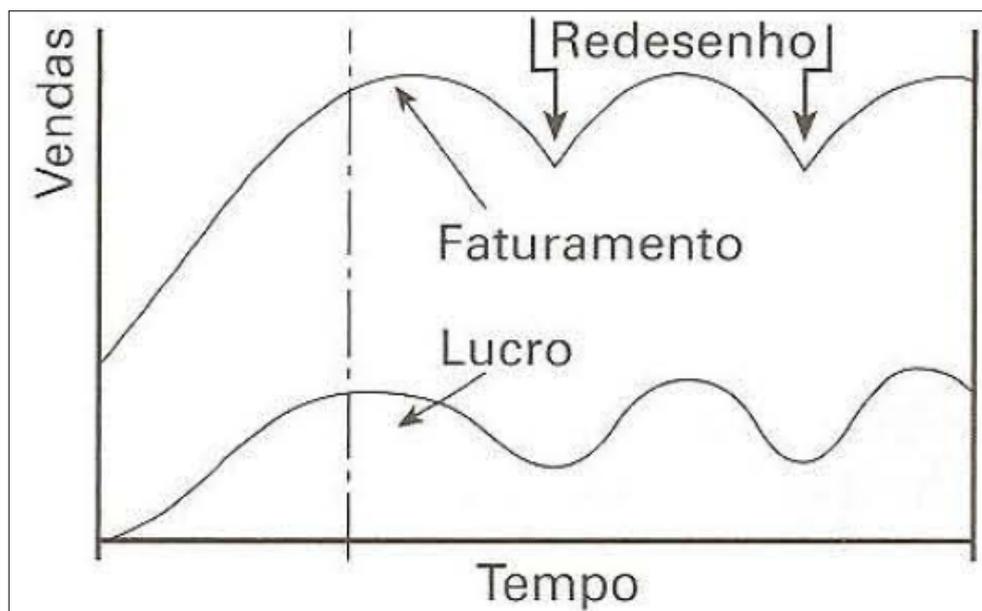
Baxter (1998) e Carpes Jr. (2014) trazem uma análise semelhante do ciclo de vida de um produto, defendendo que os produtos têm seu consumo reduzido e descarte antecipado (o que faz a fase da saturação) por conta de alguns fatores como o surgimento de outros produtos mais atrativos ou problemas inesperados. Baxter (1998) traz ainda a ideia de que, quando se inicia a fase de declínio, pode-se remodelar o produto visando concorrer com os novos do mercado, o que faria com que ele permanecesse em vendas e disputando mercado com os novos lançados (Figura 7). Além disso, Carpes Jr. (2014) afirma que os produtos permanecem no mercado por um bom tempo, até que a taxa de problemas aumente e desmotive o uso, levando ao descarte (Figura 6).

Figura 6 – Ciclo de vida segundo a evolução das vendas do produto.



Fonte: Carpes Jr. (2014)

Figura 7 – Ciclo de vida com redesenho segundo a evolução das vendas do produto.



Fonte: Baxter (1998)

Carpes Jr. (1995) elucida algumas ideias interessantes a respeito da maneira de perceber as necessidades do consumidor, que é dada em oito passos: definição do caso a ser estudado, definição do mercado de atuação da empresa, definição dos clientes, coleta de informações, pesquisa e avaliação das mudanças ocorridas, pesquisa e avaliação das alterações percebidas, concepção e avaliação das formas de adaptação e concepção e avaliação das ideias de produtos.

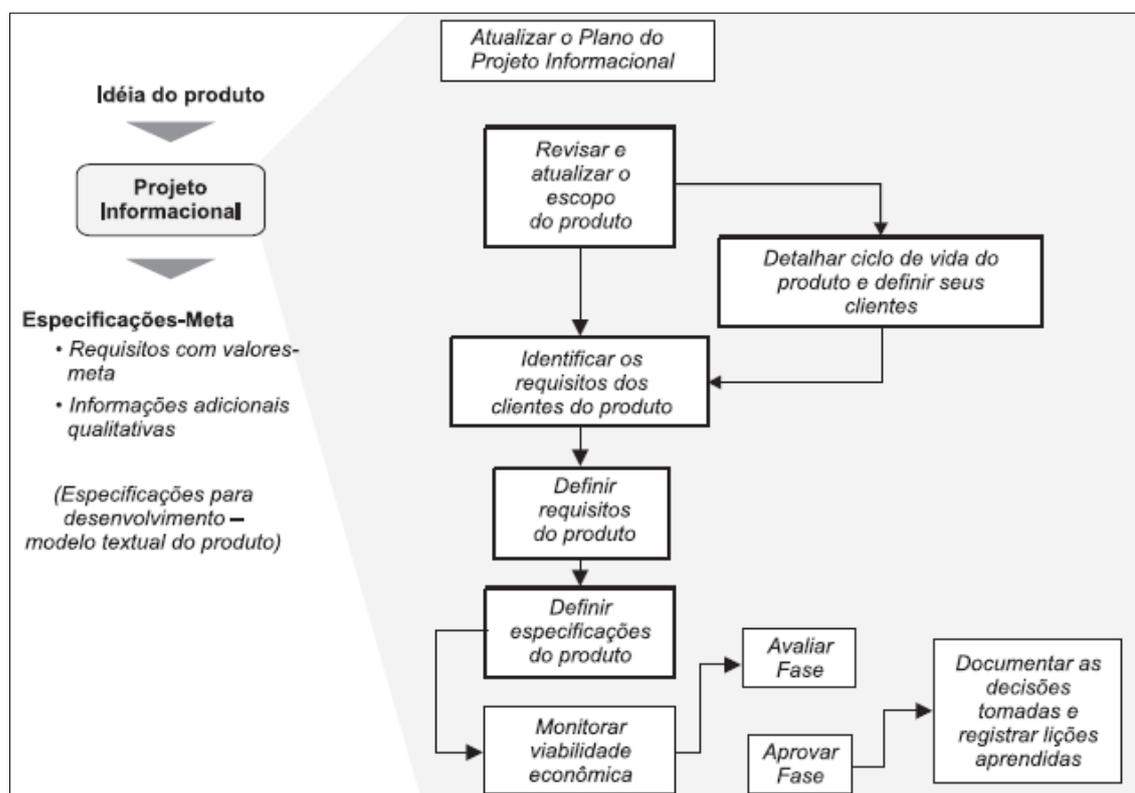
Então, primeiro definem-se metas e parâmetros (como atualizar um produto), definem-se as atividades da empresa (tudo isso com acompanhamento frequente e busca por aprimoramento visando a qualidade (JURAN, 1992)), identificam-se os clientes em potencial, coletam-se informações adicionais que permitem analisar tendências, analisam-se mudanças ocorridas (seja em ambiente, na empresa, dos clientes ou outras possíveis mudanças), estuda-se o que essas mudanças provocam nos clientes, busca-se amenizar os impactos da alteração e aplica-se isso ao produto visando ter sucesso entre os usuários. Wilkie (1986) diz que as chances de sucesso dependem da vantagem relativa, complexidade, comunicabilidade, compatibilidade e risco percebido.

As necessidades dos usuários podem ser coletadas de diversas fontes, como eventos (congressos, conferências, feiras, dentre outras), publicações (artigos, patentes, dissertações, dentre outras), instituições (universidades, instituições de pesquisa, institutos federais, dentre outros), empresas (*sites* de empresas especializadas, de produtos, demanda de ambientes físicos, dentre outros) e até mesmo pela sociedade. Para que seja possível entendê-las após o levantamento, realizam-se pesquisas entre o nicho específico de possíveis clientes a fim de determinar o público-alvo ou personas de usuários, como será abordado mais adiante.

Baxter (1998) afirma que os produtos, quando bem planejados e especificados, podem aumentar as chances de sucesso em cerca de 2,4 vezes. Por isso é importante definir e descrever bem a ideia do produto sabendo o que ele é, seu nome, finalidade, clientes, local de uso, concorrência, dentre outros, tendo em vista que essas informações se tornam diretrizes para o projeto. A partir disso, é realizada definição dos requisitos do projeto (ou exigências ao produto), que são a interpretação das necessidades do consumidor. Isso também impõe limites ao projeto e, por sua vez, originam as especificações-meta que subsequentemente definem o resultado esperado do produto. Portanto, percebe-se que, tendo um planejamento e especificação precisos, o resultado das especificações-meta e, logo, do produto final tende a ser mais alinhado às vontades e expectativas do consumidor final, culminando numa maior taxa de sucesso (BAXTER, 1998).

Uma prática bastante difundida para garantir atender os requisitos do projeto é o *benchmarking*, que compara produtos similares já existentes buscando alcançar e até superar e melhorar os pontos positivos e corrigir dos pontos que precisam de atenção, trazendo assim uma maior aceitação do produto por parte do público, e buscando sempre atender requisitos de segurança, estéticos, de sustentabilidade e funcionalidade, além de ergonomia, produtividade, economia e operacionalidade, tudo visando uma fabricação descomplicada e boa utilização dos clientes.

Figura 8 – Informações principais e dependência entre as atividades da fase de Projeto Informacional.

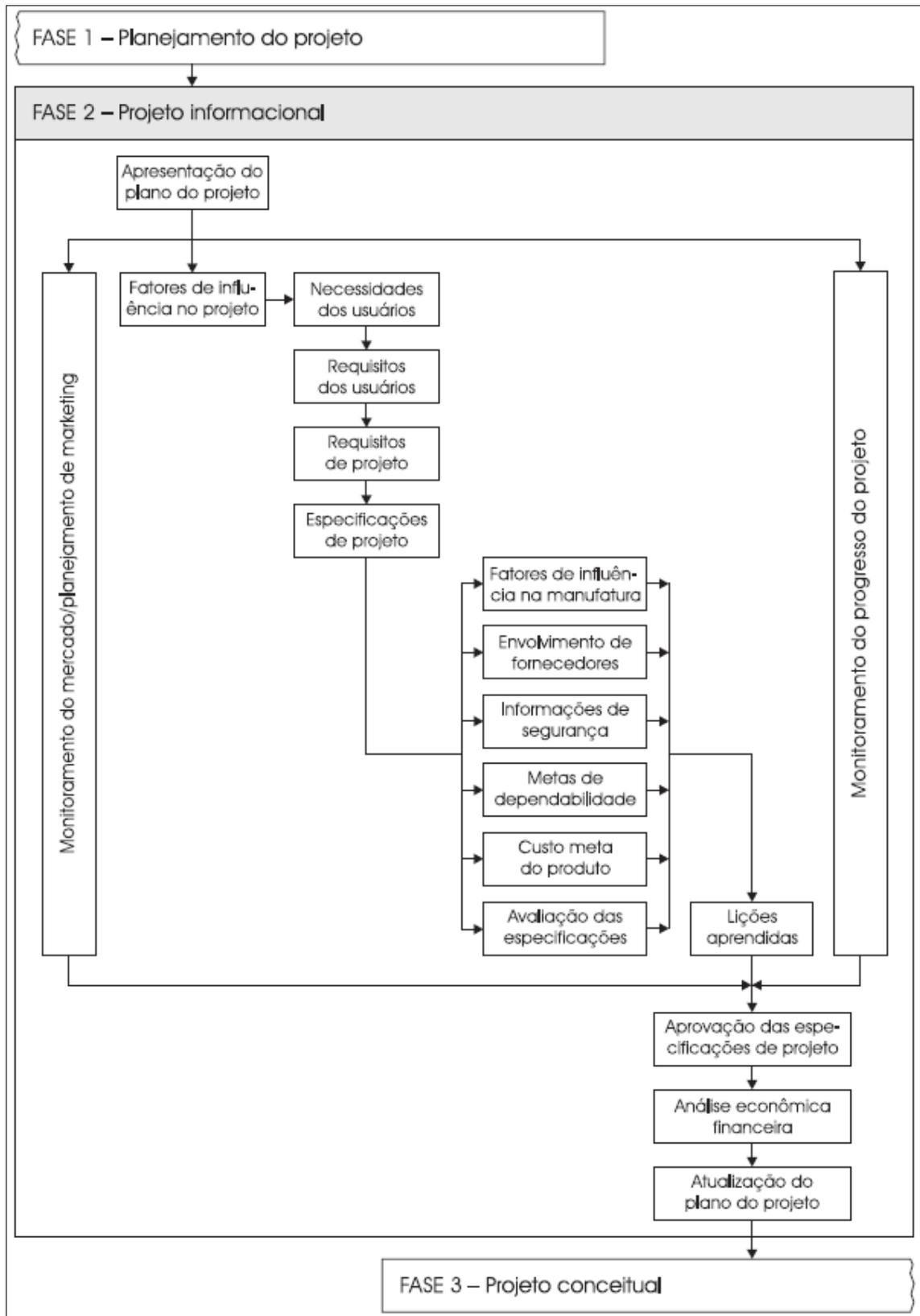


Fonte: Rozenfeld (2007)

Com os passos acima planejados, parte-se às especificações-meta, que variam de projeto a projeto conforme o conhecimento do responsável e o *benchmarking*. Por isso cabe ao projetista determinar as dimensões e colocar uma meta plausível e coerente para cada característica do produto, e esses valores darão uma direção a ele. Além disso, realizam-se análises de viabilidade econômica e financeira, acompanhando o progresso do projeto (BACK *et al.*, 2008).

Rozenfeld (2007) traz um fluxograma que resume bastante do processo de projeto informacional, como mostrado na Figura 8. Back (2008) traz também um fluxograma que mostra de forma mais destrinchada os passos da etapa do projeto informacional, como visto na Figura 9.

Figura 9 – Fluxograma do Projeto Informacional.



Fonte: Nelson Back (2008)

2.1.2.1 Público-alvo × Personas

O público-alvo é definido pela empresa a partir de um conjunto de dados de interesse ao projeto, como o poder aquisitivo, faixa etária, hábitos de consumo, profissão, localização, ramo de trabalho, dentre outros. Quando há uma definição e conhecimento suficientemente precisos a respeito do público-alvo, fica mais fácil desenvolver novos produtos voltados a ele, bem como saber quais meios de divulgação serão mais efetivos para alcançá-lo e entender qual a tendência de mercado dessas pessoas.

Com o avanço da internet, os hábitos de consumo passaram por uma revolução que permitiu que as empresas tenham uma percepção mais detalhada do consumidor e das vontades, comportamentos e aspirações. Isso permite a criação de uma “persona”, que consiste na criação de um personagem semifictício a partir dos dados de um cliente ideal. A persona vai além do público-alvo, tendo em vista que ela considera as características psicológicas e comportamentais representativas de um grupo. Sendo assim, a persona abrange desde os dados do público-alvo até a ambições, crenças, valores, dificuldades em relação aos produtos, meios de comunicação, *hobbies*, dentre outros, trazendo uma noção de quem o cliente é enquanto pessoa para que o produto se adeque melhor a ele.

2.1.3 Projeto Conceitual

Com o projeto informacional já concluído, segue-se à fase do projeto conceitual, visando escolha de solução de projeto ou conceitos do produto (podendo ser um ou mais). Carpes Jr. (2014) aborda duas metodologias que são as mais usuais para o desenvolvimento do produto: o método da síntese de funções (define um produto e particiona-o conforme a necessidade até atingir a base da divisão) e o método da estruturação do produto em parâmetros (define o que o produto faz e o divide em parâmetros, blocos ou subsistemas). Tendo em vista as maiores facilidade e organização que trazem a divisão do produto em subsistemas, este projeto segue o método da estruturação do produto em parâmetros.

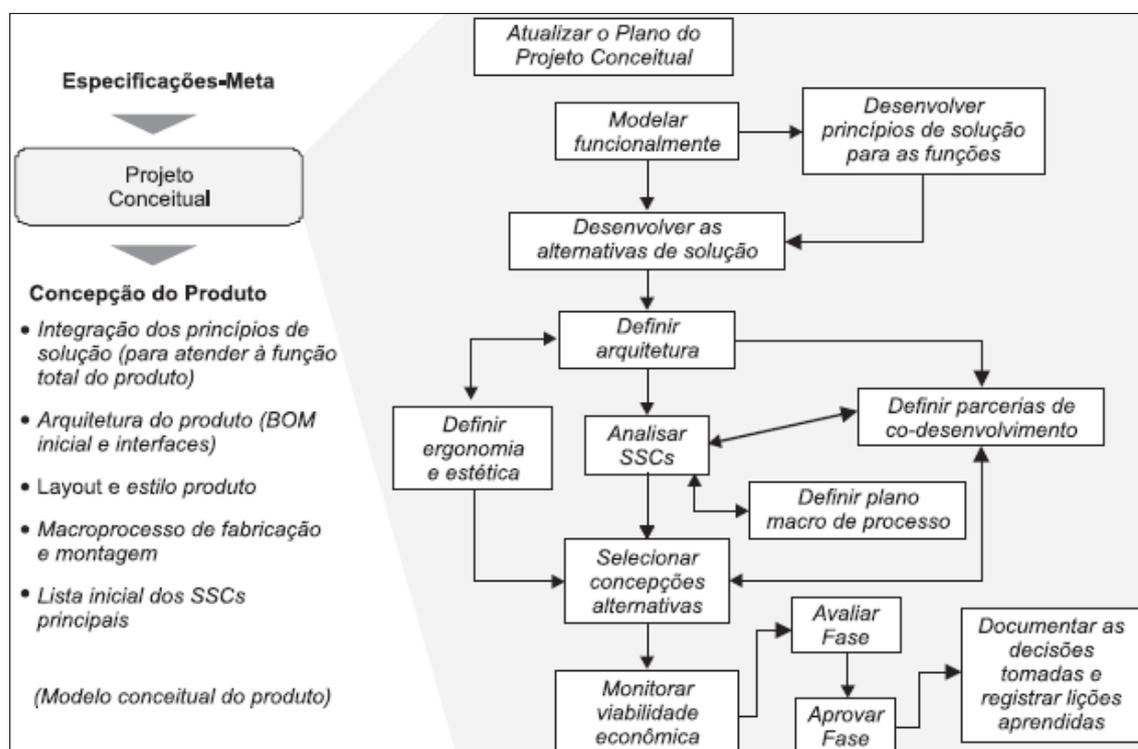
A partir das especificações-meta do produto, segue-se à divisão em sistemas, subsistemas e componentes, gerando conceitos para o produto, comparando-os com já existentes e escolhendo os melhores deles de forma que as especificações-meta sejam satisfeitas. Isso é feito a partir de um estímulo à criatividade que pode ser alcançada por meio de um *brainstorming*, pesquisa na literatura e nos catálogos do sistema ou ainda na análise de sistemas existentes.

Grosso modo, essa fase do processo de projeto propõe uma visão em partes do produto, permitindo que haja uma harmonização por completo entre as partes do projeto, gerando conceitos ou princípios de solução viáveis para o produto final e escolhendo o que mais se adéqua ao que se deseja alcançar como resultado. A estruturação é feita conforme as necessidades de cada projeto, neste caso sendo alcançada por meio da divisão em módulo, que se subdivide em sistemas, que se subdivide em subsistemas, sendo os

componentes as peças únicas (ROZENFELD *et al.*, 2007; JUNIOR, 2014; BACK *et al.*, 2008).

Para cada subsistema e componente da estruturação, é feita uma pesquisa de tecnologias já existentes no mercado e semelhantes à que está sendo desenvolvida e que sejam diferentes entre si, o que leva à elaboração das matrizes morfológicas por sistema que, como o próprio nome sugere, são tabelas que comparam o aspecto construtivo e funcional de cada sistema. Como método de geração de conceitos, faz-se uma matriz morfológica final de forma que condense todos os princípios de solução apresentados, destacando os selecionados por melhor se adaptarem ao projeto (BACK *et al.*, 2008).

Figura 10 – Informações principais e dependências entre as atividades da fase de Projeto Conceitual.



Fonte: Rozenfeld (2007)

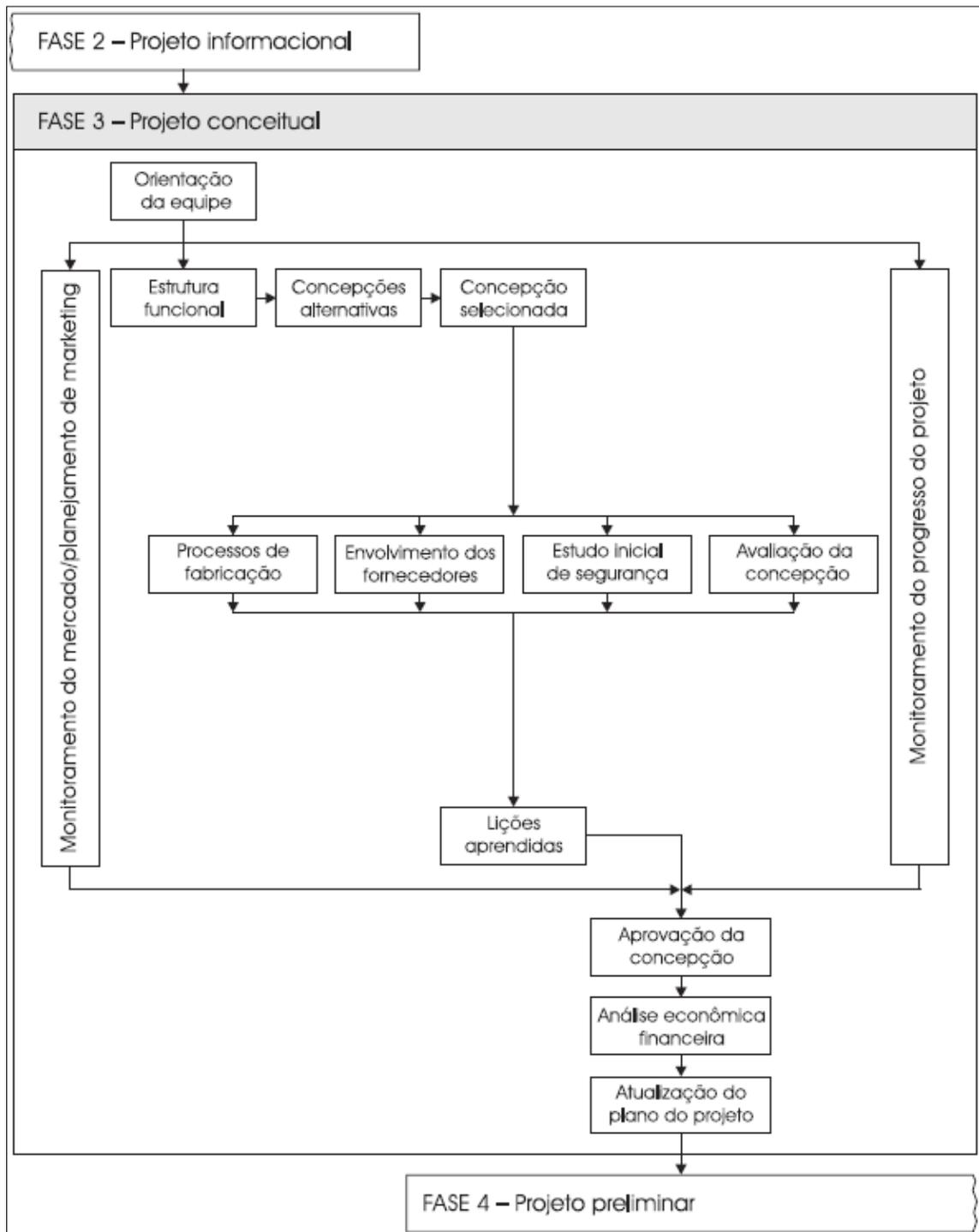
Além disso, é feito também um levantamento de tecnologias de fabricação dos componentes elencados e selecionados nessa fase do PDP, definindo prazos para o desenvolvimento das próximas etapas de projeto preliminar e projeto detalhado visando ter uma previsão de quando será entregue uma versão mínima funcional do produto (BACK *et al.*, 2008).

É importante, como já foi dito, que o projetista tenha bom senso ao definir os parâmetros, visando evitar que as características definidas e escolhidas não fujam do princípio desejado pelo cliente. Por exemplo, se algo é feito com visão de ser popular, não pode ser de alto custo e, portanto, os componentes são de qualidade inferior, visando atenuar o custo de produção e de produto para mitigar quaisquer dificuldades na aquisição

por parte do consumidor, diferentemente das características adotadas por produtos de padrão mais elevado.

Rozenfeld (2007) resume esses conceitos no fluxograma mostrado na Figura 10. Back (2008) traz também um fluxograma que mostra de forma mais detalhada os passos da etapa do projeto informacional (Figura 11).

Figura 11 – Fluxograma do Projeto Conceitual.



Fonte: Nelson Back (2008)

2.2 PRÓXIMOS PASSOS

Concluído o projeto conceitual, as etapas seguintes são o projeto preliminar (que considera a modelagem, simulações, protótipos e, posteriormente, o MVP) e o projeto detalhado (que abrange os processos de fabricação, de montagem e planejamento de custos) e essas etapas podem ser conferidas em Santana (2023). Apesar dessa sequência já estabelecida (projetos informacional, conceitual, preliminar e detalhado), é possível intercambiar as etapas do projeto, tendo em mente que isso implica em maior risco de incoerência durante o desenvolvimento que, por sua vez, pode levar à necessidade de um retrabalho em algumas etapas, além de demandar um maior tempo e custo de modificações que, quanto mais ao final do projeto, mais altos tendem a se tornar, como dito anteriormente e como visto na Figura 1.a (BAXTER, 1998).

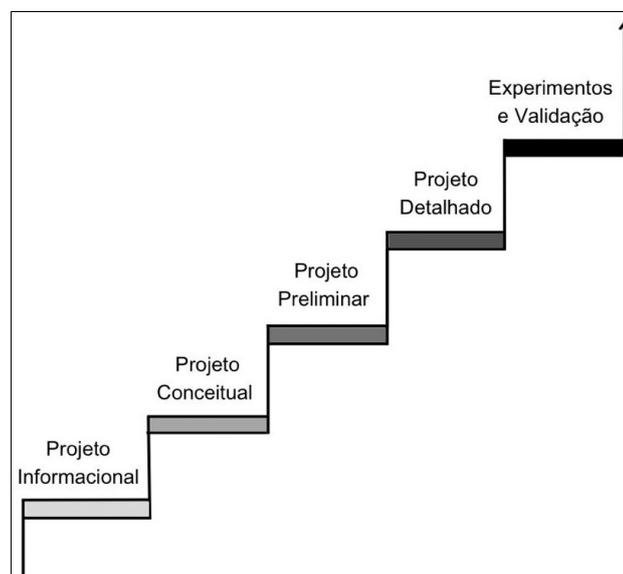
3 METODOLOGIA

Para este projeto, é importante explicar que foi desenvolvida uma pesquisa de finalidade aplicada, com objetivos descritivos, utilizando-se de uma abordagem quantitativa e qualitativa, através do método hipotético-dedutivo que, como fundamentos, foram coletados dados e procedimentos bibliográficos e pesquisa de mercado.

O desenvolvimento de um projeto parte de uma progressão de etapas (conforme visto na Figura 12, elaborada a partir da Figura 3). Para alcançar os melhores resultados, resolveu-se utilizar a metodologia de um PDP que foi estudada e analisada por diversos autores e, portanto, torna-se uma metodologia consolidada e amplamente aceita, utilizada e comprovada (ROZENFELD *et al.*, 2007; JUNIOR, 2014; BAXTER, 1998; ULRICH; EPPINGER; YANG, 2020; BACK *et al.*, 2008). Vale ressaltar que o projeto pode saltar etapas, mas isso pode criar a necessidade de voltar ou fazer mudanças mais ao final do projeto, o que, segundo Baxter (1998), acarretará em um custo elevado (Figura 1.a.). Ele diz ainda que quando um projeto é bem planejado, a chance de sucesso é cerca de 2,4x maior que quando é feito sem planejamento ou com um planejamento medíocre.

Essa metodologia segue a sequência partindo do projeto informacional (que reúne e concatena ideias a partir de um estudo de mercado, um *benchmarking* e pesquisa com clientes a partir de um formulário via *Google Forms*, levantando as especificações-meta), passando pelo projeto conceitual (que cria conceitos e escolhe os mais viáveis), seguindo para o projeto preliminar (que define, a partir dos conceitos, as melhores linhas de projeto que proporcionem o resultado esperado de forma otimizada) e o projeto detalhado (que especifica e dimensiona o que foi escolhido). A partir disso, o produto é colocado no mercado e passa ainda por modificações para possíveis melhorias e correções.

Figura 12 – Fluxograma geral de projeto do produto



Fonte: Autor (2023)

É importante salientar que serão abordadas neste trabalho apenas as etapas de projeto informacional e projeto conceitual. Futuramente, será realizado um estudo e projeto contemplando as etapas do projeto preliminar, do projeto detalhado, além dos experimentos e validação do projeto.

3.1 PROPOSTA DO TRABALHO

Este trabalho visa coletar dados e informações acerca de projetos com proposta similar já existentes no mercado, bem como as experiências dos usuários. Eles foram utilizados para comparar com os dados coletados das personas elencadas. Ao comparar essas informações, é possível prever e observar se os anseios dos usuários tende a mudar ou a permanecer. Com isso, será possível prever e estipular especificações-meta, que serão utilizadas como princípio norteador ao projetar o equipamento. Para alcançar essa proposta, foram seguidos os passos do PDP conforme a Figura 12, e desenvolveram-se os projetos informacional e conceitual.

4 DESENVOLVIMENTO

Para o início deste trabalho, foram percorridos alguns tópicos de desenvolvimento de projetos (ROZENFELD *et al.*, 2007), que forneceram uma metodologia sequencial desde o início com a pesquisa de mercado indo até ao resultado das especificações-meta.

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

Como dito anteriormente, o projeto informacional foi a primeira fase de desenvolvimento de um produto, quando são definidas as características desejadas. Então, foi realizado, primeiramente, um *bechmarking*. A seguir, foi feito um questionário via *Google Forms* e enviado a algumas pessoas visando alcançar quem tenha sistema de geração própria de energia e pessoas que desejem instalar. A partir dos dados aqui elencados, foram concatenados os dados e feita uma tabela de especificações-meta.

4.1.1 Pesquisa por produtos similares

Para iniciar os estudos e projetos, foi necessário entender se há no mercado algum produto cuja aplicação fosse similar à desejada, de forma que pudessem ser estudadas as semelhanças e buscada alguma diferença para que o projeto tivesse seu diferencial em meio à concorrência.

4.1.1.1 Medidor de energia trifásico bidirecional

O produto da IE Tecnologia, fabricado no Brasil, é um medidor de energia elétrica - como os que são instalados normalmente em casas brasileiras - bidirecional, (Figura 13). Este tipo de medidor é necessário em sistemas *on-grid*, pois a energia recebida pela rede elétrica passa pelo seu interior em um sentido e é contabilizada; já a energia elétrica produzida pelo sistema fotovoltaico, passa pelo seu interior no sentido contrário, sendo contabilizada em outra seção do sistema (Figura 14).

O fabricante clama pelas seguintes características que seu produto pode medir: potência ativa [W] e reativa [VAR] por fase e total; fator de potência por fase e total (adimensional); frequência [Hz] e geração e consumo diário e mensal ($[kWh]$, $[R\$]$).

Alguns modelos também medem a temperatura do equipamento e possuem suporte à alimentação de 127 V, 220 V ou 380 V de tensão alternada.

O produto custava R\$ 735,99. Um dos outros produtos deste fabricante é o medidor monofásico, para uso residencial, que custava em torno de R\$ 150,00. Este preço se justifica pela menor complexidade do equipamento. Para acompanhar os medidores, em alguns anúncios do fabricante também apareciam os TC's que chegam até milhares de *ampères*. O TC serve para, por exemplo, receber uma corrente de 2 kA e reduzi-la a 5 A. Isso se dá

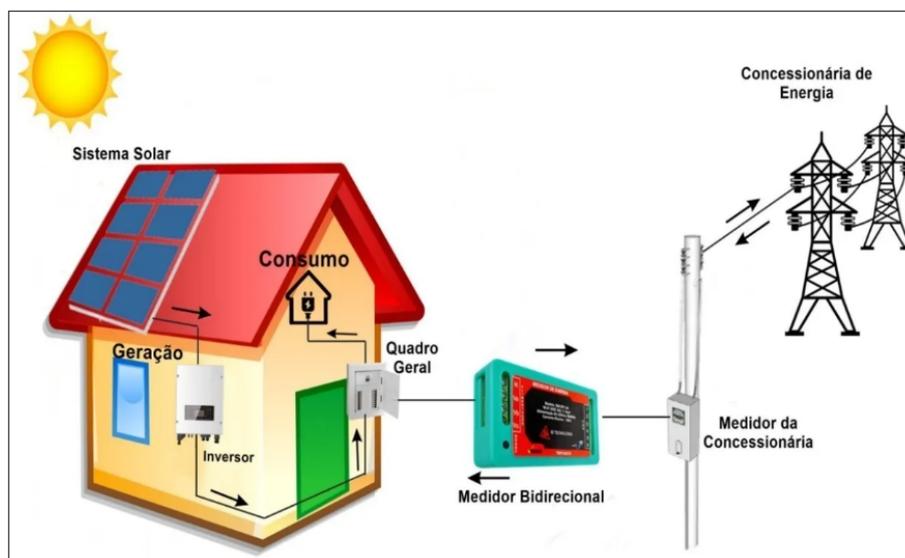
porque, para suportar milhares de *ampères*, seria necessário um equipamento de grande porte, com condutores extremamente espessos.

Figura 13 – Medidor de energia da IE Tecnologia



Fonte: IE Tecnologia (2022)

Figura 14 – Instalação do medidor de energia da IE Tecnologia



Fonte: IE Tecnologia (2022)

Algumas outras características desse tipo de produto são: invólucro feito de material termoplástico ABS antichamas; fundo de Painel DIN35; protocolos de comunicação via GET/POST e MQTT (*wi-fi*); relógio Interno (RTC); largura e altura podem variar de 8 a 16 *cm*, enquanto a profundidade é de 3 a 6,5 *cm*; memória interna que armazena dados em .txt do mês atual e anterior e envia os dados ao servidor a cada 15 minutos.

4.1.1.2 Analisador de energia bidirecional

O analisador de energia da empresa ISSO (Figura 15) é um sistema bastante completo em relação às informações que ele oferece aos usuários (como tensão na entrada e saída, corrente, energia gerada e temperatura, podendo conter outros dados considerados interessantes ao cliente, como a quantidade de tempo que o sistema *off-grid* manteria o imóvel energizado com a carga naquele instante analisado), que custava em torno de R\$ 3.900 para o produto que suporta até 100 A e R\$ 8.900 para o produto que suporta até 4.000 A.

De acordo com o fabricante, o sistema pode medir: análise de harmônicas (da 1ª até a 32ª) [% ou *RMS*]; energia ativa em cada fase [*W*] e energia reativa [*VAR*]; fator de potência e análises como a de deslocamento de onda.

Figura 15 – Analisador de energia bidirecional da DMI



Fonte: Isso Digital (2022)

Algumas características do sistema são: simula a fatura e envia por *e-mail* [*kWh*/R\$]; alerta sobre eventos como quedas ou picos de tensão; exporta relatórios em .xls, .csv, .png, .pdf, etc.; memória para 12 meses; peso de 800 g; tem conectividade móvel (3G; requer chip de celular ativo e com crédito) e *wi-fi* embutidos; utiliza o protocolo TCP/IP para comunicar entre dispositivos da mesma linha, podendo compartilhar informações entre eles.

O principal ponto negativo foi o preço bastante elevado. Para medir o consumo geral e a geração total, são necessários dois dispositivos: um para medir o consumo via rede elétrica, que fica instalado entre o quadro geral e o medidor da concessionária, e outro para medir a geração total do sistema fotovoltaico, que fica instalado na saída do inversor

de frequências. Segundo o fabricante, para medir o consumo geral, é preciso ainda instalar um terceiro dispositivo na carga geral. Portanto, o cliente investiria cerca de 12 mil reais para ter o sistema de monitoramento completo de consumo e geração com o produto que suporta até 100 A. Se for preciso um dispositivo que suporte uma corrente de 4.000 A, o preço chegaria aos 27 mil reais.

4.1.1.3 Inversor solar híbrido

O valor deste produto era relativamente elevado, custando US\$ 420,00 (R\$ 2114,49, cotação de 07/03/2022, com o dólar a R\$5,03), para o produto que suporta 3500 W, enquanto a versão de 5500 W chegava a custar US\$ 499,00 (R\$ 2512,22, cotação de 07/03/2022, com o dólar a R\$5,03), de acordo com a fabricante *Goulong*. Embora seja exportado da China aos Estados Unidos e não seja encontrado no Brasil, este é um excelente exemplar de um sistema bastante completo em relação às informações que ele oferece aos usuários. Um ponto que o diferencia dos demais é que este sistema é híbrido, o que permitia que o sistema fosse tanto *on-grid* (integrado apenas à rede elétrica da concessionária de energia) quanto *off-grid* (com sistema de armazenamento de energia independente da rede elétrica), o que faz com que este seja bastante versátil ao poder ser utilizado de qualquer das formas mencionadas, além de ter suporte a aplicativo (conforme representação esquemática da Figura 16).

Figura 16 – Representação esquemática do Sistema Solar Híbrido



Fonte: *Goulong* (2022)

Este produto possuía avaliações extremamente positivas em diversos sentidos. Daqui, extraiu-se a ideia do inversor que envia sinais via *wi-fi*, sinais estes que são recebidos e decifrados por um *software*, *site* ou aplicativo. Além disso, outra característica considerada

importante e relevante é o fato deste produto ser híbrido, tendo suporte tanto a sistema *on-grid* quanto sistemas *off-grid*, ou seja, além de gerar energia à rede, este é capaz de transferir parte da energia gerada a baterias, neste caso de íon-lítio.

Embora seja bastante completo, uma das características que este não possui é a de medir também quanta energia foi consumida, e assim ser capaz de estimar o preço da conta de energia do proprietário do sistema. Além disso, o aplicativo não possui suporte e tradução ao vernáculo brasileiro: o português, sendo apenas compatível com os idiomas chinês e inglês.

Algumas características do sistema são: inversor com alta eficiência (98.1%); tensão de entrada de 120 a 500 V (DC); tensão de saída de 230 V, com uma incerteza de 5% (AC); frequência de saída de 50 Hz/60 Hz; suas dimensões aproximadas são 440 mm x 300 mm x 100 mm (altura x largura x profundidade); pesa em torno de 11.1 kg (versão de 3500 W) ou 12.1 kg (versão de 5500 W) e possui certificação de resistência IP21 (proteção a contatos de corpos sólidos acima de 12,5 mm de diâmetro e à queda vertical de gotas de água).

4.1.1.4 Multimedidor de energia digital trifásico

Este sistema é bem mais simples se comparado aos apresentados previamente, e sua função é unicamente medir as grandezas tensão elétrica, corrente elétrica e frequência elétrica, além de possibilitar o monitoramento de inconstâncias na rede (como falta e sequência de fase). A WEG garante uma fácil programação e otimização de processos, agilidade ao identificar problemas e reduzir os custos de sistemas supervisionados. Ele não inclui os TC e TP. Funciona tanto em DC quanto em AC, de acordo com a fabricante WEG.

Figura 17 – Medidor de energia trifásico da WEG



Fonte: WEG (2022)

Este produto, representado na Figura 17, foi muito bem avaliado pelos clientes, uma vez que ele pode fazer medições simples de sistemas elétricos trifásicos e é de fácil

leitura e instalação. Além disso, vale ressaltar que esse aparelho possui certificação de proteção a contatos de corpos sólidos acima de 12,5 mm de diâmetro (IP20) para as conexões elétricas e para contatos de corpos sólidos acima de 1 mm de diâmetro (IP40) na IHM. O fabricante informa que este produto é capaz de medir grandezas elétricas como tensão de alimentação [V], tensão elétrica na rede [V], corrente elétrica [A], frequência elétrica [Hz], além de detectar falta e sequência de fase, tudo com uma boa gama de variação.

4.1.1.5 Monitor de energia digital

Uma das formas mais simples de resolver o problema apresentado é construir um wattímetro digital. Um destes dispositivos é fabricado pela *Peacefair* (empresa chinesa) e custava cerca de US\$ 16,00, representado na Figura 18.

Figura 18 – Monitor de energia digital



Fonte: *Peacefair* (2022)

O fabricante clama pelas seguintes características: o produto pode medir dimensões elétricas como a potência ativa [W], energia [kWh], frequência [Hz] e fator de potência. As críticas ao produto foram majoritariamente positivas, visto que é um produto extremamente simples em relação à sua construção e às funções a que se propõe.

4.1.1.6 Multimetro

O multimetro da Kron é um exemplo de alta tecnologia aplicada a sistemas de IoT. Isso porque ele é capaz de, além de medir diversas grandezas, enviar os dados para outras plataformas, com uma integração de simples acesso.

Segundo o fabricante, o dispositivo (Figura 19) é capaz de medir 40 grandezas, destacando-se as potências ativa e reativa de cada linha $[W]$, energias ativa e reativa de cada linha $[kWh]$, frequência de cada linha $[Hz]$ e fator de potência de cada linha.

Algumas outras características de interesse eletrônico deste tipo de produto são: possui protocolo MQTT; possui rede LoRa; possui aplicativo e disponibiliza os dados (formato JSON).

Um ponto negativo é que este dispositivo aparentemente está à venda apenas pelo *site* do fabricante e é necessário que o cliente entre em contato com a empresa para cotação. Portanto, não é possível ver críticas de possíveis clientes ou o preço do produto.

Figura 19 – Medidor da Kron



Fonte: Kron Medidores (2022)

4.1.1.7 Intelbras solar

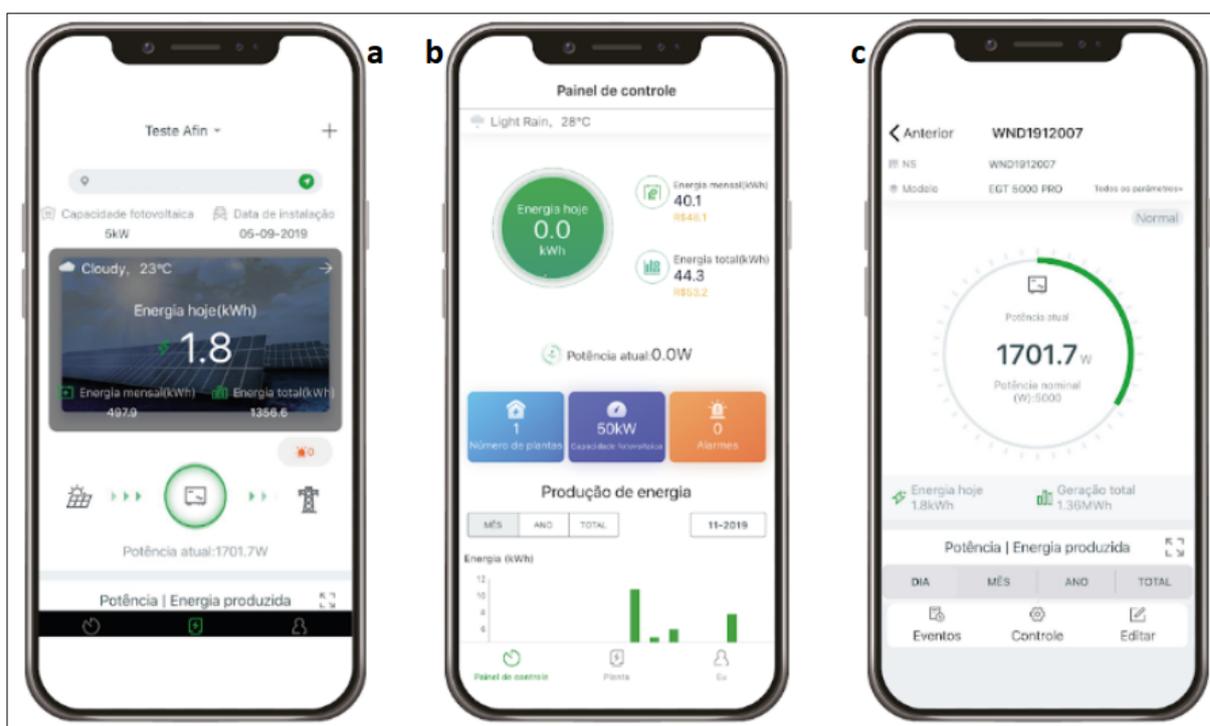
Diferentemente dos produtos relacionados previamente, este é um produto digital da Intelbras, vulgo um aplicativo (Figura 20). Este tem por objetivo monitorar o consumo e produção de energia solar *on-grid*. Entretanto, para usufruir deste aplicativo gratuito, é necessário adquirir um dos inversores *on-grid* da Intelbras S/A que seja compatível com *wi-fi*, recurso utilizado para compartilhar os dados obtidos, conforme a própria Intelbras informa.

Observando as avaliações dos usuários, este aplicativo mostrou-se confuso e complicado de utilizar, e até mesmo de configurar, o que faz dele um aplicativo contraintuitivo até que se entenda o funcionamento (Tabela 1).

Além disso, outras funcionalidades elementares (como criar uma conta e sincronizar com a rede) mostraram-se não tão intuitivas quanto poderiam ser, embora a equipe de pós-venda tenha se mostrado acessível aos clientes, além de que os servidores mostram-se instáveis. Outra característica interessante é que este sistema, embora bastante avançado,

não é capaz de prever a conta de energia do cliente de forma eficaz, relacionando a energia produzida com a consumida, uma vez que este sistema atua diretamente no inversor da placa solar, além de que parece não haver flexibilidade em alterar o fim do ciclo de monitoramento de acordo com a concessionária, conforme visto na Tabela 1.

Figura 20 – UI do aplicativo Intelbras Solar. a: Tela principal; b: Painel de controle; c: Informações do sistema



Fonte: *Google Play Store* (2022)

Tabela 1 – Comentários recorrentes no *Google Play Store* sobre o aplicativo

1	“Não aceita o nome da minha rede. Tive que trocar para um padrão que pedem e mesmo assim diz que não está dentro do padrão. Muito mal feito. Melhor ficar sem acessar do que ter que reconfigurar todos meus equipamentos. Basicamente tenho que baixar a segurança para usar o <i>app</i> .”
2	“Não entra no <i>app</i> , informações estavam diferentes do mostrado no LCD do inversor, e agora simplesmente não estou conseguindo acessar o <i>app</i> ”
3	“Estava funcionando normalmente. Agora à noite está informando que a senha e usuário estão incorretos.”
4	“ <i>App</i> não mostra qual foi o meu consumo no mês, apenas a produção total mês e anual total, não mostra o valor produzido dos dias por números, apenas gráfico. Não tem data de corte ou início, dando a entender que o ciclo começa sempre dia 1º de cada mês. Sem a possibilidade de ver saldo produzido, se a companhia elétrica quiser nos bular é muito fácil. Muito a melhorar.”

Fonte: *Google Play Store* (2022)

4.1.1.8 Inversor de frequências

Este, um dos produtos da Intelbras, é um inversor que se comunica com o aplicativo Intelbras Solar acima relacionado. Como qualquer outro inversor, este transforma a energia captada pelos painéis fotovoltaicos, que é em DC, em energia utilizável pelos equipamentos elétricos e que também é enviada à rede elétrica, que é em AC. Diferentemente do inversor citado anteriormente, este tem maior proteção, sendo sua certificação IP66, o que o confere proteção total contra poeira e resistência a jatos de água (a fim de facilitar a manutenção e prolongar a vida útil do equipamento). Sua garantia é de 10 anos. O módulo chamado de *Pocket wi-fi* EPWU 2000 (Figura 21) acompanha este produto, e é ele o responsável pela comunicação do inversor com o aplicativo.

De acordo com o fabricante, este inversor pesa 31 *kg* e tem os seguintes parâmetros:

a) Entrada (DC):

- Potência máxima de entrada (P_{max}) - 30 *kW*
- Faixa de tensão de entrada (V_{DC}) - 200 a 800 *V*
- Faixa de tensão de máxima eficiência (V_{DC}) - 250 a 650 *V*
- Corrente máxima de entrada (I_{DC}) - 104 *A*

b) Saída (AC):

- Potência máxima de saída - 20 *kW*
- Potência aparente máxima de saída - 22200 *VA*
- Tensão nominal de saída (V_{AC}) - 127/220 *V*
- Frequência de saída - 50/60 *Hz*
- Corrente máxima de saída (I_{AC}) - 58,3 *A*
- Fator de potência - de 0,8 indutivo a 0,8 capacitivo

c) Máxima eficiência - 98,5%

d) Proteção contra sobretensão, sobrecorrente, falta à terra e detecção de corrente de fuga.

Os usuários não relataram quaisquer dificuldades de instalação deste aparelho. Entretanto, pela ficha técnica, percebe-se que este faz apenas a medição da energia produzida e enviada à rede, bem como o saldo que o cliente tem com a concessionária de energia da região, ou seja, ele não prevê o valor da conta de energia. No mais, quanto ao aplicativo, os pontos positivos e negativos já foram aqui explanados no tópico anterior.

Figura 21 – Inversor de frequências da Intelbras com módulo que ativa a comunicação via *wi-fi*

Fonte: Intelbras (2022)

4.1.2 Personas de Usuários

A persona de usuário busca descrever a rotina de um usuário ideal com foco em dores, dúvidas, necessidades e desejos relacionadas a um determinado produto ou serviço. Cooper e Reimann (2003) dizem que, a partir de uma base de dados suficiente que represente o público-alvo, as personas adquirem uma descrição que abrange os usuários, geralmente buscando raízes ou pontos comuns entre eles para, então, generalizá-los na persona. As personas de usuário, quando formadas a partir de dados reais, tendem a atrair a atenção dos setores responsáveis por desenvolver e comercializar o produto por conta da verossimilhança entre o alvo e a persona criada, além da facilidade de interpretar os dados levantados se comparado ao banco de dados sem filtros (PRUITT; ADLIN, 2005). Portanto, a persona é uma representação protagonizada por uma pessoa fictícia cujas características de interesse determinam um conjunto de pessoas (público-alvo).

As Tabelas 2 e 3 apresentam, individualmente, uma persona de usuário criada a partir da análise de um conjunto de dados levantados a partir de uma pesquisa utilizando a plataforma *Google Forms* (nome fictício a fim de proteger as identidades). A pesquisa em questão foi utilizada também para embasar o tópico 4.1.3. As pessoas que participaram responderam algumas perguntas a fim de serem percebidas as características que os participantes tinham em comum quanto às rotinas deles, vida familiar e do que eles sentem falta. Os resultados foram elencados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Persona 1

Nome	Perfil
Leonardo Souza	<ul style="list-style-type: none"> • 45 anos • Casado (2 filhos) • Empresário • Ensino Médio completo
Comportamento	Dores/Necessidades
<p>“Workaholic” Caminha na praia raramente Gosta de ficar longe da “cidade grande” Gosta de economizar; geralmente só gasta dinheiro com o necessário Ama tecnologia</p>	<p>Odeia imposto Quer sempre pagar menos Adoraria ter geração própria de energia com monitoramento de geração e consumo Gostaria de manter as contas da empresa em ordem e projetar o que deve gastar com energia</p>

Fonte: Autor (2022)

Tabela 3 – Persona 2

Nome	Perfil
Elias Brito	<ul style="list-style-type: none"> • 52 anos • Casado (1 filho) • Engenheiro Eletricista • Ensino Superior completo
Comportamento	Dores/Necessidades
<p>Entusiasta no mercado de ações Gosta de jogos eletrônicos Gosta de estar em um ambiente climatizado Gosta de assistir filmes em sua sala de estar com todo o equipamento de som e ar-condicionado ligados</p>	<p>Manter a estabilidade financeira Gosta de manter as dívidas e previsão de gastos em ordem Não consegue monitorar o consumo e produção de energia solar Tem muitos eletrodomésticos e aparelhos de ar-condicionado que consomem muita energia</p>

Fonte: Autor (2022)

4.1.3 Necessidades, requisitos e especificações-meta

O final da fase de Projeto Informacional teve como resultado as especificações do produto. Essas especificações são parâmetros mensuráveis que traduzem as necessidades dos clientes. Essa “tradução” foi feita com base nas informações pesquisadas e nas sugestões deixadas na pesquisa de mercado enviada e divulgada pela internet. A Tabela 4 mostra as necessidades dos usuários convertidas em especificações do produto.

Os valores-meta das especificações devem ser atingidos nas próximas fases de desenvolvimento do produto. É importante destacar que houve o interesse do projeto ser produzido em larga escala, possivelmente em sistemas automatizados e processos robotizados a fim de baratear o produto ao consumidor final. Entretanto, isso é um ponto que é mais provável ser alcançado a longo prazo, uma vez que é uma infraestrutura que custaria caro para ser montada e implantada.

Quanto às dimensões do sistema, a profundidade foi a dimensão que mais importou, uma vez que quanto menor a profundidade, menos chance houve de se esbarrar acidentalmente na carcaça e danificar a estrutura do produto. Vale ressaltar que a ideia era fazer um produto leve e compacto a fim de ficar o mais discreto possível no lugar ao qual ele foi afixado.

Tabela 4 – Especificações-meta definidas para o produto

Necessidades dos usuários	Requisitos	Especificações	Unidade	Valor-meta	Observação
Ser barato	Preço	Custo	RS	-	Menor é melhor
Ser compacto	Dimensões	Altura	cm	12	-
		Largura		12	
		Profundidade		8	
Medir entrada e saída	Energia	Potência (Consumo)	KWh	-	Fazer diferença e estimar custo da conta de energia
Fácil utilização	Número de botões	UI	-	-	UI simples e fluida
Utilizar rede elétrica doméstica	Leitura de dados	Tensão de entrada	V	127/220	-
		Corrente de entrada	A	100	

Fonte: Autor (2022)

Além disso, a interface do usuário (aplicativo, *software*, *site*,...) é uma parte crucial deste projeto, uma vez que foi o ponto no qual houve mais reclamações por parte dos usuários, dizendo que o sistema era instável (ficava saindo ou não permitia conectar), a interface era confusa e não era limpa o suficiente para ler e compreender as informações

fornecidas, dentre outras reclamações similares. Então, para se diferenciar da concorrência, ter uma interface limpa com *dashboards* que relatavam o necessário de forma organizada era um ponto no qual se devia ter muita atenção e dedicação.

Uma das ideias chaves do produto foi permitir a previsão da conta de energia elétrica de forma que o cliente tenha a comodidade de se organizar financeiramente para pagar as contas do mês. Então, uma das características que o produto terá é a medição da produção e a medição da entrada de energia elétrica, sendo que há a ideia de criar um sistema no qual, mesmo que não se produza energia, é possível ler os dados da energia consumida e prever a conta que virá da concessionária.

4.2 PROJETO CONCEITUAL

Para a presente demanda, os produtos similares foram divididos em subsistemas comuns para facilitar a visualização e o desenvolvimento deste medidor de energia. A Figura 22 ilustra, de maneira genérica, os subsistemas comuns a todos os medidores de energia e inversores.

Figura 22 – Inversor de frequências da Intelbras com módulo que ativa a comunicação via *wi-fi*



Fonte: Intelbras (2022)

Assim, os subsistemas propostos foram a carcaça (K) e o *hardware* (H).

4.2.1 Carcaça (K)

No que diz respeito ao subsistema carcaça (K), foi necessário que fosse um invólucro confiável, com certificação de resistência a poeira e água (a fim de proteger o circuito que foi abrigado internamente a este subsistema), além de ter uma região para instalação de um *display* de visualização de dados do sistema, caso tenha interessado ao projeto. A priori, foi idealizado um revestimento auxiliar em silicone, tendo em vista que é um produto durável e que confere ao subsistema em questão as proteções necessárias e requeridas.

Para este subsistema, os conceitos e soluções foram pesquisados na fase de Projeto Informacional, elencando os dados que são relevantes a este projeto, bem como dispendo os nomes dos produtos analisados e embasados, tomados como exemplo, que estão dispostos na Tabela 5.

O princípio K1 apresentou um subsistema confiável com ótimos índices de proteção a danos ambientais por fatores externos, como chuva e poeira, embora a fabricante Intelbras não tenha sido clara a respeito da resistência do produto à exposição solar, o que leva a acreditar que o produto não é recomendado para áreas onde ficaria exposto ao sol. Seu *display*, por outro lado, vai além da concorrência, com tecnologia OLED, que confere uma melhor resolução a ele.

Tabela 5 – Comparativo entre soluções para o subsistema carcaça (K)

Solução	Imagem	Características
EGT 15000 MAX 220V G2 (K1)		<ul style="list-style-type: none"> • Construção com geometria quadrada com cantos arredondados • Certificação IP66 • Material polimérico • <i>Display</i> de informações em OLED
Inversor Solar Híbrido com controlador de carregamento solar (K2)		<ul style="list-style-type: none"> • Construção com geometria retangular • Certificação IP21 • Material polimérico • Revestimento isolante com base em silicone • <i>Display</i> de informações removível em LCD
Medidor de energia trifásico bidirecional SM-3W Lite (K3)		<ul style="list-style-type: none"> • Construção com geometria retangular • Invólucro feito de material termoplástico ABS antichamas • Não tem <i>display</i> de informações

Fonte: Autor (2022)

O princípio K2, como desvantagem em relação a K1, pode-se citar a proteção IP21 em K2 contra a proteção IP66 em K1, o que representa um menor grau de proteção contra danos externos. Além disso, não apresenta sinais de que tenha um material capaz de resistir à incidência direta dos raios solares, o que implica que este produto deve ser mantido protegido da exposição direta ao sol. Seu *display*, embora mais simples que o de K1, tem a vantagem de ser removível.

O princípio K3, por fim, com uma carcaça mais simples, traz apenas a proteção térmica e resistência a incêndios, ficando prejudicado à exposição a poeira e respingos d'água. Além disso, não apresenta um *display* de informações, o que pode ser uma pequena desvantagem para ele para as exigências de alguns clientes.

Baseado nos conceitos apresentados na Tabela 5, o princípio de solução que melhor atende às especificações do produto é uma combinação dos produtos, trazendo uma carcaça em material termoplástico ABS antichamas, além de ser resistente à poeira e à água (IP66), tudo isso a fim de proteger os circuitos internos do dispositivo. Ainda assim, não é recomendado manter o dispositivo exposto ao sol, uma vez que isso poderá afetar o circuito interno. Além disso, a presença do *display* não traz grandes vantagens, já que o produto será monitorado remotamente. Nesse caso, um *display* LCD atenderia às necessidades do projeto. O que mais se aproximou desses dados foi o K1.

4.2.2 Hardware

Em relação ao circuito eletrônico, foi necessário primeiramente analisar as soluções existentes no mercado e, apenas se não houvesse uma solução para um determinado subsistema, buscar a sua criação ou invenção. Este subsistema foi dividido em mais dois subsistemas: *hardware* e *software*. O *hardware* é a parte física do produto, são os componentes eletrônicos em si e suas ligações; já o *software* é o código que controla os componentes.

O subsistema *hardware* teve os seguintes subsistemas e componentes:

- a) Conversor AC-DC: Recebe a tensão de alimentação da rede elétrica AC e a transforma em DC por meio de uma ponte retificadora e filtro passa-baixa;
- b) Microcontrolador: Recebe as medições de tensão, corrente, e outros e faz cálculos numa determinada frequência através do seu *software*, enviando em seguida os dados para um banco de dados via *wi-fi*;
- c) Relógio RTC: Por meio de uma pilha, obtém a informação do horário em tempo real;
- d) *Display*: Mostra os dados adquiridos para o usuário *in-loco*;
- e) Manipuladores: Dispositivos que servem de comunicação entre o usuário e o microcontrolador, como botões, potenciômetros e chaves;
- f) PCB: Placa onde são impressos os caminhos de material condutor por onde a corrente elétrica circula e são feitos furos onde são afixados os componentes eletrônicos;
- g) Outros dispositivos eletrônicos: Resistores, capacitores, amplificadores operacionais, diodos, transistores, dentre outros, são dispositivos que podem ser implementados no circuito.

4.2.2.1 Conversor AC – DC (C)

Conversores que transformam a tensão alternada em tensão contínua estão presentes em praticamente todos os circuitos de equipamentos eletrônicos que são encontrados em residências e indústrias, tais como geladeiras, adegas, bebedouros, ar condicionados e televisores. Isto se dá porque alguns dispositivos só funcionam quando submetidos a tensões apenas positivas. O contrário ocorre em motores AC, por exemplo, onde a variação de tensão (positiva e negativa) induz a variação de campo magnético nas bobinas, fazendo o rotor girar.

Tabela 6 – Comparativo entre soluções do subsistema “conversor AC-DC” (C)

Solução	Imagem	Características
Fazer do zero (C1)		<ul style="list-style-type: none"> • Mais tempo de projeto • Mais sujeito a erros de projeto • Menos dependência de fabricantes terceiros
Usar um módulo pronto (C2)		<ul style="list-style-type: none"> • O contrário de C1
Usar uma fonte externa (C3)		<ul style="list-style-type: none"> • O contrário de C1 • Precisa ligar em uma tomada

Fonte: Autor (2022)

Pelos itens elencados na Tabela 6, a C1 seria a solução mais trabalhosa. Apesar de ser possível construir uma solução simplificada, a versão final deve ter uma complexidade um pouco maior para evitar problemas como sobretensão, sobrecorrente e superaquecimento. Em relação a C2, haveria uma simplicidade grande em comprar um módulo de conversor, o que tornaria esta uma alternativa vantajosa. Já a C3 seria a pior solução dentre todas as opções, já que, em primeiro lugar, a fonte externa (C3) possui internamente um componente como o C2 e, em segundo lugar, porque o produto final já teria acesso à tensão da rede elétrica, afinal, um dos propósitos dele seria medi-la. Portanto, usar uma fonte externa — que precisa de uma tomada — ao invés de garantir a alimentação a partir da tensão da rede que passa pelo dispositivo seria uma péssima escolha em termos de

comodidade para o cliente final. Pelos motivos acima citados, a solução que apresentou melhores resultados é a C2.

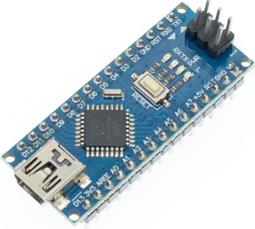
4.2.2.2 Microcontrolador (M)

O cérebro do sistema deve ser um dispositivo que possua um *clock* (número de ciclos por segundo) elevado e um número de instruções por *clock* baixo, para assim ter um MIPS alto, o que traz como resultado a necessidade de menos tempo para fazer mais tarefas. Isso se deve ao fato de ser necessário descobrir o valor de pico das ondas quase senoidais de tensão e corrente para a medição da potência. Para isso, o sistema deve percorrer as ondas em intervalos extremamente curtos e, com poucas linhas de código, adquirir o valor máximo no intervalo de tempo definido.

Seja W um número pertencente ao conjunto dos reais maiores que zero. O teorema da amostragem de *Nyquist–Shannon* diz que se um sinal contínuo no tempo não contém componentes em frequências acima de W Hz, então ele pode ser completamente determinado por amostras uniformes adquiridas numa taxa de, no mínimo, $2W$ amostras por segundo, definida como a taxa de *Nyquist* ($f = 2W$). Colocando em termos práticos, para analisar a onda da rede elétrica ideal (60 Hz), foi necessário ter um microcontrolador com uma taxa de amostragem de, no mínimo, 120 Hz, considerando que todas as componentes de frequência maiores de 60 Hz são atenuadas por um filtro passa-baixas. Como, na realidade, a onda da rede elétrica é composta por diversas frequências, foi de cunho prudente escolher um microcontrolador que atendesse a uma frequência de amostragem alta o suficiente para captar as componentes de frequência de maior energia, mantendo ainda assim um baixo custo — tanto econômico, quanto de energia gasta.

Sabendo que o Arduino precisa de *shields* para transmitir dados via *wi-fi* e levando em consideração a facilidade de gerar um primeiro protótipo, notou-se, pela Tabela 7, as vantagens em se realizar a escolha do ESP32 (M2). Este microcontrolador possui uma alta frequência de trabalho, dois processadores e pode ser programado utilizando a IDE do Arduino. A presença de um sensor de temperatura agregou ainda mais na escolha desse microcontrolador, pois havia a possibilidade de saber a temperatura no interior da carcaça sem precisar de um componente extra. Por isso, desde o princípio, foi escolhido o microcontrolador ESP32 (M2).

Tabela 7 – Comparativo entre soluções do subsistema “Microcontrolador” (M)

Solução	Imagem	Características
ESP8266 (M1)		<ul style="list-style-type: none"> • 80 MHz ~ 160 MHz • 4 MB <i>Flash</i> • 36 kB RAM • 1 ADC com 10-bit de resolução (1024 bits) • <i>Wi-fi</i> com suporte a WPA • 2 <i>Timers</i> • 32-bits • Sensor de toque Capacitivo • Consumo médio de 80 mA • Média de R\$ 50,00
ESP32 (M2)		<ul style="list-style-type: none"> • 80 MHz ~ 240 MHz • 4 MB <i>Flash</i> • 520 kB RAM • 18 ADC com 12-bits de resolução (4096 bits) • <i>Wi-fi</i> • 4 <i>Timers</i> • 32-bits • Sensores de temperatura (algumas versões), efeito <i>Hall</i> e Toque Capacitivo • Consumo médio de 80 mA • Média de R\$ 90,00
Arduino Nano Atmega 328p (M3)		<ul style="list-style-type: none"> • 16 MHz • 32 kB <i>Flash</i> • 2 kB RAM • 6 ADC com 10-bits de resolução (1023 bits) • <i>Wi-fi</i> • 3 <i>Timers</i> • 8-bits • Consumo médio de 19 mA • Média de R\$ 70,00
PIC18F4620 (M4)		<ul style="list-style-type: none"> • 8 MHz ~ 40 MHz interno • 64 kB <i>Flash</i> • 4 kB RAM • 13 ADC com 10-bits de resolução (1023 bits) • <i>Wi-fi</i> • 4 <i>Timers</i> • 8-bits • Consumo médio de 15 mA • Média de R\$ 50,00

Fonte: Autor (2022)

4.2.2.3 Display (D)

O *display* de um dispositivo, a depender de sua construção, pode ser utilizado tanto para apenas exibir dados (a exemplo de um relógio digital) quanto para exibir dados e obter entradas ao sistema (como um *smartphone*).

Tabela 8 – Comparativo entre soluções do subsistema “Display” (D)

Solução	Imagem	Características
LCD (D1)		<ul style="list-style-type: none"> • Mais barato • Mais fácil de encontrar • Iluminação suave e não agressiva aos olhos
LED (D2)		<ul style="list-style-type: none"> • Luz mais intensa aos olhos • Depende da quantidade de pixels que serão utilizados • Informações podem ter cores diferentes • Preços intermediários
OLED/AMOLED (D3)		<ul style="list-style-type: none"> • Resolução melhor • Iluminação suave aos olhos • Pode ser usado com cores diferentes • Mais caro

Fonte: Autor (2022)

Para esta aplicação, visando o custo-benefício, o *display* seria utilizado como saída, já que a única função é exibir alguns dados da produção de energia. Como debatido no tópico 4.2.1, foi escolhido um *display* LCD (D1, Tabela 8), que é capaz de exibir os resultados com excelente custo-benefício e baixa utilização de energia, sendo possível suprir as necessidades deste projeto.

4.2.2.4 Outros dispositivos eletrônicos

Além do que foi levantado até aqui, foi necessário utilizar equipamentos elementares e comuns a quaisquer circuitos, equipamentos como resistores, transistores, CIs, cabos, *plugs* e soldas, capacitores, alimentação, dentre outros. Ademais, o dispositivo poderia ter uma entrada RJ-45 para utilização de internet a cabo ligado diretamente, caso o roteador *wi-fi* estivesse longe a ponto da placa não captar sinal ou caso o cliente quisesse segurança e velocidade aprimoradas, podendo ter também uma saída USB, caso fosse desejada uma comunicação única e direta com um computador, como é preferido em empresas principalmente.

4.2.3 Resultado do Projeto Conceitual

A Tabela 9 apresenta a matriz morfológica do Projeto Conceitual do desenvolvimento do medidor de energia, onde destacaram-se os subsistemas e os princípios de solução detalhados para o atendimento das especificações do produto.

Tabela 9 – Matriz morfológica do Projeto Conceitual

Subsistemas	Componentes	Princípio de solução			
Carcaça	Carcaça (K)	K1	K2	K3	
Hardware	Conversor AC-DC (C)	C1	C2	C3	
	Microcontrolador (M)	M1	M2	M3	M4
	Display (D)	D1	D2	D3	
	Outros equipamentos	Componentes eletrônicos			

Fonte: Autor (2022)

A matriz apresenta várias soluções, permitindo várias configurações para o produto. Dado o estudo e a seleção dos princípios de solução realizado no presente Projeto Conceitual, foram selecionados aqueles que melhor atendiam às especificações do produto resultantes do Projeto Informacional. Sendo assim, o conceito escolhido está apresentado na matriz da Tabela 9. Portanto, o sistema de monitoramento de geração e consumo de energia tem a configuração destacada na matriz morfológica com os subsistemas selecionados em verde. É válido salientar que os princípios selecionados, embora sejam os mais interessantes encontrados, podem receber melhorias e otimizações, ou seja, o conceito escolhido definiu as diretrizes nas quais o projeto se baseou, mas o resultado final contém modificações.

4.2.4 Projeto Conceitual da Carcaça (K)

Nesta fase, o objetivo era determinar a configuração do produto, iniciando a partir dos princípios de solução escolhidos no Projeto Conceitual. Dessa forma, as soluções foram configuradas de modo a permitir seu funcionamento e produção em conformidade com as especificações-meta.

Cada subsistema foi analisado separadamente, visando desenvolver um primeiro modelo eficiente e com a menor complexidade possível. A independência de cada subsistema trouxe facilidade a esse processo, visto que foi possível fazer quantas combinações fossem possíveis. Por exemplo, se tinham três (3) soluções para cada subsistema, existiram nove (9) combinações possíveis. A análise de cada subsistema ocorreu por meio do esboço preliminar de suas soluções de projeto, assim como análises qualitativas e quantitativas dessas soluções. Ou seja, cada solução apresentada e estudada possuía dados acerca de materiais, dimensões e produtos que poderiam ser utilizados.

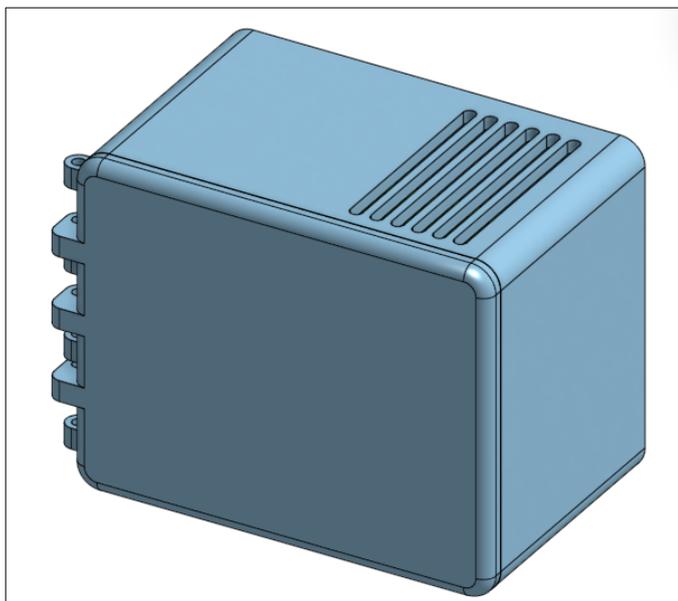
4.2.5 Configurações do modelo para o subsistema “Carcaça”

Visando envolver o sistema eletrônico e isolá-lo do ambiente em uma única unidade, foi desenvolvido um conceito com duas vertentes: uma que utilizasse uma porta e um sistema de tranca e outra que utilizasse uma tampa parafusada, cada qual com seus prós e contras.

4.2.5.1 Com tampa tipo porta

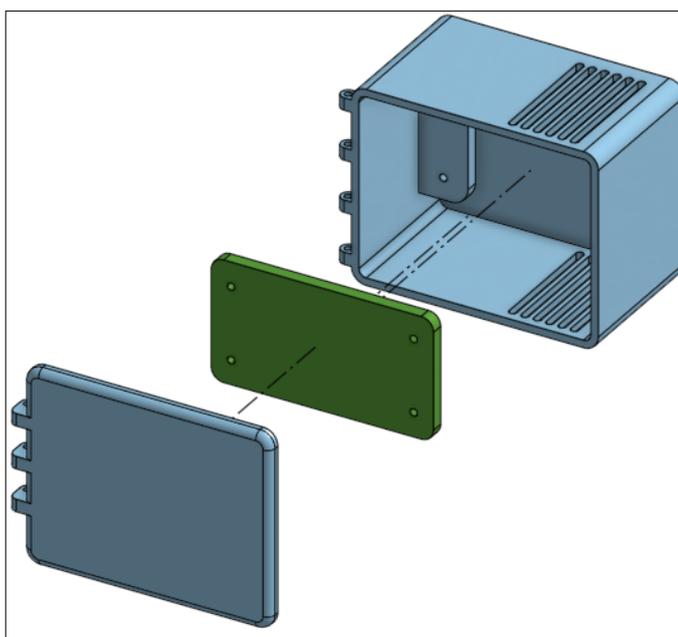
O modelo da Figura 23 contempla uma porta com um sistema simples de tranca, que visa evitar que a porta seja aberta por qualquer coisa.

Figura 23 – Modelo com porta do subsistema “carcaça”



Fonte: Autor (2022)

Figura 24 – Vista explodida do modelo com porta do subsistema “carcaça”



Fonte: Autor (2022)

Por conta de não ser parafusada, acaba sendo uma tecnologia que facilitaria o acesso. Entretanto, seria mais cara de adquirir por conta de mais detalhes minuciosos, como o sistema que imita uma dobradiça ou a própria tranca.

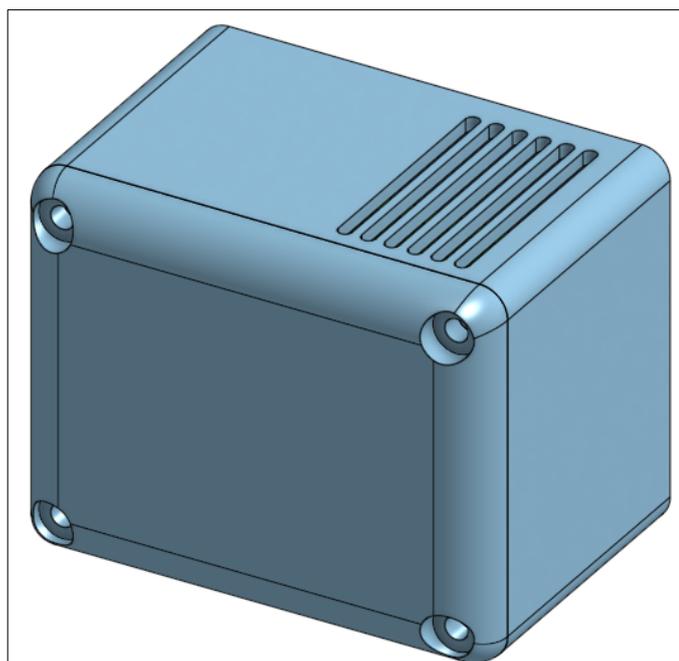
Pela vista explodida (Figura 24), percebeu-se que a carcaça teria quatro parafusos para a fixação do circuito. Esses vãos laterais seriam para a entrada dos cabos de alimentação e de rede. Para instalá-los, bastaria abrir a porta e instalar. Ao observar, haveria dois respiradores, sendo que o superior visaria liberar o ar quente para subir e a inferior, permitir a entrada de ar para a circulação e, conseqüentemente, resfriamento do circuito. A placa verde é uma representação meramente ilustrativa de como o circuito ficaria fixo.

4.2.5.2 Com tampa parafusada

O modelo da Figura 25 contempla uma tampa com parafusos, que visa evitar que o sistema seja aberto sem motivo. Seria uma solução economicamente mais viável, embora menos exclusiva, tendo em vista que seria adicionado à base um meio de manter os parafusos seguros e prendendo a tampa. Além disso, tenderia a ter menos brechas que o de porta, uma vez que os parafusos, ao serem apertados, iriam manter a tampa com melhor justaposição em relação à base.

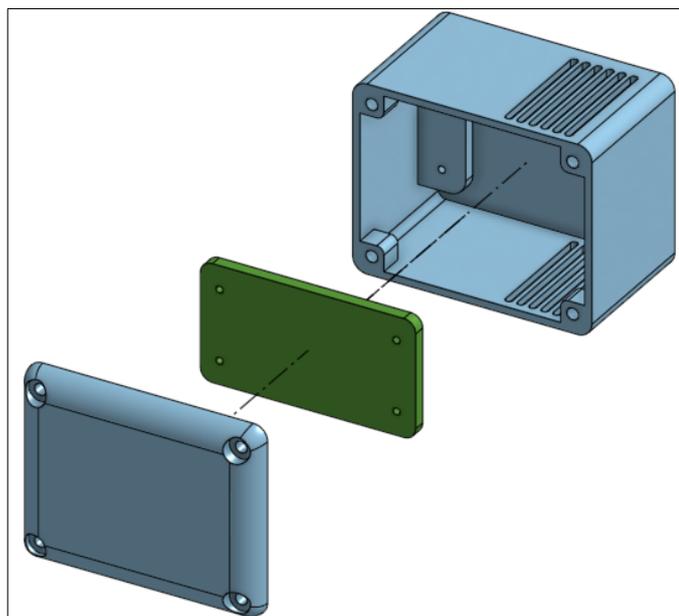
Pela vista explodida (Figura 26), percebeu-se que a carcaça teria oito parafusos, sendo quatro para a fixação do circuito e quatro para a fixação da tampa. Esses vãos laterais seriam para a entrada dos cabos de alimentação e de rede, enquanto os vãos frontais seriam para apertar os parafusos dos terminais aos quais os cabos seriam conectados, visando evitar que a tampa fosse aberta sem real necessidade.

Figura 25 – Modelo com tampa parafusada do subsistema “carcaça”



Fonte: Autor (2022)

Figura 26 – Vista explodida do modelo com tampa parafusada do subsistema “carcaça”



Fonte: Autor (2022)

Ao observar, há dois respiradores, sendo que o superior teria como objetivo liberar o ar quente para subir e a inferior, permitir a entrada de ar para a circulação e, consequentemente, resfriamento do circuito. A placa verde é uma representação meramente ilustrativa de como o circuito ficaria fixo.

5 CONCLUSÃO

Através de minuciosos estudos informacionais e conceituais, foram identificadas oportunidades promissoras no mercado e validadas as perspectivas de implementação do produto em questão. A sinergia entre sustentabilidade e inovação reforça a importância deste empreendimento como uma valiosa contribuição para um futuro ecologicamente equilibrado e energeticamente eficiente. No decorrer deste projeto, foi realizada uma pesquisa de mercado que se mostrou favorável a desenvolver o produto em questão. A partir desse resultado obtido no projeto informacional, foram realizados um estudo e projeto conceitual.

A partir do que foi colocado como objetivo, foi possível desenvolver com sucesso o conceito de um sistema de monitoramento de consumo e geração de energia elétrica. Para isso, foi realizada uma pesquisa sobre os sistemas similares existentes no mercado, a fim de estabelecer um projeto informacional. Em seguida, foi idealizada e desenvolvida uma tabela que reúne as especificações-meta inspiradas em um conjunto de dados coletados em uma pesquisa via *Google Forms* que reuniu alguns requisitos e que abordam a experiência do usuário com base no uso dos produtos similares, concatenando os pontos positivos de cada um e trazendo melhorias ao que não era bom (que já é parte do projeto conceitual).

Vale ressaltar ainda que o projeto é de caráter informacional e conceitual, o que implica dizer que necessita ser desenvolvido futuramente. Com todo o planejamento realizado, as informações reunidas, as características necessárias elencadas, estabelecidas e organizadas, o desenvolvimento do produto se torna viável, sendo necessário um estudo e aprofundamento no desenvolvimento de *hardwares* e *softwares* visando o bom funcionamento do produto.

Em suma, este trabalho representa um passo importante em direção a um futuro mais sustentável e eficiente em termos energéticos. É possível que o sistema desenvolvido possa ser aprimorado e implementado em larga escala em residências, empresas e indústrias, promovendo uma utilização mais racional e consciente da energia elétrica. Durante o desenvolvimento do aplicativo, foi considerada a importância da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), que tem como objetivo garantir a privacidade e segurança dos dados pessoais dos usuários. Para isso, é necessário garantir e manter a transparência no tratamento dessas informações por meio de medidas como a implementação de uma política de privacidade clara e acessível aos usuários, além da obtenção do consentimento explícito para coleta e uso dos dados estritamente necessários para o funcionamento do aplicativo.

REFERÊNCIAS

ALAN COOPER, Robert M. Reimann. **About Face 2.0 The Essentials of Interaction Designe**. 2nd edition: John Wiley & Sons, 2003.

BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008.

BAXTER, Mike R. **Projeto de Produto: Guia prático para o *designe* de novos produtos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

DEPREN, Serpil Kılıç; KARTAL, Mustafa Tevfik; ÇELIKDEMIR, Neşe Çoban; DEPREN, Özer. Energy consumption and environmental degradation nexus: A systematic review and meta-analysis of fossil fuel and renewable energy consumption. **Ecological Informatics**, 2022.

FASE. **In: DICIO, Dicionário Online de Português**. [S.l.]: Porto: 7Graus, 2022.

GOOGLE PLAY STORE. Plataforma virtual de aplicativos Android, 2022. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.intelbras.solar2>>. Acesso em: 23 fev. 2022.

GOULONG ELECTRIC COMPANY. Companhia chinesa de fabricação de equipamentos de energia, 2022. Disponível em: <<http://www.gldq.net/en>>. Acesso em: 1º abr. 2022.

IE TECNOLOGIA. Plataforma virtual de venda de produtos tecnológicos direto da fábrica, 2022. Disponível em: <<https://www.ietecnologia.com/medidor-de-energia/medidor-de-energia-trifasico-bidirecional-sm-3w-lite>>. Acesso em: 1º abr. 2022.

INTELBRAS. Site de especificações técnicas e indicação de vendas e aplicações dos equipamentos da Intelbras, 2022. Disponível em: <<https://intelbras.com/pt-br/inversor-solar-on-grid-trifasico-220v-egt-15000-max-220v-g2>>. Acesso em: 23 fev. 2022.

ISSO DIGITAL. Empresa de soluções em produtos de tecnologia, 2022. Disponível em: <https://isso.digital/produtos/154/dmi_p500r_v2_bidirecional>. Acesso em: 1º abr. 2022.

JUNIOR, Widomar Pereira Carpes. **Introdução ao Projeto de Produtos**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2014.

JÚNIOR, Widomar Pereira Carpes. **Modelo para percepção de necessidades, visando a implantação de um negocio**. Florianópolis, SC: Pioneira, 1995.

JURAN, Joseph Moses. **A qualidade desde o projeto**. São Paulo, SP: Pioneira, 1992.

KRON MEDIDORES. Plataforma virtual que vende equipamentos de medição de energia, 2022. Disponível em: <<https://kron.com.br/produto/ks-3000>>. Acesso em: 22 fev. 2022.

MUTEZO, G.; MULOPO, J. **A review of Africa's transition from fossil fuels to renewable energy using circular economy principles**. v. 137. [S.l.]: Elsevier Ltd, mar. 2021.

PEACEFAIR. Fornecedor de medidores AC e DC, 2022. Disponível em: <<https://peacefair.en.alibaba.com>>. Acesso em: 22 fev. 2022.

PROCESSO. *In*: **DICIO, Dicionário Online de Português**. [S.l.]: Porto: 7Graus, 2022.

PRUITT, John; ADLIN, Tamara. **The Persona Lifecycle: Keeping People in Mind Throughout Product Design (Interactive Technologies)**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2005.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando Antônio; AMARAL, Daniel Capaldo; TOLEDO, José Carlos; SILVA, Sergio Luis da; ALLIPRANDINI, Dário Henrique; SCALICE, Régis Kovacs. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência para a Melhoria do Processo**. [S.l.]: Editora Saraiva, 2007.

SANTANA, Marcelo José Alves de. **Fabricação e teste de um protótipo de um sistema de monitoramento de consumo e geração de energia elétrica**. 2023. 54 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2023.

SHETWI, Ali Q. Al. **Sustainable development of renewable energy integrated power sector: Trends, environmental impacts, and recent challenges**. v. 822. [S.l.]: Elsevier B.V., mai. 2022.

ULRICH, Karl T.; EPPINGER, Steven D.; YANG, Maria C. *Product Design and Development*. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2020.

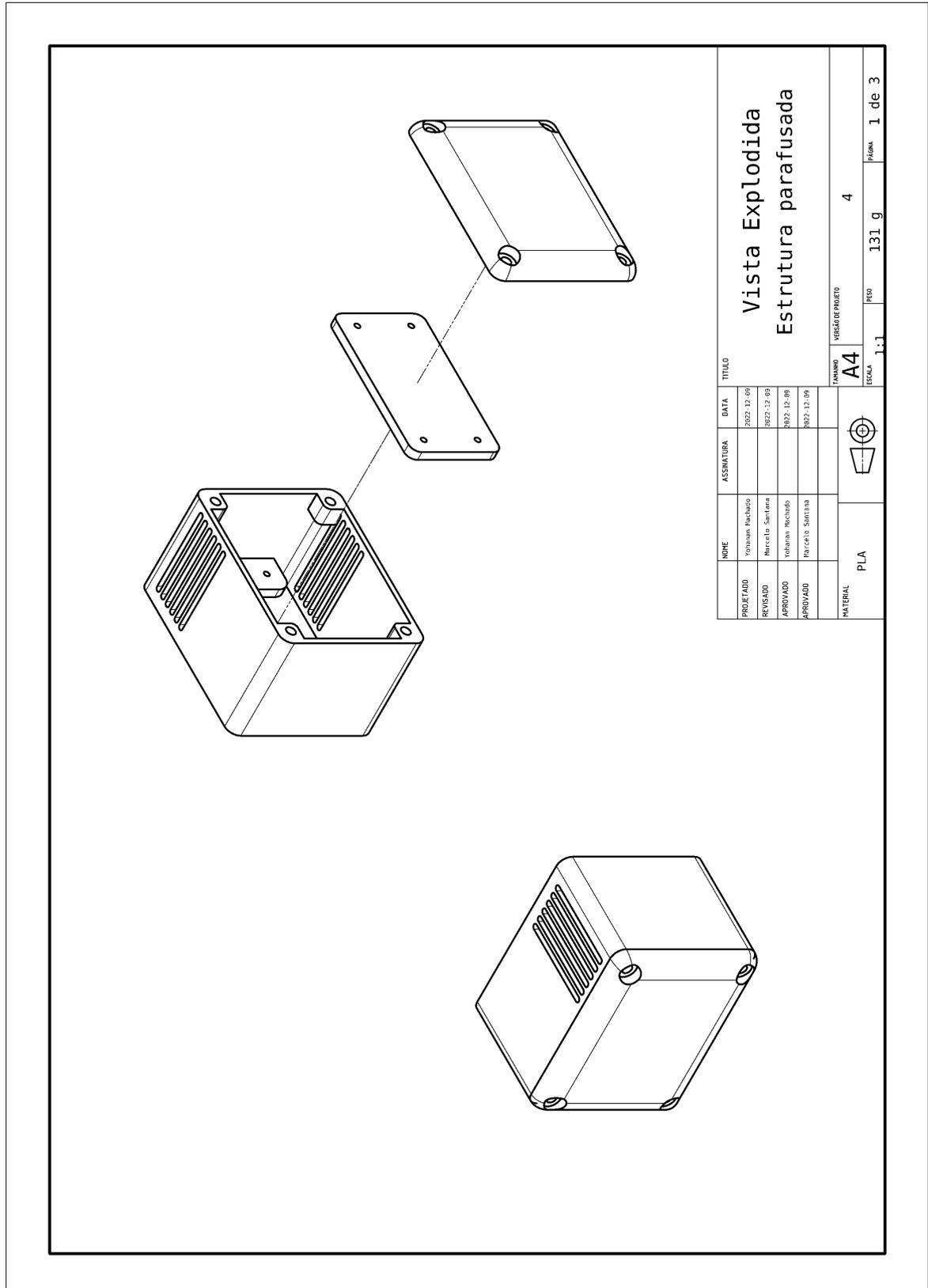
UN News. ‘Fossil fuels are a dead end’, says top UN climate adviser on ‘Decarbonization Day’ at COP27, 2022. Disponível em: <<https://news.un.org/en/story/2022/11/1130462>>. Acesso em: 06 dez. 2022.

WEG. Empresa de soluções tecnológicas em projetos eletrônicos e eletromecânicos, 2022. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Control-Industrial/Controls/Prote%C3%A7%C3%A3o-de-Circuitos-El%C3%A9tricos/Multimedidores-e-Medidores-Inteligentes/Multimedidor-de-Grandezas-El%C3%A9tricas-MMW03/Multimedidor-de-Grandezas-El%C3%A9tricas-MMW03/p/MKT_WDC_BRAZIL_PRODUCT_METERS_MMW03>. Acesso em: 22 fev. 2022.

WILKIE, William L. *Consumer Behavior*. New York: John Wiley & Sons, 1986.

APÊNDICE A – Desenho técnico da carcaça.

Figura 27 – Desenho técnico: Vista explodida.



Fonte: Autor (2023)

Figura 28 – Desenho técnico: Base.

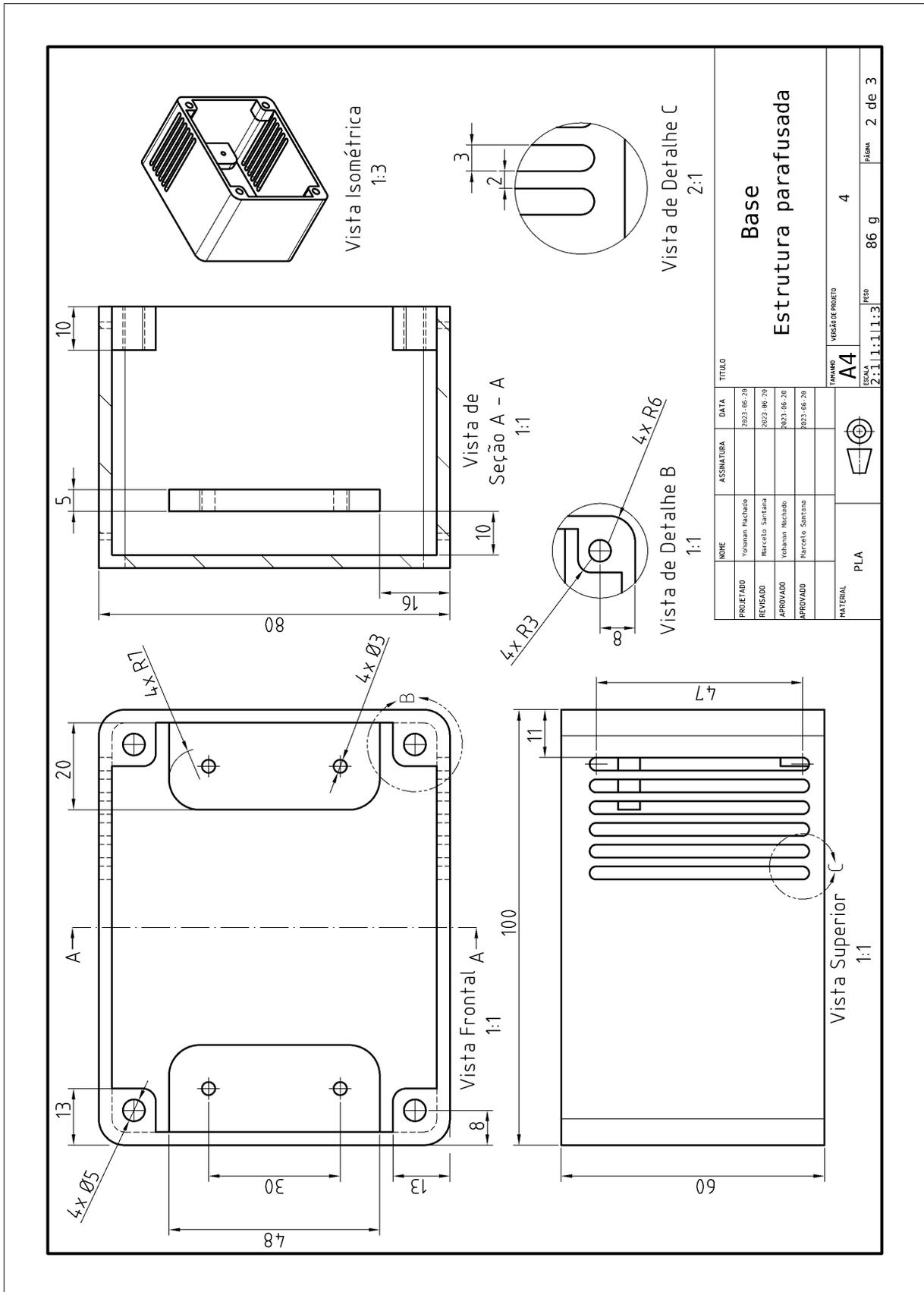
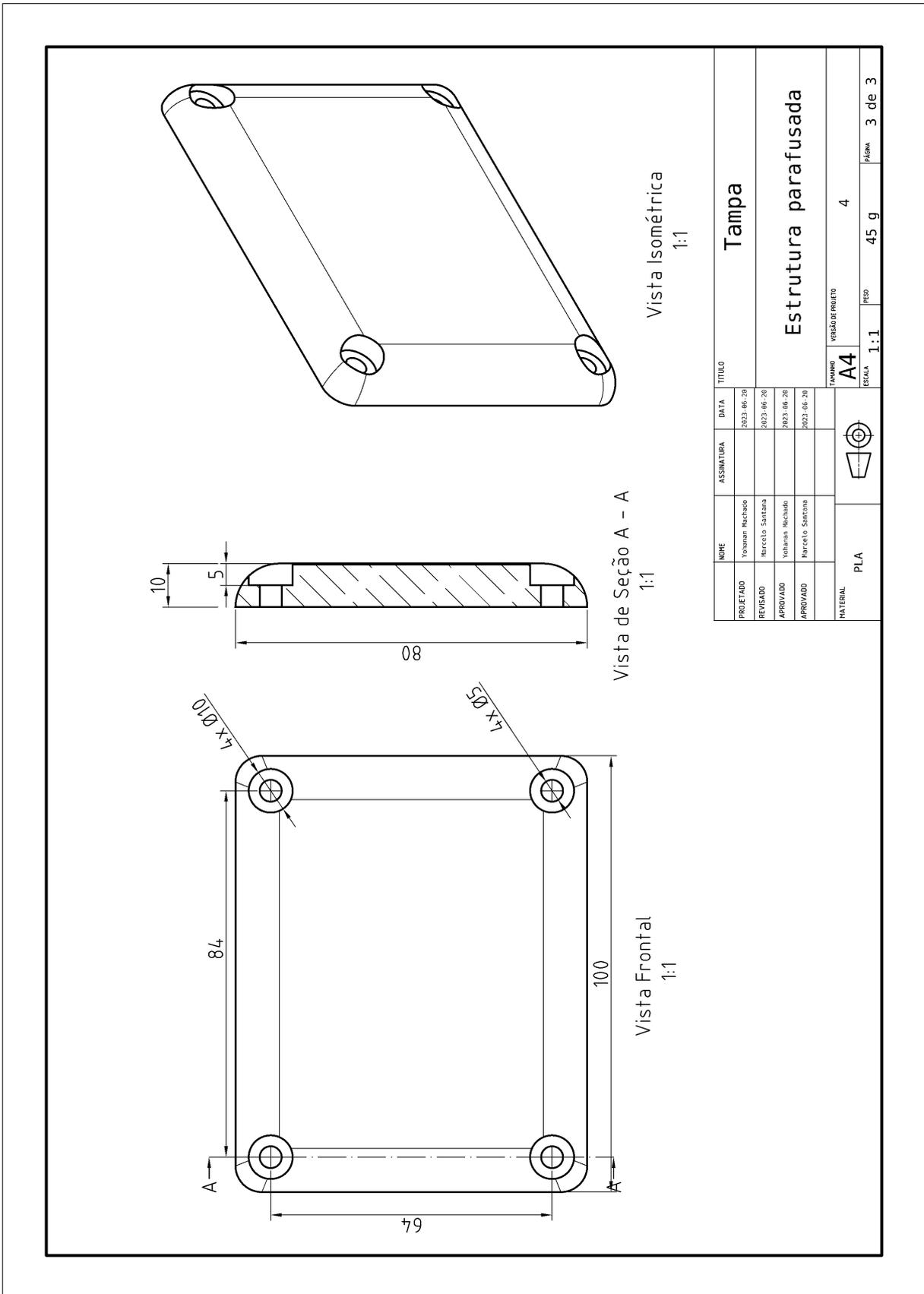


Figura 29 – Desenho técnico: Tampa.



Fonte: Autor (2023)