



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

VICTOR GUEDES ALVES DE MELO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA COLHEITA AUTOMATIZADA
EM ESTUFAS AGRÍCOLAS HIDROPÔNICAS**

JOÃO PESSOA

2019

VICTOR GUEDES ALVES DE MELO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA COLHEITA AUTOMATIZADA
EM ESTUFAS AGRÍCOLAS HIDROPÔNICAS**

Monografia de graduação apresentada ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Darlan Azevedo Pereira

JOÃO PESSOA

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M528d Melo, Victor Guedes Alves de. Desenvolvimento
de um sistema para colheita automatizada em estufas
agrícolas hidropônicas / Victor Guedes Alves de Melo.
- João Pessoa, 2019.
55 f. : il.

Orientação: Darlan Azevedo Pereira.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Projeto de produto. 2. WEF Nexus. 3. Agricultura. 4.
Sustentabilidade. I. Pereira, Darlan Azevedo. II.
Título.

UFPB/BC

VICTOR GUEDES ALVES DE MELO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA COLHEITA AUTOMATIZADA EM
ESTUFAS AGRÍCOLAS HIDROPÔNICAS

Aprovada em 18 de setembro de 2019

BANCA EXAMINADORA



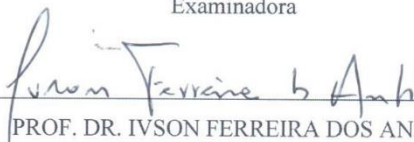
PROF. DR. DARLAN AZEVEDO PEREIRA

Orientador



PROF. MSC. ALESSANDRA BERENGUER DE MORAES

Examinadora



PROF. DR. IVSON FERREIRA DOS ANJOS

Examinador

Dedico este trabalho aos meus pais, Joselia e Nixon, e meu avô paterno Nivaldo e minhas avós Neide e Maria Elita.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e que iluminou o meu caminho durante esta longa caminhada me dando sabedoria, conhecimento e força.

Aos meus pais, Joselia e Nixon por todo o apoio, incentivo, preocupação e cuidados. Agradeço por sempre batalharem e não medir esforços para proporcionar minha educação e formação, e por acreditar na minha capacidade.

Aos meus avós, Nivaldo, Neide e Maria Elita, pelo carinho que sempre tiveram comigo e por ter importante participação na construção do meu caráter.

Meus familiares, ressaltando D^{ra}. Nivaneide por todo carinho, atenção e conselhos.

A Ana Carolina por sempre me incentivar e me compreender nos momentos difíceis, durante todo o curso.

Agradeço ao Prof. D^r. Darlan por ter aceitado participar desta importante fase da minha vida acadêmica, sou eternamente grato por sua disponibilidade, sabedoria e paciência.

Ao Prof. D^r. Fábio por ter iniciado o TCC comigo. Agradeço por todos os sábios conselhos e todo conhecimento repassado, principalmente na área de PDP.

Ao Prof. D^r. Adailson Pereira de Souza, pela contribuição de materiais bibliográficos utilizados na fundamentação teórica e conhecimento para as fases iniciais do trabalho.

Aos professores da graduação e do curso técnico subsequente em Mecânica do IFPB. Obrigado pelo conhecimento e por terem se tornado parte desta caminhada.

Meus amigos Helder Nascimento e Rosilene Nascimento, por toda ajuda e paciência. Principalmente pelo encorajamento para finalizar o curso. Por fazer parte da construção do TCC.

A Rafael Domingos da Silva, pela contribuição no desenvolvimento da programação do protótipo.

Aos professores que participaram da banca examinadora, pelas contribuições que enriqueceram este trabalho

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e apoio constantes.

RESUMO

O presente trabalho visa projetar uma unidade semi-automatizada para a colheita de alimentos em cultivos hidropônicos. Demonstrando a importância da hidroponia, principalmente como ela pode ser inovadora em relação ao método de cultivo tradicional. Podemos destacar a necessidade de mudanças no sistema agrícola a fim de obter produtos com mais qualidade e que prezem pela sustentabilidade. Neste sentido, a hidroponia apresenta uma série de vantagens e vem conquistando cada vez mais espaço no mercado, justamente por gerar uma produção com a qualidade requerida pelos consumidores mais exigentes. Para isto, utilizamos de uma metodologia voltada para o desenvolvimento de projeto de produto, de forma que através da metodologia utilizada neste trabalho é possível identificar as necessidades do público alvo e determinar os requisitos técnicos do produto, visando determinar as principais entradas para o desenvolvimento do mesmo. Poderemos também explorar uma busca de patentes e uma pesquisa exploratória de mercado para a proposta de inovação. Conseguiremos observar o desenvolvimento do projeto do produto por meio de técnicas e ferramentas de PDP (Projeto de Desenvolvimento de Produto), executamos diversas etapas e foi confeccionado um protótipo, através dele avaliamos a solução segundo a proposta da abordagem WEF Nexus.

Palavras-chave: Projeto de produto, WEF Nexus, Agricultura, Sustentabilidade.

ABSTRACT

This paper aims to design a semi unit for the harvesting of food in hydroponic crops. It demonstrate the importance of hydroponics, especially as it can be innovative in relation to the traditional cultivation method. We can highlight the need of changes in the agricultural system in order to obtain products with the highest quality and to be sustainable. In this point of view, hydroponics presents a number of advantages and has increasingly gained more space in the market, precisely because it generates a production with the quality required by the most demanding consumers and sustainability. With that, we use a methodology focused on the development of product design, so that through the methodology used in this work, it is possible to identify the needs of the target audience and determine the technical requirements of the product, aiming to determinate the main inputs for the product's development. We may also explore a patent search and exploratory market research for the innovation proposal. We can observe the development of the product design through "PDP" techniques and tools, we performed several stages and a prototype was made, through it we evaluated the solution according to the WEF Nexus' approach.

Keywords: Project design WEF Nexus, Agriculture, Sustainability.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC – *Alternating Current*

DC – *Direct current*

DFT – *Deep Film Technique*

DME – *Design, Make and Evaluate*

EDT – Estrutura de Decomposição do Trabalho

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial

NFT - *Nutrient Film Technique*

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PDP – Projeto de Produto

PIB – Produto Interno Bruto

PVC - Policloreto de Vinila

QFD – *Quality Function Deployment*¹

TAP – Termo de Abertura de Projeto

WEF – *Water Energy Food*

¹ Em português: desdobramento da função qualidade

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rotatividade no sistema tradicional	18
Figura 2 - Sistema DFT hidropônico.	20
Figura 3 - Sistema Wick System de hidroponia.....	20
Figura 4 - Sistema de subirrigação de hidroponia.....	21
Figura 5 - Sistema de Gotejamento.....	21
Figura 6 - Sistema Aeroponia.....	22
Figura 7– Sistema NFT de hidroponia.	23
Figura 8 - Estufa para hidroponia	24
Figura 9 - Estufa para hidroponia comercial da comunidade de Uruçu.....	25
Figura 10 - Bancada e canais de cultivo com canos de PVC.....	25
Figura 11 - Relação Tempo e Custo.	30
Figura 12- Desenvolvimento de produto e suas etapas.	30
Figura 13 - Fases e passos do desenvolvimento de produto.....	31
Figura 14- Fluxograma do Planejamento do Projeto	32
Figura 15 – Etapas do Projeto Formacional.	33
Figura 16 - Projeto conceitual modificada pelo autor origem Rozenfeld.....	34
Figura 17- Diagrama de Kano	36
Figura 18 – Matriz QFD	37
Figura 19 – Matriz Morfológica.....	38
Figura 20 – Metodologia e as fases macro.....	39
Figura 21 – EDT.	41
Figura 22 – Fluxograma do processo.....	42
Figura 23 - Glossário de símbolos da Matriz Casa da Qualidade.....	43
Figura 24 – Decomposição de Funções.	45
Figura 25 – Busca de Patentes.....	48
Figura 26 - Modelo digital da estrutura em CAD	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Quadro inicial da matriz da casa da Qualidade.....	43
Quadro 2 - Matriz da Casa da Qualidade	44
Quadro 3 – Matriz Morfológica do Produto.....	46
Quadro 4 – Matriz de Portadores.	46

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. MOTIVAÇÃO.....	14
1.2. OBJETIVOS	15
1.2.1. OBJETIVO GERAL	15
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1. HIDROPONIA	16
2.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA HIDROPÔNICO.....	18
2.3. MODELOS.....	19
2.5. SUSTENTABILIDADE.....	26
2.5.1. <i>Water-Food-Energy Nexus</i>	27
2.6. PROJETO DE PRODUTO	29
2.6.1. ETAPAS DO PROJETO	31
2.7. FERRAMENTAS.....	34
2.7.1. <i>Pesquisa de Anterioridades</i>	34
2.7.2. <i>Diagrama de Kano</i>	35
2.7.3. <i>Matriz Quality Function Deployment (QFD)</i>	36
2.7.4. <i>Estrutura de Desdobramento do Trabalho (EDT)</i>	37
2.7.5. <i>Análise Morfológica</i>	37
3. METODOLOGIA.....	39
3.1. PLANEJAMENTO DO PROJETO	39
3.1.1. <i>Geração de Demanda</i>	39
3.1.2. <i>Definição de Público Alvo</i>	40
3.1.3. <i>Reconhecimento da Atividade</i>	40
3.1.4. <i>Estrutura de Decomposição do Trabalho</i>	41
4. RESULTADOS	42
4.1. PROJETO CONCEITUAL.....	42
4.1.1. <i>Análise da atividade</i>	42
4.1.2. <i>Entrevistas Informais, base para o QFD</i>	42
4.1.3. <i>Matriz QFD</i>	43
4.2. PROJETO BÁSICO.....	45

4.2.1	<i>Decomposição de Funções</i>	45
4.2.2	<i>Matriz Morfológica</i>	46
4.2.3	<i>Busca de patentes</i>	47
4.3	PROJETO DETALHADO.....	48
4.3.1	<i>Modelagem</i>	48
5	ANÁLISES DOS RESULTADOS	50
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	53
	REFERÊNCIAS	54

1. INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO

O Brasil ainda é reconhecido como importante fornecedor de alimentos agrícolas para o mundo e que necessita de mudanças no sistema agrícola a fim de obter produtos com mais qualidade, principalmente diante de um cenário atual de incentivos e movimentos sociais que prezam pela sustentabilidade, como o proposto na abordagem Water-Food-Energy Nexus (tradução Nexus Água-Alimento-Energia). Neste sentido, a hidroponia apresenta uma série de vantagens e vem conquistando cada vez mais espaço no mercado, justamente por gerar uma produção com a qualidade requerida pelos consumidores mais exigentes.

Em uma visita técnica realizada por este autor na Comunidade Uruçu, localizada no município de São João do Cariri, região do Cariri paraibano, foi possível perceber o potencial e o impacto que um sistema agrícola hidropônico tem em uma região. Esta comunidade tem cerca de 80 famílias e se beneficiou da transferência de tecnologias e de investimentos oferecidos através do projeto Água Fonte de Alimento e Renda de Execução da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e da Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras (CERTI). Hoje a Comunidade do Uruçu se tornou modelo de mudança sócio-econômico e desenvolvimento da região. O principal recurso para a produção agrícola, a água, outrora indisponível e salgada, se tornou viável e abundante através das tecnologias de dessalinização absorvidas, de forma que a cooperativa local produz alimentos em uma estufa hidropônica de médio porte que atende também as necessidades nutricionais da comunidade, além do seu sustento financeiro. Recentes ampliações integraram à essa unidade a criação de peixes (tilápias).

A hidroponia é um sistema de cultivo que pode ser realizado dentro de estufa e que se fundamenta na técnica NFT (*Nutrient Film Technique*), onde basicamente os nutrientes são fornecidos por uma solução aquosa para que as raízes das plantas retirem sua fonte de nutrição, logo as plantas não crescem fixadas ao solo.

Embora o aprimoramento da técnica NFT venha ocorrendo sistematicamente, grandes produtores que a utilizam controlam os processos cultivo de forma manual, ocasionando a necessidade do uso de mão de obra para operação diariamente. Essa intervenção gera um risco grande de falha humana, que pode prejudicar o desenvolvimento das plantas ou até mesmo a perda da produção.

Diante disso, este trabalho visa analisar uma das problemáticas da hidroponia e propor uma solução prática a ser implementada na Comunidade do Uruçu, beneficiando também esses produtores que já absorveram os benefícios da parceria sociedade e comunidade acadêmica.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Projetar uma unidade semi-automatizada para a colheita de alimentos em cultivos hidropônicos.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar as necessidades do público alvo e determinar os requisitos técnicos do produto para determinar as principais entradas para o desenvolvimento do produto;
- b) Realizar uma busca de patentes e uma pesquisa exploratória de mercado para a proposta de inovação;
- c) Desenvolvimento do projeto do produto por meio de técnicas e ferramentas de PDP (Projeto de Desenvolvimento de Produto);
- d) Avaliar a solução segundo a proposta da abordagem WEF Nexus.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. HIDROPONIA

A palavra hidroponia deriva do prefixo grego: *hydro* que significa água, e do sufixo *ponos* que significa trabalho. Em um sentido mais amplo, hidroponia significa “trabalhar com água” e com soluções de adubos químicos para suprir a falta da terra por onde as plantas retiram os nutrientes necessários para sua formação (DOUGLAS, 1987).

O sistema de cultivo sem o uso do solo é antigo, mas seu uso na produção comercial é recente. No Brasil a hidroponia teve início na década de 90. Neste período surgiram vários sistemas de cultivos de hortaliças-frutos e hortaliças-folhas em ambientes protegidos tendo como principais objetivos: o aumento em relação à produção, produzir em entressafra, melhor qualidade do produto, otimização de pequenas áreas de cultivo (COSTA, LEAL e CARMO JUNIOR, 2000).

Hoje a hidroponia destaca-se principalmente pelo uso racional da água e das soluções químicas, evitando-se o desperdício que ocorre nas produções convencionais. Estima-se que na hidroponia ocorra uma economia de 95% de água em relação à agricultura convencional, este fato tem bastante relevância, pois atualmente algumas regiões brasileiras, como Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste passam por uma forte crise hídrica. Em regiões como a do Nordeste a seca é sazonal e precisa ser enfrentada periodicamente pelo homem.

Desde que dispunha de um pequeno suprimento de água, as unidades hidropônicas, tanto pequenas quanto médias e grandes, podem ser montadas em vilas e cidades para o entretenimento e proveito das populações urbanas. Da mesma maneira, povos que vivem em desertos ou em terras áridas podem criar plantas saudáveis e atraentes em quantidade, mesmo nas condições de baixa fertilidade, como é comum dessas regiões (DOUGLAS, 1987). Este fato ocorre porque na hidroponia, geralmente, o ambiente é protegido por meio de estufas, podendo ser praticado o controle das variáveis ambientais como temperatura, umidade, intensidade luminosa e desenvolvido métodos e processos variáveis de colheita como cultivo, manejo e coleta com o intuito de torná-las adequadas ao desenvolvimento da cultura em qualquer local.

Atualmente existe uma demanda da sociedade por alimentos mais saudáveis e seguros, na agricultura convencional, pelo fato de a cultura ficar em contato com o solo, e em ambiente aberto, fica debelada, mais facilmente, há contaminações por pragas e microrganismos encontrados no solo. Na hidroponia existe a possibilidade de dispensar o uso de agrotóxicos por se tratar de um ambiente protegido e minimiza ou suprimir o contato direto com as plantas por meio de seu manuseio evitando falhas humanas que comprometam o cultivo.

Na agricultura convencional as plantas retiram do solo os nutrientes e água necessários ao seu desenvolvimento, porém no cultivo hidropônico os nutrientes são oferecidos de forma direta às raízes das plantas, dependendo apenas do balanceamento dos nutrientes na solução nutritiva, assim seu desenvolvimento é mais rápido, pois as plantas não precisam buscar os nutrientes no solo, eles já são oferecidos de forma pré-definida, dependendo da técnica de cultivo.

Como demonstra (SILVA, 2005), a hidroponia consiste no conjunto de técnicas cultivo de plantas através da utilização de uma solução nutritiva, água adicionada de nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento da planta. Reintera também (BEZERRA NETO e BARRETO, 2011) “de acordo com a etimologia, o termo hidroponia (do grego: *hydro* = água e *ponos* = trabalho) quer dizer trabalho com água”, mas ao longo deste trabalho podemos concluir que vai além desse quesito.

Segundo (BEZERRA NETO e BARRETO, 2011) apud (Martins, s.d.):

“A primeira referência em literatura sobre o cultivo de plantas sem uso do solo é do pesquisador inglês John Woodward (1665–1728) que cultivou plantas de menta (*Mentha spicata*) em vasos com água da chuva, torneira, enxurrada e líquido de esgoto diluído, tendo observado maior crescimento nas plantas cultivadas com líquido de esgoto diluído (Furlani, 2004). Com tal pesquisa ele concluiu que: Bezerra Neto e Barreto (2011/2012) apud (Martins, s.d.): As plantas alimentam-se da água e de elementos nela dissolvidos, que se encontram na terra. Quando conseguirmos descobrir quais são esses elementos, poderemos prescindir da terra, para cultivá-las”.

Apesar das plantas não terem o contato com solo, podemos ver que as raízes independem do solo para seu desenvolvimento, necessitando apenas dos nutrientes para sua sobrevivência.

Assim, de acordo com (BEZERRA NETO e BARRETO, 2011) apud (Martinez, 2002):

“Admite-se que o pesquisador William Frederick Gericke foi quem primeiro empregou o termo “hidroponia”, em 1937, para indicar o cultivo de plantas sem o uso do solo, e foi também quem primeiro transferiu os conhecimentos de pesquisas laboratoriais para o campo, isto é, o emprego da hidroponia com fins comerciais (Martins, s.d.). Desde então a hidroponia vem sendo praticada com fins comerciais, nos Estados Unidos e em outros países (Filgueira, 2007). Na atualidade, países como Holanda, Alemanha, Espanha, Itália, Suécia, Austrália, Japão e Estados Unidos, praticam a hidroponia em escala comercial. A Agência Espacial Americana– NASA, utiliza a técnica para cultivar espécies olerícolas em viagens espaciais longas.”

A hidroponia atinge escala comercial a nível global. Este fato é permitido devido à capacidade das plantas neste modelo de cultivo necessitar de menor espaço, pois o sistema radicular torna-se concentrado e mínimo, além do fator de possuir abundância de nutrientes em

seu entorno. Devido a esse fator a produtividade está entorno de três a quatro vezes a mais que o modelo comumente utilizado. (SILVA, 2005).

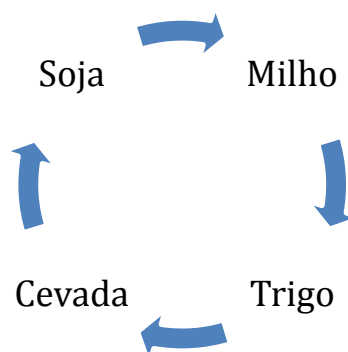
2.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA HIDROPÔNICO

Conforme (BEZERRA NETO e BARRETO, 2011) devido à hidroponia necessitar de pequenos espaços em relação ao modo de cultivo tradicional, ela se torna uma boa opção para ocorrer em espaços urbanos e assim a produção fica mais próximo do consumidor final.

Pelo fato de as plantas utilizarem uma solução nutritiva é possível possuir um controle mais acurado sobre os minerais e componentes químicos presentes nesta mistura química e através da avaliação do estado das plantas é capaz de fazer correções de acordo com as necessidades da plantação.

No sistema tradicional de plantação como as plantas absorvem os nutrientes presentes no solo e cada espécie necessita de diferentes quantidades de nutrientes, com isso é necessário haver um rodizio de cultura e cada vez mais espaço para ocorrer à plantação, como demonstrado na Figura 1. Este problema não ocorre na hidroponia, pelo fato da solução de nutrientes pode ser renovada e corrigida. Com o fornecimento de todos os nutrientes necessários as plantas tendem a possuir a maior produtividade.

Figura 1 – Rotatividade no sistema tradicional



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Na hidroponia temos o reaproveitamento da água, com isso gera um menor consumo de água e utilização de fertilizantes. Outro fator a se levar em conta é o fato de se utilizar de estruturas, a exemplo de estufas, que propiciam um melhor controle de agentes externos, como doenças e animais que podem interferir na produção. O ambiente controlado no qual são cultivados os vegetais permite a esterilização.

Causas naturais como geada e outros fatores climáticos que costumam prejudicar o plantio não afetam na hidroponia devido às estruturas que protegem o cultivo. Essa proteção permite manter fatores climáticos dentro da estufa, como temperatura, luminosidade e outros,

controlados e assim permite a capacidade de alguns vegetais produzirem fora de época de colheita padrão.

Em conformidade com (SILVA, 2005) as desvantagens estão em pontos como os custos iniciais para aquisição dos equipamentos e instalação, a necessidade de energia elétrica, a necessidade de mão de obra especializada e conhecimento técnico. O líquido utilizado nas plantas deve estar sempre em condições favoráveis, isso também reflete no fato também dos materiais serem inertes por onde passa a solução, pois isso possibilita a não propagação de doenças. Mas todo processo apresenta um custo que se diluem com a produtividade que é muito superior comparado com o convencional.

2.3 MODELOS

Para (BEZERRA NETO e BARRETO, 2011) os sistemas de cultivos hidropônicos são classificados de acordo com a sustentação da planta (se ocorre por substrato ou meio líquido), se a solução nutritiva completa um ciclo contínuo ou não, também pelo como ocorre o provimento do líquido nutritivo.

Conforme (SILVA, 2005) o sistema “*floating*”, também conhecido como sistema DFT (*Deep Film Technique*), além de também ser conhecido como cultivo na água, este termo deriva do fato da plantação se encontrar em um tanque com profundidade de 5 a 20 centímetros, a circulação do fluido ocorre devido ao fato do sistema possuir um sistema de drenagem peculiar. Este sistema de cultivo é adequado apenas para plantas leves, como alface, coentro etc., não se prestando, portanto, para plantas de maior porte como o tomate, pepino, uva, etc. Este sistema tem sido empregado com sucesso em cultivos comerciais. (BEZERRA NETO e BARRETO, 2011)

Pelo fato das plantas ficarem submersas sem nenhum apoio e necessário a utilização de algum material para fornecer sustentação às plantas, exemplificado na Figura 2, geralmente utiliza-se materiais como isopor.

Sistema de pavio, também denominado por wick system, segundo (JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007) consiste em um sistema passivo, devido a não possuir partes móveis no processo. Seu funcionamento segue com o pavio com ponta desfiada que tem a funcionalidade de um capilar realiza a conexão entre a raiz da planta e o meio de cultura (depósito superior), abaixo do depósito superior existe um inferior no qual é retirado o líquido nutritivo. Por se tratar de capilares, o sistema é recomendado para plantas de pequeno porte. A Figura 3 exemplifica o modelo descrito.

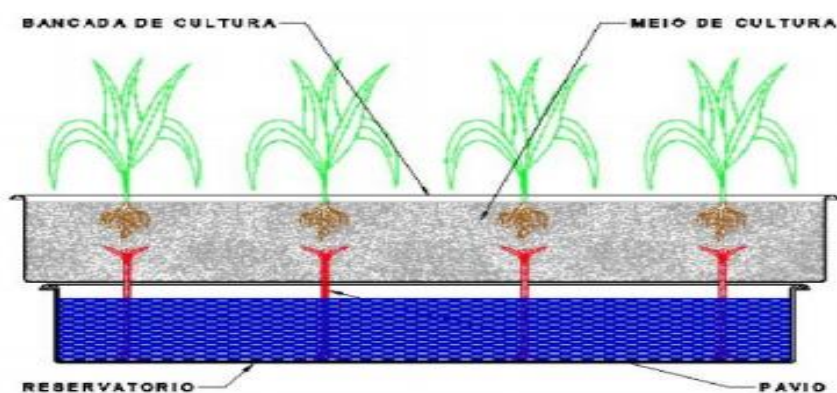
Sistema de subirrigação de acordo com (JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007), as plantas permanecem submersas a pequenas alturas como na Figura 4. Através do uso de um temporizador, uma bomba é ligada e retira a solução de um tanque para este líquido nutrir as plantas, após a nutrição se completar a solução e drenada de volta para o reservatório.

Figura 2 - Sistema DFT hidropônico.



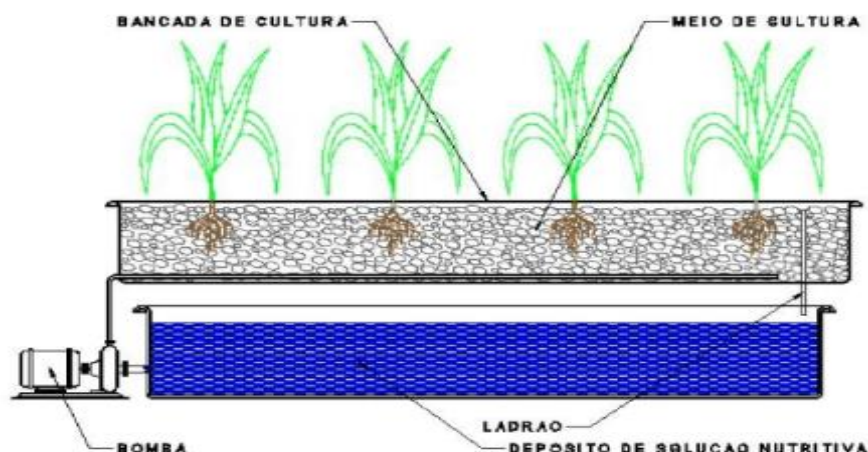
Fonte: (SILVA, 2005).

Figura 3 - Sistema Wick System de hidroponia.



Fonte: Retirada de (JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007)

Figura 4 - Sistema de subirrigação de hidroponia.



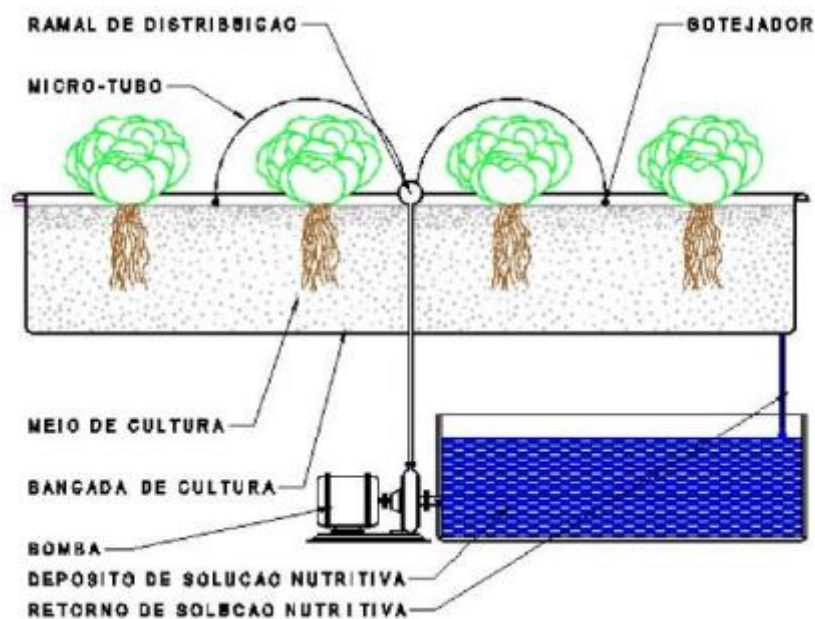
Fonte: retirada de (JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007)

Em acordo com (JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007):

“No sistema de gotejamento, utiliza-se um tanque de cimento ou plástico levemente inclinado para permitir a drenagem, o qual é preenchido pelo substrato. A solução nutritiva é retirada do depósito por uma bomba, de funcionamento comandado por um controlador de tempo, e conduzida através de tubos e micro-tubos a cada planta, gota a gota, por meio de pequenos dispositivos chamados de gotejadores.”

A Figura 5 demonstra o esquema de como se desenrola o processo por gotejamento.

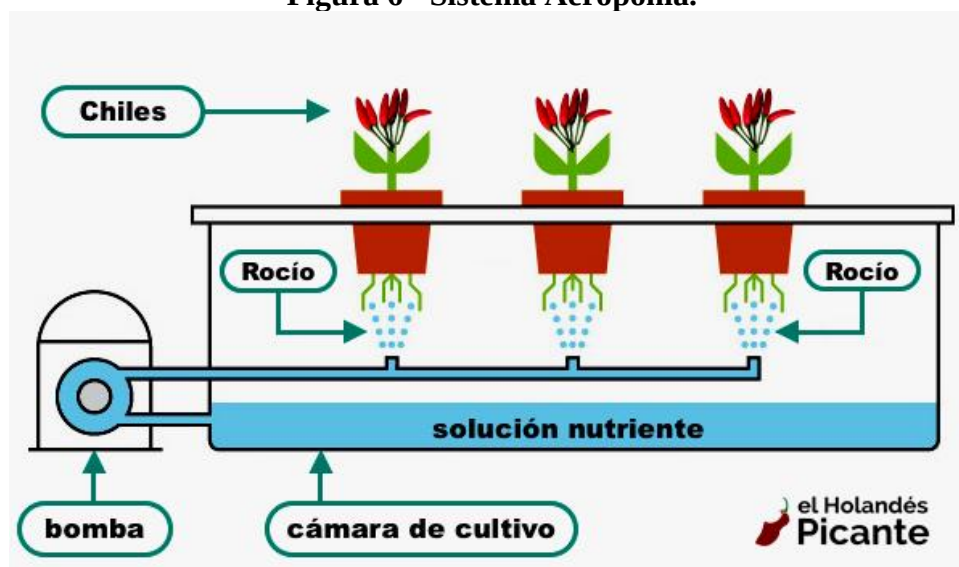
Figura 5 - Sistema de Gotejamento.



Fonte: retirada de (JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007) .

Aeroponia por (JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007), temos que é o sistema no qual não faz uso de substrato, geralmente a solução nutritiva é pulverizada, em intervalos programados, nas raízes dos vegetais. Podem ser utilizadas de forma horizontal e/ou vertical, algumas das desvantagens está nos fatores como insolação em partes dos vegetais que não estão no interior da câmara. “As plantas ficam suspensas pelo caule em um suporte, e as raízes são mantidas dentro de câmaras opacas protegidas da luz, para evitar o desenvolvimento de algas o esquema é representado na Figura 6. Este sistema é pouco utilizado comercialmente devido ao custo de implantação e dificuldades operacionais.” (BEZERRA NETO e BARRETO, 2011)

Figura 6 - Sistema Aeroponia.



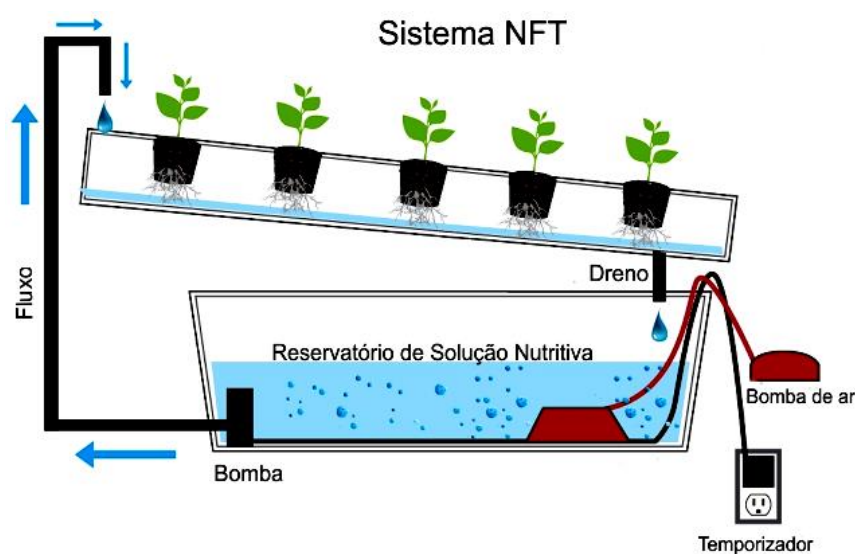
Fonte: elholandespicante.com (2019)

O Sistema NFT (*Nutrient Film Technique*) “Foi desenvolvido na Inglaterra na década de 1970. Este sistema reutiliza uma fina película de solução nutritiva nos canais de cultivo. Foi provado comercialmente um amplo número de cultivos e, como resultado de uma ampla difusão publicitária, o NFT foi confirmado em muitos países. Uma vez que se estabeleceu, a técnica provou ser útil para a produção de tomates, e para cultivos de curto crescimento como a alface.” (SILVA, 2005)

“... é classificado entre as técnicas de cultivo hidropônico como um sistema fechado, isto é, a solução nutritiva circula pelos canais de cultivo sendo reutilizada continuamente (Rodrigues, 2002). Este sistema de cultivo pode ser instalado tanto no sentido horizontal como no sentido vertical.” (BEZERRA NETO e BARRETO, 2011)

Este sistema exemplificado na Figura 7 é composto basicamente de um tanque de solução nutritiva, de um sistema de bombeamento, canais de cultivo e de um sistema de retorno ao tanque. A solução nutritiva é bombeada aos canais e escoar por gravidade formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes.

Figura 7– Sistema NFT de hidroponia.



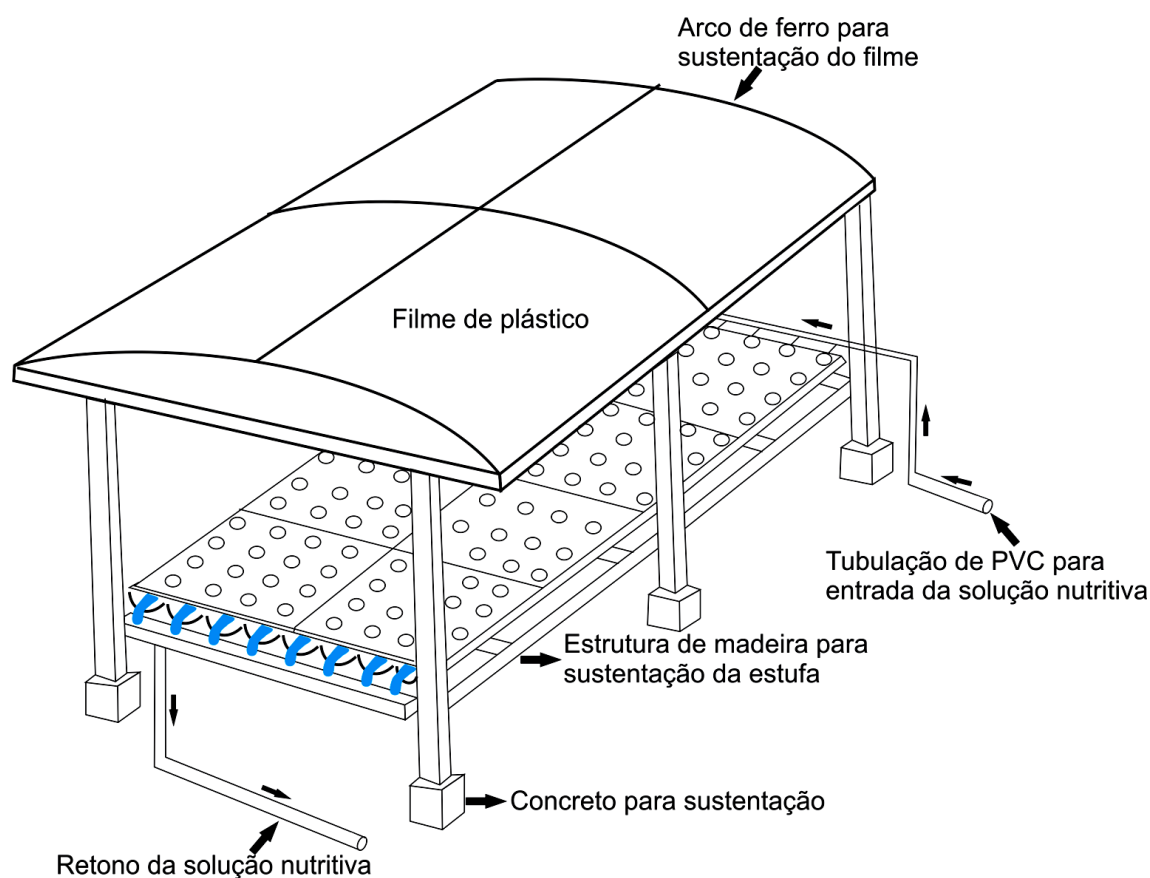
Fonte: Retirado de (JAIGOBIND, AMARAL e JAISINGH, 2007).

Para construção de uma horta hidropônica completa devemos ter um Sistema hidráulico, Estufa e Bancadas como descrito na Figura 7.

O sistema hidráulico é responsável pelo armazenamento, recalque e drenagem da solução nutritiva, sendo composto de um ou mais reservatórios de solução, do conjunto moto-bomba e dos encanamentos e registros.

O depósito da solução nutritiva pode ser de diversos materiais. Sendo que os tanques de PVC e de fibra têm sido os preferidos em virtude do menor custo, facilidade de manuseio e, por ser inerte, não necessitarem de nenhum tratamento de revestimento interno. É importante ressaltar que o depósito deve ser enterrado protegido da luz e bem vedado. Isso evita a formação de algas e a entrada de pequenos animais no depósito. Além disso, sua instalação deve ser preferencialmente abaixo do nível da tubulação de drenagem, facilitando o retorno da solução por gravidade.

A imagem de uma estufa muito utilizada principalmente por pequenos produtores hidropônicos devido ser muito simples e prática e está exemplificada conforme a Figura 8.

Figura 8 - Estufa para hidroponia

Fonte: Retirado (SILVA e MELO, 2014).

Para a cobertura das estufas recomenda-se a utilização de filme plástico aditivado anti-UV e antigotejo, com espessuras de 75mm, 100mm ou 150mm. O filme plástico antigotejo é de extrema importância, pois evita que o acúmulo interno de água caia em forma de gotas sobre as plantas e faz com que a água escorra pelas laterais da estufa conforme a Figura 9. Assim, evitam-se a contaminação e a propagação de diversos patógenos, principalmente os fúngicos. Todo agricultor almeja pelo seu plantio em locais protegidos, conseguir plantar em condições naturais desfavoráveis, isto é possível devido ao uso da estufa, a qual proporcionou grande produtividade, colheitas entressafras, e obtenção de produtos com melhor aspecto e qualidade. As plantas possuem temperatura e umidade relativa do ar ideal, no frio as sementes têm problemas para germinação, o crescimento no geral acontece de forma devagar e irregular, as flores tendem a abortar. Em altas temperaturas ocorre maior transpiração (também ocorre com umidade relativa do ar baixa) e isto causa um menor rendimento. Com o uso de estufa nas plantações podemos controlar temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade e possíveis fatores externos como exemplo de ventanias e pragas.

Figura 9 - Estufa para hidroponia comercial da comunidade de Uruçu

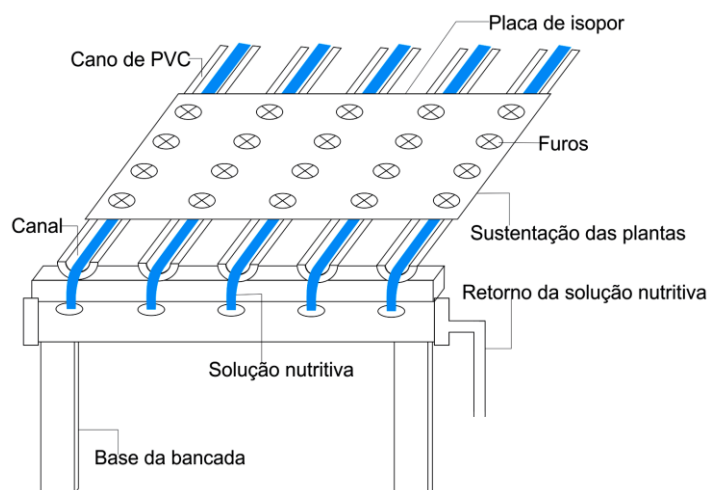


Fonte: Acervo do Autor (2016).

As bancadas ou mesas de cultivo são onde são colocadas as mudas, ou seja, onde vai ocorrer o plantio e o desenvolvimento dos vegetais.

A bancada para hidroponia deve ter até 1,0 m de altura e 2,0 m de largura para mudas e plantas de ciclo curto (hortaliças de folhas) e até 0,2 m de altura e 1,0 m de largura para plantas de ciclo longo (hortaliças de frutos). A Figura 10 mostra uma bancada de cultivo hidropônico:

**Figura 10 - Bancada e canais de cultivo com canos de PVC
Hidroponia com canos PVC**



Fonte: Retirado (SILVA e MELO, 2014).

2.5 SUSTENTABILIDADE

A exploração de recursos naturais pela sociedade vem aumentando à medida que ocorre a evolução social e tecnológica. Advindo assim problemas ambientais como degradação ambiental, secas e perdas da biodiversidade. Como forma de compensar a utilização destes recursos a (ONU, 2015) decidiu através de reuniões e conferências criar a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, trata-se de um plano de ação para as pessoas, contendo 17 objetivos de desenvolvimento sustentável e 169 metas, entre os pontos abordados na pauta estão no âmbito relacionado às pessoas, formas de erradicar a pobreza e fome e no tocante ao planeta, está o quesito da proteção contra a degradação, utilizando como forma de proteção que os padrões de consumo e produção dos recursos naturais sejam de forma sustentáveis. Esta Agenda possui reconhecimento e aplicabilidade por todos os países, principalmente por levar em consideração fatores como a capacidade e níveis de desenvolvimento e respeito às políticas nacionais de cada país. Com isso necessita que Governos, organizações internacionais, setor empresarial e outros atores não estatais e indivíduos devem contribuir para a mudança de consumo e produção não sustentáveis, inclusive via mobilização, de todas as fontes, de assistência financeira e técnica para fortalecer as capacidades científicas, tecnológicas e de inovação dos países em desenvolvimento para avançar rumo a padrões mais sustentáveis de consumo e produção, além de fatores como a reorganização dos espaços urbanos, através das autoridades e as comunidades locais para renovar e planejar nossas cidades e assentamentos humanos, de modo a fomentar a coesão das comunidades e a segurança pessoal e estimular a inovação, diminuindo o impacto dos centros urbanos sobre o sistema climático global.

Nos objetivos propostos pela Agenda 2030 possui tópicos como acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável, para isso contam com o auxílio do Comitê de Segurança Alimentar Mundial. Neste objetivo encontramos metas como:

“2.1 Até 2030, acabar com a fome e garantir o acesso de todas as pessoas, em particular os pobres e pessoas em situações vulneráveis, incluindo crianças, a alimentos seguros, nutritivos e suficientes durante todo o ano [...]

2.3 Até 2030, dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores de alimentos, particularmente das mulheres, povos indígenas, agricultores familiares, pastores e pescadores, inclusive por meio de acesso seguro e igual à terra, outros recursos produtivos e insumos, conhecimento, serviços financeiros, mercados e oportunidades de agregação de valor e de emprego não agrícola

2.4 Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a

capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo [...]

2.a Aumentar o investimento, inclusive via o reforço da cooperação internacional, em infraestrutura rural, pesquisa e extensão de serviços agrícolas, desenvolvimento de tecnologia, e os bancos de genes de plantas e animais, para aumentar a capacidade de produção agrícola nos países em desenvolvimento, em particular nos países menos desenvolvidos” (ONU, 2015)

A vantagem da utilização da hidroponia em meios urbanos, além de auxiliar no cumprimento das metas anteriormente citadas, consegue atender outras metas como a reutilização de água e diminuição do desperdício (alguns estudos relacionados à hidroponia demonstram a capacidade de reutilização da água hidropônica que seriam direcionadas para o esgoto), aumentando assim a eficiência da utilização dos recursos hídricos. Com a presença de plantações em espaços que comumente não utilizados para essa finalidade (exemplo de telhados e faixadas de edifícios) aumentamos assim a presença de áreas verdes e como recompensa diminuimos o impacto ambiental das cidades e conseguimos maior contato da população com a origem de seus alimentos e natureza. Assim sendo aliado aos objetivos debruçaremos sobre um sistema que auxilie na colheita de produtos hidropônicos para atender algumas metas expostas.

2.5.1 Water-Food-Energy Nexus

Para a gestão dos recursos de água, alimento e energia apresentam-se o conceito do termo Nexus.

O Nexus ainda não foi consolidado como doutrina por possuir partes multidisciplinares e abrange o estudo de gestão, economia, engenharia, direito e relações políticas. Pode ser tratado como metodologia, pois visa tratar diferentes setores que outrora parecia não terem correlação como agora interdependentes.

O Nexus é um modelo de ação geral proveniente de interconexões de ideias, processos ou objetos diferentes, causado por meios integrados, que resulta em distintos saldos. Apresenta falhas nas compreensões de relação existente entre a tríade de setores e como essa abordagem pode ser seqüenciada e efetivada na gestão dos recursos naturais.

Apresenta-se a seguir tradução e adaptação do conceito do Nexus, segundo a (BORGES, 2018) apudi et (ALESSANDRO FLAMMINI, 2014):

“Água, energia e alimentos são essenciais para o bem-estar humano, redução da pobreza e desenvolvimento sustentável. Projeções globais indicam que a demanda por água doce, energia e comida aumentarão expressivamente nas próximas décadas devido ao crescimento da população, desenvolvimento econômico e outros fatores.

Sabe-se que a agricultura responde por 70% do total das retiradas globais de água doce. A água é utilizada para a produção agrícola e ao longo de toda a cadeia de abastecimento agro alimentar, e é usada para produzir, transportar e usar todas as formas de energia. Ao mesmo tempo, a cadeia de produção e fornecimento de alimentos consome cerca de 30% do total energia global. Finalmente, a energia é necessária para produzir, transportar e distribuir alimentos além de extrair, bombear, transportar e tratar a água. [...] A base do WFE Nexus é uma tentativa de se equilibrar os diferentes usos desses recursos ecossistêmicos. Existem interações entre os três que podem resultar em sinergias ou “trade-offs” entre diferentes setores ou grupos de interesse. Assim, é importante entender as sinergias e as compensações a fim de desenvolver opções de resposta para garantir a sustentabilidade do ambiente e os meios de subsistência das pessoas. Ao destacar essas interdependências, o conceito “Nexus” corrobora a necessidade de ver a água, a energia e os alimentos não separados, mas sendo complexa e inextricavelmente entrelaçados. Isso, por sua vez, permite uma gestão mais integrada e econômica, formulação de políticas, planejamento, implementação, monitoramento e avaliação dos diferentes setores do “Nexus”.

A demanda eleva a pressão sobre os recursos naturais em países exportadores de matéria-prima, como no caso do Brasil, fomentando a degradação ambiental. É claro que esse quadro de escassez global apresenta nuances que variam conforme os territórios. No Brasil, a fatura de recursos hídricos não impediu que graves crises regionais no abastecimento de água ocorressem nos últimos anos. E o modelo agrícola adotado, voltado para a produção intensiva e a exportação de commodities, é também intensivo no consumo de água e energia. Assim pensar em soluções que auxiliem na diminuição desses insumos já seria um avanço nesse sentido.

O problema não constitui apenas de uma má gestão ou falha do cumprimento da política ambiental. Ele resulta da complexa interconexão entre os sistemas da água, da energia e dos alimentos.

O Brasil constitui uma das regiões mais expostas aos impactos do aquecimento global. Sua economia é pautada pela exportação de mercadorias agrícolas e energéticas. Tanto alterações no clima quanto mudanças econômicas estão ligadas à degradação ambiental e social.

A degradação afeta os sistemas da água, da energia e dos alimentos, podendo ser agravadas pela ineficiência na governança. Os desafios brasileiros do Nexus entre os três elementos incluem a transformação em larga escala no uso e ocupação do solo, o desmatamento, a escassez de água e crises de energia.

E impactos no país provavelmente se farão sentir em todo o mundo, seja por interferências no sistema climático, no suprimento global de alimentos, ou na emissão de gases de efeito estufa.

A relação entre água e energia terá impactos sobre o sistema elétrico brasileiro, atualmente baseado na geração de hidroeletricidade. O crescimento da demanda exigirá investimentos na expansão da capacidade instalada.

Isto tudo pode fornecer a base para um processo de diálogo para desenvolver e decidir sobre opções de resposta para usar e gerenciar a base de recursos de uma forma mais coordenada e sustentável.

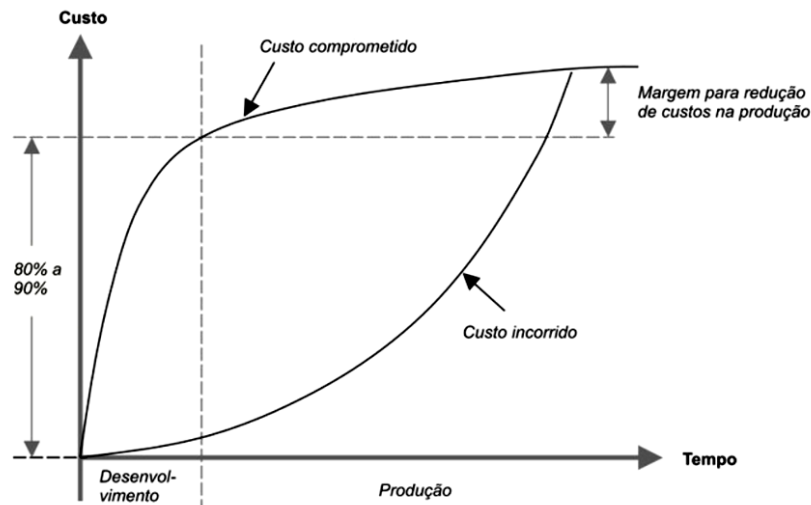
Desta forma idealmente, o processo de diálogo ajuda a tornar explícitos os objetivos diferentes, interesses e usos de partes interessadas e oferecer um processo para conciliar essas diferenças. Ele ajuda a aumentar a conscientização sobre a natureza interligada de sistemas de recursos globais e construir um terreno comum entre as diferentes partes interessadas. A participação das partes interessadas também é necessária para fonte de informação relevante ao nível agregado necessários e escala e diante de todo esse exposto pode-se adentrar em soluções como energias alternativas (solar, por exemplo) e métodos como hidroponia que se utiliza de menor consumo de água, além da qualidade de alimentos para segurança alimentar (colheita sem contato humano).

Assim o projeto aqui desenvolvido nesse trabalho precisa atender além de todo conjunto de variáveis para sua concepção as premissas da sustentabilidade adicionada à metodologia do Nexus, sendo desdobrados na etapa de projeto do produto.

2.6 PROJETO DE PRODUTO

O desenvolvimento de produtos direcionado para clientes exige uma metodologia de trabalho flexível. Para (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006) o desenvolvimento de produtos equivale a atender especificações de projeto e seu processo de produção levando-se em considerações os desejos do mercado, as restrições tecnológicas e a capacidade competitiva da empresa. No início do desenvolvimento de produtos prioriza-se as fases iniciais, isso devido ao fato de inicialmente o processo possuir maiores níveis de dúvidas e possibilidade de maiores alterações do produto sem tantos custos, como demonstra a Figura 11:

Figura 11 - Relação Tempo e Custo.

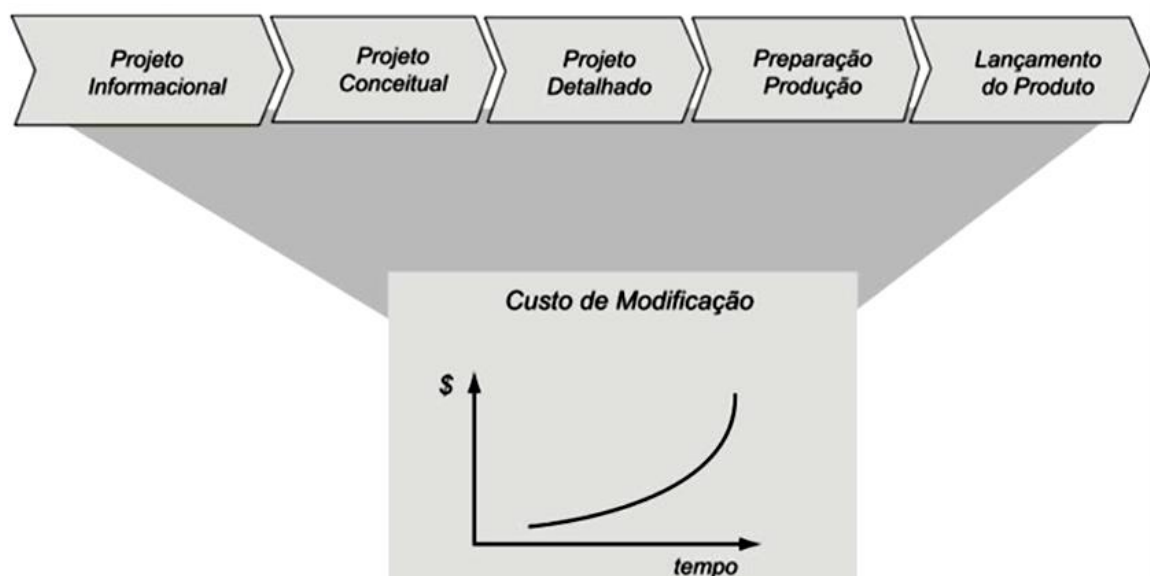


Fonte: Figura retirada do (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006).

Expandindo mais a fundo as fases de desenvolvimento de produto em suas etapas a relação com o custo e tempo se torna mais real como é verificada na Figura 12.

Os processos de desenvolvimento de produto seguem o exemplo semelhante ao que é implementado ao ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), onde cada etapa do produto é feita o planejamento, a construção, os testes e pôr fim a otimização. É ressaltada por (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006) que a medida que as fases são realizadas no desenvolvimento de produto, ocorre uma diminuição das incertezas e seja necessário a adoção de um controle de modo constante retro-alimentado de premissas determinadas e de mudanças do mercado.

Figura 12- Desenvolvimento de produto e suas etapas.

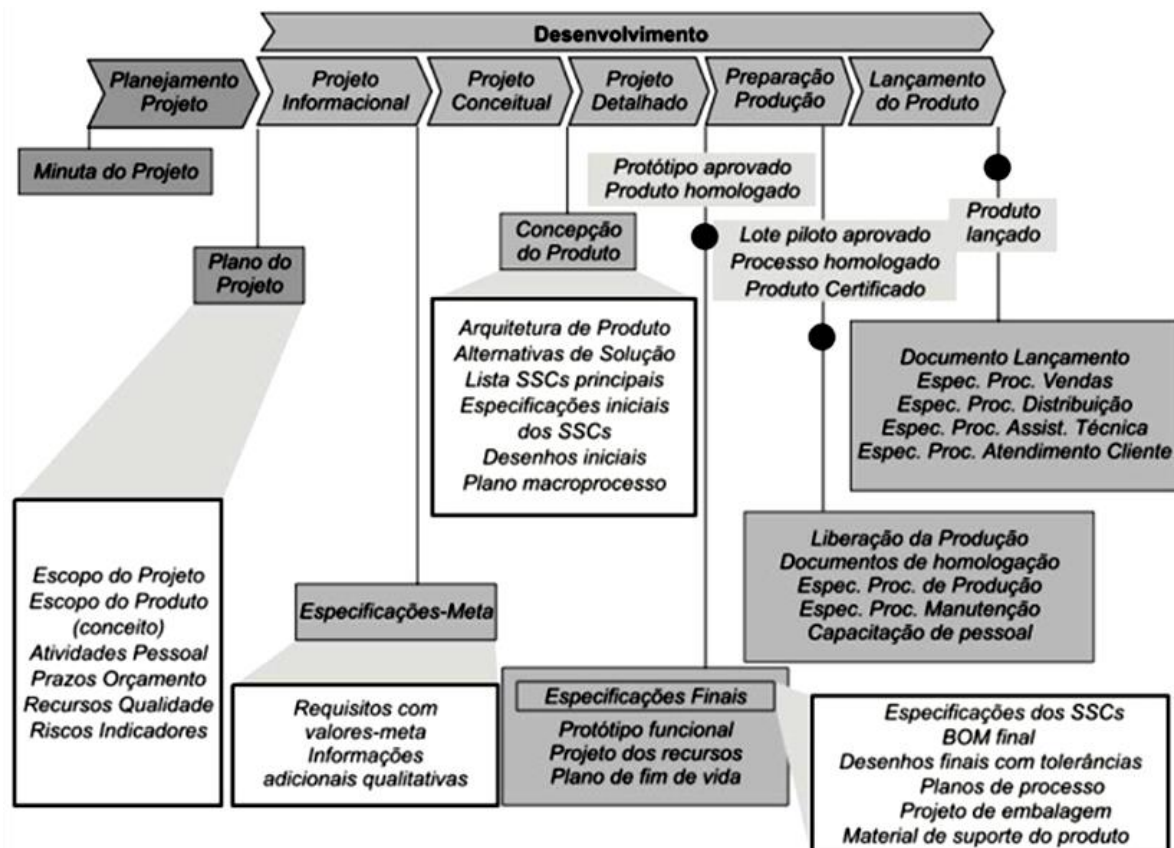


Fonte: Figura retirada do (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006).

2.6.1 ETAPAS DO PROJETO

De acordo com (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006) o desenvolvimento de produtos consiste em algumas fases, e na Figura 13 a seguir demonstramos um resumo dessas fases e passos obtidos em cada uma delas.

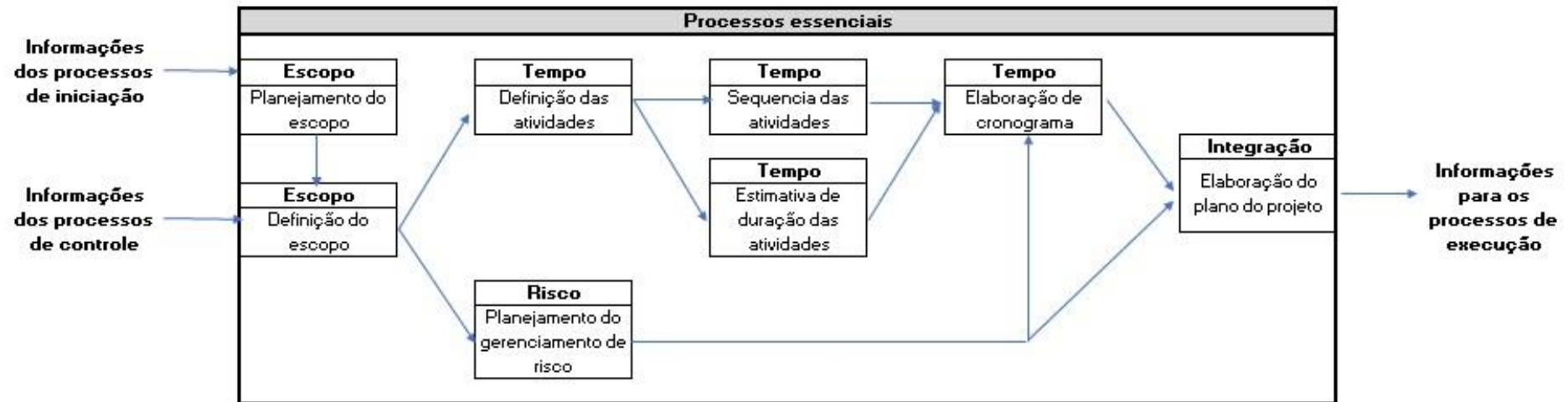
Figura 13 - Fases e passos do desenvolvimento de produto.



Fonte: Figura retirada do (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006)

As atividades se iniciam através do Planejamento do projeto, nesta fase temos a aprovação do plano do projeto, aprovação do termo de abertura de projeto e elaboração dos escopos do projeto e produto (no qual possui a justificativa do projeto, características do produto e objetivos) gerando o conhecido Fluxograma do Planejamento do Projeto. Podemos observar na Figura 14 a seguir.

Figura 14- Fluxograma do Planejamento do Projeto

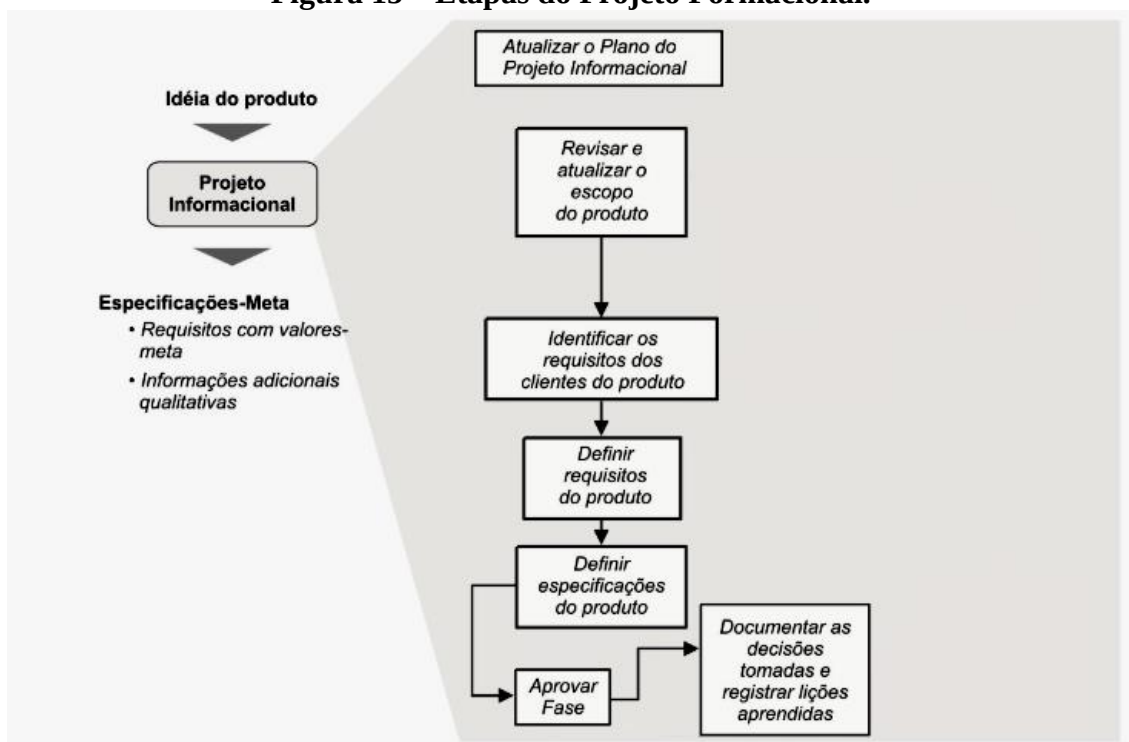


Fonte: Adaptado (BACK, OGLIARI, *et al.*, 2008)

No presente trabalho, vale ressaltar, que não se torna necessário a realização de todas as metas do plano de projeto e algumas metas posteriores das demais fases, isto ocorre pelo fato de muitas metas estarem direcionadas para o âmbito empresarial (temos como exemplo quesitos como orçamento e determinação das atividades de cada equipe), devido a este fator algumas metas serão omitidas.

Para a etapa de Projeto informacional tem como finalidade elaborar os critérios a serem atendidos pelo projeto do produto, para isso as necessidades dos clientes são reconhecidas, com isso são transformadas em requisitos dos usuários e utilizando estes requisitos ocorre a definição dos requisitos do produto e são estabelecidas as Especificações - metas. A Figura 15 a seguir demonstra as entradas e saídas da fase de Projeto Informacional.

Figura 15 – Etapas do Projeto Formacional.

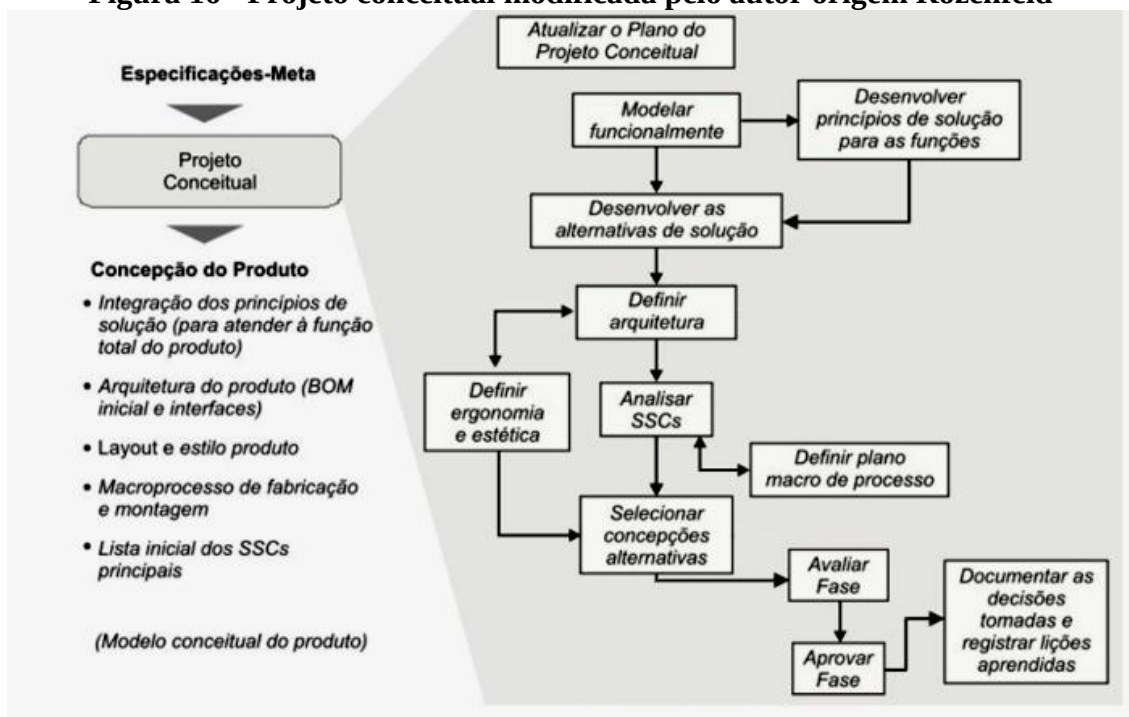


Fonte: Adaptado do (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006).

O Projeto conceitual no qual as atividades estão na solução dos critérios do produto, mesmo estas soluções não levando em consideração os princípios físicos, para isso é definido a função global e as subfunções do produto. Nesta fase são utilizadas diversas ferramentas (que serão descritas no capítulo seguinte) para auxiliar na concepção do produto, outro fator importante é a definição dos Sistemas, Subsistemas e

Componentes (SSC) do produto. No final desta fase possuímos uma concepção do produto, na Figura 16 temos uma visualização do resumo da fase.

Figura 16 - Projeto conceitual modificada pelo autor origem Rozenfeld



Fonte: Adaptado do (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006)

Na fase de Projeto detalhado temos a aprovação, construção e validação do protótipo. Por isso torna-se necessário o término das especificações dos componentes. Após esta fase o produto é encaminhado para as fases de manufatura. É importante salientar que a cada meta de cada fase realizar um ciclo PDCA, visando à constante otimização do processo.

2.7 FERRAMENTAS

Para o cumprimento de cada fase do desenvolvimento do produto, são utilizadas ferramentas para auxílio. Algumas ferramentas serão brevemente explicadas a seguir.

2.7.1 Pesquisa de Anterioridades

Ocorre através da pesquisa de patentes e publicações científicas de produtos que cumpre com os mesmos requisitos dos clientes. Para (BAXTER, 1998) os objetivos da pesquisa estão em descrever como ocorre a concorrência dos produtos existentes com o produto a ser desenvolvido, localizar as oportunidades de inovação e determinar as metas para o novo produto se tornar competitivo. Para complementar (BACK,

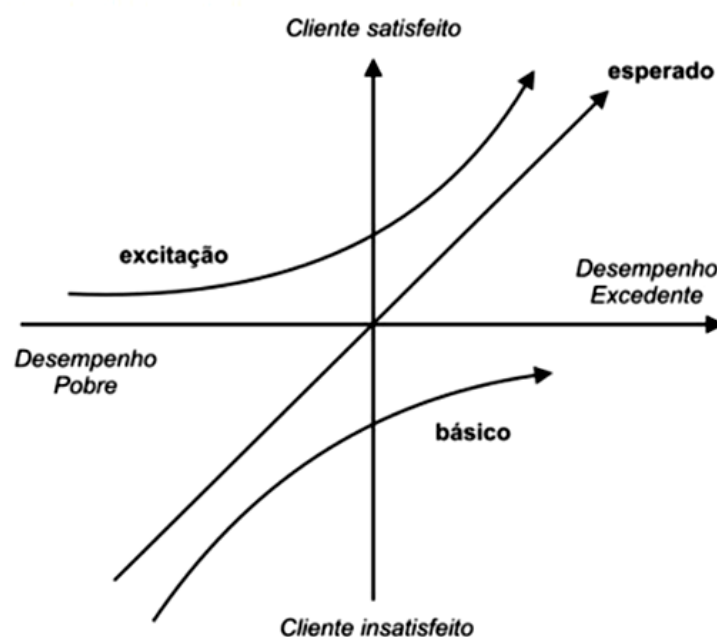
OGLIARI, *et al.*, 2008) reforça que as patentes são documentos de âmbito nacional e internacional, os quais permitem monitorar as tendências tecnológicas do mercado, além de permitir através das análises evitar a duplicação de esforços e custos de desenvolvimentos paralelos.

2.7.2 Diagrama de Kano

Representado na Figura 17 se encontra o Diagrama de Kano onde observamos requisitos do produto como básicos, excitação e esperado (performance). Para (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006) os requisitos básicos são os que não geram um incremento na satisfação dos clientes. De acordo com (BAXTER, 1998) os fatores de excitação possuem aspectos ainda inexistentes em produtos concorrentes e sua ausência não provoca insatisfação nos clientes, Kano sugere que a performance (possui as características que os consumidores declaram esperar dos produtos) consiste em um fator situado entre as expectativas básicas e os fatores de excitação, dentro o modelo Kano possui quatro aspectos fundamentais:

- Desejos não declarados pelos consumidores
- Atendimento das necessidades básicas (torna-se um pré-requisito necessário para o sucesso do novo produto)
- Atendimento aos fatores de excitação
- Atendimento aos fatores de performance

Figura 17- Diagrama de Kano



Fonte: (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006).

2.7.3 Matriz Quality Function Deployment (QFD)

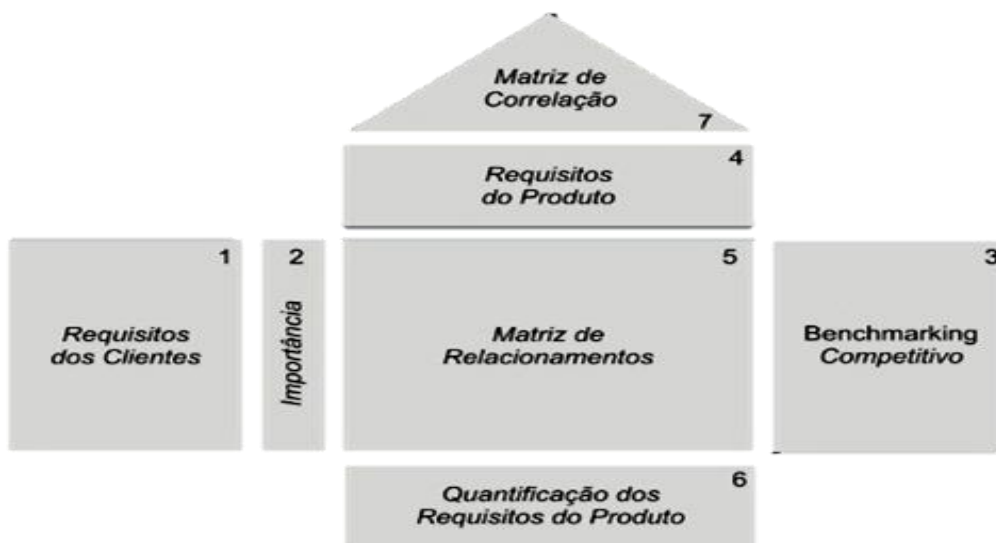
A matriz QFD é uma matriz modular e possui a possibilidade de ser modificado, de acordo com (BACK, OGLIARI, *et al.*, 2008) o método QFD (desdobramento da função qualidade) é fundamentado para que os produtos atendam os desejos, gostos e expectativas dos usuários, (BAXTER, 1998) reforça que as necessidades dos consumidores devem ser tornar em parâmetros técnicos, para isso é criado uma matriz que:

- Desenvolver uma matriz para converter os requisitos dos clientes em parâmetros técnicos
- Os produtos concorrentes são comparados quanto às satisfações e desempenho técnicos, e com isso são ordenados
- São atribuídas metas quantitativas para cada atributo técnico
- As metas tomam importância para orientar os esforços do projeto

As vantagens da matriz QFD são elucidadas por (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006), sendo elas diminuição do ciclo de projeto, redução das mudanças do projeto, traduz as vontades dos clientes que são vagas e não mensuráveis em características mensuráveis permitem a visão de quais características que merecem maior atenção, identifica as características que mais contribuem para os atributos de

qualidade; o autor recomenda uma ordem de preenchimento da matriz, exposta na Figura 18, deve-se levar em consideração a ordem atribuída a cada quadro:

Figura 18 – Matriz QFD



Fonte: (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006).

2.7.4 Estrutura de Desdobramento do Trabalho (EDT)

Para alcançar as fases do desenvolvimento do produto observamos a necessidade de compreender minuciosamente as partes e funções do produto, para isso o EDT auxilia. Para (BACK, OGLIARI, *et al.*, 2008) o EDT consiste em uma ferramenta utilizada para a definição do escopo do projeto, pelo fato de permitir desdobrar o projeto em pacotes de trabalho (os quais são o mais baixo nível da EDT e a cada término indica a entrega parcial do projeto), quando atua em produto o EDT possibilita identificar os sistemas, subsistemas, conjuntos e componentes que necessitam de desenvolvimento.

2.7.5 Análise Morfológica

De acordo com (BAXTER, 1998) trata-se de uma ferramenta que permite analisar as combinações possíveis dos componentes de um produto ou sistema, possuindo como objetivo identificar, indexar, contar e parametrizar as possíveis alternativas para cumprir o objetivo estabelecido, levando em consideração que o problema deve ser o mais detalhado possível, identificação das variáveis (sendo estas subdivididas em classes, tipos ou estágios distintos) e as soluções são procuradas nas combinações entre as classes. Para auxiliar no uso desta ferramenta, cria-se uma matriz morfológica representada na Figura 19 a seguir.

Figura 19 – Matriz Morfológica.

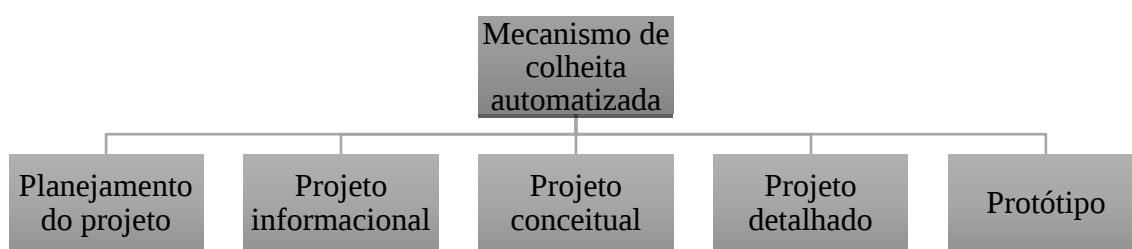
COMPONENTES (¿QUÉ?)	SOLUCIONES CONOCIDAS O POSIBLES (¿CÓMO?)								
Palabras y/o elementos tipográficos	live aid		Live Aid	LIVE AID			la	LA	
Elementos gráficos: instrumentos									
Elementos gráficos: música									
Elementos gráficos: mapa de África									
Elementos gráficos: símbolos africanos									
Elementos gráficos: animales africanos									
Elementos gráficos: motivos decorativos africanos									

Fonte: PRICKEN, Mario. Publicidad creativa. Barcelona: Gustavo Gili, 2009.

3. METODOLOGIA

Como o presente trabalho trata-se do desenvolvimento de um sistema que possui um produto que realiza colheitas hidropônicas, a metodologia utilizada tem por base o livro Gestão de Desenvolvimento de Produto (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2006) e outra obra utilizada é o Projeto Integrado de Produtos (BACK, OGLIARI, *et al.*, 2008), nestas obras são apresentados métodos e ferramentas utilizadas no processo de desenvolvimento de produtos. Utilizou-se de 3 macro fases representadas na Figura 20.

Figura 20 – Metodologia e as fases macro.



Fonte: Elaborada pelo Autor (2019).

O presente trabalho possui como um dos fatores a presença de plantações (composta de seres vivos que não seguem um tempo fixo determinado no ciclo de vida), devido a este fator tornou-se imprescindível a presença de agricultores, técnicos agrícolas, engenheiros agrícolas, além da presença de profissionais de outras áreas.

3.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO

3.1.1 Geração de Demanda

O projeto iniciou através do desenvolvimento de uma estufa hidropônica que trabalhe de forma automatizada, este trabalho iniciou no IFPB. A primeira etapa da estufa automatizada foi desenvolver um sistema de controle de temperatura e umidade, após esta etapa os alunos que fizeram parte do projeto partiram para o desenvolvimento do sistema de medição de *pH* e por fim o sistema de colheita automatizado.

A equipe de desenvolvimento entrou em contato com produtores locais, iniciando por cultivos na Comunidade Uruçu neste local era realizado o cultivo hidropônico de diversas espécies de alface, coentro e pimentas. O sistema hidropônico

utilizado era o *NFT* e utilizava de aquaponia. A água utilizada para o cultivo era de origem de poços cavados na região, a água dos poços era considerada salobra, após passar pelo processo de dessalinização ela tornava-se própria para o cultivo. Na região da grande João Pessoa existem outros produtores, notamos que o cultivo mais utilizado pelos agricultores é de espécies de alface e em seus cultivos eles utilizam do sistema de *Deep Float* para as plantas no estágio de mudas e para as fases de crescimento até o momento da colheita passam para o sistema *NFT*. Foram entrevistados vendedores de materiais agrícolas, técnicos e engenheiros agrônomos e eles repassaram que o sistema mais utilizado pelos produtores é o *NFT*.

Sabendo a grande utilização do sistema *NFT* tomou como sistema hidropônico para desenvolvimento do sistema de colheita. Tornando a hidroponia automatizada torna-se capaz de ter aplicabilidade nos mais diversos ambientes, à exemplo de telhados e faixadas de edifícios, para confirmação dessa aplicabilidade foi contatado engenheiros civis e arquitetos.

3.1.2 Definição de Público Alvo

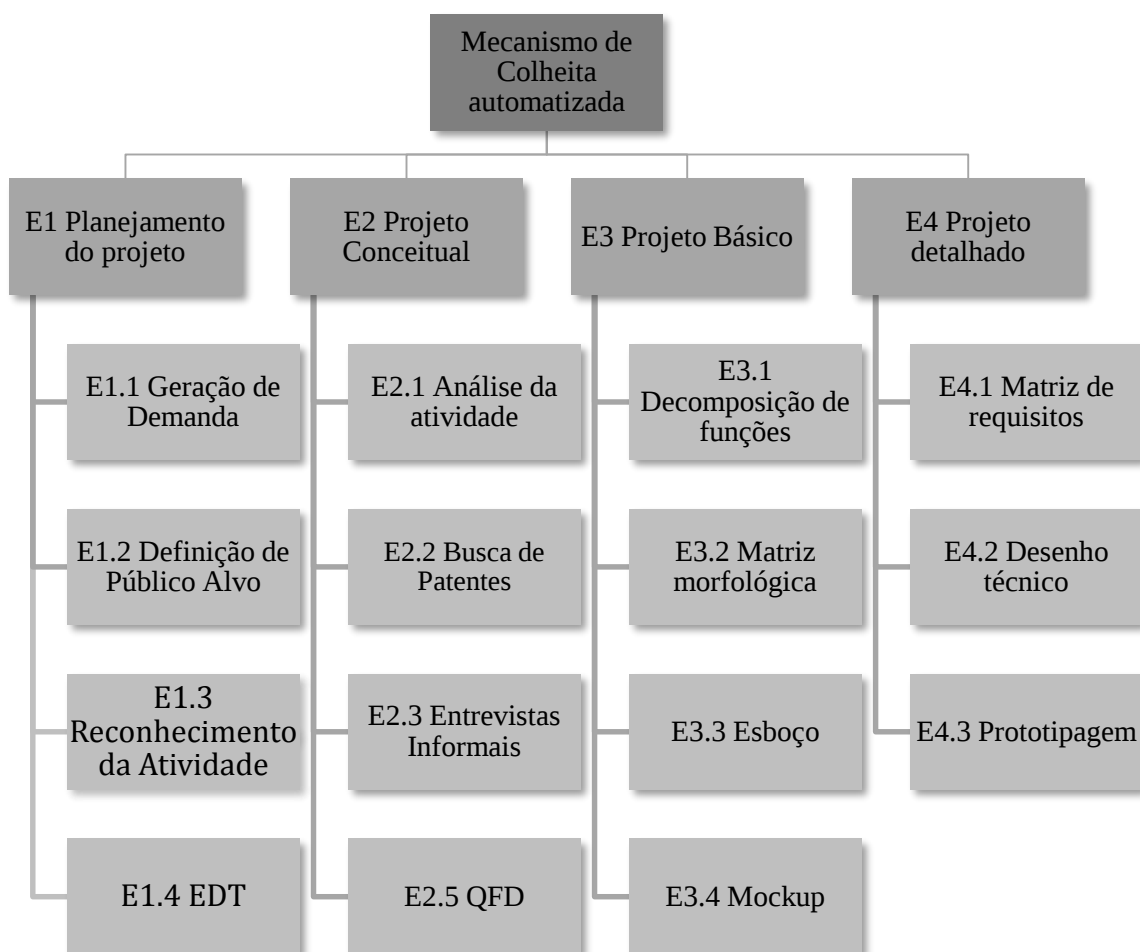
O público alvo do produto em desenvolvimento são pessoas que buscam possuir maior contato com o alimento produzido, buscam aumentar as áreas verdes dos centros urbanos, produtores agrícolas e educadores. O produto permite a alunos, principalmente da fase infantil, a terem contato com os vegetais e permitem o contato com tecnologias que envolvem programação.

3.1.3 Reconhecimento da Atividade

Nas plantações hidropônicas visitadas acompanhamos a rotina de colheita, basicamente consistem em o agricultor ir de planta em planta verificando o seu estado físico. O agricultor através de uma inspeção visual observa o estado das raízes e folhagens, se existe a presença de parasitas ou alguma doença. Caso não ocorra qualquer mudança do estado entendido como aceitável, a planta é colhida.

3.1.4 Estrutura de Decomposição do Trabalho

Figura 21 – EDT.



Fonte: Elaborada pelo Autor (2019).

4 RESULTADOS

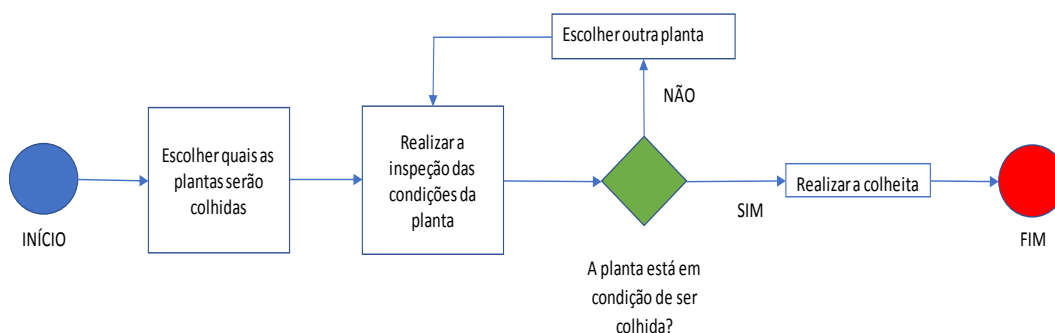
4.1 PROJETO CONCEITUAL

4.1.1 Análise da atividade

Através do acompanhamento da atividade de colheita com o agricultor podemos visualizar todos os processos realizados. Verificamos que todo o processo é ocorrido de forma manual, que por estar lhe dando com um ser vivo torna-se imprescindível antes da colheita realizar uma inspeção visual para perceber as condições envolvendo a saúde das plantas.

Para facilitar a visualização da atividade foi elaborado um fluxograma do processo, representado na Figura 22.

Figura 22 – Fluxograma do processo.



Fonte: Elaborada pelo Autor (2019).

4.1.2 Entrevistas Informais, base para o QFD

Além das observações realizadas em campo outra forma de descobrir as necessidades dos consumidores (essas necessidades serão refinadas em etapas posteriores) foram entrevistas informais. As entrevistas iniciais foram com os agricultores (alguns deles são engenheiros e técnicos agrônomos), serviu para definir o escopo do projeto e entender toda a forma com que acontece todo o processo da hidroponia desde sua semeadura à colheita, e posteriormente especialistas da área para descobrir as principais restrições.

O produto deve atender todos os requisitos para a realização da colheita da hidroponia. Todos os dados coletados foram tratados, definidos e transformados em necessidades do produto. As informações foram qualificadas e alocadas no Quadro 1 da Matriz da Casa da Qualidade.

Quadro 1- Quadro inicial da matriz da casa da Qualidade

Número da linha	Máx. relacionamento na linha	Importância relativa (%)	Modelo Kano	Importância ou peso	Necessidade do cliente
1	9	13,9	Esperado	5	Colheita Sozinha
2	9	8,3	Esperado	3	Fácil instalação
3	9	8,3	Excitação (Atrativa)	3	Fácil manutenção
4	9	11,1	Esperado	4	Fácil de ajustar
5	9	11,1	Básico (Mandatária)	4	Aguentar as condições do clima
6	9	13,9	Básico (Mandatária)	5	Segurança
7	9	5,6	Excitação (Atrativa)	2	Pecas de substituição
8	9	11,1	Esperado	4	Fácil modificação
9	9	5,6	Excitação (Atrativa)	2	Possuir mais de uma função
10	9	11,1	Esperado	4	Fácil manuseio

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

4.1.3 Matriz QFD

Os requisitos do produto foram debatidos e definidos através de reuniões com especialistas de diferentes áreas. Para próxima etapa foi montada a Matriz da Casa da Qualidade (Matriz QFD), para isso foram levadas em considerações as relações entre as partes que compõem a matriz. Para auxiliar a construção da matriz foi elaborada uma legenda presente na Figura 23 a seguir.

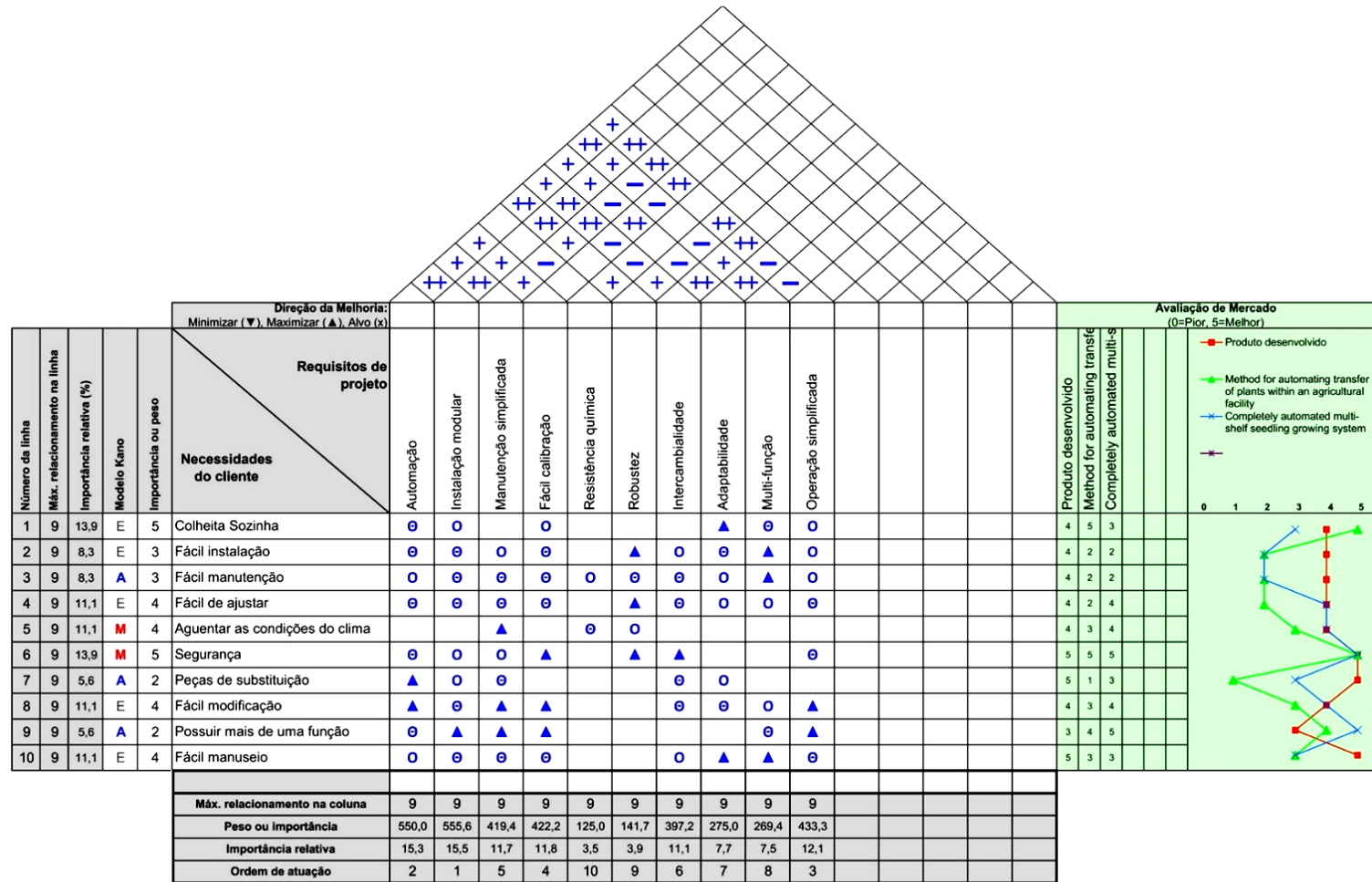
Figura 23 - Glossário de símbolos da Matriz Casa da Qualidade

Modelo Kano	Correlação	Relacionamento
M - Mandatária	++ Forte positiva	⊕ Relacionamento Forte
E - Esperada	+ Positiva	○ Relacionamento Moderado
A - Atrativa	- Negativa	▲ Relacionamento Fraco
	Nula	□ Não possui relacionamento

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

A seguir é demonstrada no Quadro 2 a Matriz da Casa da Qualidade do produto desenvolvido.

Quadro 2 - Matriz da Casa da Qualidade



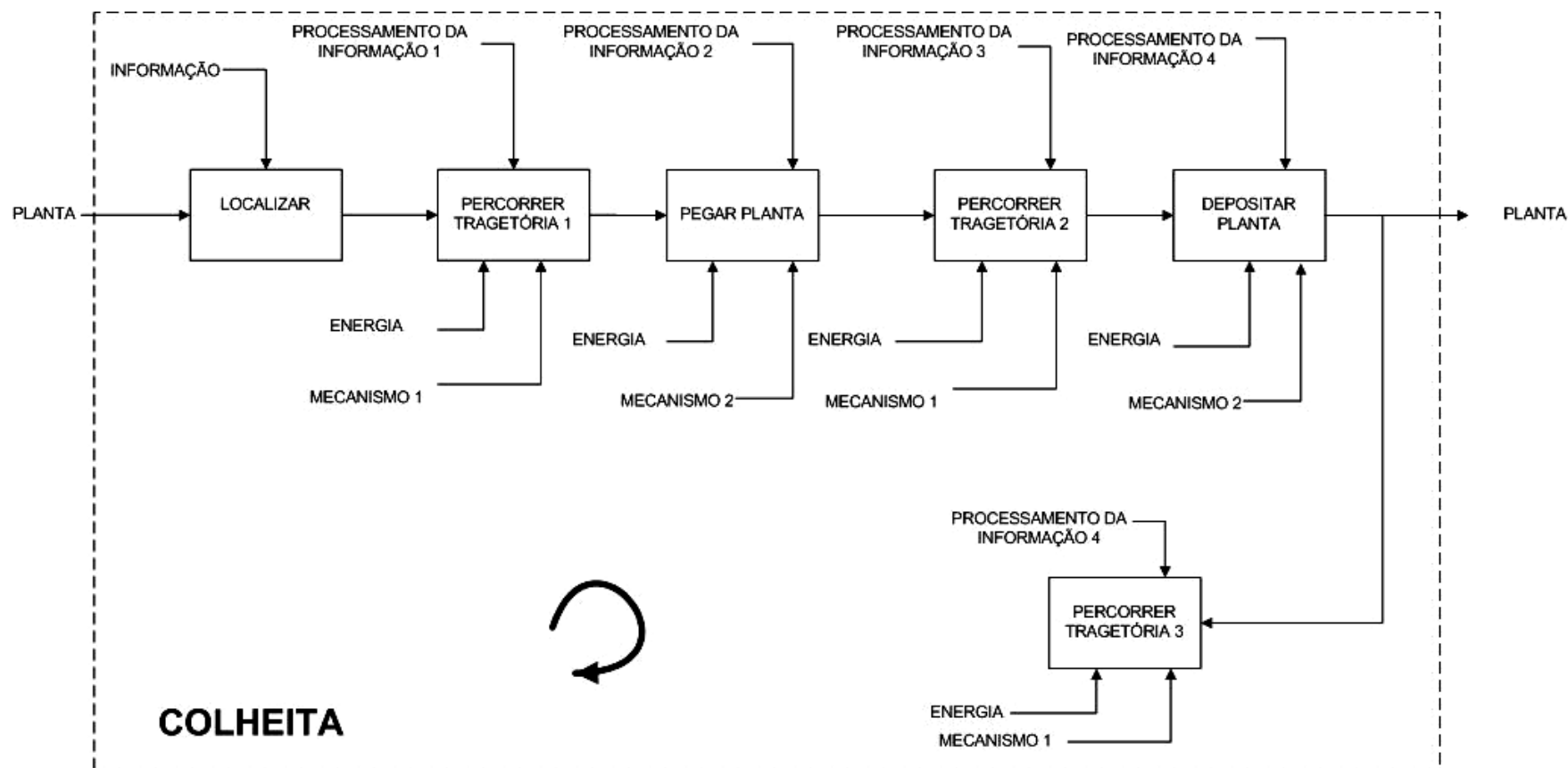
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

4.2 PROJETO BÁSICO

4.2.1 Decomposição de Funções

Para ilustrar a decomposição das funções e subfunções no processo de colheita automatizado foi criada a Figura 24.

Figura 24 – Decomposição de Funções.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

4.2.2 Matriz Morfológica

Após a realização da decomposição de funções e subfunções foi elaborada a matriz morfológica para visualizarmos as soluções capazes de atender a função e subfunção. As decisões foram demonstradas no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 – Matriz Morfológica do Produto.

MATRIZ MORFOLÓGICA				
SUBFUNÇÃO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÕES			
PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO 1, 2, 3 e 4	PC	MICROCONTROLADOR	BOTÕES	SMARTPHONE
PECORRER TRAJETÓRIA	CORREIA	CABO	TRILHO	FUSO
PEGAR PLANTA E DEPOSITAR	PÁ	GANCHO	GARFO	GARRA
MECANISMO 1 e 2	MOTOR DC	MOTOR AC		

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Analisando a matriz morfológica foi capaz de decidir quais os melhores objetos para cada subfunção, através disso foi permitida a criação da Matriz de portadores de efeito descrita no Quadro 4 a seguir, nesta matriz podemos visualizar a subfunção, o portador de efeito em simples palavras o objeto capaz de cumprir esta subfunção e também contém uma pequena descrição de como será utilizado cada objeto.

Quadro 4 – Matriz de Portadores.

Subfunção	Portador do efeito	Descrição
Processamento da Informação	Microcontrolador	Dando preferência a plataforma arduino, capaz de receber sinais de entradas, processar e gerar saídas. Possui portas digitais e analógicas
Percorrer trajetória	Fuso	Uso do sistema de fuso acoplado ao mecanismo, os eixos subsequentes são acoplados a uma estrutura com rosca
Pegar e depositar planta	Garra	Garras construídas de forma que possibilitem acoplar motores DC, a garra possui diversos tamanhos e aberturas para trabalho
Mecanismo	Motor DC	Devido a possibilidade de utilizar de forma mais facilitada. Permite utilizar sistemas de ampliação de torque e força (exemplo caixa de redução)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

4.2.3 Busca de patentes

Transversalmente ao uso de termos relacionados ao produto em desenvolvimento realizando pesquisa nos bancos de dados de patentes nacionais e internacionais, conseguiu encontrar produtos que possuam funcionalidade semelhantes ao produto em desenvolvimento.

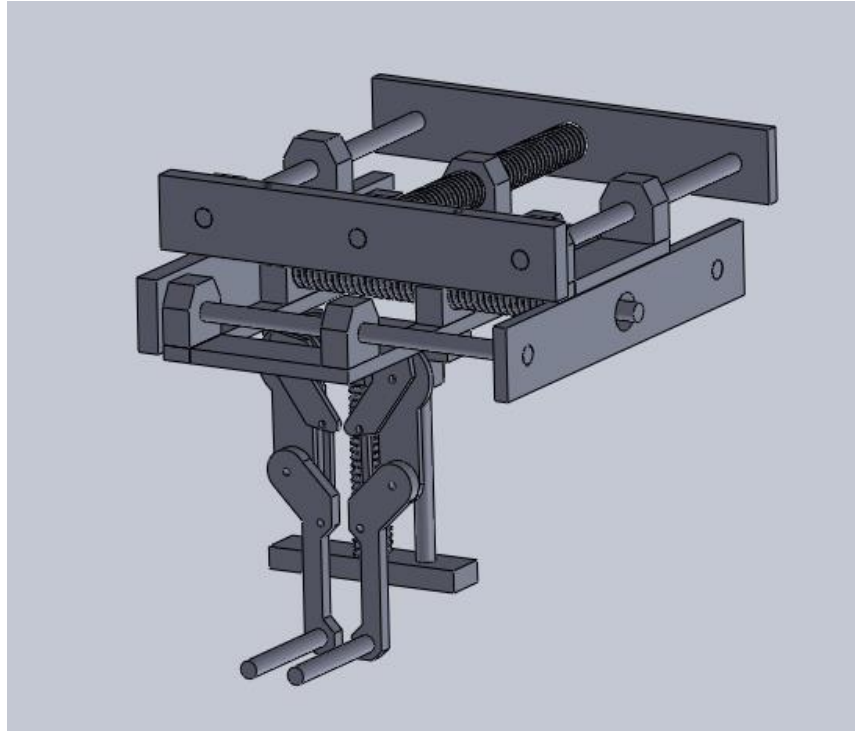
A primeira busca aconteceu no banco de dados nacional de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), utilizou o termo “hidroponia” e “colheita” em toda parte do texto da patente. Não encontrou patente semelhante ao projeto desenvolvido.

O próximo passo está na busca por patentes internacionais na plataforma Espacenet, com a utilização dos termos “*hydroponic*”, “*harvest*”, “*hydroponic harvest*”, “*automated harvest*”, “*automated hydroponic*” em todas as partes do texto, foram encontradas algumas patentes representadas na Figura 25 a seguir.

Na pesquisa de patentes surgiram alguns produtos que possuem a proposta semelhante para a colheita automatizada. Para compreender efetivamente se a patente possui capacidade de atender à necessidade identificada no QFD executado neste trabalho, uma leitura completa das patentes encontradas foi realizada. A patente US 2019/0150369A1 apresentam uma proposta semelhante, no entanto o equipamento possui restrições quanto ao tamanho da estufa. A segunda patente não apresentou semelhança direta, esta não realiza a colheita das hortaliças, mas possui um sistema de movimentação semelhante para a fase de semeadura.

plantações possuïrem diferentes medidas. Devido a este fato o modelo digital torna-se importante para realizar uma visualização e compreender alguns mecanismos presentes no produto com exemplificado na Figura 26.

Figura 26 - Modelo digital da estrutura em CAD .



Fonte: Solidworks (2019).

5 ANÁLISES DOS RESULTADOS

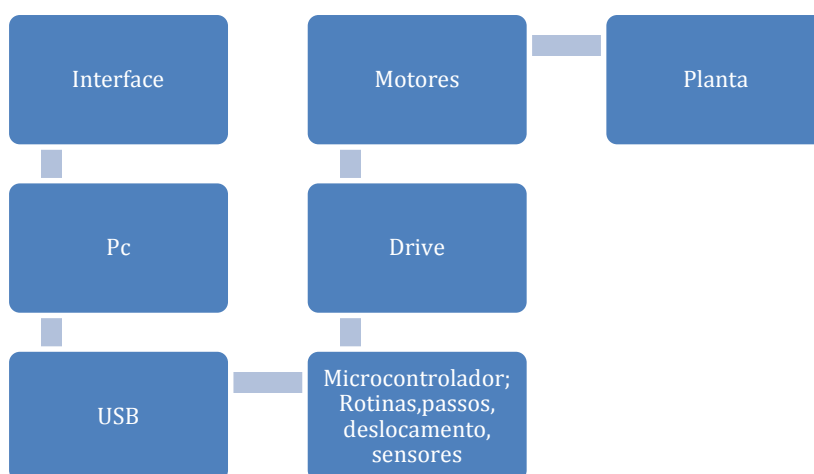
Para observar o quanto o protótipo atende aos requisitos técnicos do produto foi confeccionado um protótipo em escala reduzida, utilizando-se para isso a ferramenta de CAD para auxiliar na usinagem das peças mecânicas. O protótipo além de sistema mecânico possui sistemas eletro-eletrônicos, além da interface de programação do microcontrolador.

As peças foram usinadas, com exceção do fuso e porca de acoplamento, pelo fato do fuso se tratar de um modelo que utiliza esferas em seu contato, a escolha deste fuso aconteceu devido a possuir menor quantidade de folgas e pelo fato das esferas compensarem. Para o sistema eletro-eletrônico utilizou de componentes que trabalhem na faixa de tensão de 12 volts DC (Direct Current), esta escolha foi baseada considerando que o sistema permite a utilização de equipamentos projetados como painéis solares ou tenha alimentação de energia fornecida por baterias.

Os circuitos eletro-eletrônicos e interface de programação foram desenvolvidos em parceria com técnico em eletrônica e aluno do curso técnico integrado em eletrônica do IFPB.

O microcontrolador escolhido foi a placa Arduino ATMEGA 2560, possui como vantagens uma plataforma IDE de código aberto mais difundido no meio acadêmico e possui uma linguagem de programação de forma simples e muito intuitiva e para a comunicação via PC foi utilizada mais uma linguagem de programação denominada Python. A Figura 27 descreve o diagrama em blocos da execução do sistema para colheita automatizada em cultivos hidropônicos.

Figura 27 - Diagrama em blocos



Fonte: Elaborada pelo autor

Nos circuitos eletrônicos do protótipo foram utilizadas peças denominadas *shield* L298N conhecido como ponte H, que são circuitos eletrônicos projetados para funções específicas de forma que sejam rapidamente configurados e utilizados na montagem e teste do protótipo, além de possuírem comunicação padronizada para o microcontrolador em questão.

Dentre os motores utilizados que trabalham com tensão DC, entre eles um é o denominado de motor de passo que consiste em um motor elétrico que possui um posicionamento de ângulos muito preciso, Enquanto que o outro motor utilizado, para abertura e fechamento da garra, é o servo motor este por sua vez possui um movimento no qual ele identifica sua posição, através do uso de sinais de controle, e realiza o movimento com o auxílio de um sensor, em sua maioria possui o grau de liberdade de 180 graus. O motor de passo foi escolhido devido ao fato de propiciar precisão na sua rotação e deste modo o movimento da máquina acontece com maior exatidão e menor surgimento de folgas. A problemática maior no uso deste tipo de motor está no fato de quanto maior a potência maior os custos de aquisição do motor, como solução, foram empregados sistemas de transmissão com redução utilizando engrenagens. A escolha da relação de engrenagens amplifica o torque de saída no fuso oriundo do eixo do motor.

A utilização do servo motor na garra se dá no fato de que a mesma terá tamanho reduzido e necessita de motor com posicionamento não tão elaborado (a garra necessita apenas de abrir e fechar suas pontas, sendo necessário motores que possuam grau de liberdade de no máximo 180 graus), de pequeno tamanho, fácil ajuste e simplicidade, visto que o servo motor em sua aplicação recebe um sinal de controle e como resultado o mesmo se posiciona em pontos repetidos.

Como mencionado anteriormente o modelo digital foi utilizado como base para preparação do protótipo, sendo que o presente trabalho não possui interesse de produção mercadológica. A importância do protótipo está no fato de permitir visualizar possíveis dificuldades e erros para a produção do produto, além da observação em que pontos são necessários para melhoria.

As peças de confecção do protótipo foram pensadas e consideradas para a reciclagem das mesmas, requisito não apresentado anteriormente. A idéia é de se colaborar com a sustentabilidade. A reciclagem também foi pensada para os componentes mecânicos e eletrônicos.

É importante salientar que a (NATIONS, 2014) destaca a importância de meios de cultivos que ocorram de forma sustentável, por isso ela criou o *The Water-Energy-Food Nexus*, o qual é resumidamente uma ferramenta que possui como conceito uma abordagem

que visa entender melhor e analisar as interações entre o ambiente natural e as atividades humanas, trabalhando para gestão e uso mais racional dos recursos naturais em todos os setores e escalas.

Sendo assim o presente trabalho consegue atender algumas premissas da *Nexus*, devido à preocupação com o uso de energia, utilizando para isso tensões que permitem ser captadas a partir de fontes renováveis; a hidroponia representa um menor consumo de água em relação ao modo tradicional de plantio e devido à busca de automatizar a plantação, manejo e colheita dentro de um ambiente controlado, propiciando um menor contato de fatores externos como pragas e doenças, harmonizando assim que o alimento final possua uma maior segurança alimentar.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho e todas as suas etapas permitiram uma visão mais aguçada na concepção de produto e todas as ações necessárias para o seu desenvolvimento. A concepção do modelo digital foi baseada na proposta desenvolvida a partir da interpretação das ferramentas de desenvolvimento de projeto de produto. A importância do protótipo está no evento de permitir visualizar possíveis problemas e falhas para a produção do produto, além da ressalva em pontos necessários para melhoria.

Ao final desta pesquisa pode-se perceber que os objetivos apresentados no trabalho foram atendidos, porém a avaliação segundo a abordagem WEF Nexus requer que indicadores de processos sejam analisados.

Além do mais é de importância o fato de que existem melhorias a serem feitas no projeto até a conformação para a produção, mas a sua adequação ao tamanho real provocou a reestruturação da execução do parecer fazendo com que existam pontos a serem estudados e avaliados para sua total validação, temos como pontos a confecção de um protótipo com as dimensões para o uso em uma colheita, agricultores testarem a funcionalidade do produto e avaliar. Permitindo novos estudos baseados neste trabalho.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Aplicar testes para validar o produto;
- Avaliar testes para comparar com método tradicional de colheita;
- Desenvolver ferramentas aplicadas que proporcione novas funcionalidades ao produto, a exemplo de sistemas para aplicação de produtos agrícolas, sistemas para monitorar e avaliar estado das plantas;

REFERÊNCIAS

- ALBERONI, R. B. **Hidroponia. Como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo – Alface, Rabanete, Rúcula, Almeirão, Chicória, Agrião.** São Paulo: Nobel, 1998.
- AMERICAN SUPPLIER INSTITUTE (ASI). **Quality Function Deployment.** Implementation Manual. Dearborn: ASI. 1993.
- BACK, N. **Metodologia do projeto de produtos industriais.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1983.
- BACK, N. et al. **Projeto Integrado de Produtos:** Planejamento, Concepção e Modelagem. São Paulo: Manole, 2008. 601 p.
- BAXTER, M. **Projeto de produto:** guia prático para desenvolvimento de novos produtos. 1ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- BECK, A. **Tiras Beck**, 2013. Disponível em: <http://tirasbeck.blogspot.com/2013/09/blog-post_13.html>. Acesso em: 2018 Outubro 22.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. AS TÉCNICAS DE HIDROPONIA. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v. 9, p. 107-137, 2011. ISSN 8.
- BOMFIM, G. A. **Metodologia para desenvolvimento de projeto.** João Pessoa: Universitária/UFPB, 1995.
- BONSIEPE, G. **Metodologia experimental:** desenho industrial. Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1984. 82 p.
- COSTA, E.; LEAL, P. M.; CARMO JUNIOR, R. R. **Validação de um modelo de simulação da temperatura interna média de casas de vegetação.** Fortaleza: XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 2000.
- DARLI RODRIGUES VIEIRA, A. B. D. D. **Gestão de projeto de produtos.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2013.
- DOUGLAS, J. S. **Hidroponia:** Cultura sem terra. São Paulo: Nobel, 1987.
- FURLANI, P. R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas.** Campinas: [s.n.], 1999.

JAIGOBIND, A. G. A.; AMARAL, L. D.; JAISINGH, S. **Hidroponia: Dossiê Técnico**. [S.l.]: [s.n.], 2007.

JESUS FILHO, J. D. D. **Hidroponia – Cultivo sem solo**. Viçosa: [s.n.], 2009.

LÖBACH, B. **Design Industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 206 p.

LUCCHESI, A. A. **Fatores da produção vegetal**. Piracicaba: [s.n.], 1987.

MELLO, W. B. D. **PROPOSTA DE UM MÉTODO ABERTO DE PROJETO DE PRODUTO - TRÊS ALTERNATIVAS DE CRIAÇÃO**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 141. 2011.

OAKLAND, J. S. **Gerenciamento da qualidade total**. São Paulo: Nobel, 1994.

ONU. Agenda 2030. **Nações Unidas no Brasil**, 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

OTTO, K.; WOOD, K. **Product design - techniques in reverse engineering and new product development**. New Jersey: Prenticce-Hall Inc., 2001.

PAHL, G. et al. **Projeto na Engenharia**. 6. ed. [S.l.]: Blucher, v. 1, 2005. ISBN 8521203632.

PUGH, S. **Creating Innovative Products Using Total Design**. Reading: Addison-Wesley Publishing Co, 2002.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. 1ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2006. ISBN 8502054465.

SAPPER, S. L. et al. **DA IDEIA AO CONCEITO DE PRODUTO: o uso de técnicas criativas combinadas para auxiliar no processo de desenvolvimento de novos produtos de design**. 11º P&d Design. Gramado: Blucher Design Proceedings. 2014. p. 1-12.

SILVA, A. P. P.; MELO, B. **Hidroponia**. Uberlândia: [s.n.], 2014.

SILVA, D. F. **Manual prático de horticultura hidropônica para cultivar hortaliças em área urbana e periurbana**. Teresina: [s.n.], 2005.

TACHIKAWA, É. M. **Automação de técnica de cultivos hidropônicos**. Itatiba: [s.n.], 2008.