



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE BOM JESUS DA LAPA
ENGENHARIA MECÂNICA

DAYANE DA SILVA MACHADO

Reprojeto de uma máquina de quebrar coco licuri

**Bom Jesus da Lapa
2023**

DAYANE DA SILVA MACHADO

Reprojeto de uma máquina de quebrar coco licuri

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Multidisciplinar de Bom Jesus da Lapa da Universidade Federal do Oeste da Bahia obtenção do título de Graduada em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Filipi Marques de Souza

**Bom Jesus da Lapa
2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

M149

Machado, Dayane da Silva

Reprojeto de uma máquina de quebrar coco licuri. / Dayane da Silva Machado. – 2023.

49f.:

Orientador: Prof. Me. Filipi Marques de Souza

TCC - Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro Multidisciplinar de Bom Jesus da Lapa - BA, 2023.

1. Engenharia Mecânica. 2. Máquinas. I. Souza, Filipi Marques de. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia – Centro Multidisciplinar de Bom Jesus da Lapa - BA. III. Título.

CDD 620.1

Biblioteca Universitária de Bom Jesus da Lapa – UFOB

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu forças para permanecer no curso e superar todas as dificuldades.

À Instituição e aos professores, em especial ao meu orientador, pela paciência e dedicação em nos proporcionar conhecimento e boas relações com nossos colegas.

Aos meus velhos amigos e aos que se tornaram uma família desde que cheguei na Universidade que em todos os momentos me deram apoio e confiança colaborando para que eu conseguisse enfrentar as dificuldades e, também, a todos que indiretamente contribuíram para minha formação, sem essas pessoas a minha trajetória seria mais difícil.

À minha família que sempre esteve ao meu lado, acreditando e apoiando desde o momento que decidi que iria ingressar no curso.

RESUMO

O licuri (*Syagrus Coronata*) é uma palmeira nativa do bioma Caatinga da qual é extraída matéria prima para confecção de artesanatos, produção de cosméticos, farinhas, bebidas, óleos e doces. O maior índice de extração do coco licuri é da região Nordeste, em especial, a Bahia. Embora existam projetos que realizam a quebra do coco para separação da amêndoa, essa prática ainda se dá de forma manual com a utilização de pedras como ferramentas. Levando em consideração o seu alto potencial socioeconômico e sua grande relevância cultural, o presente trabalho tem por objetivo reprojeter uma máquina de quebrar coco licuri levando em consideração às necessidades dos consumidores e redução potencial. Para isso, foram necessários estudos sobre a composição e funcionamento de máquinas existentes e foram aplicados conhecimentos da morfologia de projetos como gráfico de Gantt, Casa da Qualidade (QFD) e Matriz da Qualidade a fim de traçar metas para as diferentes etapas do reprojeto. Além disso, foram utilizados conhecimentos de Mecânica dos sólidos e realizados estudos para melhor definir as soluções de melhorias que foram aplicadas ao projeto. Diante disso, foram realizados cálculos e obtidos resultados que garantiram reprojeter a máquina e a redução de potência do motor para 0,75 HP, equivalente a 559,27 Watts, que se deu através do redimensionamento das polias de transmissão.

PALAVRAS-CHAVE: Coco licuri; Reprojeto de máquina; CAD.

ABSTRACT

The licuri (*Syagrus Coronata*) is a palm tree native to the Caatinga biome, from which raw material is extracted for handicrafts, cosmetics, flour, beverages, oils and sweets. The highest rate of extraction of coconut licuri is in the Northeast region, in particular Bahia. Although there are projects that break the coconut to separate the kernel, this practice is still done manually using stones as tools. Taking into account its high socioeconomic potential and its great cultural relevance, the present work aims to redesign a licuri coconut breaking machine taking into account the needs of consumers and potential reduction. For this, studies were needed on the composition and operation of existing machines and knowledge of project morphology was applied such as Gantt chart, House of Quality (QFD) and Quality Matrix in order to set goals for the different stages of the redesign. In addition, knowledge of Mechanics of solids was used and studies were carried out to better define the improvement solutions that were applied to the project. In view of this, calculations were carried out and results obtained that ensured the redesign of the machine and the reduction of engine power to 0.75 HP, equivalent to 559.27 Watts, which was achieved by resizing the transmission pulleys.

KEYWORDS: Coconut licuri; Machine redesign; CAD.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Quantidade de coco licuri produzida no Brasil	13
Figura 2: Distribuição Geográfica do licuri.....	13
Figura 3: Produtos produzidos do licuri	15
Figura 4: Processo de quebra de coco licuri	18
Figura 5: Modelo CAD 3D do conjunto do protótipo beta	20
Figura 6: Representação esquemática dos cilindros no processo de quebrar coco licuri.....	21
Figura 7: Detalhes em 3D do Subconjunto de quebra.....	22
Figura 8: Elemento cilíndrico dentado (a) Modelo; (b) Foto	22
Figura 9: Modelo CAD com detalhes de rasgo oblongo	23
Figura 10: Modelo CAD da base da máquina.....	23
Figura 11: Engrenagens de Nylon que compõem o sistema de transmissão da máquina	24
Figura 12: Modelo de Matriz Casa da Qualidade	26
Figura 13: Modelo de Matriz Morfológica	27
Figura 14: Modelo do Gráfico de Gant	28
Figura 15: Metodologia de Projeto	28
Figura 16: Matriz Casa da Qualidade	29
Figura 17: Sistema de transmissão do protótipo Beta e suas especificações	32
Figura 18: Novo sistema de transmissão e suas especificações	33
Figura 19: Gráfico de Gant.....	34
Figura 20: Representação da caixa de proteção/armazenamento	35
Figura 21: Representação da guia	36
Figura 22: Representação da guia (aparador).....	37
Figura 23: Representação do cavalete (sustentação)	37
Figura 24: Representação da máquina de quebrar coco licuri: (a) Protótipo Beta; (b) Versão Final	39

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Matriz Morfológica	30
------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASB	Associação de Artesãos de Santa Brígida
CAD	<i>Computer – Aided Design</i>
COOPES Diamantina	Cooperativa de Produção da Região do Piemonte da Diamantina
cm	Centímetro(s)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
hp	Horse Power (Cavalo Vapor)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
kg	Quilogramas
m	Metro (s)
MEC	Ministério da Educação
mm	Milímetro(s)
NR	Norma Regulamentadora
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo Geral.....	11
1.1.2	Objetivos Específicos	11
1.2	Justificativa.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Dados de produção do coco licuri e distribuição geográfica	12
2.2	Importância socioeconômica.....	14
2.3	Extração da amêndoa	17
2.4	Mecanização da extração da amêndoa.....	19
2.5	O protótipo beta	19
2.6	Projeto Assistido por Computador (CAD).....	24
3	METODOLOGIA	28
3.1	Dimensionamento do sistema de transmissão de potência	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS.....	42
	APÊNDICE A.....	47

1 INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro possui a maior parte do seu território ocupado pela Caatinga, vegetação típica do semiárido. Esse tipo de vegetação tem sido considerado pela literatura como pobre e de baixa importância biológica. Contudo, levantamentos realizados indicam a presença de um considerável número de espécies que ocorrem apenas nesta região e podem ser consideradas como patrimônio biológico de alto valor (KILL, 2011).

Tratando-se de potencialidade frutífera, o licuri (*Syagrus Coronata*) se apresenta entre os destaques pelo seu alto potencial alimentício, ornamental e forrageiro, sendo o seu manejo de grande importância cultural e socioeconômica, pois é uma das plantas mais importantes devido a sua contribuição para a subsistência e na garantia de renda para diversas famílias rurais nas regiões.

Entretanto, a sua exploração ainda se dá de forma extrativista e isso está causando uma rápida diminuição da população natural da *Syagrus Coronata* (SILVA, 2008). Normalmente as mulheres e crianças são responsáveis tanto pela colheita quanto pela quebra do fruto, prática realizada com pedras como ferramenta e que muitas vezes causa acidentes e mutilações.

A extração da amêndoa do coco licuri é realizada pela população mais pobre nas regiões de maior concentração e os frutos colhidos são transportados em seus ombros. Após realizada a extração da amêndoa levam-nas para venda em feiras livres onde o valor pago não corresponde ao trabalho enfrentado.

A cidade de Caldeirão Grande, localizada no Estado da Bahia, é conhecida como “a terra do licuri”, onde o quilo da amêndoa era vendido por um valor entre R\$0,40 e R\$0,60 na melhor época de colheita e com a queda da produção passava a ser R\$0,80 (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006). Com a criação e inserção da COOPES nas cidades produtoras baianas, o quilo nesta cooperativa custa em torno de R\$10,00 (GLOBO RURAL, 2020).

Diante disso, é possível notar que os catadores desta região seca do país, no semiárido da Bahia, se encontram em condições difíceis e levam uma vida sofrida na luta em busca da sobrevivência. Essas pessoas menos favorecidas realizam a

produção de forma artesanal e compartilham de espaço com cobras, cachorros, abelhas, e outros animais selvagens (SILVA, 2008).

Por influência disso, mecanizar a extração da amêndoa do licuri produzirá vantagens como aumento das taxas de produção e, conseqüentemente, maior renda para os catadores, além de reduzir o índice de acidentes.

Com a máquina, a separação da casca e amêndoa é realizada de forma automática possibilitando apenas a quebra sem esmagá-lo. Isso é possível devido à presença de cilindros dentados que possibilitam a quebra por meio de compressão independente das dimensões do coco. Finalizada essa etapa, a amêndoa seguirá para um compartimento denominado aparador e está pronta para ser comercializada.

Diante das vantagens apresentadas, este trabalho visa reprojeter uma máquina com o objetivo de mecanizar o processo de extração do licuri e tem por finalidade buscar meios de aplicações que reduzam a sua potência mantendo uma boa qualidade e capacidade de quebra.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Reprojeter uma máquina capaz de quebrar os cocos licuri visando uma redução da sua potência de acionamento mantendo a qualidade da quebra do coco licuri.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar a possibilidade de redução da potência requerida através da revisão dos dimensionamentos dos subsistemas da máquina.
- b) Aplicar a tecnologia CAD em etapas da morfologia de Projeto Mecânico;
- c) Aplicar conhecimentos de Mecânica dos Sólidos e Dinâmica no dimensionamento dos Elementos de Máquinas;
- d) Utilizar ferramentas de CAD (*Computer-Aided Design*) no desenvolvimento do produto.

1.2 Justificativa

O reprojeto de uma máquina consiste na modificação da configuração de uma máquina já existente a fim de obter melhorias para ela. Levando-se em consideração a situação social dos extratores do coco licuri, busca-se conceber o reprojeto com a finalidade de reduzir a potência de acionamento. Esse tipo de aplicação é importante para garantir a redução do consumo de energia em uma máquina com uma potência menor, tornando-a mais econômica.

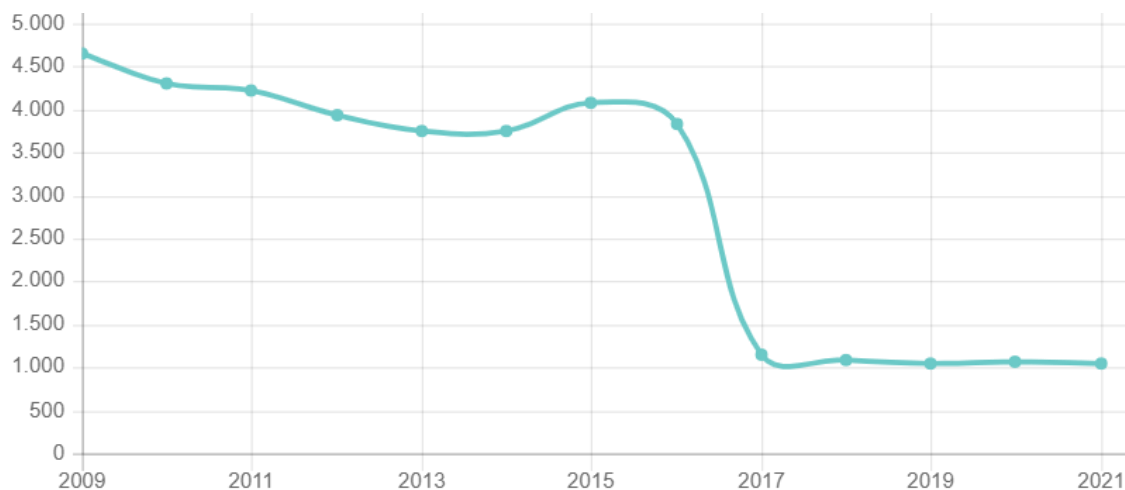
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Dados de produção do coco licuri e distribuição geográfica

As palmeiras (*Arecaceae*) são existentes nos continentes há mais de 130 milhões de anos (GUIMARÃES; SHIOSAKI; MENDES, 2021). Do semiárido brasileiro é uma planta nativa e apresenta predominância nas regiões secas e áridas do bioma Caatinga estando entre as principais espécies exploradas (Beltrão & Oliveira, 2007; Drumond, 2007; Maia *et al.*, 2017). Conhecida como “árvore salvadora da vida”, é uma palmeira totalmente aproveitável possibilitando desenvolver um importante papel socioeconômico, cultural e ambiental para a subsistência do sertanejo (GUIMARÃES; SHIOSAKI; MENDES, 2021).

O Brasil já recebeu a denominação Pindorama, que significa “terra, lugar ou região de palmeiras” e trata-se de uma designação indígena tupi-guarani que caracteriza sua alta e crescente produção (BONDAR, 1964; GUIMARÃES *et al.*, 2014). Segundo o IBGE (2021), nesse ano a produção de coco licuri foi de 1037 toneladas, apresentando uma queda considerável com relação à maior produção registrada que ocorreu em 2009 com 4654 toneladas (Figura 1).

Figura 1: Quantidade de coco licuri produzida no Brasil



Fonte: IBGE (2021)

A distribuição das palmeiras no Brasil não predomina apenas na Caatinga, também é possível encontrá-las em algumas áreas do Cerrado e também do bioma Mata Atlântica, além de áreas que apresentam transição entre os três biomas (BELTRÃO & OLIVEIRA, 2007; ROCHA *et al.*, 2009; AROUCHA & AROUCHA, 2013). Sendo assim, a predominância da palmeira do licuri ao leste do Rio São Francisco compreendendo os estados de Alagoas, Bahia, Sergipe e Pernambuco e norte de Minas Gerais (Figura 2) (DRUMOND, 2007).

Figura 2: Distribuição Geográfica do licuri



Fonte: Oliveira *et al.* (2013)

Entre os estados apresentados, a Bahia se destaca na produção. Sendo Caldeirão Grande a cidade destaque e em consequência disso é denominada terra do licuri (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006). No ano de 2021, o estado apresentou uma produção de 947 toneladas, embora seja uma de suas menores produções, permanece sendo o maior produtor do país (IBGE, 2021).

2.2 Importância socioeconômica

A palmeira do licuri faz parte da dieta cotidiana local e é bastante utilizada na alimentação humana (SANTANA, 2011; SLOW FOOD, 2015). Além disso, a amêndoa do licuri serve de alimento para animais silvestres, como é o caso da arara-azul-de-lear que apresenta alto risco de extinção (LIMA *et al.*, 2014; SLOW FOOD, 2015).

Em consequência disso, o licurizeiro, como é conhecida a árvore que produz o fruto licuri, é considerado uma espécie de grande importância socioeconômica e cultural para as comunidades tradicionais, agroextrativistas e agricultores familiares da região semiárida, sobretudo para os que estão envolvidos nas etapas de coleta, processamento, industrialização e comercialização de seus produtos e derivados (AROUCHA & AROUCHA, 2013).

Devido a todas as partes da planta serem aproveitadas, suas aplicações são diversas. As folhas podem ser utilizadas para construções, artesanatos como chapéus, vassouras e bolsas; os frutos são utilizados para compor a alimentação humana e animal, além de fabricação de sabões e óleos (Figura 3) (RUFINO *et al.*, 2008; AROUCHA & AROUCHA, 2013; GUIMARÃES *et al.*, 2014).

Figura 3: Produtos produzidos do licuri



Fonte: Silva *et al.* (2012) e Farias *et al.* (2013)

A utilização de suas folhas ou palhas *in natura* como forragem ou ração, trituradas junto com frutos e inflorescências, demonstra-se como uma das poucas alternativas para os criatórios, principalmente de bovinos, nos períodos de seca. Por motivos como esses, o licuri também é tratado pelas comunidades locais como “palmeira sagrada” (AROUCHA & AROUCHA, 2013).

Dentre os potenciais socioeconômicos desta planta, Oliveira (2010), analisaram as propriedades da fibra dos segmentos foliares do licuri e indicaram o alto potencial de aplicação e utilização da fibra na composição de compósitos destinados à construção civil.

Enquanto isso, Silva *et al.* (2015) realizaram uma análise da capacidade de absorção da fibra do licuri *in natura* para remoção de corante azul de metileno e obtiveram bons resultados, considerando-o um resíduo agroindustrial capaz de neutralizar o corante. Sendo assim, apresentou pontos positivos tanto na sua eficiência quanto no baixo custo apresentado.

O potencial do licuri despertou interesse de produtores rurais não só pelo seu uso para compor dietas ou produzir artesanatos, mas também para produção de biodiesel (DRUMOND, 2007). Por influência disso, Oliveira *et al.* (2013) expõe a

possibilidade de se utilizar o licuri como fonte alternativa para geração de energia devido a sua biomassa que apresentou alto potencial para uso.

Santos *et al.* (2011), avaliaram propriedades físico-químicas, fluidodinâmicas e oxidativas do biodiesel de licuri, chegando a conclusão, por meio de análise das características físico-químicas, que o óleo de coco licuri também apresenta boas condições para produção do biodiesel. Ademais, observaram um ótimo comportamento como biocombustível possibilitando a sua utilização em motor diesel ou como mistura para petrodiesel ou outro tipo de biodiesel.

Além dessas possibilidades, com a morte do licurizeiro o caule ou estipe pode ser utilizado como lenha, em especial para localidades que exista baixa disponibilidade de lenha ou não há possibilidade de se utilizar outros biocombustíveis de origem vegetal e sólidos (AROUCHA & AROUCHA, 2013).

Em vista disso, Guimarães *et al.* (2014), descrevem que a relação entre homem e o licuri produz alto impacto positivo na vida dos sertanejos e, conseqüentemente, na distribuição econômica e geográfica do licuri. Para que isso ocorra, é importante que aconteça uma associação dessa relação com o etnoconhecimento, somando cultura, saberes, conhecimento e o manuseio dos recursos naturais.

A extração de coco licuri é realizada pelos sertanejos mais necessitados que buscam vender as amêndoas para empresas locais, mas tais empresas pagam um valor precário. Diante disso, tornaram-se necessárias iniciativas coletivas voltadas para a utilização socioeconômica e sustentável do licuri.

Dentre as iniciativas, a Cooperativa de Produção da Região do Piemonte da Diamantina (COOPES) apresenta destaque. A COOPES está localizada na cidade de Capim Grosso- BA e acolhe cerca de 234 cooperados, sendo aproximadamente 80% deste grupo constituído por mulheres. Estima-se que a organização gera impacto direto na vida de 450 famílias (COOPES, 2018).

A COOPES é formada por agricultores familiares que se beneficiam através do cultivo, coleta e comercialização de produtos pertencentes ao semiárido baiano, predominando o licuri e produtos derivados. Além de valorizar a mão de obra dos agricultores, a cooperativa tem gerado oportunidades de trabalhos em consequência da integração com redes, fóruns e meios da economia e comércio justo (SLOW FOOD, 2015).

Com a implantação da cooperativa o licuri passou a fazer parte de cardápios escolares compondo bolachas, por exemplo. Além disso, a COOPES participou de um evento ocorrido na cidade de Turim, na Itália, no qual apresentou o licuri e com isso ele ficou conhecido como “*coco piccolo di Brasile*” que significa, pequeno coco do Brasil (GUIMARÃES *et al.*, 2014).

A participação neste evento resultou na associação da COOPES ao movimento internacional *Slow Food* que desenvolvem atividades de educação ambiental, tratam da preservação e resgate de tradições, além de realizarem divulgação e, conseqüentemente, fortalecerem o comércio dos produtos derivados do licuri (SLOW FOOD, 2015).

Ademais, a Associação de Artesãos de Santa Brígida (AASB) também merece destaque, pois desde 2001 tem contribuído na geração de renda para as comunidades produtoras de licuri por meio da fabricação de artesanatos derivados do licuri. Trata-se de um projeto criado por cerca de 40 famílias a fim de elevar a valorização e renda dos fabricantes (AROUCHA & AROUCHA, 2013).

Embora a existência desses projetos seja de grande importância e apresente bons resultados quanto a valorização dos produtos e produtores, Aroucha & Aroucha (2013) alertam que o caminho ainda é longo para que o licurizeiro tenha reconhecimento como merece e para que os agricultores familiares obtenham melhor renda. Isso acontece porque muitos deles não reconhecem o forte potencial econômico do licuri ou não possuem acesso necessário e essencial para uma produção organizada.

2.3 Extração da amêndoa

Tratando-se da colheita e técnicas utilizadas, a maioria dos extrativistas ainda utilizam a técnica manual em que se utiliza de facão ou podão de cacau para retirada das folhas e frutos (RAZERA, 2021). O processo de extração da amêndoa costumeiramente é praticado por mulheres e crianças que utilizam pedras para quebra da casca (Figura 4) (SILVA, 2008).

Figura 4: Processo de quebra de coco licuri



Fonte: SILVA (2008).

A técnica de extração e quebra manual pode ser classificada como exaustiva e lenta. Em média, cada quebradeira consegue extrair 9 kg de amêndoa por dia. Tal técnica é responsável pelo baixo aproveitamento do potencial que o coco licuri apresenta, além de apresentar queda da oferta de amêndoas às indústrias esmagadoras (SILVA, 2008).

Além disso, SILVA (2008) afirma que das amêndoas extraídas são aproveitadas apenas aquelas que apresentam o equivalente a 44% do peso do coco. Os 56% restantes ficam como resíduos e tal material pode ser utilizado para extração do endocarpo - região que envolve a amêndoa - e transformado em carvão, o qual apresenta alto poder calorífico.

Apesar da técnica manual prevalecer e ainda ser bastante praticada, alguns investimentos na mecanização para extração de oleaginosas foram feitos. Esses investimentos possibilitam realizar um estudo da composição da máquina e o que ela deve oferecer, antes de tudo é importante atender a necessidade de gerar aumento de produção e redução do tempo na extração de amêndoas (SILVA, 2008; RAZERA, 2021).

2.4 Mecanização da extração da amêndoa

A mecanização pode ser considerada o fator principal na redução de custos de uma produção. Dessa forma, torna-se necessária a ampliação e modernização dos sistemas mecanizados. Para realizar uma adaptação desses sistemas deve-se buscar, além de maior produtividade e lucros, qualidade na operação, segurança e saúde dos funcionários e preservação do ambiente (MILAN & PELOIA, 2004).

Mecanizar o processo de extração das amêndoas possibilita a ampliação da produtividade por meio do aumento do número de frutos quebrados, além de garantir a qualidade da amêndoa e a melhor higiene do processo. Vale ressaltar a garantia de segurança, pois os maquinários visam a redução de acidentes e aumento na produção (SILVA, 2008).

Não menos importante, a mecanização também considera aspectos ergonômicos como postura, a fim de garantir uma operação mais adequada durante a utilização das máquinas (SILVA, 2008). Para isso, é importante considerar que o operador permaneça na sua condição natural de postura, tornando a sua vida diária mais confortável diante do maquinário (NR 17, 2018).

Diante disso, a otimização da extração de amêndoas de licuri contribui para melhorias da qualidade de vida das populações das regiões dependentes, pois possibilita redução do tempo de quebra e melhor postura para obter a amêndoa inteira e separada dos demais resíduos. Com o aumento da produção, ocorrerá um crescimento na renda dos sertanejos e conseqüentemente aumentará o desenvolvimento socioeconômico do semiárido por meio da utilização segura e sustentável do licuri (SILVA, 2012).

Para que uma máquina atenda às necessidades de quebra do coco licuri, deve-se considerar os diferentes tamanhos do fruto sendo respectivamente, comprimento e diâmetro médios de 2,0 cm e 1,4 cm (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2007). Não só como também deve-se considerar que a amêndoa saia inteira e os restos do coco sejam descartados separadamente.

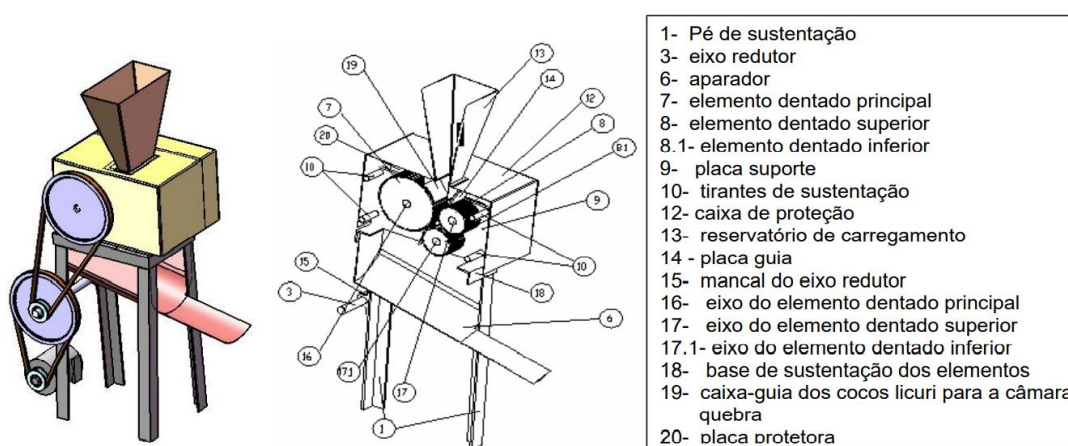
2.5 O protótipo beta

É importante instituir conceitos de função discretos na conceituação de projetos com o objetivo de facilitar a identificação do inter-relacionamento entre

variáveis com vistas à função global ou resultado final. As condições de um equipamento ou máquina estabelecem a função que representa a inter-relação geral objetivada entre entrada e saída de um sistema (PAHL *et al.*, 2005).

A Figura 5 apresenta um modelo dos componentes, produzido em CAD 3D denominada protótipo beta e, em seguida, são descritas suas funcionalidades com base no exposto por SILVA (2008), que denomina a máquina como protótipo beta.

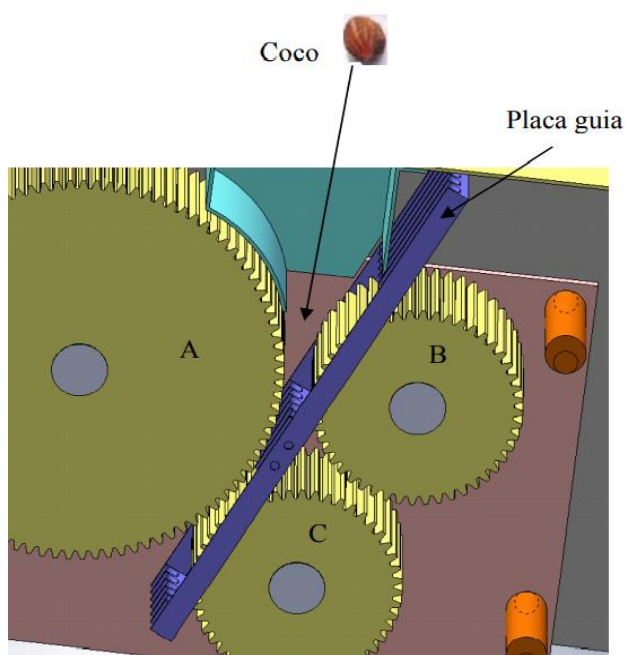
Figura 5: Modelo CAD 3D do conjunto do protótipo beta



Fonte: Silva (2008)

A máquina compreende 4 componentes essenciais - elementos cilíndricos dentados e a placa guia (Figura 6). Ela é composta por 3 cilindros dentados que possibilitam a quebra de cocos com diferentes diâmetros, sendo a placa guia essencial nesse processo.

Figura 6: Representação esquemática dos cilindros no processo de quebrar coco licuri

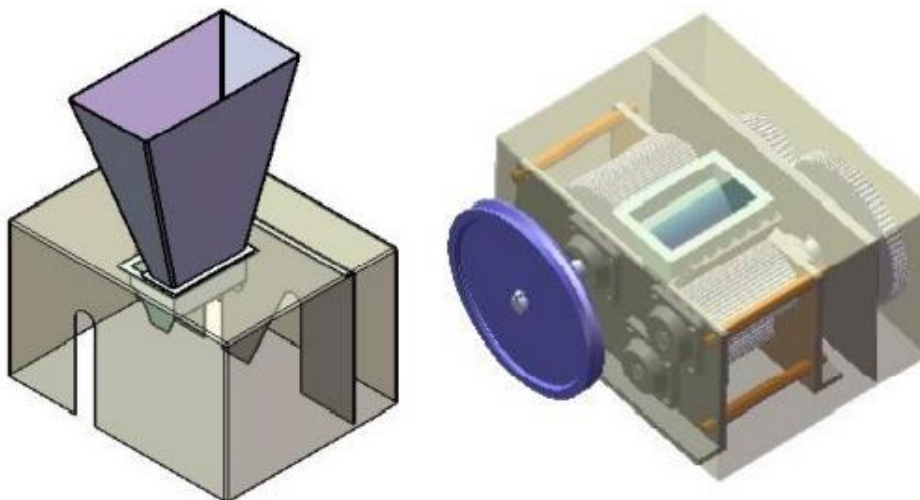


Fonte: Silva (2008)

Além dos cilindros dentados e a placa guia, através da Figura 6 é possível observar a presença de tirantes (representados na cor laranja) e sua função é garantir o alinhamento dos eixos. Segundo Sales (2021) a função dos tirantes é resistir às forças de tração e são elementos fundamentais para garantir equilíbrio ao elemento. Essa composição permite que a amêndoa não fique presa à casca, impossibilitando a saída de cocos intactos.

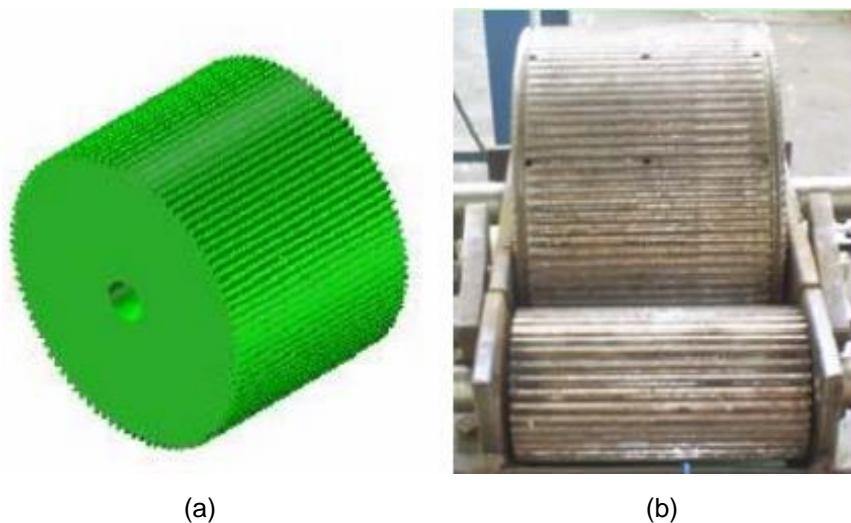
Através da Figura 7 observam-se detalhes do subconjunto de quebra/carga. Nele, há o recipiente (representado pela cor roxo) local onde o coco deve ser inserido. Na parte inferior há a caixa de proteção e o mecanismo guia. A caixa de proteção, como o nome sugere, protege os componentes cilíndricos dentados (Figura 8 (a) e (b)) que foram projetados a fim de atender à demanda de dimensões variadas dos frutos, possibilitando maior higienização e eficiência do processo. De acordo com Silva (2008), os elementos cilíndricos rolam de forma equidistantes e permitem a regulagem conforme os parâmetros diametrais dos frutos.

Figura 7: Detalhes em 3D do Subconjunto de quebra



Fonte: Silva (2008)

Figura 8: Elemento cilíndrico dentado (a) Modelo; (b) Foto



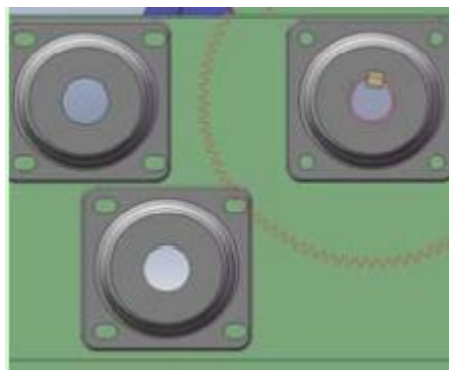
(a)

(b)

Fonte: Silva (2008)

Para realizar a regulagem entre os cilindros, as caixas dos mancais de rolamento que suportam os 3 eixos rotativos são fixadas com parafusos inseridos em furos oblongos (Figura 9) de modo que essa utilização produz maior eficiência na quebra dos cocos levando em consideração os distintos diâmetros. Para Medeiros (2016), os rasgos oblongos numa caixa de rolamento permitem ajuste de alinhamento entre os mancais. No caso da máquina, os rasgos oblongos possuem a finalidade de regular a distância entre os cilindros (SILVA, 2008).

Figura 9: Modelo CAD com detalhes de rasgo oblongo



Fonte: Silva (2008)

A base da máquina possui inclinação apresentando um formato do tipo trapézio. Essa inclinação nos apoios, segundo o autor, fornece maior estabilidade se tratando da vibração presente devido a operação de quebra (Figura 10).

Figura 10: Modelo CAD da base da máquina



Autor: Silva (2008)

Levando em consideração as necessidades como baixo peso específico, baixo coeficiente de atrito, autolubrificante, boa absorção de vibrações, baixo custo, boa resistência ao impacto, boa resistência ao desgaste e à abrasão e boa resistência mecânica, que o autor buscava atender para o sistema de transmissão, conclui-se que o melhor material para fabricação o trem de engrenagens foi o nylon (Figura 11).

Figura 11: Engrenagens de Nylon que compõem o sistema de transmissão da máquina



Fonte: Silva (2008)

De acordo com Medeiros (2006 apud SMITH 1998) o nylon é um plástico estrutural que apresenta boa capacidade para suportar temperaturas e cargas elevadas, apresenta baixo coeficiente de atrito e boa resistência química e à abrasão. Diante disso, possui aplicações em quase todos os setores, destacando-se a produção de peças que serão submetidas a elevadas temperaturas, peças antiatrito não lubrificadas e componentes que exijam alta resistência ao impacto.

2.6 Projeto Assistido por Computador (CAD)

O sistema CAD (*Computer Aided Design*) ou em português, Desenho Assistido por Computador, é um método de programação auxiliado por computador e a entrada do sistema se trata de arquivos de transferência de dados de projeto. Este sistema permite uma interpretação de geometria das peças por meio de leituras de arquivos. A realização de um projeto utilizando a ferramenta CAD só é possível devido a interatividade do projetista com o programa, pois é o responsável por definir tolerâncias e ferramentas úteis (MENEGHELLO, 2003).

De acordo com Silva (2008), os projetistas exercitam sua criatividade, conhecimentos e experiências através de ferramentas CAD. Por mais que a atividade de projeto seja planejada, metodológica e moderna será necessária a capacidade intuitiva, conhecimentos e experiência do projetista.

Os benefícios destes sistemas estão além da integração da manufatura. Sua aplicação permite redução de tempo para definição da geometria, pois essa etapa passa a ser realizada durante o desenvolvimento do projeto. Possibilita redução de erros por meio de simulação dinâmica e flexibilização de máquinas-ferramenta por meio da modificação de programação (MENEGHELLO, 2003).

A utilização da ferramenta CAD em situação bidimensional submete aos projetistas que exercitem continuamente a abstração e memorização de informações devido às limitações existentes que dificultam a identificação de interferências do projeto. Além disso, é possível o surgimento de erros causados por má interpretação do projetista ou devido às representações ambíguas (FERREIRA, 2007).

A tecnologia CAD tridimensional há anos é essencial no desenvolvimento de produtos complexos como máquinas, equipamentos, automóveis e aeronaves (MONTEIRO, 2011). É um *software* bastante utilizado por engenheiros e arquitetos, pois representa e visualiza com precisão objetos por meio dos pontos em três dimensões (AUTODESK, 2022).

Um exemplo da tecnologia CAD tridimensional é o software CAD 3D Inventor® que fornece ferramentas profissionais para realização de projetos mecânicos. O Inventor fornece uma combinação eficaz de recursos de projetos e recursos avançados de definição a fim de incorporar informações de manufatura modelo 3D. Além disso, é um dos programas capazes e mais utilizados para projetos de máquinas e de estrutura, tubos e tubulações (AUTODESK, 2022).

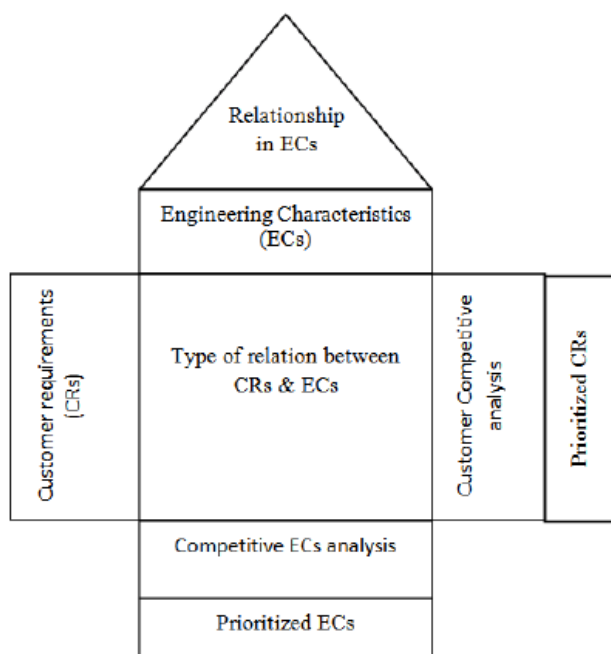
2.7 Metodologia da Pesquisa

Segundo CARPINETTI (2012), o processo para melhorias de produtos envolve algumas etapas e para isso foram criadas ferramentas capazes de auxiliar no desenvolvimento de projetos, dentre elas tem-se a Matriz Casa da Qualidade (QFD), Matriz Morfológica e o Gráfico de Gantt. Para o autor, é importante compreender as finalidades de cada ferramenta para melhor aplicação.

A Quality Function Deployment (QFD) ou Matriz Casa da Qualidade é uma ferramenta de grande importância, pois é responsável por correlacionar requisitos aspirados pelo usuário com as características do produto permitindo estabelecer metas e auxiliar no processo de planejamento do produto (VOLPATO et.al., 2010).

Através do método QFD, busca-se identificar o grau de relacionamento entre as variáveis, podendo ele ser forte, médio ou fraco, e também, se as relações entre os requisitos são de caráter positivo ou negativo (CARPINETTI, 2012). Na figura 12 é possível verificar a estrutura da Casa da Qualidade.

Figura 12: Modelo de Matriz Casa da Qualidade










Fonte: ResearchGate (2011)

Comumente, após feito um estudo de viabilidade do produto por meio da Matriz Casa da Qualidade, a análise morfológica é aplicada a fim de compreender a estrutura do produto e suas partes, considerado uma análise quanto às leis de simetria, harmonia, equilíbrio e posição dos elementos. Essa ferramenta é útil para a análise de similares, com o objetivo de entender a concepção de tais produtos com o intuito de investigar problemas e produzir estratégias de diferenciação às soluções existentes (BONSIEPE, 1984).

De acordo com Ulmann (2010) é importante, primeiramente, definir a função principal e em seguida sejam elencadas as subfunções como mostra a figura 13, pois são os dados de entrada da matriz morfológica, que será imprescindível na geração do conceito.

Figura 13: Modelo de Matriz Morfológica

Funções Parciais	Funções Elementares	Soluções		
Controlar o skate	Garantir Estabilidade	Fixação firme entre shape e mancal	Shape maior do que o convencional para skates	
	Acionar movimento	sensor FSR 	Acionamento fixo 	
Manutenção e armazenamento	Fixar componentes (rodas)	Parafuso allen 	Parafuso sextavado 	Parafuso + porca 
	Fixar componentes (shape)	Parafuso + porca 	Colado 	

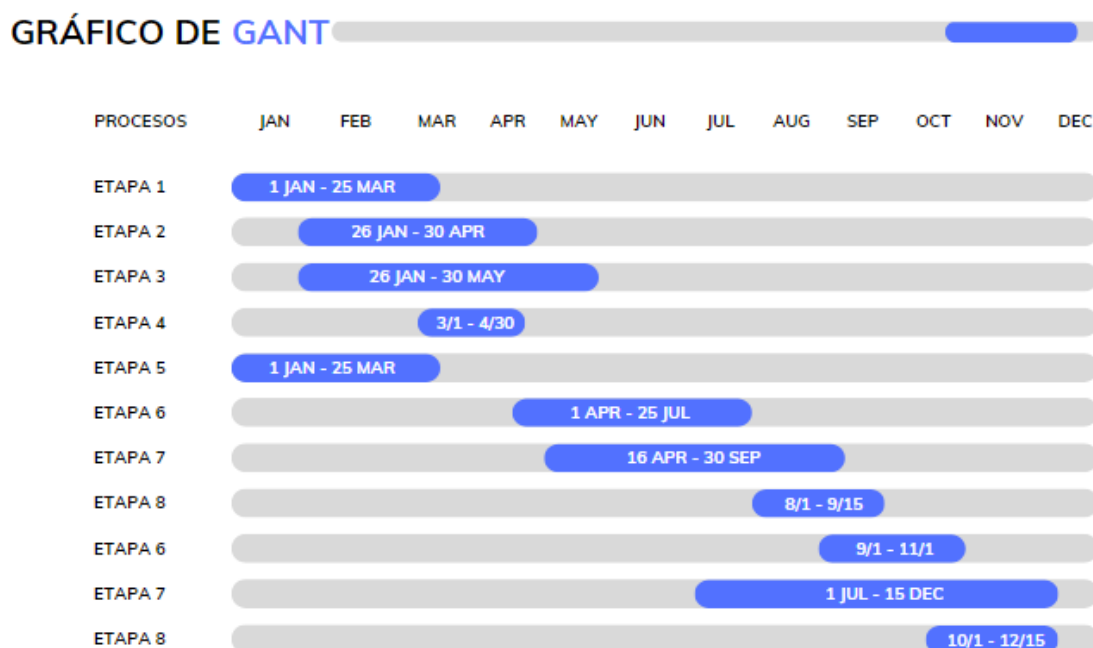
Fonte: UFSC (2017)

O Gráfico de Gantt permite inserir informações de previsão e informações de tempo já utilizado para realização das tarefas. Dessa forma, o gráfico apresenta uma relação entre o tempo que se passou e o trabalho realizado e isso possibilita aos gestores observar falhas em seus projetos e corrigi-las posteriormente. (CLARK, 1923).

Segundo Clark (1923), para poder executar o gráfico de Gantt é importante ter um plano de trabalho com as atividades descritas. O autor ainda aponta que o gráfico de Gant fornece certa clareza para o projeto, porque permite ao executor visualizar o progresso do trabalho, e, caso esse progresso não esteja conforme o esperado indica as causas.

O gráfico de Gant é realizado com as datas de início de fim do projeto e quais as atividades serão realizadas nesse período, conforme mostra a figura 14, isso facilita ao executor do projeto ter uma organização sobre melhor. O gráfico pode sofrer adaptações conforme o projeto será executado (CALDAS, 2019).

Figura 14: Modelo do Gráfico de Gant

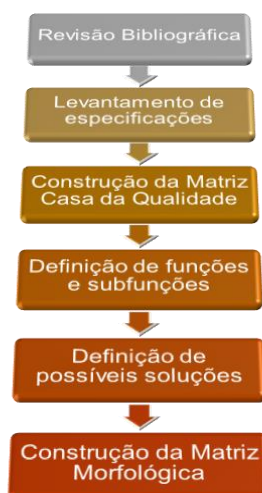


Fonte: Autora (2023)

3 METODOLOGIA

Para o presente trabalho, foi realizado o reprojeto do “protótipo beta”, visando atender as recomendações do autor na seção de indicações para trabalhos futuros. A metodologia de projeto utilizada seguirá o recomendado por Ullman (2010) como mostra a figura 15.

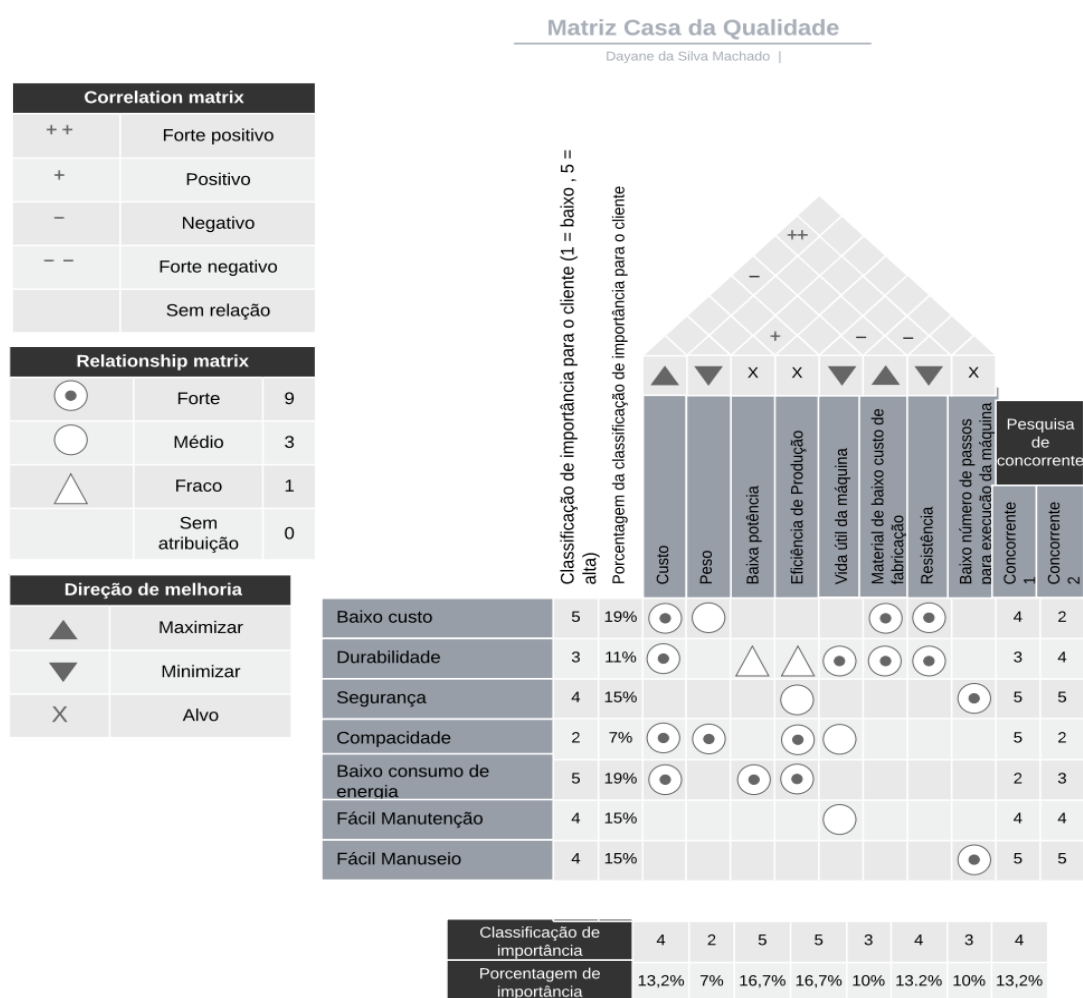
Figura 15: Metodologia de Projeto



Fonte: Autora (2022)

Para levantar as especificações de projeto, foi realizado o método QFD (*Quality Function Deployment*), também conhecido como Matriz Casa de Qualidade e apresentada por Ullman (2010), conforme a figura 16.

Figura 16: Matriz Casa da Qualidade



Fonte: Autora (2022)

Após a matriz finalizada, partiu-se para o projeto conceitual, cujo objetivo é realizar o desenvolvimento e seleção de conceitos para a máquina reprojeta. Para tal, foi realizado a decomposição funcional da máquina, cuja função principal é “Transformar a energia de acionamento da máquina em força capaz de quebrar a casca do coco licuri e extração da amêndoa”.

















Ullman (2010) recomenda que após definida a função principal, seja elencada as subfunções, pois são os dados de entrada da matriz morfológica, que

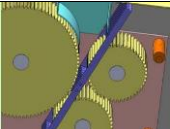
será imprescindível na geração do conceito. Foram definidas as seguintes subfunções para o reprojeto do protótipo beta:

- Inserir os cocos na máquina;
- Acionar a máquina (entrada de energia);
- Transmitir a energia de acionamento da máquina para movimentação do elemento triturador;
- Movimentar o elemento triturador;
- Realizar a trituração dos cocos;
- Extrair a amêndoa da máquina;

Após definidas as subfunções, construiu-se a matriz morfológica, chegando à tabela 1.

Tabela 1:Matriz Morfológica

Função Parcial	Funções Elementares	Soluções			
Quebrar coco licuri	Acionamento	 Botão	 Manivela	 Sensores	
	Transmissão de Potência	 Engrenagens Retas	 Engrenagens Cônicas	 Engrenagens Helicoidais	 Correia de Transmissão
	Fonte Energética	 Energia solar	 Energia Hidrelétrica	 Energia Hidrelétrica	
	Conversão de energias em energia mecânica	 Motor à combustão interna	 Motor Elétrico	 Motor de passos	
	Introdução do coco na máquina	 Braço mecânico	 Manual	 Reservatório com sensor	

	Condução do coco entre os elementos dentados	 Placas sobre elementos dentados			
--	--	--	--	--	--

Fonte: Autora (2022)

Para a matriz morfológica, faz-se uma listagem das funções do produto e uma representação visual dos possíveis meios de solução para cada função explorando as combinações. Diante disso, os problemas e possíveis soluções listados devem ser apresentados em forma de tabela para melhor organização e compreensão.

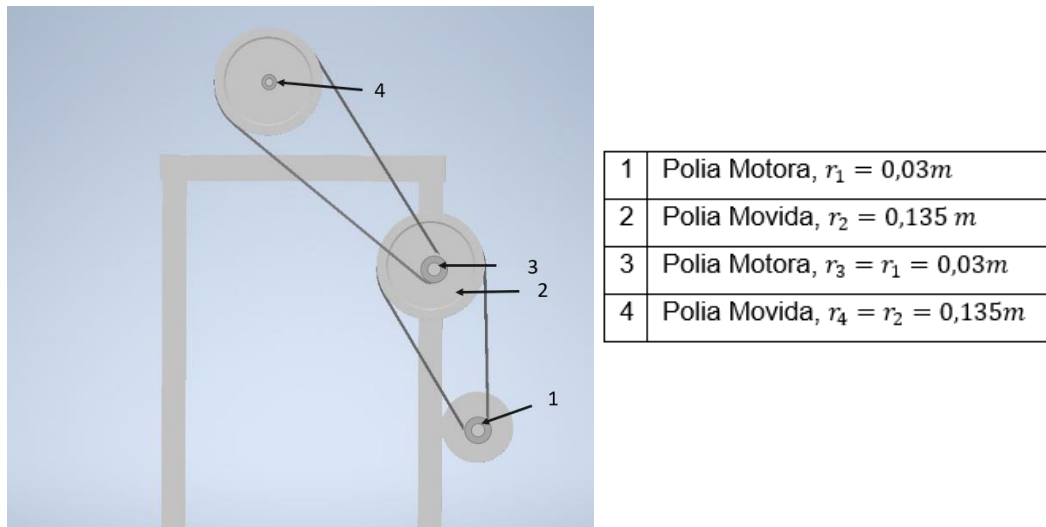
A posto disso, foi possível determinar os equipamentos que iriam compor a máquina realizando, antes de tudo, uma análise do protótipo Beta e considerando a sua estrutura que permaneceria conforme a sua capacidade de atender as necessidades do projeto e atendendo as necessidades da população a quem é direcionada.

Em seguida, foram realizados os cálculos para redução de potência como sugerido pelo autor. Com os cálculos finalizados foi possível idealizar a estrutura da máquina e partir para o software CAD 3D Inventor®.

3.1 Dimensionamento do sistema de transmissão de potência

A fim de realizar o dimensionamento do sistema de transmissão utilizou as dimensões utilizadas pelo projetista do protótipo beta, conforme a figura 17.

Figura 17: Sistema de transmissão do protótipo Beta e suas especificações



Fonte: Silva (2008)

Para definir um novo sistema de transmissão foi necessário determinar o torque final transmitido para o cilindro dentado de forma a garantir a quebra do licuri. No cálculo do torque aplicou-se a equação de cálculo de potência, equação (1).

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (1)$$

Onde, P é a potência em Watts; ω é a velocidade angular (rad/s) e T o torque em N.m.

Conhecendo o valor de potência do motor e velocidade angular obteve-se o valor do torque nominal do motor, que é o mesmo torque desenvolvido na polia 1. Em seguida, foi realizada a transmissão de potência da polia 1 para polia 2, conforme a equação 2.

$$\frac{T_1}{r_1} = \frac{T_2}{r_2} \quad (2)$$

Onde, T_1 é o torque da polia 1; T_2 é o torque da polia 2; r_1 o raio da polia 1 e r_2 é o raio da polia 2.

Como a polia 3 está acoplada a polia 2 o torque desenvolvido nas polias será o mesmo. Desta forma, utilizando a equação (3), foi possível determinar o torque final transmitido para o conjunto de cilindros dentados.

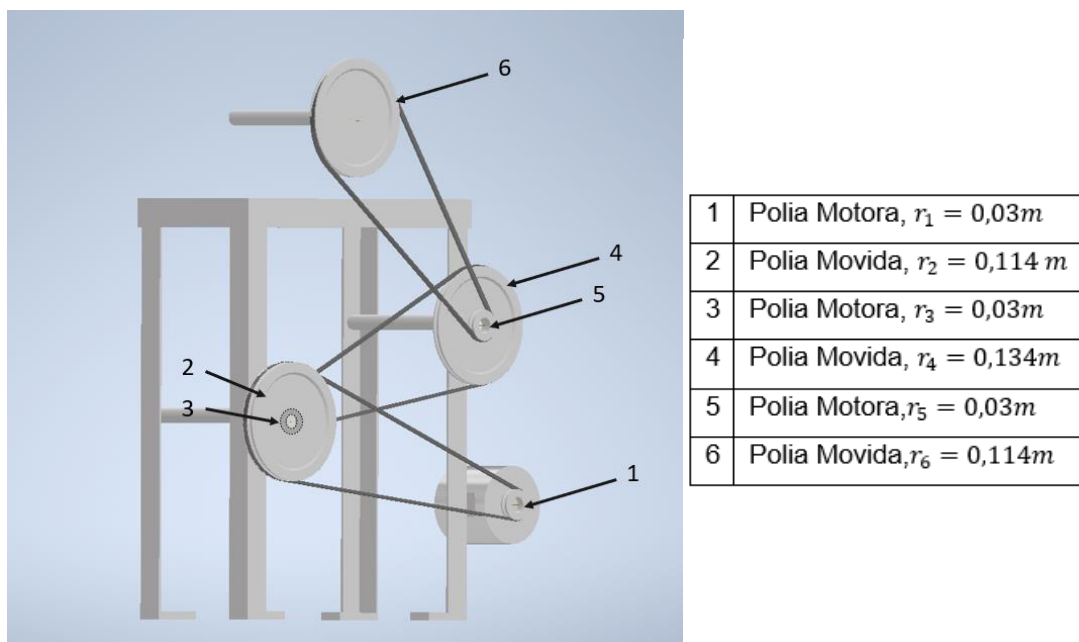
$$\frac{T_3}{r_3} = \frac{T_4}{r_4} \quad (3)$$

Com isso, tornou-se possível iniciar o dimensionamento do novo sistema de transmissão de modo a manter o mesmo torque final reduzindo a potência do motor, conforme sugerido por Silva (2008).

O primeiro critério adotado foi que as polias motoras teriam o mesmo raio e as polias movidas também. Além disto, o torque final foi mantido igual ao protótipo inicial e o torque nominal do novo motor pôde ser determinado a partir da equação de potência (equação 1).

Como forma de garantir raios com dimensões semelhantes aos do projeto inicial, se fez necessário o acréscimo de mais um par de polias, conforme apresentado na figura 18. Para determinação dos raios das polias motoras e movidas utilizou-se a mesma metodologia da determinação do torque final necessário, porém agora tendo este valor e o torque nominal conhecido.

Figura 18: Novo sistema de transmissão e suas especificações



Fonte: Autora (2023)

Aplicando a transmissão de torque entre as polias 6 e 5 obteve-se a equação (4). Como As polias 5 e 4 estão acopladas no mesmo eixo é desenvolvido o mesmo

torque nas duas polias. Desta forma, aplicando a transmissão de torque entre a polia 4 e 3 obteve-se a equação (5). Como a polia 3 está acoplada ao mesmo eixo da polia 2 o torque desenvolvido é o mesmo em ambas. Aplicando a transmissão de torque entre as polias 2 e 1 obteve-se a equação (6).

$$T_3 = \frac{r_1}{r_2} \times T_f \quad (4)$$

$$T_3 = \frac{r_2}{r_1} \times T_2 \quad (5)$$

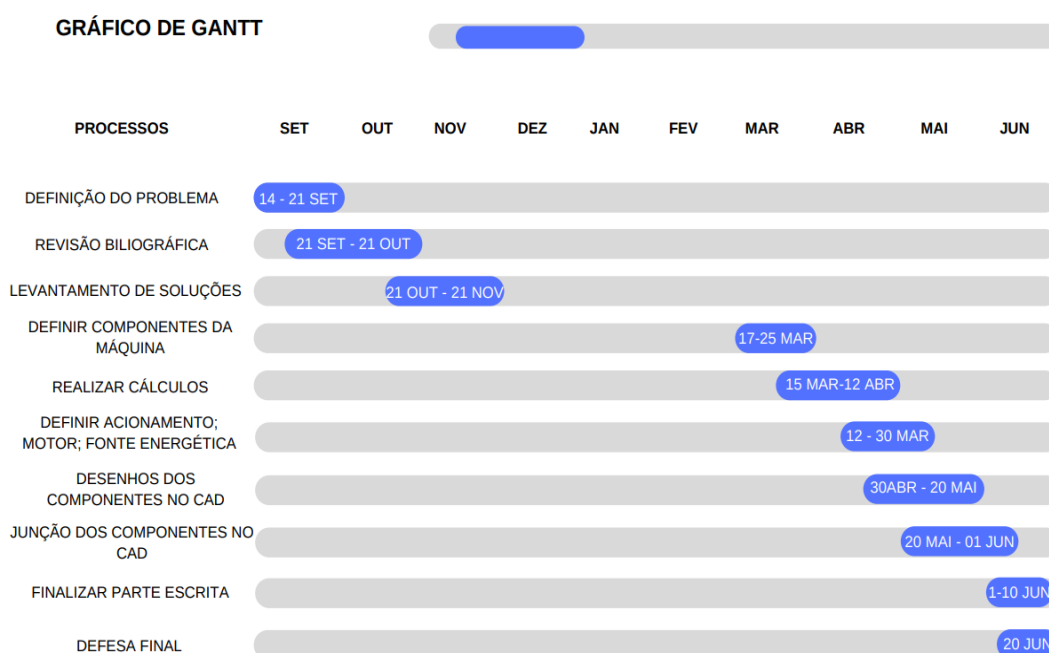
$$T_2 = \frac{r_2}{r_1} \times T_n \quad (6)$$

Onde T_3 é o torque na polia 3; T_2 é o torque na polia 2; T_f é o torque final e T_n é o torque nominal; r_1 é o raio da polia 1 e r_2 é o raio da polia 2.

Para obtenção dos valores dos raios resolveu-se o sistema das equações (4), (5) e (6).

Para facilitar o desenvolvimento do projeto, foi elaborado o Diagrama de Gantt, representado na figura 19.

Figura 19: Gráfico de Gantt



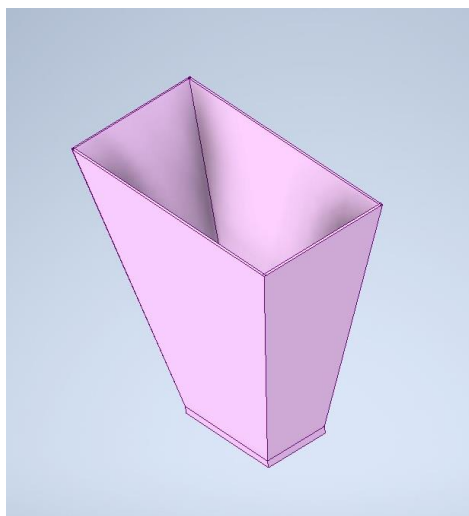
Fonte: Autora (2022)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das concepções geradas foi possível criar um esboço que auxiliou nas suas avaliações. Com isso, é possível citar as principais diferenças, que são: a redução de potência da máquina e alterações necessárias para que que isso ocorra. Considerando o Protótipo Beta é possível afirmar que ele atende as necessidades e demandas da população catadora de coco licuri e a seguir serão apresentadas as partes que compõem a máquina e foram mantidas.

A caixa de proteção/armazenamento, figura 20, garante ao operador segurança com relação à possibilidade de os cocos saltarem ao terem contato com os cilindros dentados responsáveis pela quebra evitando que o atinja. Além disso, ele garante que uma determinada quantidade de cocos seja introduzida permitindo ao operador a realização de outra atividade enquanto aguarda a quebra das cascas. Desta forma, este elemento foi mantido conforme projeto original.

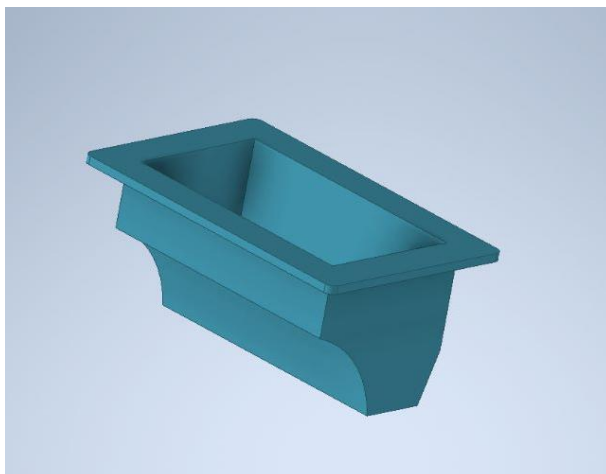
Figura 20: Representação da caixa de proteção/armazenamento



Fonte: Adaptado de Silva (2008)

Além desses componentes há uma guia, figura 21, onde a caixa de proteção/armazenamento é acoplada. A sua função é de receber e direcionar o coco licuri para a câmara de quebra que dispõe dos cilindros dentados.

Figura 21: Representação da guia



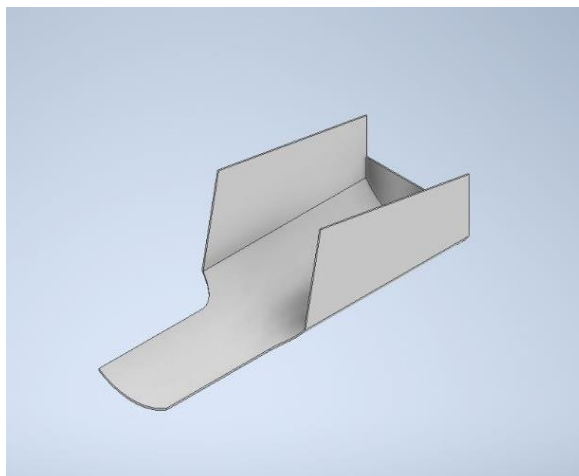
Fonte: Adaptado de Silva (2008)

O conjunto de cilindros, como mostra a figura 7, é dimensionado conforme os diâmetros dos cocos licuri e para garantir a segurança do funcionamento estão dispostos em uma caixa de proteção. O posicionamento dos cilindros tem o intuito de atender a maior quantidade possível de quebra desses cocos. Como eles possuem diâmetros diferentes, o cilindro superior possui uma determinada distância do cilindro central, assim como o cilindro central possui do inferior.

Tal posicionamento visa a quebra da maior quantidade possível dos cocos considerando as diferenças entre os diâmetros. Aqueles que não são quebrados pelo cilindro superior serão direcionados para o conjunto seguinte e quebrado com auxílio do cilindro inferior.

Abaixo da caixa de proteção dos cilindros há uma outra guia, figura 22, que é responsável por receber e direcionar os cocos quebrados para um local de armazenamento disposto pelo operador.

Figura 22: Representação da guia (aparador)



Fonte: Adaptado de Silva (2008)

Para o sustento do conjunto que compõe a máquina de quebrar coco licuri, há um cavalete (figura 23) que se comparado ao protótipo beta apresenta as diferenças: pernas sem angulação e, agora, apresentam suportes fixados às cantoneiras que fazem parte da base juntamente com suporte de borracha e que são fixados ao chão para manter a estrutura imóvel. O suporte será fixado ao chão por parafusos e porcas. Essa estrutura garante que a máquina reduza os movimentos e evite desgaste causados pelas vibrações.

Figura 23: Representação do cavalete (sustentação)



Autor: Adaptado de Silva (2008)

E por fim, para o funcionamento da máquina foram consideradas as subfunções presentes na tabela 1. Através dela foi possível determinar o tipo de acionamento que será por meio de botão e como se trata de uma máquina acionada por motor elétrico é possível utilizar uma chave de partida direta para motor, pois dessa forma pode-se fornecer proteção ao mesmo. Além disso, é possível garantir maior segurança devido ao botão de desligamento da chave que fará o desligamento imediato caso ocorram acidentes.

A transmissão de potência é através de correia de transmissão que são responsáveis por ligarem as polias e transmitir potência para as engrenagens de dentes retos que acionarão os elementos dentados que farão a quebra das cascas.

Para o acionamento da máquina permaneceu o motor elétrico devido ao seu potencial em garantir a operação das máquinas e equipamentos de modo mais econômico e produtivo. A energia para seu acionamento é a energia hidrelétrica, pois atende a maior parte da população.

A inserção dos cocos será de forma manual por ser considerada mais barata e a máquina apresentar pequeno grau de risco com a maneira apresentada. Além disso, os cocos apresentam peso leve o que não causaria problemas devido ao carregamento de peso como sugere a NR17 – Ergonomia.

A quebra dos cocos ocorre através da compressão por elementos dentados que serão conduzidos por uma placa guia.

Diante do estudo da problemática proposta pelo autor do Protótipo Beta, que propõe reduzir a potência necessária para o acionamento do sistema, optou-se por redimensionar o sistema de transmissão de forma a garantir a manutenção do torque final transmitido.

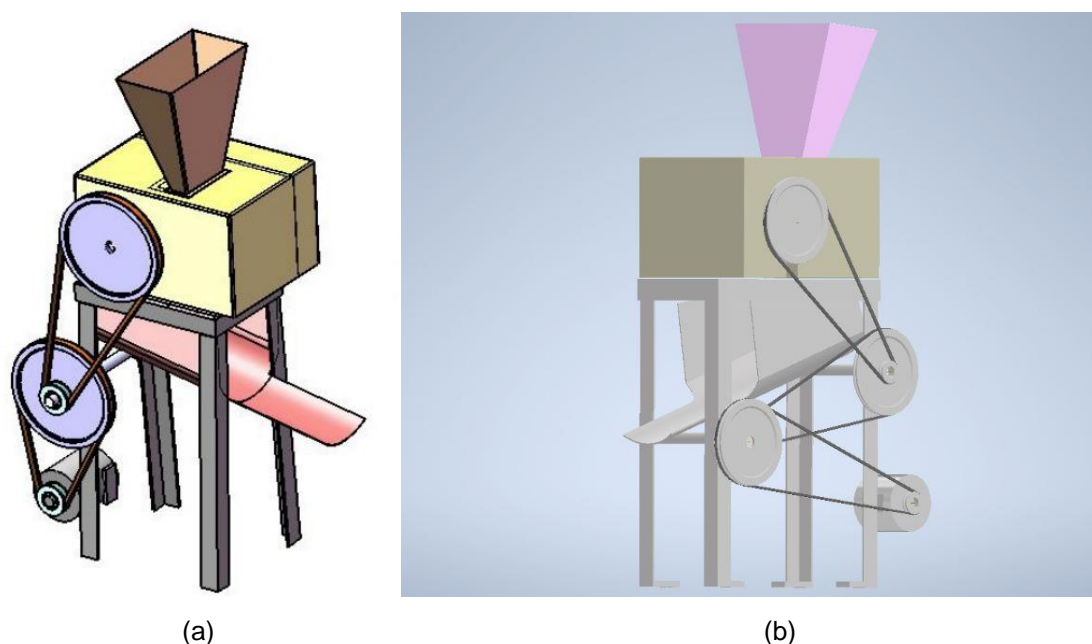
De acordo com as equações apresentadas na Seção 3 – Metodologia, título Dimensionamento do sistema de transmissão de potência, foi possível determinar dados essenciais para o redimensionamento. Através da equação (1) e dados fornecidos da Máquina Beta, determinou-se o torque final como $T_f = 170 N.m$. É importante ter conhecimento do torque final, pois o mesmo foi considerado para a máquina em questão.

Com a mesma equação também foi possível definir o torque nominal, ou seja, o torque que é transmitido do motor para a polia nele acoplada, sendo ele $T_n = 3,15 N.m$. Tais dados também foram considerados para obtenção do raio da polia movida enquanto o raio da polia motriz foi considerado e mantido igual ao do projeto

Beta, $r_1 = 0,03m$. Com base nisto, foi possível utilizar o sistema formado pelas equações (4), (5) e (6) para determinação do raio das polias movidas foi $r_2 = 0,114 m$.

Finalizados os cálculos foi possível realizar os desenhos com auxílio do CAD 3D Inventor®. Na figura 24 pode-se observar as alterações necessárias comparando o antes e o depois do conjunto com o sistema de transmissão.

Figura 24: Representação da máquina de quebrar coco licuri: (a) Protótipo Beta; (b) Versão Final



Fonte: Adaptado de Silva (2008)

Como é possível observar, as peças consideradas satisfeitas não foram modificadas na estrutura da máquina. Apenas o sistema de polias foi modificado a fim de atender a demanda de redução de potência e a estrutura do cavalete modificada de forma a garantir uma fixação ao solo, tornando-a mais segura.

Finalizados os cálculos e definida a estrutura da máquina de quebrar coco, fez-se a seleção de material para as polias e estrutura de sustentação. Para as polias definiu-se como material mais apropriado o alumínio, isso porque ele apresenta peso leve e boa resistência a corrosão. Dessa forma é possível obter uma máquina leve e isso facilita a remoção em casos de manutenção ou mudança de localização da mesma.

Para Almeida (2015), o alumínio é uma ótima opção de material quando se deseja minimizar o peso de estruturas devido a sua baixa massa específica e além

disso, apresenta boa durabilidade. Embora apresente alta condutividade térmica, é uma boa aplicação para máquinas com baixas rotações.

Conforme afirma Siqueira (2012) o alumínio pode ser utilizado em diversos segmentos da indústria, pois produz peças estruturalmente confiáveis, resistentes à fratura e estáveis quimicamente. Além disso, apresenta alta resistência à corrosão e relação resistência/densidade (HIGASHI, 2011).

O aço galvanizado é um material bastante utilizado em estruturas principalmente da construção civil. Devido a sua camada de zinco há uma maior garantia de segurança quanto a corrosão por isso é um material que pode ser exposto a condições da natureza com maior garantia de durabilidade. Além disso, apresenta um bom aspecto econômico (TUTIKIAN; HILGERT; HOWLAND, 2014).

Considerado a melhor adaptação do material quando exposto às condições como umidade ou exposição ao sol ou outras condições que podem minimizar a vida útil do material, para a base da máquina (cavalete), o material é aço galvanizado.

5 CONCLUSÃO

Nesta pesquisa foi realizado o estudo de redução de potência de um motor de uma máquina de quebrar coco licuri. Diante disso, é possível afirmar que a meta pré-estabelecida foi alcançada através de cálculos que definiram os valores adequados a serem aplicados no reprojeto. Conforme os dados obtidos e aplicados, percebeu-se uma redução nas rotações finais se comparado às fornecidas pelo protótipo Beta tendo por consequência um aumento no tempo da quebra de cocos.

Embora o tempo de quebra se estenda, ainda é possível garantir qualidade na quebra e obtenção de amêndoas maior do que com a quebra realizada manualmente. Para que os resultados fossem alcançados o CAD foi essencial fornecendo possibilidades em visualizar o projeto em 2D ou 3D, assim como, possibilitou a exploração de alternativas de design e análise estrutural da máquina.

A fim de obter os melhores resultados no dimensionamento das peças da máquina foi possível aplicar conhecimentos de Mecânica dos Sólidos e Dinâmica nos Elementos de Máquina através da relação Torque – raio e transmissão de potência.

E por fim, com o Software Inventor desenvolveu-se o produto final sendo possível, através dele, definir a posição adequada de cada elemento considerando atender as necessidades do projeto.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. T. de. **Análise Microestrutural e avaliação mecânica de juntas soldadas por fricção e mistura mecânica (FSW) da liga de alumínio 5182-O**. 2015. 120 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/132699/000983774.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 02 de jul. 2023.
- AROUCHA, E.P.T.L.; AROUCHA, M.L. **Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável do Licuri**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2013.
- AUTODESK. **Inventor**: Software avançado de projeto mecânico para suas ideias mais ambiciosas. 2022. Disponível em: https://www.autodesk.com.br/products/inventor/overview?us_oa=dotcom-us&us_si=ecac62bc-ce85-40a3-b0ac-1c423ad572cc&us_st=inventor&us_pt=INVNTOR&term=1-YEAR&tab=subscription&plc=INVPROSA. Acesso em: 14 nov. 2022
- AUTODESK. **3D CAD Software**. 2022. Disponível em: <https://www.autodesk.com/solutions/3d-cad-software>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- BELTRÃO, N. E. M.; Oliveira, M. I. P. **Oleaginosas Potenciais do Nordeste para a Produção de Biodiesel**. Campina Grande: Embrapa, 2007. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR20071277417>. Acesso em: 23 out. 2022
- BONDAR, G. O. **Palmeiras do Brasil**. 159 p. Boletim do Instituto de Botânica vol. 2, São Paulo, 1964. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/1964/01/palmeiras-do-brasil/>. Acesso em: 22 out. 2022.
- BONSIEPE, G. Metodologia experimental: desenho industrial. Brasília: **CNPQ**, Coordenação Editorial, 1984. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/199837873/Metodologia-Experimental-Desenho-Industrial-Bonsiepe>. Acesso em 25 maio 2023.
- CARINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CARVALHO, A. J. A.; FERREIRA, M. H. S.; ALVES, J. S. **O licuri (*Syagrus coronata*, Arecaceae): lavoura xerófila e agricultura familiar camponesa no Semiárido do centro-norte baiano**. Bahia *Análise & Dados*, 24(3), p. 557-569, 2014.
- COOPES – Cooperativa de Produção da Região do Piemonte da Diamantina. **Festa do licuri**. Disponível em: <https://coop.es.org.br/home>. Acesso em: 20 out. 2022
- DRUMOND, M. A. **Licuri *Syagrus coronata* (Mart.) Becc.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/152644>. Acesso em 22 out. 2022.

FARIAS, C. M. M. **Produção e caracterização de lipases de *Aspergillus* da micoteca urm utilizando resíduo de licuri (*Syagrus coronata*) (Martius) Beccari como substrato**. 80 f. Dissertação (Pós Graduação em Biologia de Fungos) – Departamento de Micologia, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2013.

FERREIRA, R.C. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial de projetos de produção de vedações verticais em edificações**. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FRAGA, A. **Licuri vira ingrediente de cosméticos e aumenta renda de famílias na Bahia**. Globo Rural, 2020. Disponível em: <https://globo rural.globo.com/Noticias/Agro-E-Delas/noticia/2020/07/licuri-vira-ingrediente-de-cosmeticos-e-aumenta-renda-de-familias-na-bahia.html>. Acesso em: 11 out. 2022.

GUIMARÃES, J. S.; SHIOSAKI, R.K.; MENDES, M. L. M. Licuri (*Syagrus coronata*): características, importâncias, potenciais e perspectivas do pequeno coco do Brasil. **Biblioteca Digital de Periódicos: Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 58, p. 169 - 192, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/68852/0>. Acesso em: 01 nov. 2022

HIGASHI, A. L. C. **Soldagem de uma liga de alumínio-cobre-lítio utilizando laser a fibra**. 2011. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <https://www.academicoo.com/artigo/soldagem-de-uma-liga-de-aluminio-cobre-litio-utilizando-laser-a-fibra>. Acesso em 02 de jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Extração Vegetal e Silvicultura: Extração do coco licuri**. IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/pesquisa/16/0?indicador=12822&tipo=ranking&ano=2021>. Acesso em: 25 de out de 2022.

KILL, L.H.P. **Caatinga: patrimônio brasileiro ameaçado**. Agronline.com.br. Disponível em: <http://www.agroline.com.br/artigos/artigo.php?id=81>. Acesso em: 02 de outubro de 2022.

LIMA, D. M.; TENÓRIO, S.; GOMES, K. Dieta por *Anodorhynchus leari* Bonaparte, 1856 (Aves: Psittacidae) em palmeira de licuri na caatinga baiana. **ResearchGate: Rede social para cientistas**, 2–6, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282132713_Dieta_por_Anodorhynchus_leari_Bonaparte_1856_Aves_Psittacidae_em_palmeira_de_licuri_na_caatinga_baiana. Acesso em: 25 out. 2022.

MAIA, J. M. et al. Motivações socioeconômicas para a conservação e exploração sustentável do bioma caatinga. **ResearchGate: Rede social para cientistas, Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 41, p. 295-310, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319414057_Motivacoes_socioeconomicas_para_a_conservacao_e_exploracao_sustentavel_do_bioma_Caatinga. Acesso em 25 out. 2022.

MEDEIROS, E. C. de. **Análise dinâmica de um rotor: Modelagem analítica, elementos finitos e avaliação experimental**. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Engenharia Mecânica) – Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2016.

MEDEIROS, M.A.R. **Propriedades mecânicas de compósitos de PVC reciclado reforçados com fibra de sisal e de nylon**. 6. 22 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

MENEGHELLO, G. P. **Aplicação de um Sistema Robótico Utilizando Recursos de Sistemas CAD/CAM para o Processo de Fresamento**. 119 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MILAN, M.; PELOIA, P.R. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **SciELO**. Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 681 - 691, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/QVjWLyLdKg7CGrcs8sGFBSG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 nov. 2022.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Licuri**. Brasília: Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica – Ministério da Educação, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf1/cartilha_licuri.pdf. Acesso em: 20 out. 2022.

MONTEIRO, A. **Projeto para produção de vedações verticais em alvenaria em uma ferramenta CAD-BIM**. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Norma Regulamentadora. **NR 17**: Ergonomia.

OLIVEIRA, A. M. R. S.; CARVALHO, R. F. **Caracterização da fibra do licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari) para aplicações na construção civil**. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

OLIVEIRA, M. B. F. de. **Estudo integrado da espécie palmeira ouricuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari) para geração de energia**. p. 70. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013.

PAHL, G. *et al.* **Projeto da Engenharia**. São Paulo: Blucher. 2005.

RAZERA, M. L. **Palmeira do sertão: caracterização da cadeia produtiva do licuri (*Syagrus coronata* Martius Beccari) em regiões da Bahia**. 108 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2021.

ROCHA, K. M. R. **Biologia reprodutiva da palmeira licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) (Arecaceae) na ecorregião do Raso da Catarina, Bahia**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, 2009.

RUFINO, M. U. L. et al. **Conhecimento e uso do ouricuri (*Syagrus coronata*) e do babaçu (*Orbignya phalerata*) em Buíque, PE, Brasil**. ResearchGate: Rede social para cientistas. Acta Botânica Brasílica, p. 1141-1149, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/250021140_Conhecimento_e_uso_do_ouricuri_Syagrus_coronata_e_do_babacu_Orbignya_phalerata_em_Buique_PE_Brasil. Acesso em: 28 out. 2022.

SALES, C. A. C. **Análise e dimensionamento de estruturas pelo método das escoras e tirantes**. 83 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2021.

SANTANA, J. S. **Caracterização físico-química de caju-passa, licuri e seus produtos derivados produzidos no interior baiano**. SEMIC: Seminário de Iniciação Científica, p. 579-582, 2011. Disponível em: <http://www2.uefs.br/semic/upload/2011/2011XV-028JAM465-310.pdf>. Acesso em: 25 out 2022.

SANTOS, J. A. R. **Avaliação das propriedades físico-químicas, fluidodinâmicas e oxidativas do biodiesel de licuri (*Syagrus coronata*) e das blendas (licuri/soja)**. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

SILVA, J. M. da. **Viabilidade do uso de secadores solar de convecção natural e forçada para a secagem do coco licuri**. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Área de Concentração - Termociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

SILVA, R. B.; OLIVEIRA, A. F. M.; ANDRADE, L. H. C. **Potencial nutricional de seis espécies de Arecaceae ocorrentes em Pernambuco, Nordeste do Brasil**. 75 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2012.

SILVA, R. F. da. **Projeto de uma máquina para a quebra do coco licuri utilizando CAD associado à engenharia de sistemas**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

SILVA, T. S. *et al.* **Utilização da fibra do Ouricuri (*Syagrus coronata*) na remoção do corante azul de metileno: variáveis de processo e isoterma de adsorção**. ENEMP: Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 2015. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/20725>. Acesso em 01 nov. 2022.

SIQUEIRA, R. H. M. de. **Caracterização mecânica e microestrutural de juntas de alumínio 6013 t4 soldados a laser**. 2012. 126 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica na área de Materiais). Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94397/siqueira_rhm_me_guara.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 02 de jul. de 2023.

SLOW FOOD. **Comida com gosto de licuri**: receitas. COOPES: Cooperativa de Produção da Região do Piemonte da Diamantina, 2016. Disponível em: <https://slowfoodbrasil.org.br/2016/08/livro-de-receitas-com-licuri/>. Acesso em: 04 nov. 2022.

TUTIKIAN, B. F.; HILGERT, T.; HOWLAND, J.J. Comparativo da aderência do concreto com aço sem proteção e o aço galvanizado a quente. **Ibracon**: Revista Ibracon de estruturas e materiais, v. 7, n. 2, p. 313-328, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/HLdThvgB9nBnMsBnsnHfRvB/#> . Acesso em 02 jul. 2023.

ULLMAN, D. G. **The Mechanical Design Process**. 4 th Edition. McGraw-Hill, New York. 2010.

VOLPATO, L.F. et al., Planejamento da qualidade nas unidades de saúde da família, utilizando o Desdobramento da Função Qualidade (QFD). **SciELO: Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 1473-1482, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/>. Acesso em 22 maio 2023.

APÊNDICE A

Características Técnicas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA MÁQUINA

IDENTIFICAÇÃO

- a) Máquina: Quebradora de licuri
- b) Modelo: Protótipo
- c) Tipo: Mecânico

PEÇAS FIXAS QUE COMPÕEM A MÁQUINA

- a) Cavalete;
- b) Aparador;
- c) Caixa de Proteção;
- d) Reservatório de Carga;
- e) Caixa de Proteção/Armazenamento.

PEÇAS MÓVEIS – ELEMENTOS DE COMANDO

- a) Motor elétrico;
- b) Polias;
- c) Correias;
- d) Eixos;
- e) Cilindros dentados quebradores;
- f) Engrenagens.

CAIXA PROTETORA COM CARREGADOR

- a) Dimensões: 500 x 390 X 310

CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO MOTOR ELÉTRICO

- a) Tri-fásico, velocidade nominal 1700RPM, 220volts/380volts – 60Hz, partida direta;

- b) Chave de partida direta para motor com botões de partida e desligamento do mesmo.

CARACTERÍSTICAS DO CAVALETE (base da máquina)

- a) Dimensões: 800x600x300mm (piramidal).

FIXAÇÃO DA CAVALETE AO CHÃO

- a) Parafuso chumbador

POLIAS – Em V

CORREIAS – Em V