

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE PRODUÇÃO E ADMINISTRAÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PAULO HENRIQUE ZOCHÉ

**APLICAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL PARA O
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

PAULO HENRIQUE ZOCHÉ

**APLICAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL PARA O
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à disciplina de TCC2.

Orientador: Prof. Me. Neron Alípio Berghauser
Coorientador: Prof. Dr. José Airton A. dos Santos

MEDIANEIRA

2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS MEDIANEIRA
Diretoria de Graduação
Coordenação de Engenharia de Produção
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

Por

PAULO HENRIQUE ZOCHE

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 10h20min do dia 23 de novembro de 2017 como requisito parcial para aprovação na disciplina TCC2, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o Trabalho de Conclusão de Curso APROVADO.

Prof. Dr. José Airton dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Co-orientador)

Prof. Me. Neron A. C. Berghauser
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Orientador)

Prof. Me. Marcio Becker
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Edward Seabra Júnior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

“Se o desejo de alcançar a meta estiver vigorosamente vivo dentro de nós, não nos faltarão forças para encontrar o meio para alcançar o fim.”

Albert Einstein

RESUMO

ZOCHE, Paulo Henrique. **Aplicação do Projeto Conceitual para o Desenvolvimento de um Sistema de Aquecimento Solar**. 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Câmpus Medianeira, 50p.

Inovação pode ser considerada como uma alteração ou criação substancial em um produto de modo a trazer benefícios à sociedade. A energia Solar é encontrada de forma abundante no território brasileiro. O mercado de sistemas de aquecimento solar no Brasil está em constante crescimento, e com um grande potencial de mercado. Os sistemas de aquecimento mais comuns do mercado apresentam coletor e reservatório como principais componentes, sendo fabricados com diversos materiais. O desenvolvimento de um novo produto pode ser definido como a união de três fases: o pré-desenvolvimento, o desenvolvimento e o pós-desenvolvimento. Estas três etapas compõem o projeto de um sistema de aquecimento solar de placa plana com reservatório, com a proposta de manter a funcionalidade de um utilizando materiais de menor custo que os convencionais. Este trabalho apresenta a aplicação de um modelo de referência em projetos de desenvolvimento de produto para um sistema de aquecimento solar doméstico utilizando o Modelo Rozenfeld de Referência. Para a realização deste trabalho, foi escolhida especificamente a etapa de projeto conceitual, presente na fase de desenvolvimento do modelo e utilizadas ferramentas tais como Representação da Estrutura das Funções, Analogia Sistemática, Matriz Indicadora de Módulos e Matriz Morfológica. Os resultados da aplicação das técnicas indicadas para esta etapa do Modelo foram alcançados, pois permitiram a análise e a melhor tomada de decisão quanto aos seus aspectos de funcionalidade. Ao se realizar alguns testes funcionais no produto, ocorreram falhas que exigiram a mudança de estratégias para a etapa seguinte do modelo (projeto detalhado). A aplicação do modelo se mostrou eficiente, pois permitiu a identificação antecipada das limitações quando a especificação do processo, evitando possíveis prejuízos ocasionados pela continuação do processo de desenvolvimento do produto.

Palavras-chave: Desenvolvimento; Placa plana; Reservatório; Coletor solar; Inovação.

ABSTRACT

ZOCHE, Paulo. **Application of the Conceptual Project for the Development of a Solar Heating System.** 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Innovation can be considered as a substantial change or creation in a product in order to bring benefits to society. Solar energy is abundantly found in Brazilian territory. The market for solar heating systems in Brazil is constantly growing, with great market potential. The most common heating systems of the market present collector and reservoir as main components, being manufactured with diverse materials. The development of a new product can be defined as the union of three phases: pre-development, development and post-development. These three steps comprise the design of a flat plate solar heating system with reservoir, with the proposal to maintain the functionality of one using lower cost materials than conventional ones. This work presents the application of a reference model in product development projects for a domestic solar heating system using the Rozenfeld Reference Model. In order to carry out this work, we specifically chose the conceptual design stage, present in the model development phase and used tools such as Function Structure Representation, Systematic Analogy, Modular Indicator Matrix and Morphological Matrix. The results of the application of the techniques indicated for this stage of the Model were achieved, as they allowed the analysis and the better decision making regarding its aspects of functionality. When performing some functional tests on the specified raw material, failures occurred that required the change of strategies for the next step of the model (detailed design). The application of the model was efficient, since it allowed the early identification of the limitations when specifying the raw material, avoiding possible damages caused by the continuation of the product development process.

Keywords: Development; Flat plate; Reservoir; Solar collector; Innovation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Componentes do modelo PDP de Henrique Rozenfeld.....	13
Figura 2: Disponibilidade diária de irradiação solar no Brasil, Média anual em horas.	15
Figura 3: Radiação solar diária no Brasil, MJ/m ² .dia.	15
Figura 4: Mercado de Aquecedores solares, percentual em área instalada em 2015.....	16
Figura 5: Coletor de placas, planas fechado.	18
Figura 6: Reservatório de água para aquecimento solar.....	19
Figura 7: Estrutura de funções sistema de aquecimento solar.	30
Figura 8: Matriz Indicadora de Módulos para um sistema de aquecimento solar doméstico.	34
Figura 9: Representação esquemática de um sistema de aquecimento solar doméstico.	35
Figura 10: Representação gráfica do design esperado para o coletor solar.	37
Figura 11: Representação gráfica do design esperado para o reservatório, vista cortada. ...	37
Figura 12: Vulcanizadora de lonas disponibilizada.....	39
Figura 13: Equipamento disponível para a confecção do protótipo.	42
Figura 14: Demonstração dos pontos de união do coletor solar e suas respectivas medidas	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição de entradas e saídas, apresentados na fase do projeto conceitual.....	21
Quadro 2: Classificação dos principais métodos de Criatividade.	23
Quadro 3: Diretrizes para a Matriz Indicadora de Módulos.....	25
Quadro 4: Critérios de aprovação da fase de projeto conceitual.	28
Quadro 5: Comparação entre o sistema de aquecimento convencional e o proposto.	31
Quadro 6: Matriz morfológica para um sistema de aquecimento solar doméstico.	33
Quadro 7: Relação entre as soluções apresentadas pela matriz morfológica.	33
Quadro 8: Relação dos custos para o desenvolvimento do protótipo.....	41

LISTA DE SIGLAS

ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado, Ventilação e Aquecimento.
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica.
DASOL	Departamento Nacional de Aquecimento Solar.
DFM	<i>Design For Manufacturing</i> (Desenvolvimento para a manufatura)
DFX	<i>Design For X</i> (Desenvolvimento para X)
GREEN	Grupo de Estudos Em Energia
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PDP	Projeto e Desenvolvimento do Produto.
PDP	Projeto e Desenvolvimento de Produto
PEN	Plano Estratégico de Negócios.
PUC	Pontifícia Universidade Católica
PVC	Policloreto de Vinila
SSC	Sistemas, Subsistemas e Componentes.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 INOVAÇÃO	11
2.2 MODELOS PROJETUAIS	11
2.3 ENERGIA SOLAR NO BRASIL	14
2.4 SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR	17
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
3.1.1 Atualizar Plano do Projeto Conceitual	22
3.1.2 Modelar Funcionalidade do Produto	22
3.1.3 Desenvolver Princípios de Solução Para as Funções	22
3.1.4 Desenvolver Alternativas de Solução Para o Produto	23
3.1.5 Definir a Arquitetura do Produto	24
3.1.6 Analisar Sistemas, Subsistemas e Componentes	25
3.1.7 Definir Ergonomia do Produto	27
3.1.8 Definir Fornecedores e Parcerias de Co-Desenvolvimento	27
3.1.9 Selecionar a Concepção do Produto	27
3.1.10 Definir Plano Macro do Processo	28
3.1.11 Avaliar Fase	28
3.1.12 Aprovar Fase	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 MODELAR FUNCIONALIDADE DO PRODUTO	30
4.2 DESENVOLVER PRINCÍPIOS DE SOLUÇÕES	31
4.3 DESENVOLVER AS ALTERNATIVAS PARA A FUNCIONALIDADE DO PRODUTO	32
4.4 DEFINIR A ARQUITETURA DO PRODUTO	33
4.5 ANALIZAR SISTEMAS, SUBSISTEMAS E COMPONENTES (SSC)	36
4.6 DEFINIR FORNECEDORES E PARCERIAS PARA CO-DESENVOLVIMENTO	40
4.7 SELECIONAR CONCEPÇÃO DO PRODUTO	40
4.8 DEFINIR PLANO MACRO DO PROCESSO	40
4.9 ANALISAR ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRA	41
4.10 APRESENTAÇÕES DO PROTÓTIPO	42
4.11 TESTES FUNCIONAIS INICIAIS	43

4.12 AVALIAR FASE	44
4.12.1 Quanto a Viabilidade Técnica	44
4.12.2 Quanto a Maturidade Tecnológica	45
4.13 APROVAR FASE	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICES	51

1 INTRODUÇÃO

A inovação pode ser entendida como uma criação ou alteração substancial em um produto, processo ou serviço de forma a trazer benefícios à sociedade, ou empresa e pode ser caracterizado como radical ou incremental. De uma forma geral, as inovações necessariamente implicam na criação de novos produtos, resultado de métodos que, a cada dia, se apresentam mais criteriosos e exigentes. Existem inúmeras metodologias aplicáveis para desenvolvimento de novos produtos. Rozenfeld *et al.*, (2010) afirmam que a aplicação de ferramentas como essas permite a redução dos riscos e despesas com relação ao sucesso do produto no mercado.

O engenheiro de produção tem um papel de grande importância no que se refere à concepção e projeto de novos produtos. Este profissional precisa estar preparado para utilizar métodos consolidados que lhe darão suporte científico nas atividades de planejamento de um novo produto.

Thomas *et al.*, (1993) dizem que em um mercado turbulento, é importante que se faça um estudo antecipado do produto antes de lançá-lo no mercado, permitindo-se que se corrija as falhas antes que ele esteja em circulação.

A crescente demanda por fontes renováveis de energia, juntamente com o alto custo da energia elétrica nas residências, ocasionou maior interesse da parte do consumidor na questão de aproveitamento da energia solar. A tecnologia de aquecimento solar, apesar de antiga, apresenta-se como novidade para o mercado consumidor brasileiro. A energia solar para aquecimento, nos últimos anos não apresentou grandes inovações sendo na sua maior parte do tipo incremental. (VASCONCELOS *et al.*, 2012)

Diante das necessidades ambientais de redução de consumo e do alto custo energético, e também do alto custo de implantação de um sistema de aquecimento solar doméstico, o desenvolvimento de um sistema inovador, utilizando materiais alternativos, pode ser considerado atrativo, desde que comprovada a sua funcionalidade e viabilidade. Neste contexto, a busca por desenvolver um produto, que satisfaça a necessidade do consumidor, utilizando fontes renováveis de geração de calor, e que tenha um custo de implantação atrativo, torna-se fundamental para o

engenheiro de produção que tem como uma de suas atribuições profissionais, colaborar para o desenvolvimento de produtos de forma científica. Foram apresentados a seguir os objetivos específicos do presente trabalho.

a) Apresentar um estudo para a criação de um sistema de aquecimento solar inovador, por meio de uma metodologia projetual;

b) Descrever o modelo de desenvolvimento de produtos proposto por Henrique Rozenfeld et al. (2010);

c) Descrever o funcionamento de um sistema de aquecimento solar genérico por meio de revisão bibliográfica;

d) Desenvolver um projeto conceitual para um sistema de aquecimento solar doméstico por meio do modelo de referência para novos produtos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 INOVAÇÃO

A Inovação pode ser caracterizada como a criação ou modificação substancial de algo de forma a proporcionar algum tipo de ganho, como o desenvolvimento humano, econômico ou ambiental.

De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2005), a inovação pode ser dividida em quatro categorias, sendo elas:

a) Inovação de produtos, na qual é introduzido um novo bem ao mercado ou há alteração substancial de um bem já existente.

b) Inovação de processos, que é a introdução ou alteração substancial de um método de produção ou distribuição de algum produto, de forma a beneficiar a empresa por meio de resultados como redução de desperdício ou melhoria na qualidade.

c) Inovação em Marketing, que é a introdução de uma nova técnica de marketing na empresa de forma a alterar significativamente a imagem do produto perante o cliente. O objetivo deste tipo de inovação é abrir novos mercados e aumentar vendas de produtos já existentes.

d) Inovação organizacional, que é a utilização de métodos novos de forma a beneficiar a empresa através de redução de custos administrativos e de suprimentos.

A inovação pode ser classificada como incremental ou radical sendo a primeira, a que se percebem pequenas melhorias no produto ou processo sem alterações drásticas em relação ao seu conceito original. Já a inovação radical é aquela em que se percebe uma quebra de paradigmas no modelo de negócios, possibilitando um novo mercado para a mesma solução. (OCDE, 2005)

2.2 MODELOS PROJETAIS

Lobach (2000) define o *design* industrial como “[...] processo de adaptação dos produtos de uso fabricados industrialmente às necessidades físicas, psíquicas, dos usuários ou grupos de usuários”. Segundo o autor, o desenvolvimento industrial depende da satisfação dos usuários, garantindo assim a venda do fabricante. Essa satisfação pode ser saciada através dos objetos de uso, que são ideias materializadas com o intuito de eliminar tensões instigadas pelas necessidades.

Rozenfeld *et al* (2010) comentam ainda que os modelos projetuais descrevem as diversas metodologias desenvolvidas para a criação de produtos ou serviços. De acordo com o autor, o Projeto e Desenvolvimento do Produto (PDP) pode ser assim definido um modelo que utiliza de atividades sequenciais realizadas com uma lógica e com o objetivo de se produzir um bem ou serviço. A cerca disso, existem inúmeras metodologias para desenvolvimento de novos produtos, sendo necessário o julgamento do projetista para a escolha da mais adequada. Devido à particularidade de cada produto, caso haja a necessidade, é preciso adaptar a metodologia escolhida.

De acordo com Barbosa Filho (2009), além do foco no produto final, o projetista deve pensar nas opções disponíveis no mercado, considerando a função primária do objeto; características relativas à logística, como redução de massa e volume, criar a identidade do produto ou marca; questões ambientais; questões de ergonomia e segurança durante a fabricação; imposições econômicas e financeiras do mercado e internas à empresa; alterações na legislação; obsolescência planejada. Este autor ainda complementa que novos produtos surgem quando existe no mercado uma oportunidade de torná-lo atrativo para o consumidor.

Conforme afirma Munari (1981), o método projetual não pode ser definitivo, sendo algo que se pode sempre modificar ou melhorar e isto está ligado à criatividade do projetista. As regras do método não podem se sobrepor à criatividade do projetista, mas estimulá-lo a realizar descobertas úteis. A metodologia projetual está subdividida em definição do problema; componentes do problema; coleta de dados; análise dos dados; criatividade; materiais e tecnologias; experimentação; modelo; verificação; desenho construtivo e solução.

A metodologia Rozenfeld (Figura 1) de PDP (Projeto e Desenvolvimento de

Produto) é subdividida em 3 macro fases sendo elas o pré desenvolvimento, o desenvolvimento e o pós desenvolvimento.

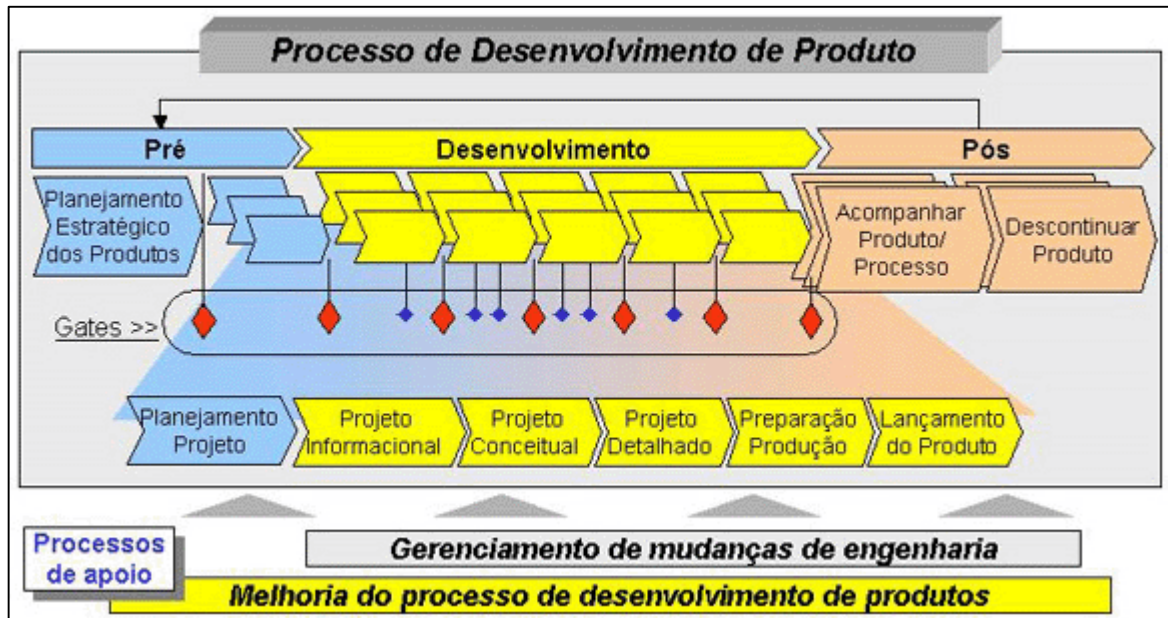


Figura 1: Componentes do modelo PDP de Henrique Rozenfeld.
Fonte: Rozenfeld., et al (2010)

A macro fase pré-desenvolvimento está relacionada com o alinhamento estratégico da corporação com o projeto em questão. (KIM e WILEMON, 2002). A formalização do projeto é realizada nesta etapa, na qual são tomadas decisões, que incluem prazos recursos, e estimativas de custos, além da viabilidade de se continuar o projeto. (KHURANA e ROSENTHAL, 1997).

Inicialmente, no macro fase de desenvolvimento, proposta por Rozenfeld et al (2010), define-se os requisitos do produto a partir das necessidades. As áreas comerciais e de Marketing são mais atuantes no início deste macro fase. Entretanto, ao final dela, são mais exigidas as atuações das áreas de engenharia e produção. A etapa de desenvolvimento está subdividida em projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação da produção e lançamento do produto.

O pós-desenvolvimento é o período em que o produto é acompanhado sistematicamente até o fim do seu ciclo de vida, ou seja, a retirada do mercado e documentação dos resultados do acompanhamento. Nesta macrofase, são realizadas

as etapas de o acompanhamento do produto e processo e descontinuidade do produto. (ROZENFELD 2010)

2.3 ENERGIA SOLAR NO BRASIL

Apesar de quase todas as fontes de energia, como a hidráulica, a eólica, a biomassa e os combustíveis fósseis, serem formas indiretas da energia solar, a radiação solar pode ser utilizada de forma direta, sendo as formas mais comuns, a iluminação natural; o aquecimento de ambientes; os coletores e os concentradores solares; e a geração de energia elétrica ou mecânica. (PINHO 2014 *et.al*).

Entre os fatores que interferem no aproveitamento da energia solar, estão as condições climáticas, a disponibilidade de radiação solar expressa em horas, as condições atmosféricas, latitude, sombreamento de área, entre outros. A disponibilidade de radiação solar, varia em função da região da terra em que se está situado, da época do ano e da hora do dia. Isto se deve ao movimento de rotação e translação da terra (CHIGUERU TIBA *et al.*, 2002).

De acordo com o Departamento Nacional de Aquecimento Solar (DASOL, 2016) da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA, 2016), o território brasileiro pode ser considerado privilegiado em questão de aproveitamento da energia solar, devido à sua proximidade com a linha do equador, o que torna a utilização desta energia viável em comparação à grande parte dos países no mundo.

Na Figura 2 pode-se conhecer a média anual da disponibilidade de radiação solar em horas diárias.

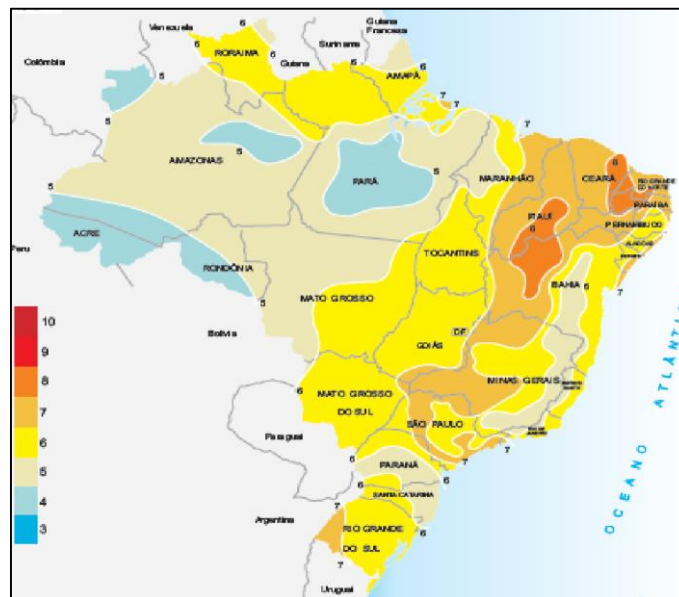


Figura 2: Disponibilidade diária de irradiação solar no Brasil, Média anual em horas.
Fonte: Adaptado de Atlas solarimétrico 2002.

Na Figura 3 é possível conhecer a média anual da quantidade diária disponível de radiação solar por m^2 em MJ/m^2 dia no Brasil.

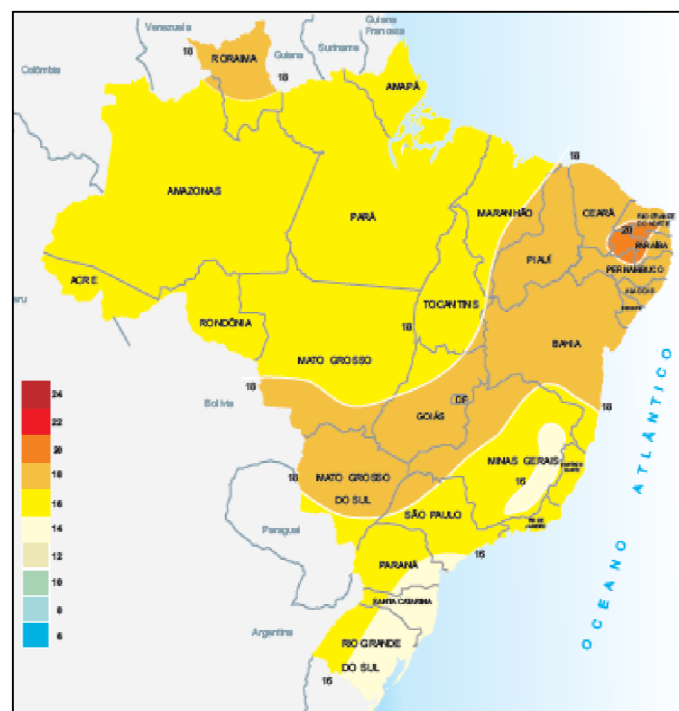


Figura 3: Radiação solar diária no Brasil, MJ/m^2 .dia.
Fonte: Adaptado de Atlas solarimétrico 2002.

A crescente demanda por fontes de energia no mundo e a busca por fontes de energia alternativas, possibilitou um nicho de mercado diferenciado. Entre o início de 2008 e o final de 2014, foram contabilizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 1412 projetos envolvendo eficiência energética, apresentados pelas concessionárias, com R\$ 4,04 bilhões investidos. Sendo R\$ 342,8 milhões investidos somente em 2014. Entre os temas envolvidos pelos projetos estão, cogeração de energia elétrica, gestão energética municipal, aquecimento solar, baixa renda, entre outros. Estimou-se uma economia da ordem de 3.616 GWh durante este período.

Segundo o DASOL, em 2015, o Brasil possuía uma área acumulada de 11,24 milhões de m² de coletores solares tendo sido 1,44 milhão, produzidos somente naquele ano; totalizando um crescimento de 4,5% na produção. Em 2014 as regiões que mais compraram sistemas de aquecimento solar foram o Sudeste, o Sul, seguido por Centro-oeste, Nordeste e Norte.

Na Figura 4 vê-se uma descrição do percentual de compras de aquecedores solares no ano de 2015, proposto por DASOL ABRAVA, (2016).

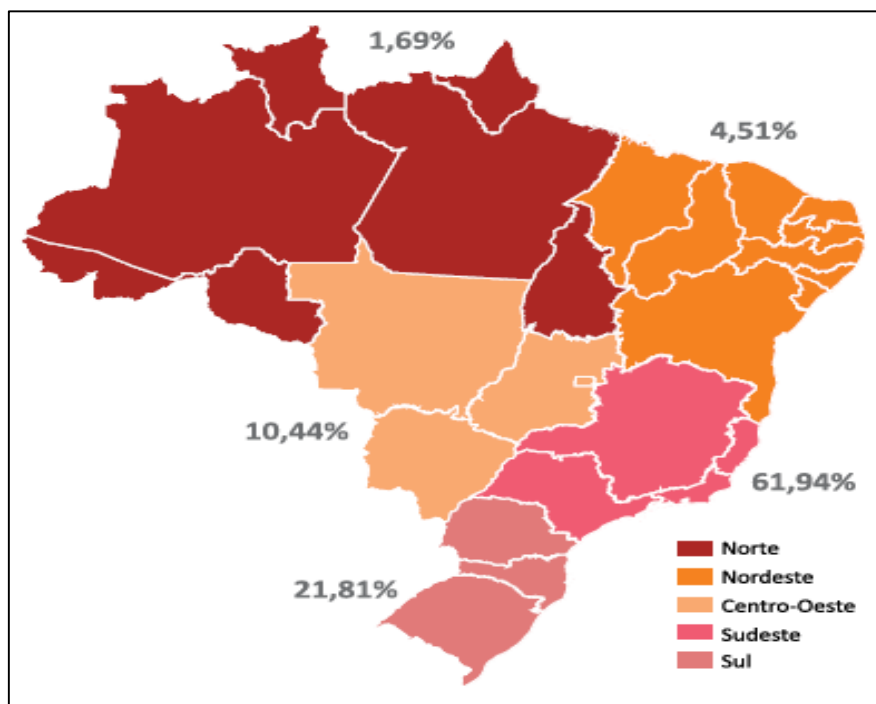


Figura 4: Mercado de Aquecedores solares, percentual em área instalada em 2015.
Fonte: DASOL ABRAVA, (2016), Departamento de Aquecimento Solar da Associação Brasileira de Ar condicionado, Ventilação, Aquecimento.

2.4 SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR

Os sistemas de aquecimento de água domésticos para fins sanitários normalmente utilizam-se de um ou mais coletores, uma fonte de fornecimento de água, um reservatório de água quente com isolamento, conhecido como boiler, tubulações, chuveiro e misturador. O transporte do fluido na maioria das vezes ocorre de forma natural por convecção, fenômeno em que a água se movimenta por diferenças de densidade entre a água fria e a água quente, mas também pode ser feito por bombeamento. Os sistemas de aquecimento solar para piscinas normalmente utilizam de coletores associados em série ou paralelo, onde existe o bombeamento da água para que ocorra a movimentação do fluido (VASCONCELLOS *et al.*, 2012).

De acordo com o Grupo de Estudos Em Energia (GREEN, 2016) Pontifícia Universidade Católica (PUC) de Minas Gerais, o coletor solar é responsável pela absorção da energia solar na forma de radiação e transferência da energia para o fluido na forma de calor. Existem vários tipos de coletores solares: com concentração e os sem concentração. Nos coletores com concentração utiliza-se de métodos para focalizar a luz solar, permitindo a obtenção de temperaturas maiores. Os coletores sem concentração, são utilizados para o aquecimento de água a temperaturas normalmente menores que 100° Celsius, por meio da absorção direta da energia solar. Os principais tipos de coletores sem concentração são os de placa plana; coletores de ar; coletores de vácuo e tubos de calor cônicos e esféricos. Normalmente, os de tubo a vácuo e os de placa plana são os mais utilizados para aquecimento de água doméstico.

A grande parte dos coletores solares comercializados atualmente são coletores solares de placa plana, sendo eles classificados como aberto e fechado (Figura 4) (DASOL, 2016)

Os componentes de um aquecedor solar, de acordo com a ABRAVA (2016) são:

a) Uma caixa externa normalmente feita de alumínio, responsável por suportar o conjunto;

- b) Um isolamento térmico que pode ser feito por materiais como lã de vidro, lã de rocha ou espuma de poliuretano, responsável por minimizar as perdas para o meio;
- c) Um sistema de tubulação composto por flauta, calha superior e calha inferior, que permite o escoamento do fluido, normalmente são feitos de cobre;
- d) Uma placa absorvedora que faz a transferência da energia térmica para o fluido, normalmente feitas em metal, como o alumínio ou o cobre, e são pintadas na cor preto fosco para aumentar a absorção de calor;
- e) Uma cobertura transparente responsável por minimizar a perda de calor por convecção e radiação para o meio ambiente, fabricada na maioria das vezes em acrílico, policarbonato ou vidro. Este tipo de cobertura está presente apenas nos coletores do tipo fechado.

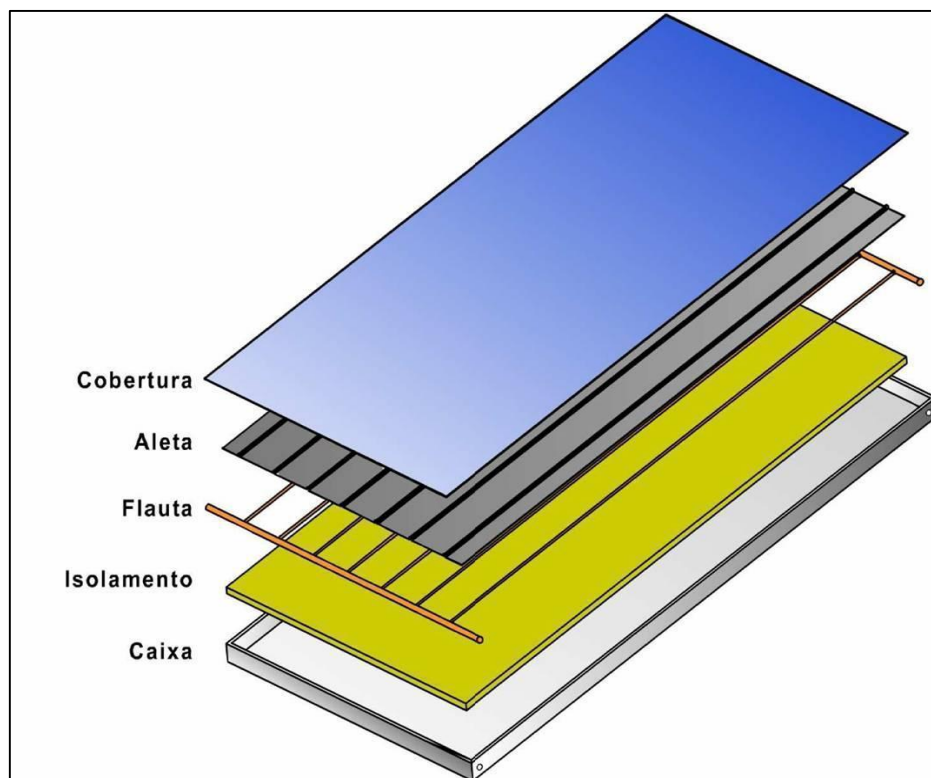


Figura 5: Coletor de placas, planas fechado.
Fonte: DASOL ABRAVA, 2016

De acordo com Vasconcellos (2012) reservatório de água quente (Figura 6) é responsável pela conservação da água quente para o uso posterior, como em

períodos de chuva ou durante o período noturno. Os reservatórios disponíveis atualmente no mercado são constituídos por:

- a) Corpo interno que é a parte que mantém contato com a água; isolamento térmico que é responsável pela minimização da perda de calor, composto por materiais isolantes como lã de vidro ou espuma de poliuretano;
- b) Corpo externo que tem a finalidade de proteger o isolamento;
- c) Resistência elétrica, que faz o aquecimento da água dentro do boiler quando o calor proveniente do sol não é o suficiente para o conforto térmico;
- d) Termostato que faz a verificação da temperatura da água e se necessário ativa a resistência elétrica;
- e) Suportes, que são responsáveis pela fixação do reservatório;
- f) Tampa lateral, que faz a vedação do reservatório.

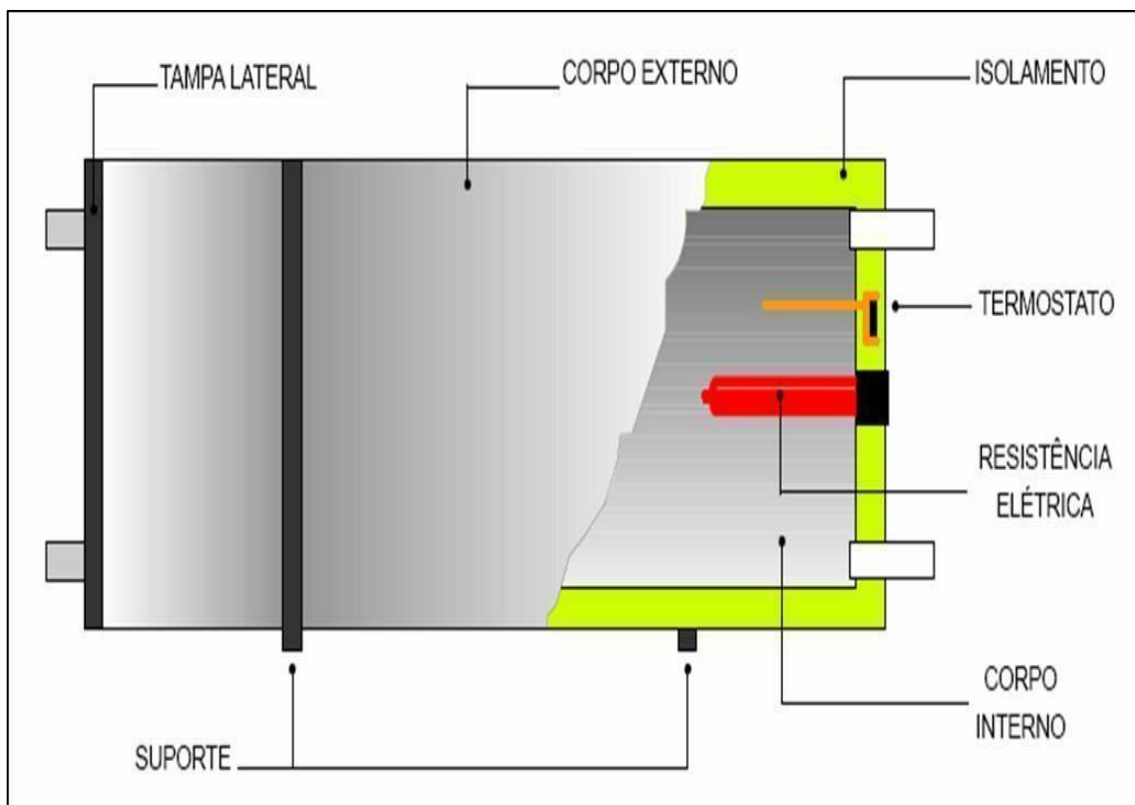


Figura 6: Reservatório de água para aquecimento solar.

Fonte: DASOL ABRAVA, 2016

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Pesquisa científica, de acordo com Lakatos (2010), é um caminho para se conhecer verdades totais ou parciais através de um método reflexivo e pensativo.

Considerando-se a classificação quanto aos objetivos, Kauark (2010) descreve que a pesquisa pode assumir três formas: Explicativa, Descritiva e Exploratória. No caso do presente estudo, entende-se que se trata de uma pesquisa exploratória, definida pelos autores como aquela que envolve experiências práticas, com entrevistas ou levantamento bibliográfico.

Este tipo de estudo procura obter uma intimidade com o problema, tornando-o explícito, ou contribuir para a construção de hipóteses. Os estudos exploratórios, em sua maioria, assumem a forma de pesquisas bibliográficas e estudos de caso.

Silva (2001), afirma que a pesquisa, quanto ao tratamento de dados, pode ser classificada em qualitativa e quantitativa. A pesquisa quantitativa é aquela que utiliza ferramentas de raciocínio lógico para a obtenção e análise dos resultados, considerando as variáveis mensuráveis. Por outro lado, a pesquisa qualitativa utiliza o sujeito e o ambiente como fonte de coleta de dados para avaliar através do raciocínio indutivo.

Essa pesquisa fez uso das técnicas quantitativas e qualitativas pois se utilizou-se de dados numéricos e informações do modelo para a elaboração de procedimentos apresentados pelo modelo de referência.

A pesquisa aqui realizada pode ser classificada como exploratória de natureza aplicada, por tratar-se do desenvolvimento de um produto, e denominada como qualitativa e quantitativa, por utilizar dados sobre o produto como dimensões, valores financeiros, entre outros, e qualitativa, devido ao estudo sobre as características desejadas dos produtos e das percepções. Por tratar-se de um trabalho em que se utilizará uma metodologia reconhecida na área de desenvolvimento de produtos, a seguir são descritas as principais etapas do modelo de referência utilizado para o desenvolvimento do sistema de aquecimento solar.

3.1 APLICAÇÕES DO MODELO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

O modelo adotado de Projeto e Desenvolvimento do Produto (PDP) é apresentado por Rozenfeld *et al.*, (2010), no livro *Gestão de Desenvolvimento de Produtos*, conhecido como Metodologia Rozenfeld e é dividido em três macro fases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento.

ENTRADAS	ATIVIDADES	SAÍDAS
	Atualizar o Plano do Projeto Conceitual	
Especificações	Modelar funcionalmente o produto	Requisitos funcionais, função global, lista de funções do produto.
Estrutura funcional	Desenvolver princípios de solução para as funções	Princípios de solução
Princípios de solução Estrutura funcional	Desenvolver as alternativas de solução para o produto	Princípios de solução totais para o produto (alternativas de projeto ou de solução)
Alternativas de solução	Definir arquitetura para o produto	Layout do produto
Alternativas de projeto	Analisar Sistemas, Subistemas e Componentes (SSC)	Concepções para o produto BOM inicial
Layout do produto Necessidades dos clientes Especificações-meta	Definir ergonomia e estética	Concepções para o produto
Concepções para o produto BOM inicial	Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento	Fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento qualificados
Concepções geradas	Selecionar a concepção do produto	Concepção escolhida
Concepção escolhida BOM inicial	Planejar o processo de manufatura macro/Definir plano macro de processo	Relatório de processo de manufatura (macro) Plano de processo macro Plano de montagem macro
	Atualizar estudo de viabilidade econômica	
	Monitorar a viabilidade econômico-financeira do produto	
	Avaliar fase	
	Aprovar fase	
	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas	

Quadro 1: Descrição de entradas e saídas, apresentados na fase do projeto conceitual.

Fonte: Adaptado de Rozenfeld *et al.*, 2010

A metodologia Rozenfeld é aplicável em qualquer fase do ciclo de vida do produto, sendo possível, sua aplicação em partes, de acordo com a etapa em que

se está. Sendo assim, os métodos referentes à fase de Projeto Conceitual, presentes na macrofase de Desenvolvimento do Produto, foram aplicados no desenvolvimento de um sistema de aquecimento solar para água. No Quadro 1 é possível verificar as entradas e saídas da fase do projeto conceitual.

3.1.1 Atualizar Plano do Projeto Conceitual

Com a metodologia Rozenfeld de desenvolvimento de novos produtos, é possível o acompanhamento de todo o ciclo de vida do produto, sendo assim a atualização do plano do projeto conceitual consiste da compatibilização do projeto com a fase pré-desenvolvimento.

3.1.2 Modelar Funcionalidade do Produto

Para a realização do Projeto Conceitual utilizando a metodologia Rozenfeld, é necessário elaborar a estrutura das funções que é uma representação esquemática das funções físicas básicas do produto por meio de um desdobramento total em funções mais simples. A estrutura das funções deve conter todos os fluxos de energia, material e sinal envolvidos. O intuito da estrutura é permitir uma visão simples da necessidade para se produzir soluções econômicas.

3.1.3 Desenvolver Princípios de Solução Para as Funções

Nesta etapa passa-se a definir-se a forma que dará a solução à função. O autor determina efeito físico, químico ou biológico, aquele que realizará a função e isto ocorre por meio do portador de efeito, que é um sistema físico com seus elementos. Nota-se que neste momento passa-se do abstrato para o concreto, definindo-se assim

o princípio de solução.

De acordo com Rozenfeld *et al.* (2010), os princípios de solução podem ser encontrados por meio de métodos de criatividade, que podem ser classificados como métodos intuitivos; métodos sistemáticos; métodos orientados. No Quadro 2, proposto por Sozo (2001) *apud* Rozenfeld (2010) pode-se identificar os modelos que apresentam os principais métodos de criatividade para cada classificação.

MÉTODOS INTUITIVOS	MÉTODOS SISTEMÁTICOS	MÉTODOS ORIENTADOS
Brainstorming	Método Morfológico	TRIZ ou TIPS
Método 635	Análise e síntese funcional	SIT
Lateral Thinking	Analogia sistemática	
<i>Synetics ou Sinergia</i>	Análise de Valor	
Galeria	Questionários ou Checklists	

Quadro 2: Classificação dos principais métodos de Criatividade.
Autor: Adaptado de Rozenfeld *et al.*, 2010 (*apud* SOZO 2001).

Observa-se no quadro 2 que a literatura disponibiliza uma diversidade de métodos de criatividade para se desenvolver princípios de solução. O autor apresenta variedade de métodos devido à diversidade de produtos em desenvolvimento, ficando a cargo do desenvolvedor a escolha do método que mais se encaixa com o produto ou empresa.

3.1.4 Desenvolver Alternativas de Solução Para o Produto

Dados os princípios de solução individuais descritos para cada produto, faz-se necessária sua combinação para que sejam elaborados os princípios de solução totais para o produto. A matriz morfológica é apresentada por Rozenfeld *et al* (2006) como um método confiável e eficiente para se combinar os princípios de solução e as funções básicas do produto com a intenção de obter uma solução final para os problemas levantados.

3.1.5 Definir a Arquitetura do Produto

Atividade em que são desdobradas as alternativas de solução em Sistemas, Subsistemas e Componentes (SSC) que devem atender as funções do produto. Nesta etapa os elementos funcionais do produto são arranjados em partes físicas que interagem entre elas. A arquitetura do produto pode ser classificada em Modular e Integral.

Na arquitetura modular, poucas funções são realizadas por um módulo, não havendo compartilhamento de funções entre dois ou mais módulos. Neste tipo de arquitetura, é possível a alteração em determinados componentes sem que afete as funções de outros módulos.

A arquitetura integral caracteriza-se por possuir funções que se distribuem entre vários componentes. Este tipo de arquitetura normalmente é utilizada para produtos de maior performance. A alteração em um componente pode afetar diferentes funções do produto.

A modularidade, de acordo com (Ulrich & Tung, 1991) pode ser definida em cinco tipos sendo elas:

a) Modalidade em permutar componentes: Caracteriza-se por permitir alternativas ao produto básico, criando-se variantes pertencentes à uma família de produtos.

b) Modularidade em compartilhar componentes: Utilizado quando um componente pode pertencer a uma variedade de produtos.

c) Modularidade em adaptar para variedade: Ocorre quando há a necessidade de variar as dimensões físicas do produto, sem a necessidade de alterações drásticas no processo produtivo.

d) Modularidade através de barramento: É empregado em situações na qual existe um componente básico que permite duas ou mais interfaces de união para acoplamento do mesmo.

e) Modularidade seccional: É empregado em situações em que existe variedade de componentes e eles podem ser unidos arbitrariamente.

A ferramenta Matriz Indicadora de Módulos (MIM) indica as funções que

são adequadas para a formação de módulos por meio de diretrizes (Quadro 03).

Desenvolvimento de produtos	Multi Aplicativo (Carry over)	Uma função pode ser um módulo separado em que a solução tecnológica atual poderá ser levada para uma nova geração ou família de produtos
	Evolução tecnológica	Uma função pode ser separada em um módulo se essa possuir uma tecnologia que será superada no seu ciclo de vida total.
	Alteração do Produto	Uma função pode ser separada em um módulo se essa possuir características que serão alteradas em um segundo plano.
Variação	Especificação técnica	Poderão ser concentradas alterações para se conseguir variantes em um módulo.
	Estilo	As funções podem ser modulo se estas forem influenciadas por tendências e modas.
Fabricação	Unidade Comum	Uma função pode ser separada em um módulo se esta possuir mesma solução física em todos os produtos variantes.
	Processo e Organização	Pode-se separar funções em um módulo se isto facilitar ou melhorar o processo produtivo.
Qualidade	Testes em Separado	Pode-se separar uma função se os testes realizados exigirem tratamento individual.
Aquisição	Compra de Produtos Prontos	Uma função pode ser tratada como uma caixa preta de redução de custos logísticos
Após Estar no Mercado	Manutenção e Manutenibilidade	Manutenção e reparos podem ser facilitados com a separação da função em um módulo.
	Atualização	A atualização pode ser facilitada se a função for um módulo.
	Reciclagem	Isto pode ser uma vantagem para concentrar materiais poluentes ou recicláveis em um mesmo modulo.

**Quadro 3: Diretrizes para a Matriz Indicadora de Módulos.
Autor: Adaptado de Rozenfeld *et al.* 2010.**

3.1.6 Analisar Sistemas, Subsistemas e Componentes

É a etapa em que são identificados aspectos críticos do ciclo de vida do produto como fabricação, funcionamento, desempenho, qualidade, custos, uso, descarte, entre outros. É nesta etapa que é definida a arquitetura passando-se

posteriormente para a concepção de um produto. O modelo de concepção representa o produto em linguagem gráfica, ou seja, representações do produto através de desenhos esquemáticos ou esboços.

Para que a representação esquemática do produto se realize, é necessário a seleção do material. Tais materiais devem possuir propriedades físicas específicas compatíveis com a concepção do produto, a fim de permitir através da escolha certa, a qualidade, a eficiência, a redução de custos e falhas, tudo isso de forma compatível com o processo de manufatura. Rozenfeld, (2010) diz que a sistemática para a seleção de materiais depende da identificação das necessidades; especificação do desempenho do componente; identificação das propriedades; lista de propriedades; geração de alternativas; lista de materiais candidatos e seleção de materiais.

Então é realizada a escolha do material através da análise das alternativas de materiais em termos de desempenho do produto, custo, fabricabilidade e disponibilidade. Considera-se também a forma e tamanhos em que o material está disponível no mercado.

A abordagem metodológica para o projeto de novos produtos apresentada por Rozenfeld (2010) é a DFX, (*Design For X*, Projeto Para X) que é o projeto do produto de forma a maximizar determinada característica. Um dos DFXs apresentados pelo autor é o DFM (*Design For Manufacturability*) que é o projeto para a manufatura, e pode ser uma alternativa para a redução de custos e aumento da qualidade no produto.

Entre os princípios apresentados para a redução de custo de fabricação, alta qualidade, facilidade de automação e melhor manutenibilidade estão reduzir o número de componentes; utilizar componentes padronizados; projetar para a fácil fabricação por meio de processos compatíveis com os materiais; utilizar características especiais dos processos; considerar no projeto a facilidade para a verificação dos produtos e componentes; evitar tolerâncias estreitas além da capacidade de manufatura; projetar produtos com robustez para compensar incertezas na manufatura; projetar de acordo com o volume esperado; projetar produtos modulares para facilitar a montagem; projetar para fácil serviço.

3.1.7 Definir Ergonomia do Produto

A ergonomia está relacionada com a adequação do trabalho ao ser humano, considerando as capacidades e também o conforto. A associação da ergonomia com o projeto de novos produtos se dá devido ao manuseio do mesmo durante a sua vida útil. A adequação do produto às características físicas do usuário, a simplificação na operação do produto e a previsão de possíveis erros humanos são ações recomendadas no design de um novo produto. (ROZENFELD *et al.*, 2010).

3.1.8 Definir Fornecedores e Parcerias de Co-Desenvolvimento

A definição das parcerias de co-desenvolvimento pode ser definida durante a análise de SSCs sendo possível a escolha inicial dos fornecedores. Entre as questões para auxiliar na escolha dos fornecedores estão o perfil da empresa; questões de gerenciamento da empresa; meio ambiente; qualidade; logística; pós mercado; competência; desenvolvimento de produto; produtividade e compras (ROZENFELD *et al.*, 2010).

3.1.9 Selecionar a Concepção do Produto

Etapa na qual é definido entre as concepções geradas, qual o melhor conceito. (ROZENFELD *et al.*, 2010).

3.1.10 Definir Plano Macro do Processo

Etapa em que por meio do desdobramento dos SSCs é identificado os processos de fabricação. Entre os mais comuns processos de fabricação estão a fundição, a conformação e moldagem, a usinagem, a união e as operações de acabamento. O processo a ser escolhido depende de fatores como as propriedades do material, a precisão e o acabamento desejado. O custo de um processo normalmente é o atributo mais importante, em seguida fatores como tamanho, forma e taxa de produção.

Entre os principais fatores que geram custo no e influenciam na escolha do processo de fabricação estão os materiais, a mão de obra indireta, as usinagens especiais as ferramentas consumíveis, os custos com utilidades e o capital investido.

3.1.11 Avaliar Fase

O autor sugere para a avaliação uma lista de critérios (Quadro 04) para a avaliação do projeto conceitual.

CRITÉRIOS
Viabilidade técnica
Existe alguma limitação tecnológica? As especificações técnicas estão sendo atendidas?
Viabilidade econômica
As especificações de custo estão sendo atendidas? Quais os custos de produção?
Maturidade tecnológica
Podem as tecnologias ser manufaturadas por processos conhecidos?
Os parâmetros funcionais críticos estão sendo identificados?
Os modos de falha são conhecidos?
A tecnologia é controlável por meio do ciclo de vida do produto?

Quadro 4: Critérios de aprovação da fase de projeto conceitual.
Autor: Adaptado de Rozenfeld et al., 2010.

3.1.12 Aprovar Fase

Nesta etapa, a equipe de avaliação tem a função de determinar se o projeto será cancelado, se o projeto será congelado se o projeto será redirecionado ou se o projeto será aprovado.

3.1.13 Documentar as Decisões Tomadas e Registrar as Lições Aprendidas

De acordo com Rozenfeld *et al.*, (2010) documentação das decisões tomadas não deve ser atividade informal, e não estruturada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a realização deste trabalho optou-se por seguir os passos determinados por Rozenfeld *et al.*, (2010) na fase de projeto conceitual composto pelas etapas a seguir.

4.1 MODELAR FUNCIONALIDADE DO PRODUTO

O estudo realizado durante a revisão bibliográfica detalhou o funcionamento de um sistema de aquecimento solar comum, descrevendo os componentes e subcomponentes de um sistema de aquecimento solar. Procurou-se desenvolver um produto com características particulares, mas que mantivesse as funções básicas de um sistema de aquecimento solar. Na Figura 7 pode-se ver a estrutura de funções do sistema de aquecimento planejado para este trabalho.

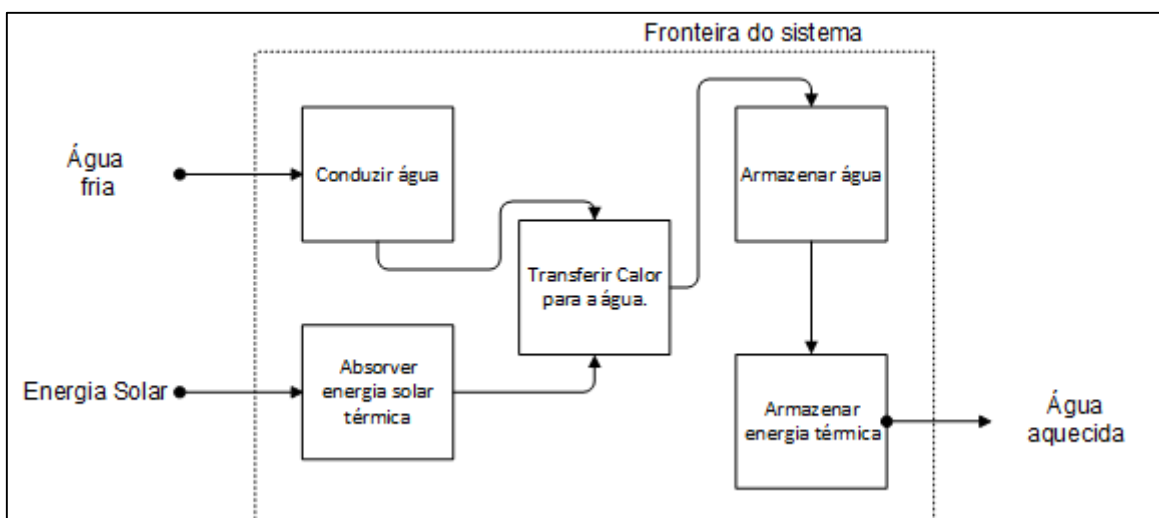


Figura 7: Estrutura de funções sistema de aquecimento solar.
Fonte: O autor.

Observa-se que, devido à simplicidade técnica do produto, apenas as funções básicas são apresentadas na estrutura de funções sendo que as secundárias,

como suportar o conjunto, não foram apresentadas, sendo assim possível uma análise posterior da real necessidade da função. Em posse das funções básicas do um sistema de aquecimento solar, foi possível desenvolver soluções para estas funções.

4.2 DESENVOLVER PRINCÍPIOS DE SOLUÇÕES

O método escolhido para se determinar os princípios de soluções foi a analogia sistemática de acordo com o autor é a “transferência de características originárias de dois domínios distintos” (Rozenfeld *et al.*, 2010, p.250). O método foi escolhido devido à proposta de se manter as funções básicas de um sistema de aquecimento solar genérico, sendo assim a analogia à um sistema de aquecimento genérico permite a construção da estrutura funcional para este produto.

FUNÇÃO	AQUECEDOR CONVENCIONAL	AQUECEDOR EM DESENVOLVIMENTO
Estrutural	Caixa metálica	O próprio coletor
Conduzir a água	Flauta	Conjunto de superfícies superior e inferior
Absorção da energia	Aleta	Superfície superior
Transferir calor para a água	Aleta + Flauta	Superfície superior
Armazenar água	Reservatório	Reservatório
Armazenar energia térmica	Isolamento térmico	Isolamento térmico

Quadro 5: Comparação entre o sistema de aquecimento convencional e o proposto.

Fonte: O autor

No Quadro 5 pode-se ver o resultado da aplicação da técnica de analogia, descrevendo uma comparação entre um sistema de aquecimento solar convencional com o sistema proposto para o desenvolvimento. A ideia do projeto é de simplificar ao

máximo o sistema de aquecimento solar sem que as funções básicas do produto sejam comprometidas.

Foi observado que no coletor do sistema de aquecimento convencional existe função estrutural na qual é utilizada a caixa como princípio de solução. A função estrutural foi considerada como secundária já que o objetivo do produto é o aquecimento de água através da energia do sol. Sendo assim procurou-se evitar mais um componente para o produto, simplificando a construção e produção do mesmo.

Na função conduzir água, foi proposta a utilização de duas superfícies, evitando-se assim a necessidade da flauta (descrita no item 2.4, p.18).

Na função absorver energia solar e transferir o calor para a água propôs-se a utilização da superfície superior como solução para ambas as funções.

Foi proposta a manutenção das funções armazenar a energia térmica e armazenar água, sendo assim serão utilizados o isolamento e o reservatório como princípio de solução.

4.3 DESENVOLVER AS ALTERNATIVAS PARA A FUNCIONALIDADE DO PRODUTO

Etapa em que as soluções individuais são combinadas a fim de se produzir soluções gerais. A ferramenta matriz morfológica (Quadro 06) foi utilizada para a combinação entre as funções básicas e os princípios de solução.

FUNÇÕES	Princípios de Solução	
Conduzir água	Conjunto duas superfícies planas flexíveis	Conjunto de superfícies rígidas
Absorver energia térmica	Superfície escura	
Transferir o calor para a água	Superfície fina	Superfície de material condutor
Armazenar água	Recipiente fechado	

Armazenar energia térmica	Material isolante	
---------------------------	-------------------	--

**Quadro 6: Matriz morfológica para um sistema de aquecimento solar doméstico.
Autor: Paulo Henrique Zoche (2017).**

FUNÇÕES ELEMENTARES	ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO			
	1	2	3	4
Conduzir água	Conjunto de duas superfícies planas flexíveis	Conjunto de duas superfícies planas flexíveis	Conjunto de duas superfícies planas rígidas	Conjunto de duas superfícies planas rígidas
Transferir calor para a água	Superfície fina	Superfície de material condutor	Superfície fina	Superfície de material condutor
Absorver a energia térmica	Superfície escura	Superfície escura	Superfície escura	Superfície escura
Armazenar água	Recipiente fechado	Recipiente fechado	Recipiente fechado	Recipiente fechado
Armazenar energia térmica	Material isolante	Material isolante	Material isolante	Material isolante

**Quadro 7: Relação entre as soluções apresentadas pela matriz morfológica.
Fonte: O autor.**

No Quadro 07, é possível observar que a relação entre os resultados da matriz morfológica, proporcionou 4 alternativas de soluções para o produto. A alternativa 1 foi escolhida como solução, considerando-se a combinação de aspectos inovação, custo e facilidade de fabricação, sendo então utilizada no desenvolvimento do novo sistema de aquecimento solar.

4.4 DEFINIR A ARQUITETURA DO PRODUTO

Como citado anteriormente (Item 3.1.4), a arquitetura de um produto pode ser definida como Modular ou Integral, o produto desenvolvido foi um sistema de aquecimento solar doméstico composto por coletor solar e reservatório de água

quente. Entre os tipos de modularidade apresentadas pelo produto, está a de se adaptar para a variedade, que na maioria das vezes está associada às dimensões físicas do produto, permitindo-se que no processo produtivo seja possível fabricar produtos com dimensões diferentes, mas possuindo as mesmas funções básicas, sem que haja necessidade de grandes alterações no processo produtivo. Há também a modularidade em compartilhar componentes, na qual é possível que componentes diferentes possam ser utilizados em famílias diferentes de produtos.

A Matriz Indicadora de Módulos (MIM), proposta por Rozenfeld *et al* (2010) foi a ferramenta utilizada para a determinação dos módulos e pode ser vista na Figura 8.

			Conduzir água	Transferir calor para a água	Absorver energia térmica	Armazenar água	Armazenar energia térmica
	Nenhuma relação	Vazio					
	Fraca relação	1 ponto					
	Média relação	3 pontos					
	Forte relação	5 pontos					
Desenvolvimento de Produtos	Multi Aplicativo (Carry over)						
	Evolução tecnológica					3	3
	Alteração do projeto		3	3	3	1	1
Variação	Especificação técnica		5	5	5		
	Estilo						
Fabricação	Unidade comum		1	1	1	1	1
	Processo e organização		5	5	5	0	0
Qualidade	Testes em separado		5	5	5		
Aquisição	Compra de produtos prontos						
Após estar no Mercado	Manutenção e manutenibilidade		1	1	1		
	Atualização		1	1	1	1	1
	Reciclagem		3	3	3	3	3
Soma			24	24	24	9	9
Classificação			1	1	1	2	2

Figura 8: Matriz Indicadora de Módulos para um sistema de aquecimento solar doméstico.
Fonte: O autor.

A soma total para as funções conduzir água, transferir calor para a água e absorver energia térmica foi maior com relação às outras duas funções, permitindo observar a possibilidade de modularidade estes elementos, sobrando assim para as

duas funções restantes a possibilidade de um segundo módulo. Foi possível observar que, analogamente ao sistema convencional de aquecimento solar, visto durante a revisão bibliográfica, a modularidade apresenta-se semelhante. As três primeiras funções pertencem ao coletor solar que é o primeiro módulo, e as duas seguintes funções pertencem ao segundo módulo, que é o reservatório.

Na Figura 9 é possível observar a representação da arquitetura do sistema de aquecimento solar proposto.

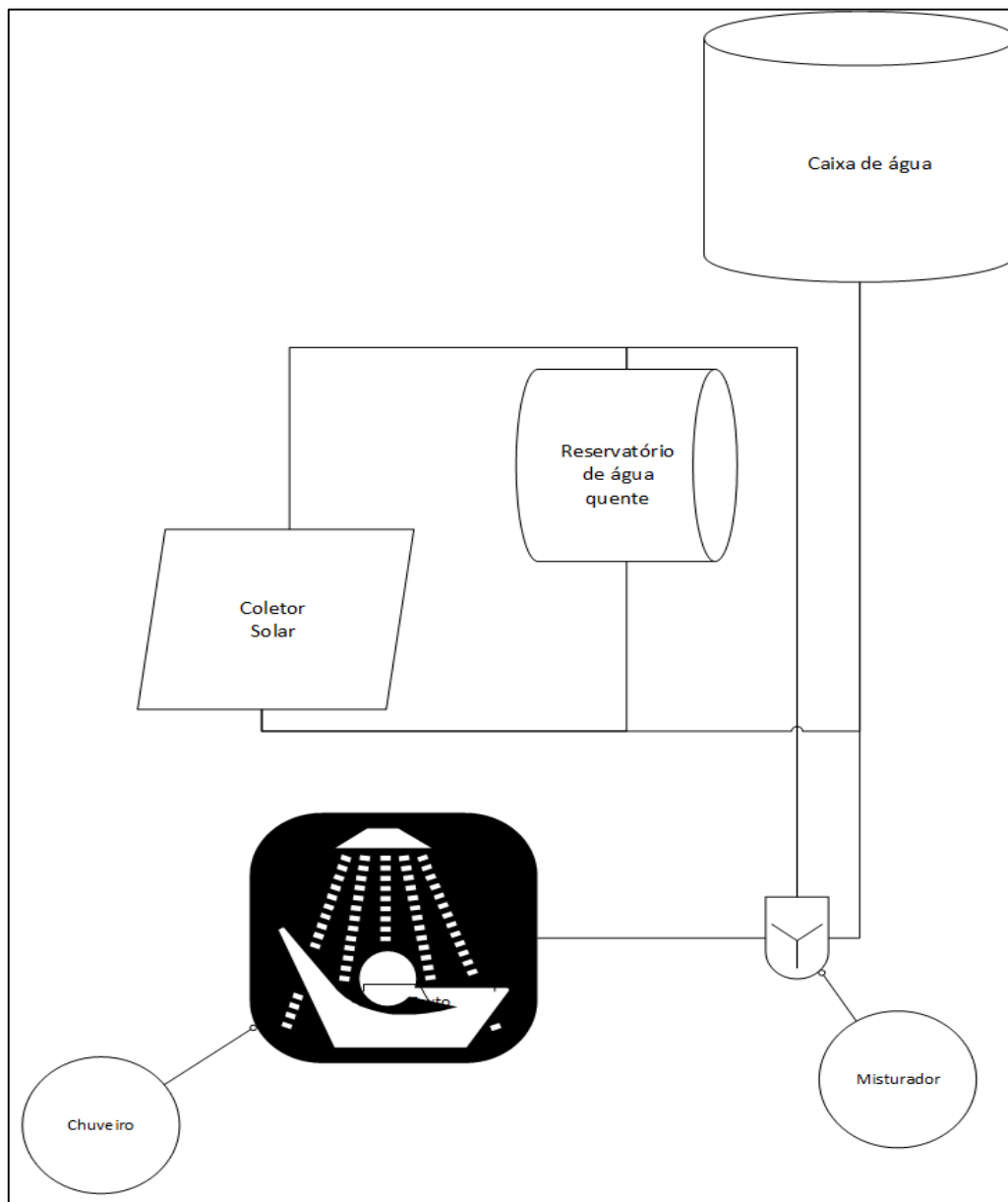


Figura 9: Representação esquemática de um sistema de aquecimento solar doméstico.
Fonte: O autor.

Nota-se que na representação esquemática são exibidos os elementos do produto em uso, e também os seus inter-relacionamentos com os demais componentes que não fazem parte do produto.

Na representação da arquitetura, podemos observar o percurso da água até chegar ao usuário, partindo da caixa d'água doméstica, que é um elemento comum nas casas. A fonte de origem da água não necessariamente precisa ser uma caixa d'água. A absorção da energia térmica é realizada por meio do coletor, e por convecção natural a água chega até o reservatório.

A função do reservatório é armazenar a água contendo energia solar térmica até que seja consumida pelo usuário. Durante a construção da representação, procurou-se minimizar a quantidade de entradas e saídas do reservatório e do coletor, a fim de minimizar as perdas em calor e o custo de fabricação do produto, já que a abertura para passagem de água é um ponto sem isolamento.

Entre os tipos de modularidade apresentadas na metodologia, foi priorizada a de se adaptar para a variedade, permitindo a produção em várias dimensões e formas para o mesmo produto.

4.5 ANALIZAR SISTEMAS, SUBSISTEMAS E COMPONENTES (SSC)

Nos Apêndices A e B é possível observar as dimensões originais para o protótipo do produto. A área de superfície da parte superior do coletor solar é de 1,2 m². O volume aproximado para o reservatório de água é de 137 litros (0,137 m³). Nas Figuras 10 e 11 é possível verificar o design do coletor solar e reservatório respectivamente.

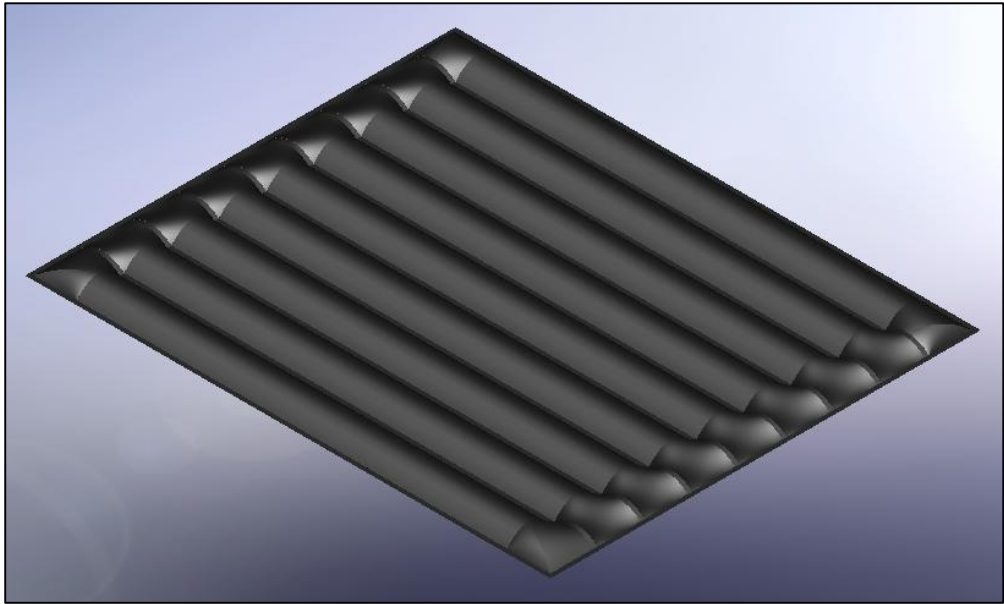


Figura 10: Representação gráfica do design esperado para o coletor solar.
Fonte: O autor.



Figura 11: Representação gráfica do design esperado para o reservatório, vista cortada.
Fonte: O autor.

Para que o coletor solar desempenhe suas funções de acordo com o projeto, o material utilizado teve que apresentar coloração escura (Figura 10), garantindo uma absorção da radiação solar, espessura fina em relação à área de superfície do coletor e flexibilidade, para que permita a passagem de água entre as duas superfícies. Além disso, é necessário que o material tenha características de boa resistência aos fenômenos naturais como chuvas, granizo, ventos, entre outros.

Foi definido que, para que haja compatibilidade no processo produtivo, o mesmo material deve ser utilizado para a construção do reservatório (Figura 11) de água, exceto para o isolamento térmico. O isolamento térmico deve possuir propriedade de flexibilidade para envolver o reservatório e capacidade de armazenar calor.

O material encontrado que possui essas propriedades foi a lona plástica (PVC) com laminado vinílico reforçado e tecido de poliéster e aditivo anti UV (ultravioleta) que aumentam a resistência ao ressecamento causado pela exposição ao sol. Levantou-se no mercado fornecedor, que esta lona plástica é comercializada em diversas cores, sendo escolhida a cor preta para a maior absorção de energia solar térmica. O material é normalmente utilizado para o transporte de cargas, na qual fica exposto a diversos tipos de fenômenos naturais, o que se assemelha com as condições em que o sistema de aquecimento solar.

Como isolamento térmico foi utilizada a lã de poliéster, normalmente presente em cobertores para isolamento térmico. De acordo com o fabricante do material, a lã de poliéster possui propriedades térmicas semelhantes a materiais isolantes como o poliuretano e a lã de vidro, comumente empregados na fabricação de reservatórios de água para aquecimento solar. Ainda o material possui a vantagem de se poder manipular sem a necessidade de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), facilitando futuros processos produtivos.

A abordagem DFM (*Design for Manufacturing*), foi utilizada na elaboração do *design* do sistema de aquecimento solar, na qual o produto foi desenhado obedecendo às limitações da máquina (figura 11) utilizada no processo produtivo. O equipamento normalmente utilizado para o processo de união de lonas plásticas é a vulcanizadora (Figura 12), que opera por meio de aquecimento do material por corrente elétrica realizando a sua a colagem. O equipamento apresenta uma lâmina

metálica com 1 cm de largura, na qual é feita a colagem. O movimento realizado pelo equipamento ocorre no sentido vertical, no qual o material é colocado sobre a plataforma e a lâmina desce, acionada por um atuador pneumático até o material e realiza a união. Este atuador é comandado pelo operador por meio de pedal na parte inferior do equipamento.



**Figura 12: Vulcanizadora de lonas disponibilizada para a confecção do protótipo.
Fonte: O autor.**

Considerando-se as limitações do equipamento, a abordagem DFM foi utilizada no design do coletor do reservatório de água. Os pontos de união, foram representados com 1cm de largura (Apêndice A), de acordo com largura da lâmina.

O design do reservatório apresenta arestas circulares, o que exige uma lâmina circular no equipamento ou a união por partes das arestas na qual pequenos segmentos são vulcanizados um de cada vez até que circunferência seja fechada. O reservatório é composto por duas camadas de lona e uma camada isolante; a camada interna, por conter a água, exige que a união seja realizada por extrusão. No caso da parte externa do produto, a união pode ser realizada por colagem, o que permite obter melhor acabamento no produto.

4.6 DEFINIR FORNECEDORES E PARCERIAS PARA CO-DESENVOLVIMENTO

O produto em desenvolvimento é composto por dois materiais principais que são lona em PVC (Policloreto de Vinila) e lã de poliéster, ambos encontrados no mercado varejista com facilidade. O produto em análise ainda encontra-se em contexto acadêmico, não sendo necessário, no momento, a realização de uma análise de fornecedores.

Como parceria de codesenvolvimento, uma empresa do ramo de marketing e estrutura para eventos do oeste do Paraná demonstrou interesse pelo produto, dando o apoio com mão de obra e maquinário para a produção do protótipo do sistema de aquecimento solar.

4.7 SELECIONAR CONCEPÇÃO DO PRODUTO

A etapa é realizada por meio da seleção do projeto mais adequado para lançamento no mercado. É importante lembrar que apenas uma unidade do produto foi desenvolvida e que se apresenta em contexto acadêmico, e que esta etapa se viabiliza em contexto empresarial, no qual há variedade de produtos em processo de desenvolvimento.

4.8 DEFINIR PLANO MACRO DO PROCESSO

Para a etapa de definição do plano macro do processo de fabricação do produto, primeiramente definiu-se que deverá ser realizado o corte do material no formato apresentado na planta; este processo pode ser manual ou automatizado, de acordo com a demanda existente do produto e com o domínio tecnológico da empresa.

O design escolhido durante a etapa de análise dos SSCs foi o DFM (*Design*

for Manufacturing), o que possibilitou a análise anterior do processo de fabricação. O processo de união foi definido como o ideal para a fabricação do sistema de aquecimento solar. A união de dois materiais poliméricos se dá por meio do aquecimento ou colagem também conhecido por vulcanização. Para a lona de PVC, Carmo (2008) sugere que ambos os processos são comuns no meio produtivo.

4.9 ANALISAR ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRA

Nesta etapa, segundo Rozenfeld *et al* (2010) é realizada uma estimativa do custo de fabricação do produto, sendo na etapa de Projeto Detalhado necessária uma nova análise financeira mais apurada. Estima-se um período de 4 horas para a construção do protótipo utilizando a mão de obra de 02 operários além disso, é necessário o uso de componentes como flanges, cola e lixas, no Quadro 08.

PRODUTO	VALOR UNITÁRIO R\$	QUANTIDADE	VALOR TOTAL
Lona em Vinil Preta	R\$ 25.00	7.84 m ²	R\$ 196.00
Lã de Polyester	R\$ 7.00	7m ²	R\$ 49.00
Mão de Obra	20,00	8h	R\$ 120.00
Outros	32,00	*	R\$ 160.00
Total			R\$ 437.00

Quadro 8: Relação dos custos para o desenvolvimento do protótipo.

Fonte: O autor.

Constata-se que no mercado atual, existe variedade de preços para os sistemas de aquecimento solar, sendo eles encontrados por valores aproximados a partir de R\$1.384,39 (Hidraushop, 2017). O sistema de aquecimento solar desenvolvido apresenta maior simplicidade com relação aos presentes no mercado, o que indica que deve ser vendido por valor menor no mercado.

Com a realização do estudo foi possível perceber que o custo de fabricação do produto pode ser reduzido substancialmente com a obtenção de fornecedores

atacadistas e automatização do processo de manufatura. A viabilidade de automatização pode ser constatada com a existência de demanda suficiente no mercado ou a utilização um layout industrial para vários produtos.

4.10 APRESENTAÇÕES DO PROTÓTIPO

Para fins de detalhamento do produto, foi realizada a construção de um protótipo do produto, no qual foi utilizada a máquina vulcanizadora. O resultado obtido pode ser observado na figura13.



**Figura 13: Equipamento disponível para a confecção do protótipo.
Fonte: O autor.**

4.11 TESTES FUNCIONAIS INICIAIS

Para a realização de testes de temperatura e eficiência, foi necessária a instalação do equipamento em uma residência, na qual a água disponível era oriunda da distribuidora. Logo no início, quando o coletor solar era preenchido por água, foi possível observar houve o rompimento da união por meio da pressão da água, o que impediu a continuação dos testes. O reservatório de água suportou a pressão sem romper as uniões.

Em comparação entre o reservatório e o coletor observa-se que o mesmo material é utilizado na construção. A diferença apresentada entre os dois componentes foram as suas geometrias e a largura do ponto de união. No coletor solar (Apêndice A) a união do material foi realizada a cada 10 cm, sendo que a largura da área de união (vulcanização) era de 1 cm. No reservatório de água, a largura do ponto de colagem possui 10 cm.

Foi observado que nas laterais do coletor solar (Figura 14), no qual a solda foi realizada com 2 cm de largura, não houve o rompimento da união.

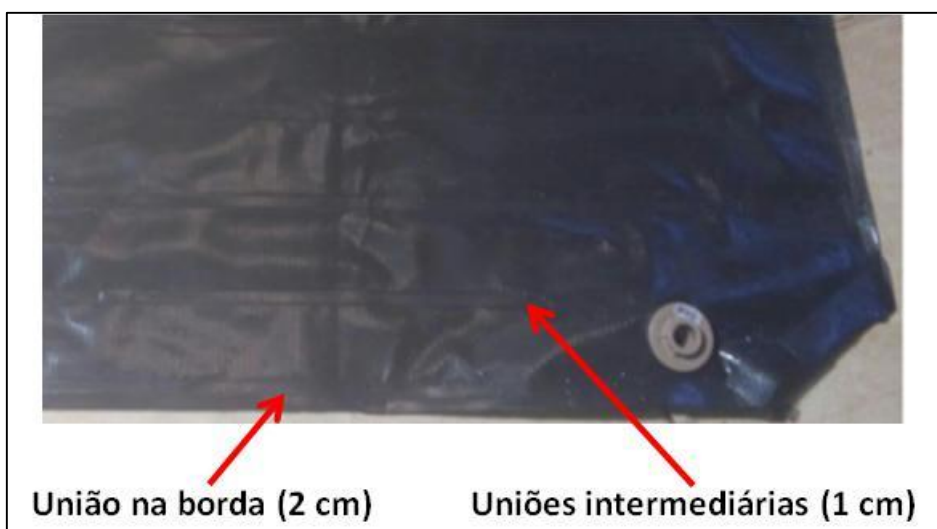


Figura 14: Demonstração dos pontos de união do coletor solar e suas respectivas medidas
Fonte: O autor

4.12 AVALIAR FASE

De acordo com o item 3.1.11, da página 29, a etapa de avaliar fase pode ser realizada por meio de um questionário (Quadro 04), no qual as perguntas e respostas serão descritas a seguir. O modelo divide esta etapa em duas abordagens. A primeira é voltada para o atendimento da viabilidade técnica do produto e a segunda abordagem está voltada para a maturidade tecnológica que o produto pode apresentar.

4.12.1 Quanto a Viabilidade Técnica

- a) Existe alguma limitação tecnológica? As especificações técnicas estão sendo atendidas?

De acordo com os testes experimentais, realizados com o protótipo, foi possível avaliar que as especificações técnicas do produto não foram atendidas devido a limitações apresentados no processo. A metodologia é utilizada de forma que não se carregue erros de concepção do produto para a etapa a seguir. Portanto a revisão do projeto conceitual especificamente na etapa de Analisar SSCs e definir plano macro do processo faz-se necessária para comprovar a viabilidade do produto.

- b) As especificações de custo estão sendo atendidas? Quais os custos de produção?

Como visto no item 4.9, o valor do custo de produção, poderá ser estimado com maior precisão na fase de Projeto Detalhado, tendo sido possível, entretanto, durante a aplicação da etapa de Projeto Conceitual, uma estimativa (Quadro 08) que conduz a um custo aproximado de construção de R\$ 398,00. Nesta avaliação, não foram estimados custos fixos empresariais e tributos, o que deverá ser considerado no cálculo durante a etapa de Projeto Detalhado.

4.12.2 Quanto a Maturidade Tecnológica

a) Podem as tecnologias ser manufaturadas por processos conhecidos?

Como pode ser visto no item 4.8, a união de lonas plásticas é realizada por meio da vulcanização, processo que já é utilizado, o que deve ser analisado é a viabilidade de uso para este método ou material.

b) Os parâmetros funcionais críticos estão sendo identificados?

Podem ser verificados os parâmetros funcionais críticos no item 4.1, no qual são definidos os parâmetros de funcionalidade do produto.

c) Os modos de falhas são conhecidos?

Os modos de falha para o produto, são concebidos por meio de testes funcionais, não foi possível realizar todos os testes funcionais com o produto, portanto os modos de falha não são conhecidos, entretanto, a ruptura da união da lona plástica pode ser considerado um modo de falha.

d) A tecnologia é controlável por meio do ciclo de vida do produto?

A expectativa é que não haja alterações na matéria prima ou processo, durante o ciclo de vida do produto que levem à alteração tecnológica drástica na concepção do produto.

4.13 APROVAR FASE

Por meio dos testes funcionais foram possíveis identificar falhas na concepção do produto, o que leva necessidade de revisão da etapa de projeto conceitual. O modelo de desenvolvimento de novos produtos proposto por Henrique

Rozenfeld *et al.*, 2010 prevê a possibilidade de o produto apresentar falhas e determina que neste caso é necessário rever o projeto para encontrar as falhas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil é um país que apresenta disponibilidade de energia solar para os mais diversos usos, mesmo assim o mercado de energia solar apresenta-se com grande potencial de crescimento. Para que este potencial seja aproveitado, faz-se necessário investimentos, partindo tanto do setor público quanto no setor privado em inovações, sejam elas no produto, no processo, em marketing, ou organizacional.

A aplicação da metodologia Rozenfeld de desenvolvimento de novos produtos a um sistema de aquecimento solar doméstico para água, permitiu a observação simplista e detalhada do produto em desenvolvimento a partir do levantamento de suas funções básicas. Em seguida, por meio da analogia sistemática, foi possível a determinação dos princípios de soluções para as funções levantadas, e posteriormente com o uso da matriz morfológica, determinar as alternativas de solução. A partir deste ponto foi possível observar que quanto ao projeto conceitual, esta visão tem a função de evitar que nas etapas seguintes, componentes desnecessários fossem utilizados para o produto. Neste requisito, é possível confirmar que o produto desenvolvido apresentou menor número de componentes do que o sistema disponível atualmente no mercado.

Na definição da arquitetura do produto foi aplicada às funções do produto a matriz indicadora de módulos, que demonstrou os requisitos que formariam um módulo. A arquitetura básica permaneceu semelhante ao produto que é encontrado atualmente no mercado, havendo dois componentes sendo eles o reservatório e o coletor.

Foi definido nesta etapa que o tipo de modularidade escolhida para o produto seria a de se adaptar para a variedade, o que exigiria um design que permitisse a fabricação de componentes de dimensões diferentes, mas que preservasse a função básica. Em seguida foi realizada a representação gráfica da arquitetura do produto, com suas interações com o usuário.

Foi possível também perceber que esta etapa possibilitou compreensão do funcionamento produto para o posterior desenho. A aplicação do modelo de desenvolvimento de novos produtos permitiu verificar a importância da avaliação do

processo produtivo antes da realização do desenho o que evita a necessidade de se desenvolver novos métodos para a fabricação de um produto.

A análise de sistemas, subsistemas e componentes (SSC) foi o momento em que se deu forma ao produto com o uso do desenho. Também nesta etapa foi realizada a escolha do material para a fabricação. Observou-se que o modelo de referência desenvolvimento de novos produtos apresentado por Rosenfeld *et al.* 2010, mostrou-se eficiente, ao ponto de ser possível identificar que existe uma possível falha no processo de fabricação ou na escolha do material utilizado, o que ocasionou a ruptura da união das lonas no coletor solar. A revisão desta etapa pode ser definida como estudo posterior. Para que o produto seja considerado realmente inovador, sugere-se como estudo a revisão das etapas de análise dos SSCs e de Definir o plano macro do processo.

REFERÊNCIAS

ABRAVA, **Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação, Aquecimento**. Disponível em: <www.abrava.com.br> acesso em 13 de outubro de 2016.

ANEEL, **Resenha Energética Brasileira**. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/>> acesso em 02 de setembro de 2016.

BARBOSA FILHO, Antônio Nunes. **Projeto e desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Atlas, 2009. x, 181 p. ISBN 9788522453306.

CARMO, Danieli Martins Do. **Recuperação de Borracha EPDM Vulcanizada: Estudo da Compatibilização e do Processamento**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. UFRRJ. Instituto de Tecnologia. Seropédica, RJ. 2008

CHIGUERU, T..et al. **Atlas Solarimétrico do Brasil**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>> acesso 20 de agosto de 2016.

COMETTA, Emilio. **Energia solar: utilização e empregos práticos**. São Paulo: Hemus, c1982. 127 p.

DASOL. **Departamento de Aquecimento Solar**. Disponível em < <http://www.dasolabrava.org.br/>> acesso em 1 de setembro de 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: atlas, 2009.

GRUPO DE PESQUISA EM ENERGIA, **Como funciona um aquecedor solar**. Disponível em <<http://portal.pucminas.br>> acesso em 12 de outubro de 2016

HIDRAUSHOP, **Comércio de Aquecedores Solares**. Disponível em: <<http://hidraushop.com.br>> Acesso 01 de novembro de 2017.

KHURANA, A. & ROSENTHAL, S. R. **Integrating the fuzzy front end of new product development**. Sloan Management Review, v. 38, n. 2, p. 103, 1997.

KIM, J. & WILEMON, D. **Focusing the fuzzy front-end in new product development.** R&D Management, v. 32, n. 4, p. 269-279, 2002.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica.** 7. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010. 297 p. ISBN 9788522457588.

LÖBACH, Bernd. **Design industrial:** bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: E. Blücher, 2000. 206 p. ISBN 85-212-0288-1.

MUNARI, Bruno. **Das coisas nascem coisas.** 2. ed. São Paulo, SP: M. Fontes, 2008. 378 p.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Manual de Oslo:** Diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre Inovação. 3. Ed. Paris. 2005.

PINHO, J. T...*et al.* **Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos.** Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>> acesso 16 de agosto de 2016

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos:** uma referência para a melhoria do processo. São Paulo, SP: Saraiva, 2006. 542 p. ISBN 8502054465.

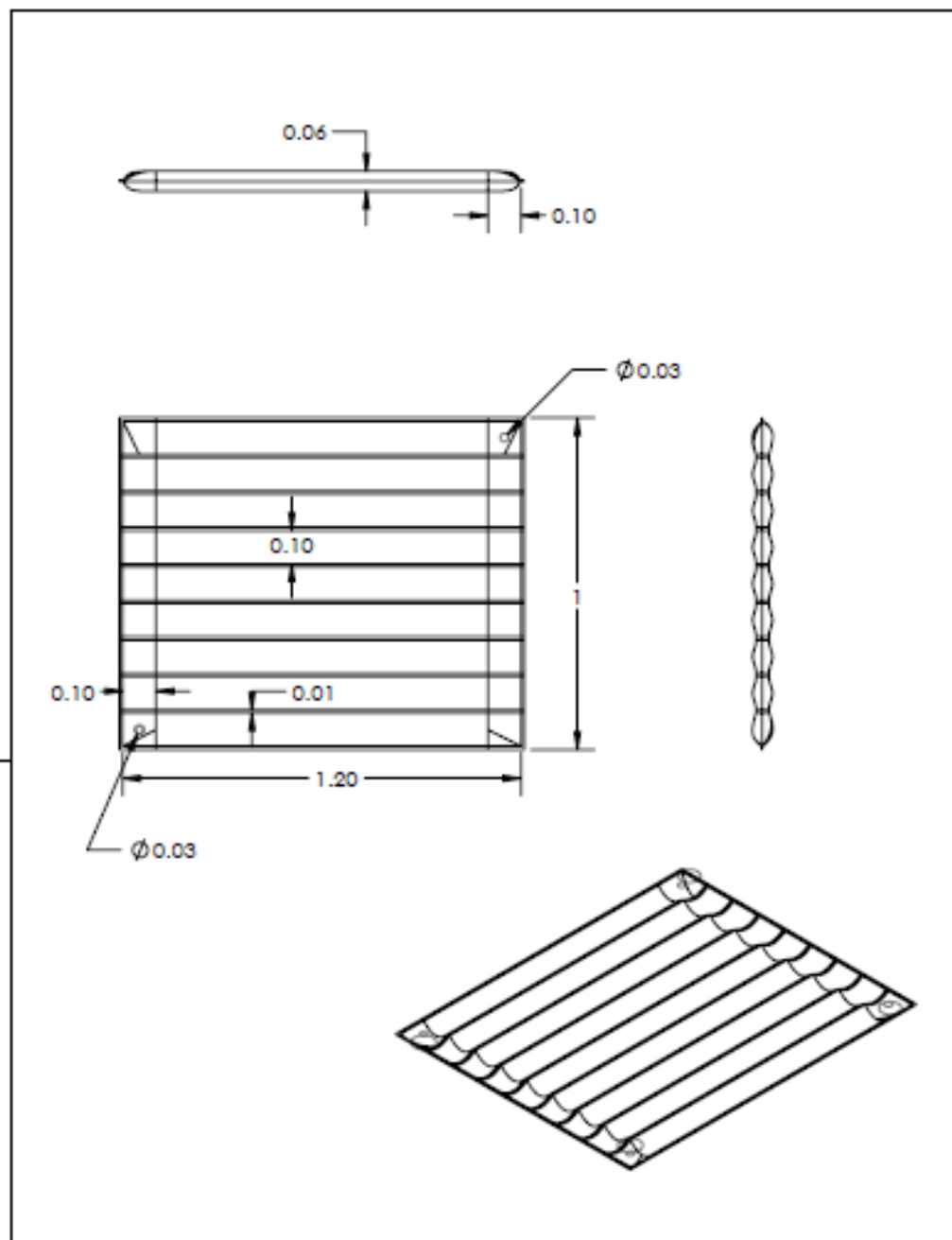
THOMAS, Robert J. **New product development: managing and forecasting for strategic success.** New York: J. Wiley, c1993. xiv, 352 p.

VASCONCELLOS, Luiz Eduardo Menandro de; LIMBERGER, Marcos Alexandre Couto ELETROBRÁS. **Energia solar para aquecimento de água no Brasil:** contribuições da Eletrobras Procel e parceiros. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2012. 229 p. ISBN 9788587083319 (broch.).

APÊNDICES

APÊNDICE A

Vistas Isométrica, Superior, Lateral e Frontal do Coletor Solar



UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Título do desenho: Coletor Solar.

Escala:

Unidade:
Metros.

Número:

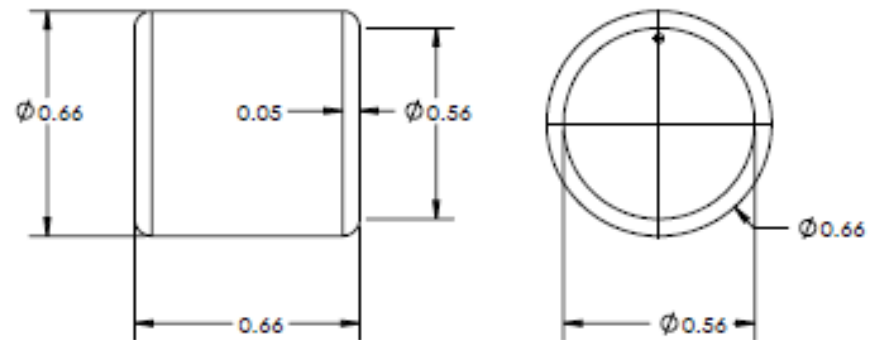
Nome: Paulo Henrique Zoche

Data: 24/10/2017

Projeção: Frontal, superior,
lateral, isométrica.

APÊNDICE B

Vistas Isométrica, Frontal e Lateral do Reservatório de Água do Sistema



UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Título do desenho: Reservatório de água e energia térmica.

Escala:
1:16

Unidade:
Metros

Número:
02

Nome: Paulo Henrique Zoche

Data: 25/10/2017

Projeção: Frontal,
lateral, isométrica