

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

“PROJETO DE UMA MÁQUINA PARA A QUEBRA DO COCO  
LICURI UTILIZANDO CAD ASSOCIADO À ENGENHARIA  
DE SISTEMAS”

PPgEM nº 202

NATAL-/RN – OUTUBRO/2008  
RAIMUNDO FERREIRA DA SILVA

RAIMUNDO FERREIRA DA SILVA

“PROJETO DE UMA MÁQUINA PARA A QUEBRA DO COCO  
LICURI UTILIZANDO CAD ASSOCIADO À ENGENHARIA  
DE SISTEMAS”

Dissertação submetida ao Programa  
PPGEM/UFRN como parte dos  
requisitos necessários para obtenção  
do grau de mestre em Engenharia  
Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo Roncalli Oliveira Guerra

Natal, RN - Outubro/2008.

RAIMUNDO FERREIRA DA SILVA

“CAD ASSOCIADO À ENGENHARIA DE SISTEMAS NO  
PROJETO DE UMA MÁQUINA PARA A QUEBRA DO  
COCO LICURI”

Esta dissertação foi julgada adequada  
para a obtenção do título de  
MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA  
Sendo aprovada na sua forma final.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. João Carlos Barbosa da Silva  
Examinador Externo

---

Prof. Dra Djane Santiago de Jesus  
Examinadora Externo

---

Prof. PhD Ângelo Roncalli de Oliveira Guerra  
Orientador

---

Prof. Dr. Carlos Magno de Lima  
Examinador Interno

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - O coco licuri, a amêndoa e o licurizeiro -----	15
Figura 1.2 - Extração manual e separação das amêndoas do coco licuri-----	17
Figura 1.3 - A pedra usada como instrumento para a quebra do coco licuri-----	18
Figura 2.1 - Visão de um Sistema Complexo-----	25
Figura 2.2 - Modelo matemático básico de um sistema real; $y = f(x,p)$ -----	27
Figura 2.3 Projeto do Boeing 777 através da engenharia de sistemas-----	29
Figura 2.4 Decomposição de veículo em subsistema-----	30
Figura 2.5 Engenharia de sistemas aplicada ao projeto de uma suspensão ativa	30
Figura 2.6 Processo do projeto de sistemas-----	31
Figura 2.7 Formas de Estudo de um Sistema-----	32
Figura 3.1 - Locais no Brasil onde encontramos o licuri-----	34
Figura 3.2 – Palmeira licuri em Senhor do Bonfim – BA-----	35
Figura 3.3 – Frutos da palmeira licuri-----	36
Figura 3.4 - Caule do Licurizeiro-----	36
Figura 3.5 – Inflorescência do licurizeiro-----	37
Figura 3.6– Germinação do Licuri-----	38
Figura 3.7 – Cachos de Frutos de Butia Capitata de Serranópolis de Minas-----	42
Figura 3.8 – Cachos de Frutos de Butia Capitata de Mirabela-MG-----	42
Figura 4.1 – Etapas da Metodologia da Engenharia de Sistemas-----	44
Figura 4.2 – CAD aplicado na etapa de síntese e análise de projetos-----	46
Figura 4.3 – DiretrizVDI2221: utilizando CAD nas três etapas 1,2 e 3 do projeto	47
Figura 4.4 - Diretriz VDI 2221: utilizando CAD nas três etapas 4,5 e 6 do projeto	48
Figura 4.5 - Diretriz VDI 2221: utilizando CAD nas três etapas 4,5 e 6 do projeto	49
Figura 5.1 – Primeira máquina desenvolvida na própria comunidade	50
Figura 5.2 – Qualidade da amêndoa extraída pela primeira máquina	51
Figura 5.3 – Protótipo alfa da máquina para a quebra do coco licuri	57
Figura 5.4 – Protótipo beta da máquina para a quebra do coco licuri	57
Figura 5.5 O processo de quebra coco licuri no protótipo alfa	58

Figura 5.6 O processo de quebra coco licuri no protótipo beta	59
Figura 5.7 – Modelo CAD 3D do conjunto do protótipo beta	60

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estrutura de funções -----	61
Quadro 2 - Fases da evolução do projeto: o conjunto completo-----	63
Quadro 3 - Fases da evolução do projeto: subconjunto da câmara quebra/carga--	64
Quadro 4 - Fases da evolução do projeto: rolo e placa quebradora-----	65
Quadro 5 - Fases da evolução do projeto: Mancais e Base da Máquina-----	66
Quadro 6 - Fases da evolução do projeto: trem de engrenagens-----	67

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ASTM – American Society for Testing and Materials

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAD – Computer-Aided Design

CAE – Computer-Aided Engineering

CAM - Computer-Aided Manufacturing

DW - Data Winchester

ED - Editor

FEA – Finite Elements Analysis

OM - Operational Method

PM - Product Modeling

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

VDI 2221 Verein Deutscher Ingenieure 2221 (Diretriz de Associação Alemã)

## LISTA DE SÍMBOLOS

Dv – Densidade Volumétrica

g – grama

GPa – GigaPascal

g/m<sup>2</sup> – grama por metro quadrado

g/cm<sup>3</sup> – grama por centímetro cúbico

Kg – Kilograma

kN – KiloNewton

mm/min – milímetro por minuto

mm – milímetro

MPa – MegaPascal

N - Newton

µm – micrômetro

## RESUMO

Essa pesquisa é focada na concepção, desenvolvimento e fabricação de uma máquina para a quebra do coco de licuri. O primeiro desafio consistiu em se ponderar o projeto dessa máquina dentro de uma visão interdisciplinar da metodologia da Engenharia de Sistemas. Nessa perspectiva, o equipamento precisou ser tratado como um sistema complexo passível de uma representação concreta através de uma criação técnica artificial dentro da área da engenharia mecânica, porém dentro de uma visão sistêmica. Foram investigadas funções descritivas do comportamento desse sistema, estudando-se algumas relações entre as grandezas de entrada e saída desejáveis ao projeto. Por exemplo, a quantidade de coquinhos de licuri alimentados na máquina (input) versus a quantidade de amêndoas não danificadas extraídas na sua quebra (output). A aplicação da tecnologia CAD como elemento modificador da metodologia de projeto da Engenharia de Sistemas se mostrou bastante satisfatória em todas as fases do projeto. Como resultado principal, obteve-se a fabricação de um protótipo de equipamento para a quebra do licuri. Finalmente, após serem registrados os detalhes dos fundamentos, princípios e indicações do projeto desenvolvido são feitos a análise e discussão de pontos mais relevantes. No fechamento do trabalho são explicitadas as ilações pertinentes e sugeridas futuras investigações correlatas ao tema.

**Palavras-chave:** CAD, Projeto de Máquinas, Engenharia de Sistemas, Licuri.

## ABSTRACT

This research is focused on the design, development and manufacturing of a machine capable of breaking the licuri coconut's shell. The first challenge was to consider the design of this machine within an interdisciplinary vision based on the systems engineering methodology. Accordingly, the equipment had to be treated as a complex system carrying a concrete representation through an artificial creation technique within the area of mechanical engineering, but within a systemic view. Work has been done to investigate descriptive functions of the behavior of the system by studying some relationships between several desirable inputs and outputs. For example, the amount of licuri coconuts fed into the machine (input) versus the amount of undamaged nuts extracted afterwards (output). The application of CAD technology as a modifier of the systems engineering methodology was quite satisfactory at all project levels. As the main outcome, it was obtained a manufacturing prototype of the licuri coconut's shell breaking machine. Finally, after describing the details of the foundations, principles and directions of the project it is also carried out a discussion on some important matters. To conclude the work it is presented some relevant lessons and suggested further investigations related to the theme.

**Keywords:** CAD, Machine Design, Systems Engineering, Licuri coconut

## DEDICATÓRIA *IN MEMORIAM*

Minha mensagem de carinho e amizade pela memória do Professor Luciano Bet. Sua sensibilidade nos revelou que o pouco tempo despendido, sob sua orientação não foi em vão.

Sei que o Professor Luciano Bet não era apenas um excelente profissional, era ótimo esposo, dedicado e amável. Ele também nutria dentro de si muita serenidade. Claramente percebia-se que Professor Luciano tinha o prazer em compartilhar os seus conhecimentos e as suas habilidades.

Mais do que uma dedicatória eu quero que, em meu nome e do meu atual orientador (Prof. Ângelo Roncalli O. Guerra), essa mensagem seja um pedido de desculpas. Sim, porque apesar de tão perto, não conseguimos enxergar suas aflições e oferecer um ombro amigo e palavras de ânimo e conforto na hora certa.

Deus tem planos que às vezes nos parecem estranhos, mas, em sua plenitude e bondade, Ele certamente saberá manter o espírito do Professor Luciano Bet no caminho da luz diante de nossas súplicas em orações dirigidas ao nosso mediador Jesus Cristo.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus por me oferecer a oportunidade e a capacidade de realizar este trabalho.

Ao Professor Dr. Luciano Bet (*in memoriam*) por ser o primeiro orientador a abraçar este projeto.

Ao meu segundo orientador, Professor Dr. Ângelo Roncalli Oliveira Guerra, que acreditou na conclusão dessa pesquisa e que nos deu força e coragem para concluí-la.

A Professora Dr<sup>a</sup> Dejene Santiago, por me incentivar a entrar neste projeto e o apoio oferecido durante toda a jornada.

As instituições o CEFET/BA e a UFRN por me oferecerem esta oportunidade de realização deste projeto. Aqui o agradecimento especial se estende aos vários colegas de trabalho.

A FAPESB pelo apoio financeiro através de bolsa de pesquisa.

A todos que de forma direta e indiretamente contribuíram para a realização e sucesso deste projeto.

# SUMÁRIO

## CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA -----	14
1.1.1 O Processo Convencional da Quebra do Licuri-----	17
1.2 RELEVÂNCIA DA PESQUISA -----	19
1.3 OBJETIVOS -----	20
1.3.1 Objetivo Geral -----	20
1.3.2 Objetivos Específicos -----	20
1.4 A PROBLEMÁTICA -----	21
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO-----	22

## CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA:

### ENGENHARIA DE SISTEMAS

2.1 CONCEITUAÇÃO BÁSICA-----	23
2.2 SISTEMAS MECÂNICOS COMPLEXOS-----	24
2.3 RELAÇÃO ENTRE A ENGENHARIA DE SOFTWARE E A ENGENHARIA DE SISTEMAS-----	26
2.4 PROPRIEDADES EMERGENTES DE SISTEMAS-----	26
2.5 PROPRIEDADES FUNCIONAIS-----	27
2.6 PROPRIEDADES NÃO FUNCIONAIS -----	28
2.7 RELAÇÃO ENTRE A ENGENHARIA MECÂNICA E A ENGENHARIA DE SISTEMAS-----	28
2.8 O PROCESSO DE PROJETO DE SISTEMAS-----	31
2.9 ABORDAGENS PARA O ESTUDO DE SISTEMAS-----	32

## CAPÍTULO 3 - REVISÃO DA LITERATURA: O LICURI

3.1 A PLANTA E O FRUTO DO LICURI-----	34
3.1.1 Desenvolvimento Reprodutivo-----	36
3.1.2 Proliferação, Aquisição das Sementes e Produção de Mudas -----	38
3.1.3 Manejo Agrônômico-----	39
3.1.4 Produtos Oriundos do Licuri-----	40
3.1.5 Valor Nutricional-----	41
3.2 ALGUMAS SIMILARIDADES ENTRE O COCO LICURI E COCO CATOLÉ	41

<b>CAPÍTULO 4 - ETAPAS DETALHADAS DA METODOLOGIA DA PESQUISA</b>	
4.1 O MÉTODO DE PROJETO DA ENGENHARIA DE SISTEMAS-----	43
4.2 A TECNOLOGIA CAD MODIFICANDO O MÉTODO DE PROJETO DA ENGENHARIA DE SISTEMAS -----	46
 <b>CAPÍTULO 5 - RESULTADOS DA PESQUISA E DISCUSSÕES</b>	
5.1 ETAPAS DO PROJETO -----	50
5.1.1 Estudo do sistema: coleta de dados-----	50
5.1.2 – Programa alvo-----	52
5.1.2.1 - Critérios do Projeto -----	53
5.1.3 – Síntese -----	54
5.1.4 - Análise, Avaliação e Decisão do Sistema -----	55
5.1.5 – Planejamento e execução do sistema -----	56
5.2 A MÁQUINA PARA A QUEBRA DO COCO LICURI PROPOSTA-----	57
5.2.1 – Os protótipos desenvolvidos-----	57
5.2.2 Estrutura de Funções-----	60
5.2.3 Evolução do projeto: do protótipo alfa ao protótipo beta -----	62
 <b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS -----</b>	
6.1 – CONCLUSÕES-----	68
6.2 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS-----	69
 REFERÊNCIAS-----	 71
APÊNDICE A: PRANCHAS COM DETALHES DE ALGUMAS PEÇAS -----	78
APÊNDICE B: ALGUMAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA MÁQUINA---	88
APÊNDICE C: ALGUNS DETALHES DE FUNCIONAMENTO DA MÁQUINA -	91
APÊNDICE D: LISTAGEM DOS PROCESSOS E FABRICAÇÃO UTILIZADO	94

## CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Brasil registra bons exemplos de soluções inovadoras voltadas para a promoção do desenvolvimento social sustentável e para a melhoria da qualidade de vida da sua população.

Uma das premissas adotadas é a de que existe progresso social quando as condições de vida dos indivíduos melhoram, elevando o índice de desenvolvimento humano e diminuindo os riscos sociais. O compartilhamento do conhecimento, a transferência de tecnologias sociais, a identidade cultural e a socialização das riquezas e do conhecimento em geral, são condições básicas para o desenvolvimento sustentável e o bem estar dos grupamentos humanos.

O Nordeste do Brasil tem a maior parte do seu território ocupado por uma vegetação xerófila, de fisionomia e florística variada, denominada “caatinga”. Fitogeograficamente, a caatinga ocupa cerca de 11% do território nacional, abrangendo os estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Minas Gerais. A vegetação de caatinga é constituída, especialmente, de espécies lenhosas e herbáceas, de pequeno porte, geralmente dotadas de espinhos, sendo, geralmente, caducifólias, perdendo suas folhas no início da estação seca, e de cactáceas e bromeliáceas.

Na flora e vegetação da caatinga, foram registradas cerca de 596 espécies arbóreas e arbustivas, sendo 180 endêmicas (Kill, et al. 2000). As famílias mais freqüentes são Caesalpinaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae e Cactaceae, sendo os gêneros *Senna*, *Mimosa* e *Pithecellobium* os com maiores números de espécies. A caatingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), as juremas (*Mimosa* spp) e os marmeleiros (*Croton* spp.) são as plantas mais abundantes na maioria dos trabalhos de levantamento realizados em área de caatinga (Kill et al., 2000).

Destacam-se como frutíferas o umbu (*Spondias tuberosa* Arruda - Anacardiaceae), araticum (*Annona glabra* L., *A. coriacea* Mart., *A. spinescens* Mart. - Annonaceae), mangaba (*Hancornia speciosa*, Gomez - Apocynaceae), jatobá (*Hymenaea* spp.- Caesalpinaceae), juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart. - Rhamnaceae), murici (*Byrsonima* spp. - Malpighiaceae), e o licuri, (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc. - Arecaceae), que são exploradas de forma extrativista pela população local. Esta forma de exploração tem levado a uma rápida diminuição das populações naturais destas espécies vegetais, que estão ameaçadas de extinção.

O ouricuri ou licuri é uma palmeira totalmente aproveitável que vem sendo amplamente explorada desde os tempos coloniais. Esta extração vem causando a destruição dos licurizais nativos, que ainda são explorados em larga escala (Kill et al., 2000). A figura 1.1 ilustra o coco licuri, a amêndoa e o licurizeiro.



Figura 1.1 - O coco licuri, a amêndoa e o licurizeiro.

O *Syagrus coronata* (Martius) Beccari, “licuri” pertence à subfamília Arecoideae, tribo Cocoeae, subtribo Butineae (Noblick, 1991). Essa subfamília é a maior entre as Arecaceae, reunindo atualmente 115 gêneros e 1500 espécies (Uhl et al. 1995). O licuri, palmeira nativa do Brasil, ocorre desde Pernambuco até o sul da Bahia, em regiões de serras e vales, sendo também conhecida por “aricuri”, “nicuri” e “allicuri”. Chega a ter de 7 a 11 m de altura, e 25 cm de DAP (diâmetro na altura do peito).

Seu estipe é recoberto pela base das bainhas das folhas mais velhas, arranjadas numa seqüência de espiral, que caem após certo período de tempo, deixando cicatrizes que formam um desenho muito atrativo. O estipe é usado em construções rústicas. As folhas, com até 3 m de comprimento são pinadas de pecíolo longo com bainha invaginante. Por raspagem as folhas fornecem a “cera de licuri” e seus folíolos, de coloração verde-escura, estão arranjados em vários planos (Lorenzi, 1992).

A palmeira é monóica, apresentando inflorescência interfoliar, muito ramificada, protegida por uma bráctea (espata) lenhosa, conhecida como cimba, de até 1 m de comprimento, com grande quantidade de flores amarelas pequenas com perianto não vistoso, que aparecem nos meses de maio a agosto. Flores masculinas longas e coriacea com seis estames. Flores femininas são mais curtas com ovário súpero, tricarpelar, trilocular, com um óvulo em cada lóculo, sendo, apenas um lóculo fértil. (Jolly, 1985, Reys, 2002).

O fruto é uma drupa com endosperma abundante, ovóide e carnosos, quando seco apresenta endoderme oleaginosa, em forma de cachos repetidos (que deram origem ao nome em tupi oiricuriu), estes têm em média 1357 frutos com cerca de 2 cm de comprimento e diâmetro médio de 1,4 cm (Crepaldi et al., 2001). Os frutos são comestíveis, de coloração alaranjada e amadurecem de outubro a dezembro com polpa amarela e sementes creme (Bondar, 1964). Enquanto verdes, possuem o endosperma líquido, que se torna sólido no processo de amadurecimento, dando origem à amêndoa.

O licuri suporta bem as secas prolongadas conseguindo florescer e frutificar por um longo período do ano. São as palmeiras que atraem e seguram o homem nessas regiões inóspitas. Sem elas, seriam grandes áreas semidesérticas ou despovoadas (Bondar, 1964). Entretanto, a falta de políticas agrícolas e de informação da população do semi-árido tem levado ao declínio da cultura do licuri.

### 1.1.1 O Processo Convencional da Quebra do Licuri

Apesar de sua exploração está baseada em um extrativismo primário. O licuri desempenhou até meados da década de 40, importante papel na economia do Estado da Bahia, como base da sustentação de extração de óleo vegetal. Com avanço da produção de soja no Brasil em base extremamente competitiva, iniciou um processo de migração de demanda por óleos comestíveis extraídos dessa. Enquanto a estrutura industrial se alterou significativamente nas duas ultimas décadas, a estrutura de produção do licuri continuou fundamentada no sistema extrativista de coleta e quebra do coco.

Apesar dos esforços investidos durante muitos anos para mecanizar o processo de extração de amêndoas de oliogenosas, o coco licuri, ainda continua o sistema de extração manual por mulheres e crianças, utilizando como instrumento principal a pedra. Esse trabalho é realizado por famílias rurais de baixa renda, que encontram nessa atividade um complemento à sua renda. As figuras 1.2 e 1.3 ilustram o trabalho de extração da amêndoa utilizando uma pedra como instrumento.



Figura 1.2 - Extração manual (a) e separação das amêndoas do coco licuri (b).



Figura 1.3 - A pedra usada como instrumento para a quebra do coco licuri

A operação de quebra manual é morosa e exaustiva, onde cada quebradeira produz em média 9 kg de amêndoas por dia de trabalho, o que equivale a um preço médio de R\$ 1,00/kg, que proporciona uma renda média de R\$ 9,00 reais/dia. O sistema tradicional de exploração do coco licuri através da quebra manual, têm sido responsável pela baixa taxa de aproveitamento do potencial de coco existente, assim como pela diminuição da oferta de amêndoas às indústrias esmagadoras.

Neste sistema, além do baixo rendimento da mão-de-obra, apenas as amêndoas que correspondem a 44 % do peso do coco são aproveitadas, ficando no campo como resíduos, 66% restantes, material esse de onde poderiam ser extraídos os endocarpos que pode ser transformado em carvão de alto poder calorífico.

Finalmente, é importante mencionar que já houve uma tentativa bastante incipiente de mecanização da extração processo de extração de amêndoas o coco licuri. A alta necessidade fez com que curiosos da própria comunidade (sem nenhuma engenharia por trás) tomasse a Iniciativa de pensar uma máquina elementar. Maiores detalhes dessa mecanização rudimentar são apresentados no capítulo 5. Diante desse contexto, essa pesquisa propõe conceber, projetar e fabricar um novo protótipo de máquina para a quebra do coco licuri.

## 1.2 RELEVÂNCIA DA PESQUISA

Toda a extração da amêndoa do coco ouricuri é produzido pela população extremamente pobre da região de Caldeirão Grande por absoluta falta de outras oportunidades. Eles catam o ouricuri onde é transportado em seus ombros; um trabalho penoso; daí são quebrados em calçadas, em fundo de quintais em pilão para extração da amêndoa, após são vendidas em feiras livres e fábricas para a extração do óleo, ou são transformadas em óleo de forma caseira para o consumo da família.

Na maioria dos sistemas de cultivo associados aos cocos, os agricultores não controlam a terra. O acesso a ela se dá por meio de acordos com os proprietários. Geralmente as famílias dos pequenos produtores recebem moradia, uma gleba de terra para cultivar e obter o usufruto dos recursos extrativistas, dando em troca o pagamento de uma renda em espécie, geralmente arroz. Sob este sistema, o direito de usufruto de cocos está relacionado ao acesso à terra. A quebra do coco para a extração da amêndoa é tida como “trabalho de mulher”. Considerando o tempo total dedicado por uma família à extração da amêndoa, 81% do trabalho são realizados por mulheres e crianças.

É notável o sofrimento oriundo do trabalho a que são submetidos os catadores do coco de licuri no semi-árido da Bahia, em particular, no município de Caldeirão Grande, (localizado a 300 quilômetros da cidade de Salvador a capital da Bahia). Essas pessoas menos favorecidas levam uma vida sofrida na luta pela sobrevivência nesta região seca do Brasil. Toda produção é feita artesanalmente, onde cerca de mil famílias de Caldeirão Grande entre homens, mulheres e crianças catam o licuri disputando espaço entre cobras cachorros, abelhas, e outros animais.

O carregamento dos cocos de licuri é feito em cestos nas costas dos catadores para que as amêndoas possam ser quebradas no pilão e outras ferramentas rudimentares como pedaços de pedras e martelos gastando um dia para a quebra de mais ou menos nove quilos para ser vendido a R\$ 1,00 (hum

real) por quilo. Há uma vitrine de alguns produtos feitos à base de licuri: óleo, cocada, doces, geléias, leite e da palha é feita vassoura, chapéus, etc.

Enfatiza-se desta maneira a importância deste trabalho que é de mecanizar o processo de extração do coco licurizeiro, por meio de um projeto de sistema mecânico (máquina) adequado e, com isto, aumentar a produção diária e qualidade das amêndoas (intactas e melhor higienizadas) extraídas do licurizeiro. Embora não sendo foco principal desse projeto, acredita-se que, indiretamente, o mesmo resultará no aumento da renda familiar dos catadores de licuri.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Aplicar a tecnologia CAD em conjunto com a metodologia da Engenharia de Sistemas para conceber, desenvolver e fabricar um novo modelo de máquina capaz de quebrar os cocos do tipo licuri. A meta que deve ser alcançada prevê uma busca investigativa por uma configuração de máquina que, além de resultar em uma maior produção através da quantidade de cocos quebrada diariamente, venha proporcionar uma aceitável taxa de sucesso na retirada das amêndoas intactas. Essas características condicionantes são muito importantes para garantir que as amêndoas, assim obtidas, possam ser usadas para fins alimentícios ou produção de óleo vegetal, destino muito comum no caso do Semi-Árido Nordeste Brasileiro.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Estudar a possibilidade de mecanizar o processo de extração da amêndoa do licuri. Espera-se que, indiretamente, o equipamento a ser concebido possa vir a ajudar na obtenção de um aumento da renda familiar do catador.

- b) Transpor o desafio de aumentar a produtividade garantindo a qualidade das amêndoas extraídas;
- c) Minimizar acidentes e mutilações devidas ao método artesanal, atualmente praticado no semi-árido Nordeste, para a extração da amêndoa do licuri;
- d) Melhor higienizar o processo da extração da amêndoa do licuri como forma de agregar valor ao produto;
- e) Aplicar a tecnologia CAD como elemento modificador de cada etapa da metodologia de projeto da Engenharia de Sistemas;
- f) Fabricar um protótipo de um equipamento para quebra de coco de licuri;

#### 1.4 A PROBLEMÁTICA

A tarefa de pensar e projetar uma máquina para a quebra do licuri significa criar um sistema artificial concreto e dinâmico constituído por um conjunto de elementos de máquinas ordenados e interligado por relações com base nas suas características.

Nessa visão de que as criações técnicas são sistemas, o equipamento a ser desenvolvido pode ser entendido como sendo um sistema complexo que é objeto alvo da metodologia da Engenharia de Sistemas.

A Engenharia de Sistemas é uma ciência interdisciplinar que disponibiliza métodos, processos e ferramentas para análise, planejamento, seleção e configuração otimizada de sistemas complexos (PAHL 2005).

De uma forma bem mais abstrata e fazendo-se um paralelo ao conceito mais puro de sistema adotado pela Engenharia de Sistema, pode-se afirmar que a máquina de licuri delimita seu ambiente onde suas ligações internas são seccionadas por suas fronteiras (i.e. Geometria, topologia e funcionalidade CAD de cada peça mecânica ou conjunto/subsistemas).

Considerando-se que os canais de transmissão (i.e. acoplamento funcional entre grupos de peças) determinam o comportamento do sistema para fora, define-

se uma função descrevendo a relação entre as grandezas de entrada e saída (por exemplo, licuri antes e pós-quebra), indicando a forma de variação das grandezas do sistema.

Diante dessa definição, percebe-se que os objetivos da Engenharia de Sistemas correspondem amplamente aos requisitos relativos a um método de projeto para a máquina em questão.

## 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado está dividida em uma introdução e mais cinco capítulos. Nesse primeiro capítulo o leitor familiarizou-se com o tema a ser pesquisado através da contextualização, definição dos objetivos gerais e específicos, além da apresentação da problemática apontando alguns os caminhos utilizados para solucionar, cientificamente, o problema exposto.

No capítulo 2 é feita uma revisão da literatura voltada para a área da engenharia de sistemas e suas aplicações, principalmente, enfatizando e buscando exemplos na engenharia mecânica.

No capítulo 3 também se apresenta uma revisão da literatura que, dessa vez, acontece aprofundando-se um pouco mais sobre o fruto do licuri e sua importância.

No capítulo 4 são detalhadas as etapas da metodologia da pesquisa, mostrando também como a tecnologia CAD foi aplicada, com sucesso, como elemento modificador da metodologia utilizada.

O capítulo 5 versa sobre os resultados alcançados na pesquisa e algumas discussões pertinentes..

Finalmente, o capítulo 6, é voltado para as conclusões do trabalho desenvolvido e as sugestões para futuros trabalhos na área.

## CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA: ENGENHARIA DE SISTEMAS

### 2.1 CONCEITUAÇÃO BÁSICA

A aplicação da engenharia de sistemas para resolver problemas de projetos de pequeno porte na área de engenharia mecânica, particularmente aqueles que não incluem softwares como componente, ainda é insipiente. Entretanto, aos poucos, essa aplicação está ganhando espaço.

O fato é que os próprios conceitos relacionados à engenharia de sistemas são mais bem difundidos entre pesquisadores da área de engenharia de *softwares* do que entre os profissionais da engenharia mecânica (SOMMERVILLE, 2006; PAHL, 2005; OLIVER, 1995).

Um sistema pode ser entendido como um conjunto complexo de elementos inter-relacionados que trabalham juntos e interagem segundo certa lógica para alcançar uma ou mais metas comum. Dessa maneira, um sistema pode ser composto de peças mecânicas, elétricas, eletrônicas, de softwares e recursos humanos (SOMMERVILLE, 2006; BLANCHARD 2004; LOUREIRO,1999; SAGE et al,1999; STEVENS,1998 e NASA SP6105, 1996, SCHIMIDT e TALOR 1970).

Como exemplos de sistemas podem-se citar: uma turbina á gás, uma caldeira, um navio, uma aeronave, uma empresa aérea, uma indústria metal mecânica, uma indústria de transporte, uma agroindústria e até mesmo uma simples animal de uma fazenda. Este último exemplo mostra que o significado de sistema não é um termo exclusivo de uma determinada área de conhecimento e pode mudar um pouco. Na agroindústria, por exemplo, os paradigmas de sistemas são bem específicos e interessantes. Detalhes de exemplos nacionais

para a agroindústria podem ser encontrados em EBERT (2007), SANDRI (2006), FERNANDO (2005) e SILVA(2002).

Nos casos mais comuns, todos os componentes de um sistema, além de inter-relacionados, apresentam certo grau de interdependência. Entretanto, há situações dentro da engenharia de sistemas (mais voltadas para a área de engenharia de software) em que se utiliza a abordagem de Sistema Multiagente (SMA) onde seus componentes (denominados de agentes) são autônomos e independentes.

Segundo JENNINGS (1996) SMA refere-se a uma subárea da Inteligência Artificial Distribuída (IAD). Embora um aprofundamento maior sobre SMAs fuja ao escopo do trabalho, há um conjunto razoável de artigos científicos para o caso do leitor querer se aprofundar nesses conceitos (ZAMBONELLI, 2000; JENNINGS, 1999 O'HARE, 1996; MOULIN, 1996; WOOLDRIDGE, 1995; BOND, 1988).

## 2.2 SISTEMAS MECÂNICOS COMPLEXOS

A grande maioria dos problemas reais encontrados em aplicações ligadas a engenharia mecânica é complexo por natureza. Os sistemas mecânicos complexos são tipicamente caracterizados por um grande número de peças envolvendo muitas interações. É função da engenharia de sistemas fornecer estruturas e técnicas para mais facilmente tratar esta complexidade.

As principais características de um sistema complexo, segundo JENNINGS (1999), são:

- a) Hierarquia nata, ou seja, o sistema é composto de subsistemas inter-relacionados que, por sua vez, apresentam também uma hierarquia própria.
- b) Os sistemas complexos resultam do processo evolutivo de sistemas simples e essa velocidade de evolução depende da existência de formas estáveis intermediárias.

- c) Os sistemas complexos permitem que sejam distinguidos os inter-relacionamentos interno e externo aos subsistemas (i.e. entre vários subsistemas)
- d) A seleção de quais componentes no sistema são primitivos é algo bem subjetivo. O projetista responsável pela análise do problema é o responsável por essa seleção que acontece segundo seu ângulo de visão e objetivos pré-concebidos.

A figura a seguir ilustra bem essa visão de sistema complexo encontrada na literatura.

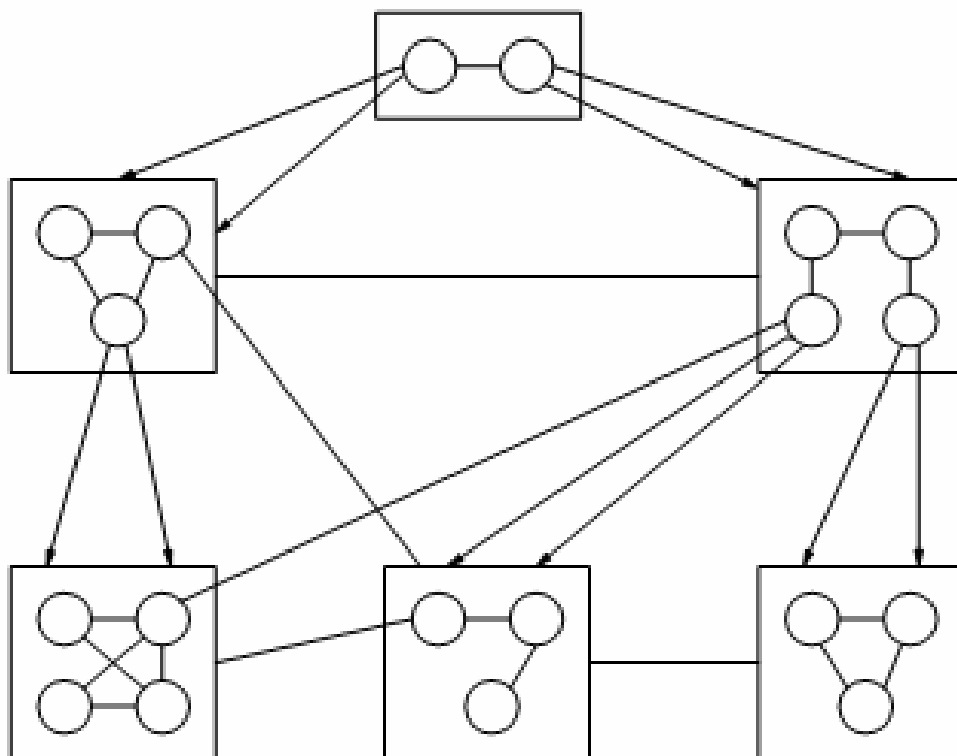


Figura 2.1: Visão de um Sistema Complexo (JENNINGS, 1999).

Para o tratamento dessa complexidade a engenharia de sistemas disponibiliza algumas técnicas, a saber:

- **Decomposição:** técnica de divisão em que se subdividem os problemas maiores em problemas menores e, potencialmente, mais facilmente tratáveis.

- **Abstração:** ferramenta em que, através de um processo cognitivo, estudam-se os detalhes e propriedades relevantes ao escopo do problema para a obtenção de um modelo simplificado da realidade.
- **Organização:** ferramenta que objetiva identificar e gerenciar os inter-relacionamentos entre os componentes de resolução do problema

### 2.3 RELAÇÃO ENTRE A ENGENHARIA DE SOFTWARE E A ENGENHARIA DE SISTEMAS

Atualmente observa-se um aumento na proporção de softwares presentes nos sistemas de uso no nosso dia-a-dia. Por exemplo, a presença de eletrônica embarcada apoiada por softwares em veículos, aviões, barcos, celulares, etc é inegável. A engenharia de software é a grande responsável por essas situações.

Sabe-se que os problemas enfrentados pela engenharia de sistemas são similares aqueles da engenharia de software (OLIVER, 1995). Também é fato que os grandes sistemas são normalmente projetados para resolver graves problemas. Entretanto, o desenvolvimento de softwares para integrar esses sistemas ainda é considerado um gargalo da engenharia de sistemas (SOMMERVILLE, 2006, PRESSMAN, 2005). A explicação é que vários Mega-sistemas tem sofrido atrasos por causa de problemas com softwares.

### 2.4 PROPRIEDADES EMERGENTES DE SISTEMAS

Quando os componentes (i.e. peças) de um sistema se unem para compor um equipamento qualquer, causam o aparecimento de novas propriedades exclusivas do grupo (i.e. do conjunto montado). Essas propriedades são denominadas emergentes. Elas são frutos (emergem) do relacionamento entre os vários componentes de um sistema.

O centro de gravidade de um sistema pode ser citado como um exemplo de uma **propriedade emergente**. Embora cada peça tenha seu próprio centro de gravidade, o centro de gravidade do sistema será emergente (i.e. dependente do

conjunto montado) em uma nova posição e será computado a partir dos elementos individuais agrupados. O peso também seria mais um exemplo de propriedade emergente em que cada componente contribui com sua massa para computar o peso final de um sistema.

As propriedades emergentes podem somente ser estimadas e medidas uma vez que os componentes tenham sido integrados ao sistema de uma forma real ou virtual. Um outro exemplo clássico ilustrativo de propriedade emergente é a confiabilidade. Uma corrente de transmissão, por exemplo, tem sua confiabilidade dependente de cada elo formando o conjunto.

## 2.5 PROPRIEDADES FUNCIONAIS

Esse conceito é mais bem explicado utilizando-se um exemplo direto. Assim, admita-se um conjunto de peças montado formando um elevador (i.e. sistema mecânico). O elevador tem uma propriedade **emergente funcional** de transporte de pessoas entre andares de um edifício. As mesmas peças isoladamente e desmontadas não teriam essa funcionalidade que emergiu da associação técnica entre elas.

Diante desse contexto pode-se afirmar que todos os sistemas e subsistemas são projetados para atingir certa funcionalidade que segue um modelo matemático básico  $y = f(x,p)$  conforme ilustrado na figura 2.2, a seguir:

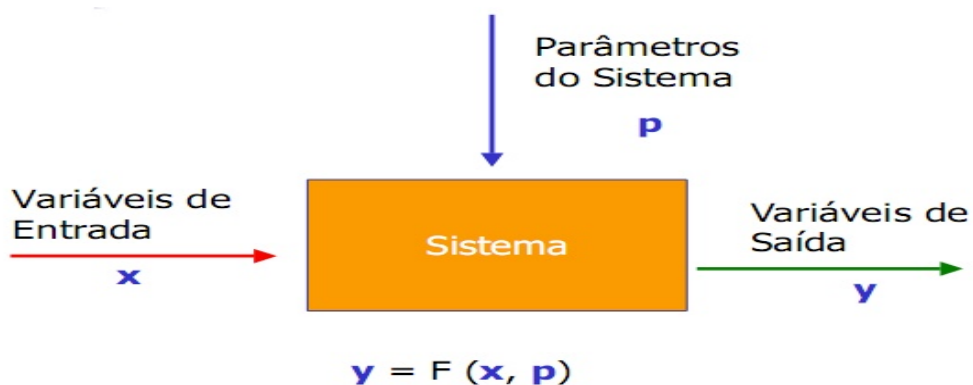


Figura 2.2 Modelo matemático básico de um sistema real;  $y = f(x,p)$ .

Fonte (MENNER, 1995).

Por exemplo, considerando-se de uma forma simplificada o projeto da máquina para a quebra de cocos de licuri, objeto dessa pesquisa, poder-se-ia admitir como variável de entrada **X** a **quantidade de cocos alimentados**. Alguns parâmetros **P** de desempenho seria a **qualidade** da amêndoa extraída, **higiene** e **velocidade** do processo. A variável **Y** de saída seria a **quantidade de licuri produzida** nas condições desejadas. Nesse caso, a **funcionalidade emergente** da montagem dos vários componentes da máquina (i.e. sistema) seria **quebrar** o coco do licuri.

## 2.6 PROPRIEDADES NÃO FUNCIONAIS

Há também outras propriedades de um sistema que surgem após a montagem das peças e que estão mais atreladas ao comportamento do conjunto frente a um determinado ambiente operacional. Assim, se um carro (i.e. sistema) de passeio cuja **função** é o **transporte** de passageiros for equipado com um pneu adequado a aquaplanagem terá sua propriedade de segurança/confiabilidade (**emergente não funcional**) garantida em ambientes chuvosos. A **função transporte** do sistema (i.e. carro) continuaria sendo cumprida, mesmo que com a presença de um pneu comum e, portanto, independentemente da propriedade segurança/confiabilidade emergente anterior.

## 2.7 RELAÇÃO ENTRE A ENGENHARIA MECÂNICA E A ENGENHARIA DE SISTEMAS

Os exemplos do elevador e carro mencionados anteriormente para ilustrar as propriedades emergentes funcionais e não funcionais de sistemas foram escolhidos deliberadamente para facilitar o entendimento nesse ponto da dissertação. O leitor já deve ter uma idéia, mesmo que elementar, da relação entre a engenharia mecânica e a engenharia de sistemas. Entretanto, com o intuito de ampliar ainda mais a visão interdisciplinar da engenharia de sistemas e sua relação com a engenharia mecânica, descreve-se a seguir mais um exemplo elucidativo desse ponto.

Pelos conceitos explicitados anteriormente, pode-se admitir que um motor de combustão interna, por si só, seja um sistema (i.e. conjunto de peças montado) cuja **funcionalidade emergente** é a **propulsão** de um veículo. Esse motor é formado hierarquicamente por vários subsistemas: sistema de lubrificação, sistema de água de arrefecimento, sistema de combustível, sistema elétrico, etc. Cada subsistema, por sua vez, também apresenta funcionalidade específica, isto é: lubrificar, resfriar, etc. Após esse exemplo, verifica-se a viabilidade em adotar uma visão sistêmica para projetos mecânicos onde é permitido trabalhar a hierarquia e as funcionalidades dos vários subsistemas.

O uso da abordagem de sistemas na área da mecânica para sistemas de grande porte já acontece faz alguns anos (JACKSON,1997, OLIVER 1997). Exemplo disso foi o projeto do Boeing 777 mostrado na figura 2.3 (GARTZ,1997).



Figura 2.3 Projeto do Boeing 777 através da engenharia de sistemas  
(Fonte CARNEIRO, 2008)

Por outro lado, o uso em projetos de menor porte é mais comum no caso de sistemas embarcados envolvendo o componente de software e/ou realidade virtual (JESTY, 2008, OZANA, 2008). A figura 2.4 ilustra a decomposição de um veículo em subsistemas para análise de segurança de um veículo.

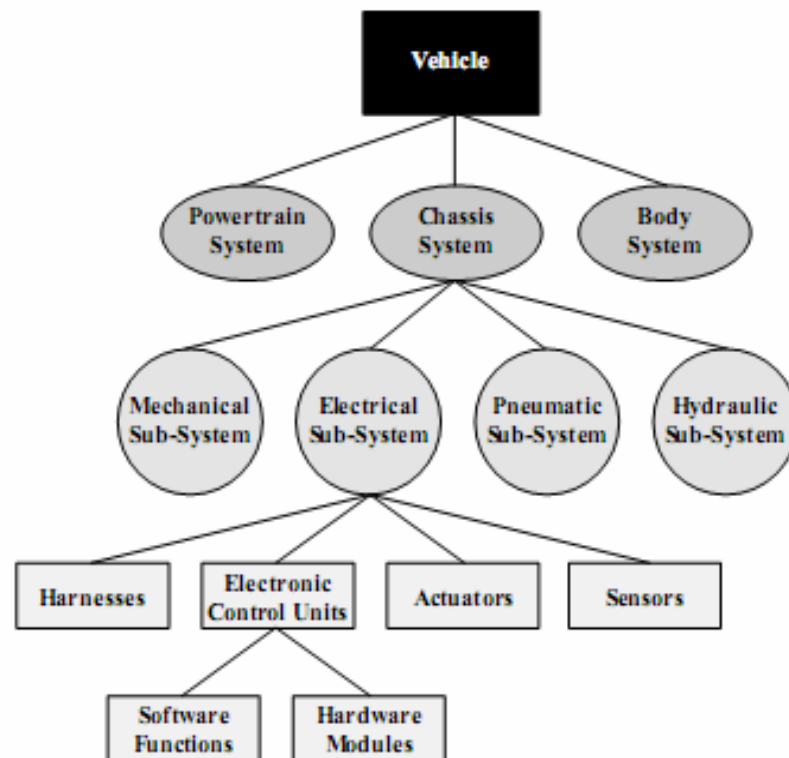


Figura 2.4 Decomposição de veículo em subsistema  
(Fonte: JESTY, 2008)

A figura 2.5, a seguir, ilustra o uso da engenharia de sistemas para visualização 3D e análise da suspensão ativa de um veículo em realidade virtual.



Figura 2.5 Engenharia de sistemas aplicada ao projeto de uma suspensão ativa  
Fonte (OZANA, 2008)

## 2.8 O PROCESSO DE PROJETO DE SISTEMAS

O processo de projeto da engenharia de sistemas segue uma lógica própria que foge ao escopo dessa revisão bibliográfica, mas que será abordado de forma sucinta no tópico 2.9 a seguir, entretanto, o fluxograma da figura 2.6 abaixo apresenta etapas importantes do processo.

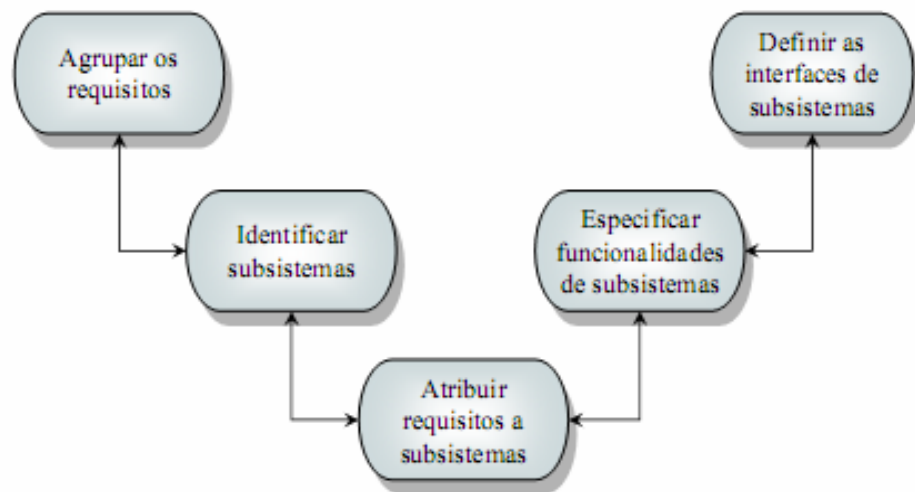


Figura 2.6 Processo do projeto de sistemas

Fonte: SOMMERVILLE (2006)

Sucintamente, essas etapas podem ser definidas como:

- **Agrupar requisitos:** organizar as exigências de projeto similares em grupos co-relacionados.
- **Identificar subsistemas:** identificar um conjunto de subsistemas que coletivamente possam atender aos requisitos do sistema.
- **Atribuir requisitos aos subsistemas:** cada subsistema tem seus próprios requisitos (i.e. exigências de projeto). Verificar se subsistemas (i.e. peças individuais) tipo COTS (Commercial Off-The Shelf - disponíveis no mercado) atendem os requisitos.
- **Especificar funcionalidade de subsistemas:** função própria.
- **Definir interfaces de subsistemas:** checar inter-relacionamentos.

## 2.9 ABORDAGENS PARA O ESTUDO DE SISTEMAS

Há diferentes formas de abordagens para se realizar um estudo de sistemas (LAW e KELTON, 1991). O fluxograma da figura 2.7 adiante ilustra esse ponto.

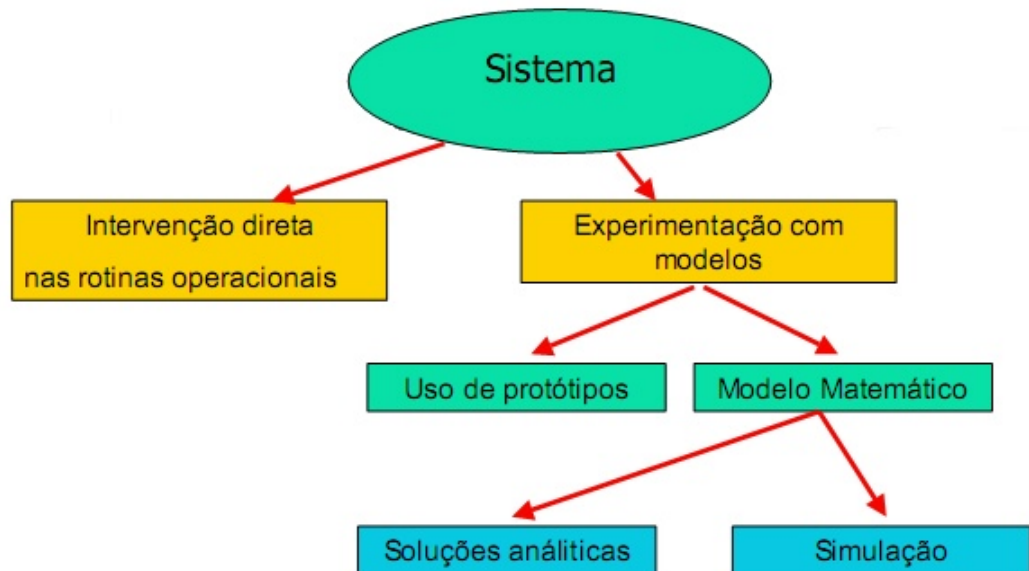


Figura 2.7 Formas de Estudo de um Sistema

Fonte: LAW e KELTON (1991)

O quadro da intervenção direta sob as rotinas operacionais significa que é possível realizar o estudo de sistemas alterando-se ou inovando-se algumas rotinas operacionais. Esse caso se aplica mais a sistemas envolvendo processos produtivos industriais onde há pessoas e estão presentes as tomadas de decisões. Não se aplica aos sistemas contendo apenas elementos de máquinas.

A experimentação com modelos se aplica melhor ao escopo desse trabalho. Nesse caso, utilizou-se a abordagem voltada para a construção de um protótipo físico real e virtual (através do uso de CAD). Não foram feitos modelos matemáticos nem simulação (exceto para verificação de interferências e folgas). O projeto e construção do protótipo da máquina para a quebra de cocos de licuri serão detalhados nos capítulos seguintes.

Embora um aprofundamento no assunto da modelagem matemática fuja ao escopo dessa dissertação, o leitor interessado no assunto poderá consultar NEELANKAVIL (1987) e MARIA (1997) para detalhes sobre o estudo de sistemas envolvendo modelagem matemática contemplando soluções analítica e simulações.

Finalmente, o autor reafirma que a modelagem computacional nessa pesquisa se restringiu ao uso de CAD como ferramenta de auxílio para geração de protótipo virtual e para visualização 3D.

## CAPÍTULO 3 - REVISÃO DA LITERATURA: O LICURI

### 3.1 A PLANTA E O FRUTO DO LICURI

O licuri (*Syagrus coronata*) (Martius) Beccari, é uma planta pertencente à família Arecaceae, subfamília Arecoideae, tribo Cocoeae, subtribo Butineae. (NOBLICK, 1991). De acordo com Uhl et al. (1995), essa subfamília agrupa atualmente 115 gêneros e 1500 espécies, e se destaca como a maior dentre as Arecaceae. Essa vegetação é uma palmeira típica do semi-árido nordestino, uma espécie que apresenta uma preferência pelas regiões secas e áridas das caatingas, englobando o norte de Minas Gerais, ocupando toda a porção oriental e central da Bahia, até o sul de Pernambuco, incluindo também os Estados de Sergipe e Alagoas (NOBLICK, 1986), sendo conhecida ainda por ARICURI, NICURI, ALICURI E OURICURI (Figura 3.1).



Figura 3.1 - Locais no Brasil onde encontramos o licuri.

O licuri é uma planta distinguida na composição da caatinga, que mede em torno de 8 m a 11 m, e possui folhas com mais ou menos 3 m de comprimento, pinadas de pecíolo longo com bainha invaginante, e seus folíolos, de coloração verde-escura, estão arranjados em vários planos (LORENZI, 1992). Seu estipe é recoberto pela base das bainhas das folhas mais velhas, arranjadas numa seqüência de espiral, que caem depois de um período de tempo, deixando cicatrizes que formam um desenho muito atrativo.

A palmeira é monóica, e apresenta inflorescência interfoliar, muito ramificada, protegida por uma bráctea (espata) lenhosa, conhecida como cimba, de até 1 m de comprimento, com grande quantidade de flores amarelas pequenas com perianto não vistoso, Flores masculinas longas e coriacea com seis estames. Flores femininas são mais curtas com ovário súpero, tricarpelar, trilocula, com um óvulo em cada lóculo, sendo, apenas um lóculo fértil (JOLLY, 1985, REYS, 2002). A figura 3.2 mostra a palmeira Licuri em meio à vegetação seca da caatinga.



Figura 3.2 – Palmeira licuri em Senhor do Bonfim – BA

O fruto do licorizeiro, figura 3.3, é uma drupa com endosperma abundante, ovóide e carnosos, quando seco apresenta endoderme oleaginosa, em forma de cachos repetidos. Os cachos de licuri têm em média 1.357 frutos, que têm comprimento e diâmetro médios de 2,0 cm e 1,4 cm, respectivamente (CREPALDI et al., 2001). Quando estão verdes, os frutos apresentam o endosperma líquido, que se torna sólido no processo de amadurecimento, originando daí a amêndoa. Quando maduros estes proporcionam uma coloração que alterna do amarelo-claro ao laranja, dependendo não apenas do seu estágio de maturação, como também dos indivíduos considerados.



Figura 3.3 – Frutos da palmeira licuri

### 3.1.1 Desenvolvimento Reprodutivo

O conhecimento dos padrões de florescimento e de frutificação de uma espécie, ministrados através de levantamentos fenológicos, Caule do Licurizeiro, figura 3.4 é fundamental para entender tanto o seu processo, quanto o seu sucesso reprodutivo. No geral são levantamentos mais comuns para as espécies cultivadas em plantios do que para as populações naturais (FISCH et al., 2005).



Figura 3.4 - Caule do Licurizeiro

Lojan (1968) observa que, algumas práticas de manejo produziriam melhores resultados se fossem levados em consideração os conhecimentos fenológicos das espécies. Por ser o Licuri uma espécie de ocorrência natural, não existe trabalhos sobre a sua fenologia, no entanto Bondar (1938), afirma que embora floresça e frutifique o ano todo, os meses de março, junho e julho apresentam maior frutificação, caracterizando o período da safra. No entanto, Lorenzi (1992) afirma que a safra do licuri advém no período de outubro a dezembro. Para Pitman (2000), a frutificação do licuri ocorre durante um longo período do ano, porém parece ter o seu auge de floração definido em cada área específica. De acordo com esse autor, este fenômeno se relaciona com os índices pluviométricos, pois, a chuva não cai ao mesmo tempo sobre o semi-árido baiano. E isso é relevante porque garante a oferta de frutos durante todo o ano (Figura 3.5).



Figura 3.5 – Inflorescência do licurizeiro

O licurizeiro começa a frutificar, seis anos depois do seu plantio. A produção média anual em um hectare nativo de licuri é de 2.000 kg de cocos. Nos anos de pluviosidade abaixo da média, a produção diminui, porém sempre ocorre de maneira satisfatória. No entanto, em um licurizal bem plantado e bem cultivado, a produção de cocos não deverá ser inferior a 4.000 quilos (SANTOS E SANTOS, 2002).

### 3.1.2 Proliferação, Aquisição das Sementes e Produção de Mudas.

A propagação do licuri é feita apenas de forma sexuada. Como a maioria das espécies de *Arecaceae*, o licuri, apresenta dificuldades para germinar, mesmo sob condições adequadas (BROSCHAT e DONSELMAN, 1988; DARLEEN et al., 1992; MERLO et al., 1993; CUNHA e JARDIM, 1995).

Para Carvalho et al. (2005), o mecanismo de controle da germinação de sementes de palmeiras não é muito conhecido. Para esses autores uma das características da germinação de sementes de palmeiras é apresentar uma variação quanto ao número de dias requeridos para germinarem. KOEBERNIK (1971) observou que para quatro espécies de *Syagrus* estudadas que as sementes levavam um período entre 35 a 77 dias para germinarem (Figura 3.6).



Figura 3.6– Germinação do Licuri

MATTHES & CASTRO (1987) registraram 42 a 334 dias para que o processo de germinação ocorresse em sementes de licuri sob condições de viveiro. Da mesma forma, Lorenzi (1992), adverte que são necessários mais de 4 meses para a germinação.

É comum que sementes de palmeira não apresentem respostas favoráveis, mesmo em condições adequadas de germinação, podendo este fato está relacionado a obstáculos mecânicos como espessura da testa e endocarpo (TOMLINSON, 1990). Broschat e Donselman (1988) advertem que por ser a germinação de sementes de palmeiras bastante lenta, faz-se necessário adotar mecanismos que acelerem esse processo.

Os frutos devem ser coletados diretamente da árvore quando começam a apresentar queda espontânea. Deve-se despulpá-los e deixá-los secar (Bondar, 1938). Diversos autores realizaram trabalhos onde o despulpamento do fruto e a embebição permitem o aumento da porcentagem de germinação das sementes de palmeiras (BOVI, 1990; BOVI e CARDOSO, 1976; BOVI et al., 1987).

Embora o licuri demonstre grande utilidade, não são bastante as informações conclusivas a respeito da germinação de suas sementes e do desenvolvimento inicial das plantas.

### 3.1.3 Manejo Agronômico

O licuri ocorre em solos silicosos de baixa e média fertilidade (GOMES, 1977; GUIMARÃES DUQUE, 2004). O licurizeiro é também considerado padrão de terra boa, sendo observado em solos de boa fertilidade, embora cascalhentos e secos (LORENZI, 1992).

Em relação ao ataque de pragas e doenças ao licurizeiro, pouco se tem escrito, sabe-se, no entanto, apenas é apresentada como praga dessa cultura a *Batrachedra nuciferae*, que também ataca o coqueiro (BONDAR, 1940a; 1940b).

Em decorrência do fato de ser o licurizeiro uma espécie de acontecimento natural, são poucos os estudos sobre seu cultivo, trato cultural e outros. Sendo necessária assim, a realização de pesquisas sistematizadas com a espécie, para que se possa ter resultados conclusivos sobre o seu manejo.

### 3.1.4 Produtos Oriundos do Licuri

O licurizeiro tem grande relevância nos municípios onde é encontrado. Nessas localidades representa a fonte de renda para a sobrevivência da população, porém, a sua exploração ainda hoje é feita de forma extrativista.

Tudo o que o licurizeiro produz é aproveitado. Das suas folhas, são confeccionados sacolas, chapéus, vassouras, espanadores, etc. Elas também são utilizadas na retirada da cera do licuri para a fabricação de papel carbono, graxa para sapatos, móveis e pintura de automóveis, sendo considerada equivalente a da carnaubeira (GOMES, 1977). A amêndoa é consumida *in natura*, sendo também aproveitada na fabricação de cocadas, licores, e o leite de licuri, muito utilizado na culinária baiana. Da amêndoa também é extraído um óleo usado em culinária da população do semi-árido (BONDAR, 1938). Esta contém 55 a 61% de óleo comestível, análogo ao coqueiro da praia (*Cocus nucifera*, Lin). (GOMES, 1977).

Segundo Santos e Santos (2002), as indústrias fabricavam óleo de licuri em Senhor do Bonfim com destino à produção de saponáceos (sabão em pó, detergentes, sabão em barra e sabonetes finos) considerados de alta qualidade, visto que o licuri é considerado o melhor óleo brasileiro para a produção de sabão.

Do resíduo obtido com a extração do óleo, origina-se uma torta também comercializada que serve como alimento para animais, esta torta apresenta 41% de substâncias não azotadas, 19% de proteínas, 16% de celulose e 11% a 12% de óleo. Representa ótima ração adicional para vacas leiteiras de bom padrão racial, para o desenvolvimento precoce de animais de corte e também para reprodutoras (GOMES, 1977).

Pesquisas realizadas no CEFET-BA, recentemente, estudaram o uso do licuri na fabricação de barras de cereais por causa do seu grande potencial para alimentação humana.

### 3.1.5 Valor Nutricional

Embora o licuri apresente importante papel sócio-econômico para as comunidades dos municípios onde se encontra, assim como outras espécies exploradas ou subexploradas como alimento, pouco se sabe a respeito do valor nutricional dos seus frutos.

Estudos realizados por Crepaldi et al. (2001) demonstram que, a análise nutricional dos frutos do licuri, merece destaque o teor de lipídeos (49,2%) e de proteínas (11,5%) da amêndoa e o teor de carboidratos totais (13,2%) da polpa dos frutos. O teor de proteínas, embora menos expressivo do que em outros vegetais, é maior do que o encontrado em frutos de espécies de palmeiras amazônicas, que varia de 1,18 a 5,5% (AGUIAR et al., 1980), ou em frutos de palmeiras de outras regiões, como as dos gêneros *Jessenia* e *Oenocarpus*, que corresponde a apenas 8% do peso seco (BECKERMAN, 1977). Ainda segundo esses mesmos autores, a análise realizada nos frutos de licuri indica que a espécie apresenta frutos bastante energéticos (635,9 kcal 100 g<sup>-1</sup>), sendo estimado um valor calórico de 108,6 kcal 100 g<sup>-1</sup> para a polpa e 527,3 kcal 100 g<sup>-1</sup> para a amêndoa.

### 3.2 ALGUMAS SIMILARIDADES ENTRE O COCO LICURI E COCO CATOLÉ

Recentemente foi publicada uma pesquisa (SILVA 2008) incluindo dados sobre o coco catolé e, dessa forma, pôde-se verificar que as dimensões são próximas daquelas do coco licuri. Por exemplo, a espessura da polpa medida em 240 frutos de Mirabela-MG foi de  $3,28 \pm 1,5$  mm. Silva também comenta na pesquisa a variação biométrica dos frutos: os frutos produzidos no ano de 2007 diferiram entre as duas populações quanto ao peso, mas não quanto ao tamanho em comprimento e diâmetro. As características das infrutescências diferiram significativamente entre as duas áreas daquele estudo (Serranópolis de Minas e Mirabela - MG) As plantas de Mirabela produziram mais infrutescências, as quais são também maiores e com mais frutos e ainda com maior variabilidade que aquelas de Serranópolis de Minas (figuras 3.7 e 3.8)



Figura 3.7 – Cachos de Frutos de Butia Capitata de Serranópolis de Minas

Fonte:(Silva,2008)



Figura 3.8 – Cachos de Frutos de Butia Capitata de Mirabela-MG

Fonte:(Silva,2008)

As contribuições trazidas por Silva também podem ser aplicadas a esse trabalho. O autor acredita ser possível estender o uso da máquina de quebra do Coco de Licuri também para a quebra do Coco Catolé. A justificativa é baseada principalmente, nas dimensões do Coco Catolé. Essa possibilidade advém do fato de que a máquina proposta nessa dissertação dispõe, em seu mecanismo de carga, de uma regulagem manual para atender diferentes diâmetros de frutos e de que esse controle atende a faixa dimensional pesquisada para o coco catolé.

## CAPÍTULO 4 - ETAPAS DETALHADAS DA METODOLOGIA DA PESQUISA

### 4.1 O MÉTODO DE PROJETO DA ENGENHARIA DE SISTEMAS

Conforme já mencionado no capítulo 01, Engenharia de Sistemas é uma ciência interdisciplinar que disponibiliza métodos, processos e ferramentas para análise, planejamento, seleção e configuração otimizada de sistemas complexos (PAHL 2005).

É consenso na comunidade científica que ao nos depararmos com um procedimento planejado de condutas a serem observadas no desenvolvimento/projeto de sistemas técnicos e que possuam sua origem na ciência de projeto, na psicologia cognitiva e nas experiências com diferentes aplicações, significa que dispomos de uma metodologia.

A ciência de projeto, por sua vez, se vale dos métodos científicos para analisar a constituição das criações técnicas e sua relação com a circunvizinhança. Dessa forma, observa-se que o procedimento planejado de projeto da Engenharia de Sistemas, conforme ilustrado na figura 4.1, se enquadra muito bem na definição supracitada.

A necessidade de se praticar um projeto metódico está na possibilidade de uma eficaz racionalização de todas as etapas de projeto e/ou fabricação de um produto. Diante desse contexto e ciente de que a pesquisa deveria focada na concepção, desenvolvimento e fabricação de uma máquina para a quebra do coco de licuri decidiram-se pela abordagem metodológica da Engenharia de Sistemas.

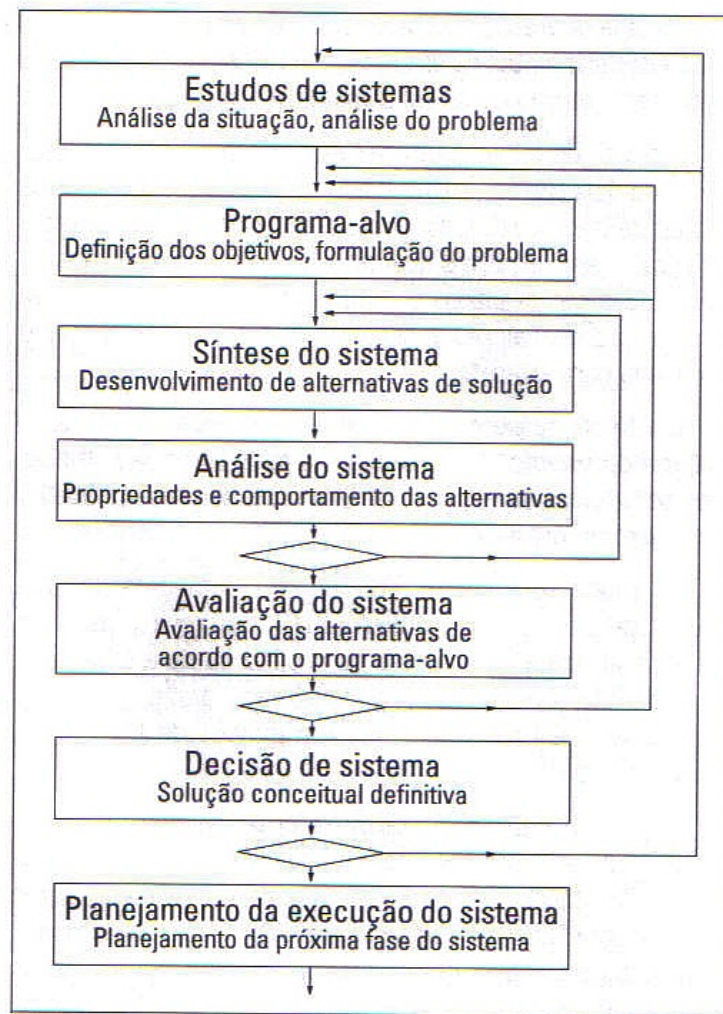


Figura 4.1 – Etapas da Metodologia da Engenharia de Sistemas (PAHL, 2005)

Na abordagem metodológica da Engenharia de Sistemas da figura 4.1, processo inicia-se com a coleta de informações (análise de mercado, pesquisa de tendência, etc.) ou a formulação concreta do problema. Essa primeira fase também é conhecida como sendo “**Estudo de Sistemas ou Análise do Problema**”.

A segunda etapa consiste na elaboração do “**Problema-Alvo ou a Formulação do Problema**”. Aqui o registro das metas é importante para posterior avaliação de variantes de solução.

A terceira etapa é a “**Síntese**” que significa desenvolver várias as alternativas variantes da solução.

A quarta etapa consiste em conhecer bem as características das variantes de solução que significa executar a etapa de “**Análise do Sistema**”.

A quinta etapa significa fazer a busca por uma solução relativamente otimizada sendo denominada de “**Avaliação do Sistema**”. Em seguida, parte-se para uma decisão sobre uma solução conceitual definitiva (“Etapa da **Decisão de Sistema**”). Finalmente, a última etapa corresponde ao “**Planejamento da execução do Sistema**” ou próxima fase.

A adoção dessa abordagem gerou desafios em diversos níveis do procedimento. O primeiro desafio consistiu em se ponderar o projeto da máquina dentro de uma visão interdisciplinar da metodologia da Engenharia de Sistemas. Nessa perspectiva, o equipamento precisou ser tratado como um sistema complexo passível de uma representação concreta através de uma criação técnica artificial dentro da área engenharia mecânica, porém dentro de uma visão sistêmica.

Também foram investigadas funções descritivas do comportamento desse sistema, estudando-se algumas relações entre as grandezas de entrada e saída desejáveis ao projeto. Por exemplo, a quantidade de coquinhos de licuri alimentados na máquina (*input*) versus a quantidade de amêndoas não danificadas extraídas na sua quebra (*output*).

Dessa forma, considerando-se alguns objetivos prefixados e autopropostos para esse trabalho, fez-se um destaque especial para algumas condicionantes mais relevantes, a saber: maior grau de higienização na extração das amêndoas, maior produtividade/qualidade do produto final e maior segurança na operacionalização do equipamento, reduzindo os riscos de acidentes.

Ressalta-se que cada fase, na prática, interage com as fases antecessoras em tempo hábil. Além disso, decidiu-se pela utilização de ferramentas CAD para auxiliar várias etapas importantes de todo esse processo. Esse assunto é abordado no item seguinte.

## 4.2- A TECNOLOGIA CAD MODIFICANDO O MÉTODO DE PROJETO DA ENGENHARIA DE SISTEMAS

Indubitavelmente o uso da informática no processo de projeto modifica os métodos utilizáveis. Através da utilização de simples recursos computacionais, consegue-se, por exemplo, facilitar a expressão da criatividade que é fruto do processo mental de cada projetista.

Com o uso cada vez mais intenso da informática no processo de projeto, autor acredita numa tendência para um futuro próximo em que as variantes de projetos já existentes devam ficar inteiramente por conta das máquinas. Entretanto, os engenheiros projetistas sempre terão seus lugares para situações envolvendo projetos originais exercitando sua criatividade e somando conhecimentos e experiência. Por mais planejado, metodológico e sofisticado que seja um processo de trabalho utilizado como apoio a atividade de projeto, associado a CAD ou não, jamais conseguirá dispensar a capacidade intuitiva, talento e experiência de um projetista. Por outro lado com certeza os programas tipo Cax (CAD,CAE,CAM,etc.) constitui uma grande ajuda e conduz a melhorias significativas no produto e no trabalho de projetar.

A figura 4.2 abaixo ilustra como desde 1996 autores europeus (MEERKAMM, 1996) já utilizavam a tecnologia CAD (indo bem além de simples geometria) na modificação do processo metodológico de projeto.

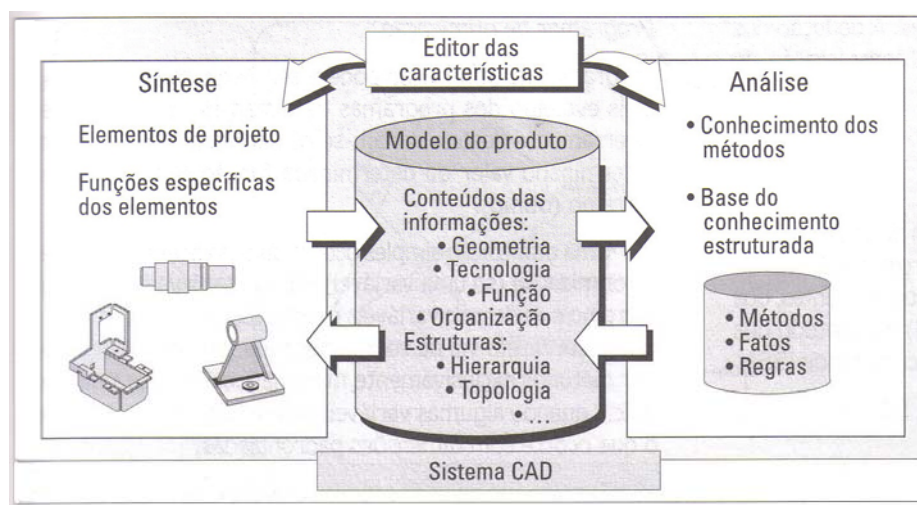


Figura 4.2 – CAD aplicado na etapa de síntese e análise de projetos

No caso específico desse projeto, considerando que ainda não há normas brasileiras (normatização da ABNT) sobre o assunto decidiu-se por adotar a diretriz VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure) da Associação Alemã de Engenheiros (VDI- RICHLINIE 2221, 1993) como base para a associação de CAD e a metodologia da Engenharia de Sistemas. As figuras 4.3, 4.4 e 4.5 ilustram como CAD pode atuar em cada etapa de trabalho modificando e auxiliando na metodologia de projeto.

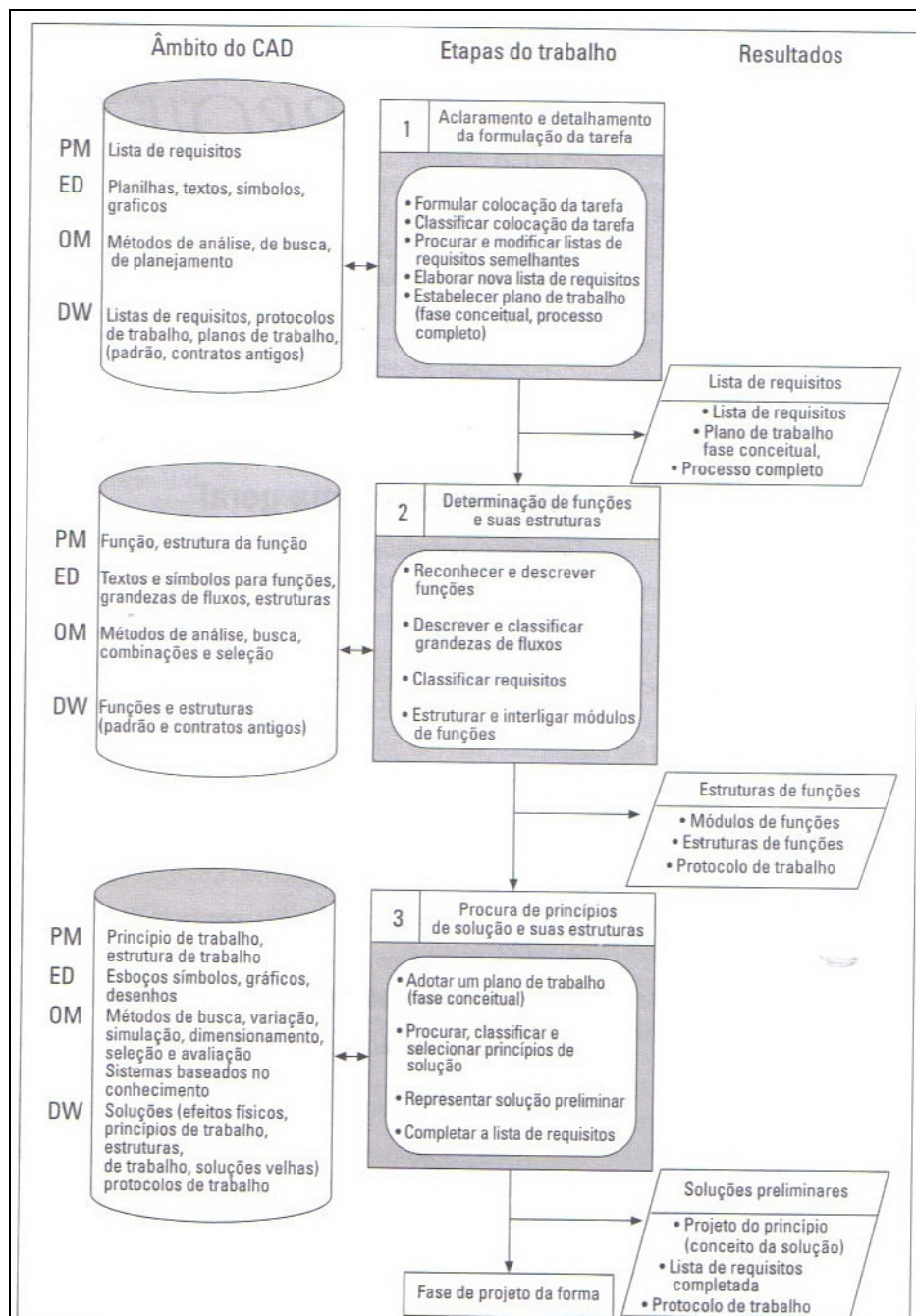


Figura 4.3 – Diretriz VDI 2221: utilizando CAD nas três etapas 1,2 e 3 do projeto

É possível observar e destacar na figura abaixo o grande auxílio que a tecnologia CAD fornece ao projeto principalmente nas etapas 5 e 6 com o fornecimento completo de dados de geometria 2D, 3D e *features* (partes da peça com significado especial para engenharia, por exemplo: um rasgo de chaveta). Também se pode observar a possibilidade do uso FEM (Finite Element Modelling- Elementos Finitos) nos cálculos de Tensão e Deformação.

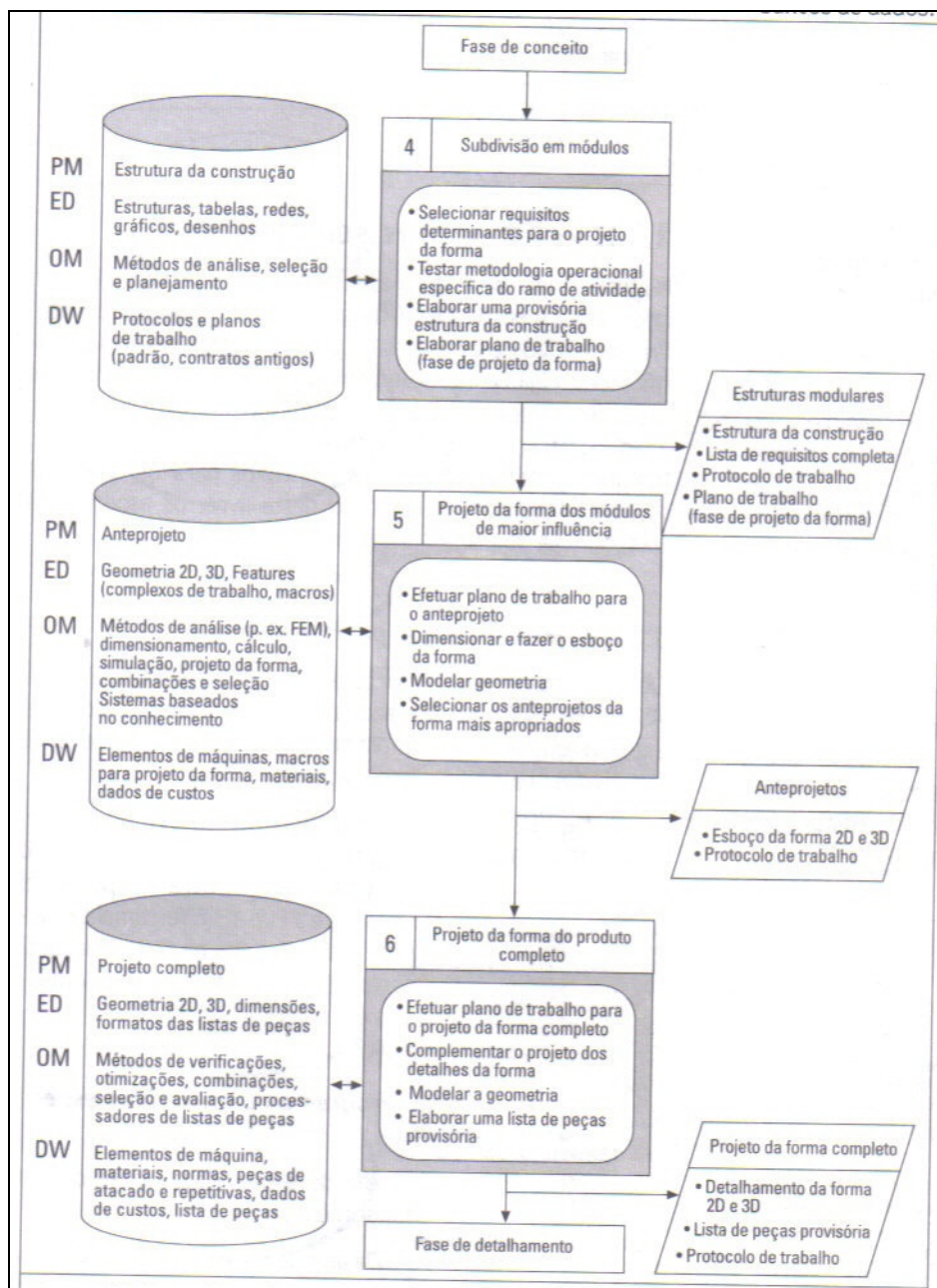


Figura 4.4 - Diretriz VDI 2221: utilizando CAD nas três etapas 4,5 e 6 do projeto

Finalmente é possível observar na figura 4.5 que na fase 7 a tecnologia CAD é de grande valia na produção do desenho de conjunto permitindo a listagem completa de peças e o detalhamento para a fabricação das mesmas. Também nessa fase pode-se usar tecnologias CAx para fazer testes de simulação de acoplamentos com ou sem interferência e fazer a animação do seu funcionamento.

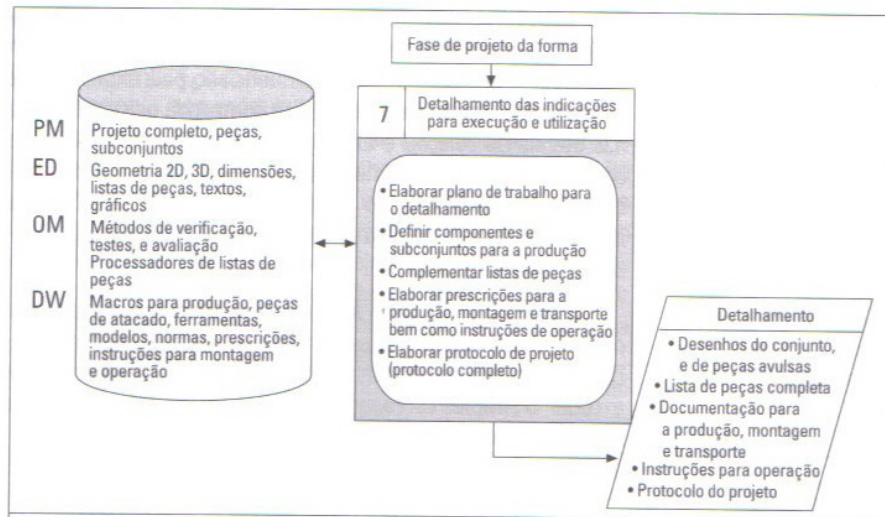


Figura 4.5 – Diretriz VDI 2221: utilizando CAD nas três etapas 4,5 e 6 do projeto

No caso específico dessa dissertação, a aplicação de CAD como elemento modificador das várias etapas de projeto aconteceu, primeiramente, na modelagem geométrica em 2D, 3D e aplicação de *features* de design para cada elemento de máquina componente do sistema. A tecnologia CAD também foi utilizada para ajudar: no trabalho de montagem e detalhamento do conjunto, na verificação de folgas e interferências dos mancais, na determinação do melhor *gap* (espaço intersticial) entre os cilindros para facilitar a passagem e garantir a quebra do licuri, na determinação do centro de gravidade, momento de inércia, peso, volume, produção de lista de materiais e documentação para fabricação.

Concluindo, fica claro a viabilidade prática da aplicação da tecnologia CAD como elemento modificador da metodologia de projeto da Engenharia de Sistemas em todas as 07 fases de projeto ilustradas anteriormente. Nesse trabalho, os resultados dessa nova experiência foram bastante satisfatórios. Alguns detalhes serão mais bem explanados e detalhados adiante no capítulo 05 (Resultados e discussões).

## CAPÍTULO 5 - RESULTADOS DA PESQUISA E DISCUSSÕES

### 5.1 ETAPAS DO PROJETO

O protótipo de máquina desenvolvido nesse trabalho surgiu de um projeto idealizado, essencialmente, tomando-se como base um problema real de necessidade de mecanização do processo de quebra do coco licuri e, na seqüência, realizar a separação das respectivas amêndoas. A abordagem do problema incluiu a junção da metodologia da engenharia de sistemas e a diretriz VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure) da Associação Alemã de Engenheiros, justificando o uso de CAD em algumas etapas. Os próximos itens detalham as atividades realizadas nas várias etapas e, concomitantemente, apresenta os resultados e discussões pertinentes.

#### 5.1.1 Estudo do sistema: coleta de dados

Nessa primeira etapa desse projeto foi realizada uma coleta de dados tanto do que se refere ao método convencional (i.e. manual com o auxílio de pedras) de quebra do licuri, quanto a um processo mecanizado já existente. Conforme mencionado anteriormente, por volta do ano de 2006, um curioso da própria comunidade (sem utilizar nenhuma engenharia como suporte) teve a iniciativa de desenvolver, ainda que em caráter bem incipiente, uma primeira máquina para a quebra do licuri (figura 5.1).



Figura 5.1 – Primeira máquina desenvolvida na própria comunidade

A máquina existente e que foi desenvolvida em tornearias da região do semi-árido da Bahia era formada pelos seguintes elementos: rolo compressor, placa compressora, base de sustentação, motor elétrico de corrente alternada (3HP), conjunto transmissor de rotação através de correias e polias, um reservatório de carga acoplado a uma caixa protetora fixado à base.

Em que pese de grande utilização, apresentava alguns inconvenientes como, por exemplo: embuchamento na área de quebra, a não quebra total do coco ficando a amêndoa presa à casca e grande quantidade de licuri inteiros. A figura 5.1 ilustra a baixa qualidade da amêndoa obtida pela primeira máquina de quebra de licuri existente.



Figura 5.2 – Qualidade da amêndoa extraída pela primeira máquina

Um estudo mais minucioso sobre o equipamento e seu funcionamento, permitiu fazer mais algumas observações importantes, além das supracitadas. Verificou-se que o equipamento era limitado por apresentar um valor fixo de ajuste de diâmetro, sendo capaz de quebrar apenas um determinado conjunto de frutos com dimensões compatíveis.

Na natureza é encontrada uma variação considerável de diâmetros de frutos e, portanto, essa limitação acaba gerando dois problemas, a saber: primeiramente, resulta em um número considerável de amêndoas fragmentadas

e, conseqüentemente, em uma desvalorização no preço final do produto. Em segundo lugar, este é o motivo pelo qual um bom número frutos pode passar pela máquina sem que nada aconteça (intactos).

Outro problema encontrado neste tipo de equipamento diz respeito à não separação da casca de sua amêndoa após a operação de quebra. Dessa forma, mesmo assumindo que a máquina consiga quebrar um determinado grupo de frutos, faz-se necessário um pós-processamento através de operações manuais extras, que influencia na produtividade do equipamento, bem como, na higienização das amêndoas. Finalmente, problemas menores como o elevado atrito, a elevada potência de acionamento e lubrificação inadequada, também foram observados nessa fase coleta de informações.

#### 5.1.2 – Programa alvo

Após definir bem o problema e ter coletado todos os dados necessários, o passo seguinte foi o da definição dos objetivos. Definir claramente as metas nessa etapa do estabelecimento do programa alvo foi fundamental para o sucesso do projeto.

O programa alvo desse projeto pode ser resumidamente explicitado da seguinte forma: idealizar uma máquina que, primeiramente, apresentasse razoável grau de simplicidade permitindo ser operada por pessoas não qualificadas das zonas rurais. O equipamento deveria ampliar a produtividade através do incremento do número de frutos quebrados, porém garantindo a qualidade da amêndoa extraída e a melhor higiene do processo. Após a quebra, em vez das pessoas utilizarem as mãos, o sistema deveria permitir a manipulação automática das amêndoas frente à separação da casca. Finalmente, também integrou as metas principais a questão da segurança necessária para evitar as mutilações ocasionadas pelo método não mecanizado.

Não menos importante, menciona-se alguns aspectos ergonômicos (ex:postura do quebrador do coco), que precisaram ser considerados, objetivando possibilitar uma operação mais adequada durante a quebra do coco do licuri. Esse aspecto visava facilitar que o operador permanecesse na sua condição natural de postura corpórea, tornando mais confortável a sua vida diária diante da operação do equipamento.

Devido a importância dessa etapa de estabelecimento do programa-alvo, a subseção seguinte é dedicada ao detalhamento do programa que é mais bem delineado pelos critérios de projeto.

#### 5.1.2.1. – Critérios do Projeto

O equipamento, uma vez pronto, deveria atender aos seguintes requisitos e características:

- Seu custo final não deveria ultrapassar **R\$5.000,00** (Cinco mil reais), tendo como base os custos no mês outubro de 2008. O valor final do protótipo ficou em torno de R\$ 4.300,00 (Quatro mil e trezentos reais);
- Possibilidade para suportar outras formas de aquisição de peças de reposição de máquinas convencionais existentes;
- Simplicidade funcional e operacional;
- Transpor o desafio de aumentar a produtividade garantindo a qualidade das amêndoas extraídas;
- Minimizar acidentes e mutilações devidas ao método artesanal (uso da pedra), atualmente praticada no semi-árido Nordeste, para a extração da amêndoa do licuri;
- Acesso fácil e seguro para o operador;
- Melhor higienizar o processo da extração da amêndoa do licuri como forma de agregar valor ao produto;
- Garantir que o ajuste axial dos eixos durante a tomada referencial da seleção do coco a ser quebrado para que se mantenha alinhado;

- Com relação aos materiais utilizados no projeto, a prioridade deveria ser dada aos materiais de baixo custo e o processo de fabricação também deveria ser o mais simples possível, envolvendo apenas soldagem e usinagem simples;
- Com relação às características físicas da máquina, ela deveria possuir dimensões e peso, de modo que pudesse ser erguida e movimentada por no máximo duas pessoas adultas ocupando um espaço de no máximo **1,6m<sup>2</sup>**.
- Reduzir ao máximo o atrito para que no futuro venha a ser possível um acionamento solar em um modelo reduzido (em torno 0,75CV)

### 5.1.3 - Síntese

Segundo Norton, Robert L. (2006) a síntese é uma importante ferramenta de ajuda na elaboração das hipóteses prováveis para solução do problema central.

Uma vez já tendo as metas bem delineadas na etapa anterior, a primeira preocupação do autor nessa nova etapa de síntese foi objetivar a problemática, passando da percepção intuitiva do problema a ser resolvido para seu domínio mais racional.

Ressalta-se que na tentativa de resolução de todos os problemas relacionados ao projeto completo do equipamento para a quebra do coco licuri surgiu um número muito grande de hipóteses, sendo proporcional ao número de elemento de máquinas dos vários subconjuntos.

O fato é que, na engenharia de sistemas, cada subsistema gera um subproblema que permite dar asas a imaginação na busca de hipóteses prováveis para as diversas soluções. Dessa forma, em vez de descrever todas as hipóteses para cada subconjunto de elemento de máquinas, o autor se concentrou apenas no subconjunto chave do trabalho: a Câmara de quebra/carga.

Nesse caso, as hipóteses diversas pensadas como solução para o subconjunto da mencionada Câmara foram:

- a) Utilizar uma câmara contendo certa quantidade de cocos selecionados até atingir a altura desejada de volume.
- b) Utilizar duas barras paralelas de metal, contendo limitadores de curso um de cada lado de modo que as barras estando simetricamente juntas pudessem se afastar mantendo constante a posição paralela. Dessa forma, efetuar-se-ia uma carga seqüencial de cocos de um mesmo diâmetro em toda a extensão das barras, direcionando-os para os trituradores.
- c) Utilizar uma base fixa contendo um eixo com regulagem, segundo a posição vertical e um suporte onde se colocaria um braço com graus de liberdade para permitir que o diâmetro especificado do coco pudesse ser identificado.
- d) Utilizar um dispositivo para controle do diâmetro do coco idealizado no funcionamento do projeto de modo que a estrutura comportasse e satisfizesse todas as limitações inerentes à condição do coco e da máquina possibilitando com isso manter uma operação sem maiores interrupções

#### 5.1.4 - Análise, Avaliação e Decisão do Sistema.

Neste item todas as hipóteses foram analisadas e avaliadas de acordo as metas estabelecidas no programa-alvo. Entretanto, sempre que necessário, repetiam-se algumas etapas anteriores do ciclo de projeto metodológico da engenharia de sistemas. Por exemplo, poder-se-ia voltar às etapas anteriores onde algumas hipóteses sofriam modificações para melhor atender cada subsistema. O intuito era de se chegar a um resultado mais adequado do protótipo a ser construído.

No caso particular do subsistema “Câmara de quebra/carga” foi realizada uma análise criteriosa de todas as alternativas descritas na fase de síntese. Considerando aquelas que melhor atendiam as metas do programa-alvo, decidiu-se pela alternativa (d).

Os conhecimentos teóricos relacionadas à área de projetos mecânicos e a experiência do autor na área de fabricação também foram decisivos nessa escolha. O autor julgou que a alternativa supracitada, além de melhor atender as metas pré-estabelecidas apresentava as seguintes vantagens adicionais: melhor chance de obter bom rendimento com relação à qualidade da amêndoa extraída, boa funcionalidade e simplicidade construtiva. Essa última é justificada considerando que a escolha daquela alternativa implica no uso de técnicas bem conhecidas e possibilidade do uso do parque de fabricação de pequenas empresas para manufaturar o equipamento.

#### 5.1.5 – Planejamento e execução do sistema

Nesta última fase do projeto, primeiramente foi feita uma listagem das providências que ajudariam no desenvolvimento do protótipo. O trabalho maior ficou concentrado na elaboração de uma planilha dos principais materiais, e fornecedores que poderiam ser utilizados no projeto em função de alguns parâmetros, como:

- Disponibilidade do item no comércio interno e/ou externo;
- Custo, quantidade, qualidade, procedência etc.
- Levantamento e consulta dos principais prestadores de serviços especializados na área de fabricação e montagem de máquinas;
- Elaboração prévia de cronograma físico e financeiro;
- Relação das pessoas ou locais onde poderia ser produzido o protótipo;
- Definição e preparação das pranchas de desenho de fabricação acompanhado de cronograma e normas necessárias ao projeto.
- Dificuldade de execução do protótipo na academia.

## 5.2 A MÁQUINA PARA A QUEBRA DO COCO LICURI PROPOSTA

### 5.2.1 – Os protótipos desenvolvidos

Durante o transcorrer dessa pesquisa foram desenvolvidos duas versões de protótipos da máquina para a quebra do coco licuri: versão alfa (figura 5.3) e versão beta (figura 5.4).



Figura 5.3 – Protótipo alfa da máquina para a quebra do coco licuri



Figura 5.4 – Protótipo beta da máquina para a quebra do coco licuri

A funcionalidade do primeiro protótipo (versão alfa) se restringiu única e exclusivamente a quebra do coco. A figura 5.5 ilustra o processo de quebra coco no protótipo alfa.

Primeiramente, dentro de uma Câmara o coco licuri fica apoiado no ressalto indicado na placa "A". Em seguida, um dos ressaltos do cilindro "B" gira e quebra o fruto pela ação do choque (impacto). Há um total de seis ressaltos distribuídos diametralmente a cada 60 graus em torno do cilindro "B".

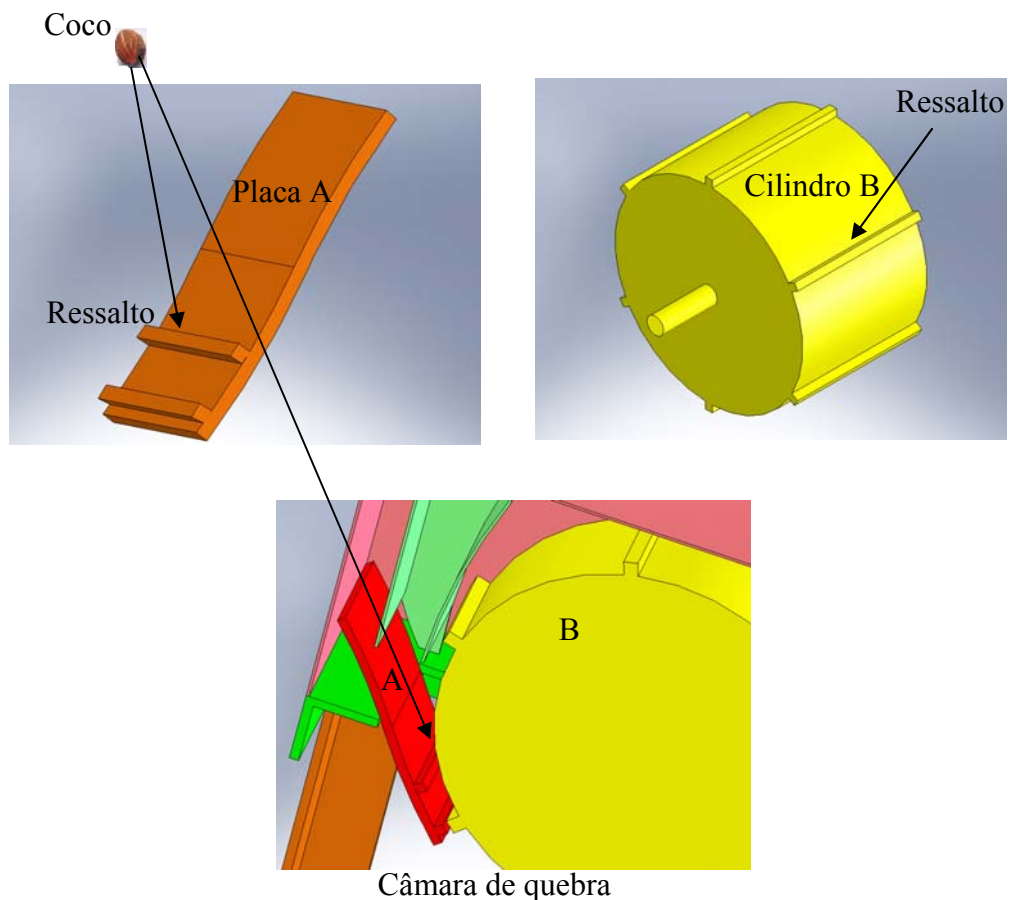


Figura 5.5 O processo de quebra coco licuri no protótipo alfa

Por outro lado, a versão beta representa uma versão melhorada da versão alfa e, conseqüentemente, melhor atende as várias metas estabelecidas no programa-alvo. Nessa versão a Câmara de quebra (figura 5.6) possui 2 pares de rolos formando 2 conjuntos trituradores (AB e AC).

O fruto entra na Câmara direcionalmente orientado pela placa guia e, em seguida, vai sofrer tanto a quebra quanto a retirada da casca da amêndoa nos

conjuntos AB e AC. Atenção especial foi dada ao mecanismo ajustável do *gap* diametral entre os dois conjuntos trituradores. Esse novo mecanismo possibilitou assegurar a quebra de frutos de tamanhos distintos evitando-se que frutos de pequeno diâmetro, ao passar pela máquina, saíssem intactos (não quebrados). Outra nova característica importante do protótipo beta é manipulação automática das amêndoas frente à separação da casca, melhorando as condições de higiene do processo. Isso é possível porque o operador não precisa mais usar as mãos para retirada da casca.

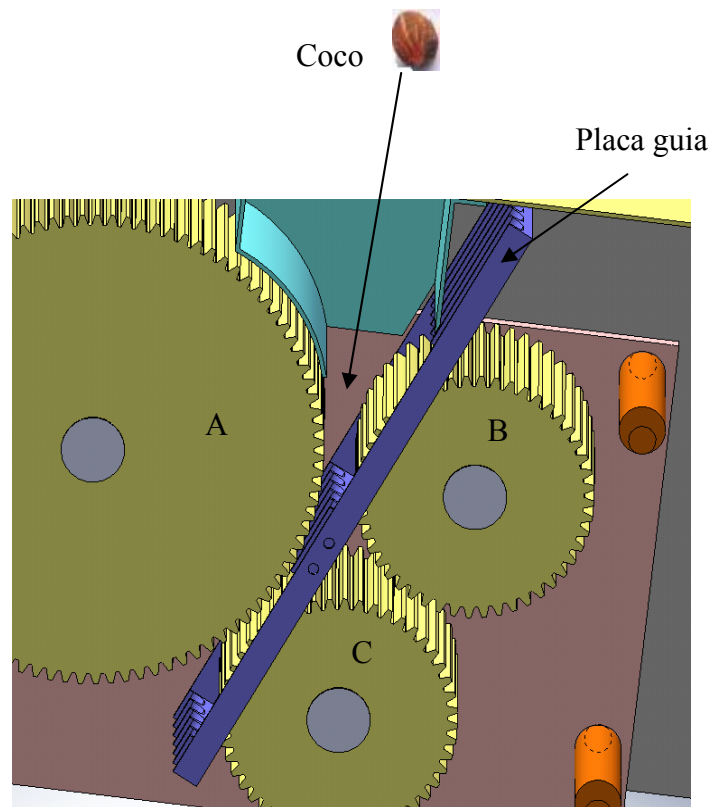


Figura 5.6 O processo de quebra coco licuri no protótipo Beta

Mais detalhes dos protótipos alfa e beta, bem como todos os componentes da máquina de quebra do coco licuri são descritos na subseção seguinte onde são apresentadas as estruturas de funções dos vários elementos de máquina. Outros detalhes construtivos também podem ser explorados nos apêndices dessa dissertação.

## 5.2.2 Estrutura de Funções

De acordo com Pahl et al. (2005), os requisitos de um equipamento, máquina ou subconjunto determinam a função que representa a inter-relação geral objetivada entre entrada e saída de um sistema. É importante estabelecer conceitos funcionais discretos na concepção de projetos com o objetivo de se identificar melhor de forma teórica o inter-relacionamento entre variáveis com vistas à função global ou resultado final. A seguir apresenta-se no quadro 1 a análise do equipamento para quebra de Licuri com vistas à estrutura de função (protótipo beta).

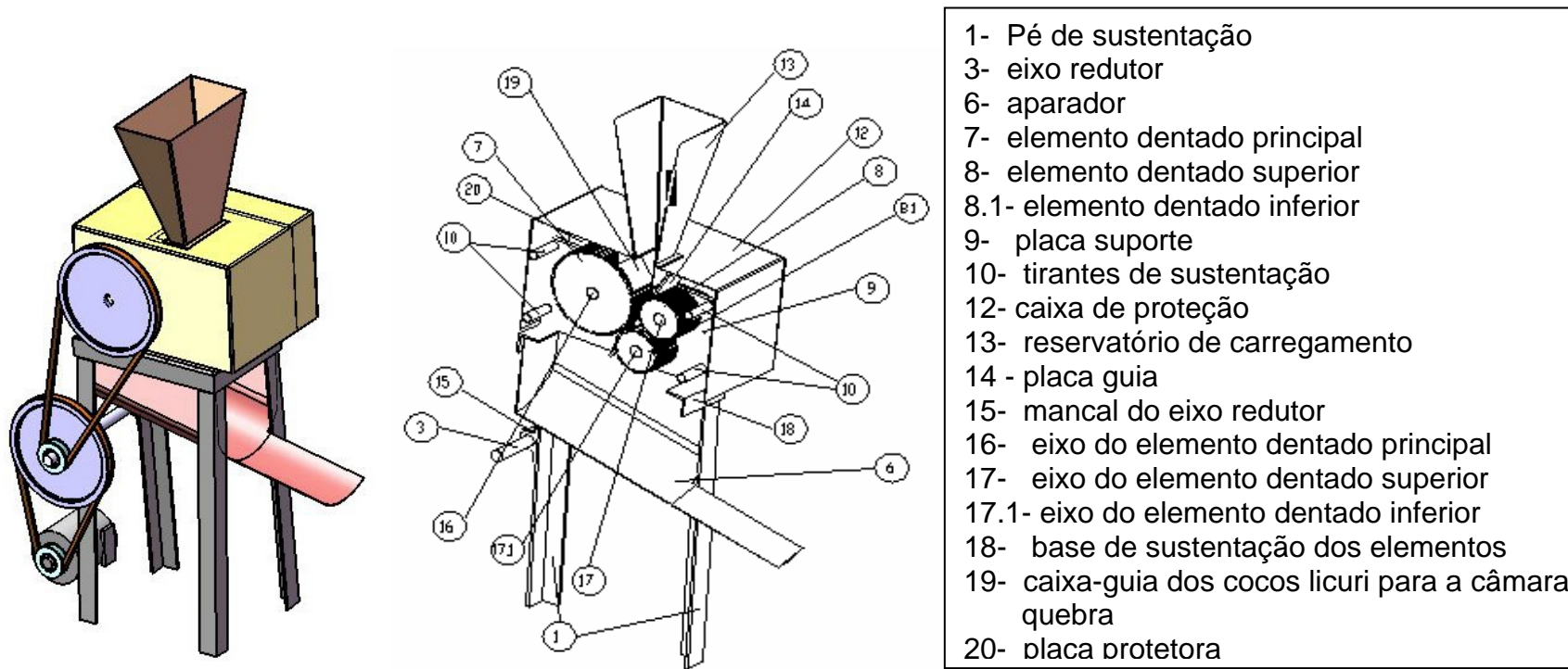


Figura 5.7 – Modelo CAD 3D do conjunto do protótipo beta

Quadro 1- Estrutura de funções

<b>Elementos do sistema</b>	<b>Tarefas dos elementos do sistema</b>	<b>subfunções</b>	<b>Nº</b>	<b>Funções de aplicações gerais</b>
Pés	Sustentação do conjunto quebrador	Montagem do sistema de transmissão	1	sustentações
Eixo redutor	Apoio da polia movida		3	apoio
aparador	Aparar os coquinhos licuri quebrados		6	Aparar os cocos
Elemento dentado principal	Provocar choque com os coquinhos	Condução do licuri par ao ponto de quebra	7	Expulsar a amêndoa do coco licuri após a quebra
Elemento dentado superior	Interagir na quebra do licuri	Quebrar os licuris de diâmetros maiores $\geq 15$	8	Quebrar os cocos licuri de diâmetro maior que 15
Elemento dentado inferior	Interagir na quebra do licuri	Quebrar os licuris de diâmetros maiores $\leq 15$	8.1	Quebrar os cocos licuri de diâmetro menor que 15
Placa suporte	Montagem do conjunto quebrador	Ajuste do sistema	9	ajuste
Tirantes de sustentação	Alinhamento da montagem	Fixação das placas	10	Ajustar medidas entre placas
Caixa de proteção	Proteção do sistema	Proteção contra impurezas	12	Segurança contra arremesso dos coquinhos
Reservatório de carregamento	Carga para quebrar	carga	13	Carga
Placa guia	Guiar os coquinhos para o ponto de quebra	Separar os coquinhos para a quebra	14	guia
Mancal do eixo redutor	sustentação	sustentação	15	regulagem
Eixo do elemento dentado principal	Girar o elemento dentado principal	Fazer conexão entre os eixos superior e inferior	16	conexão
Eixo do elemento dentado superior	Girar o elemento dentado superior	Fazer conexão entre os eixos superior	17	conexão
Eixo do elemento dentado inferior	Girar o elemento dentado inferior	Fazer conexão com o elemento dentado superior	17.1	conexão

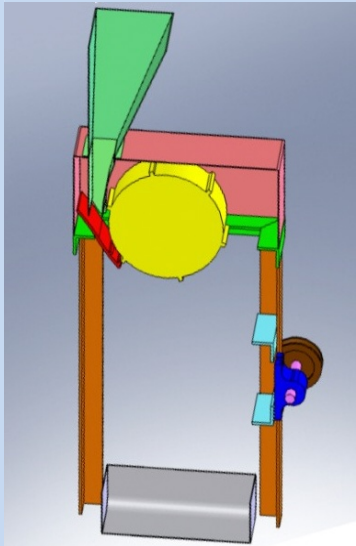
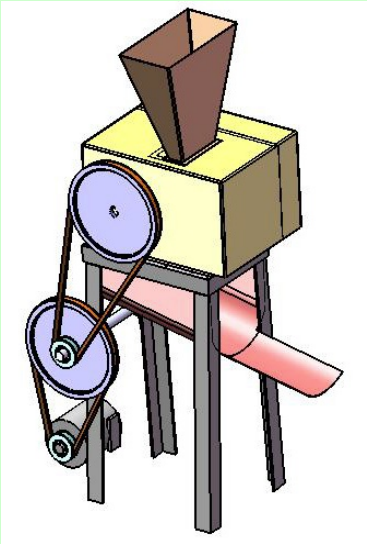
Quadro 1- Estrutura de funções (continuação)

<b>Elementos do sistema</b>	<b>Tarefas dos elementos do sistema</b>	<b>subfunções</b>	<b>Nº</b>	<b>Funções de aplicações gerais</b>
Base de sustentação dos elementos	Sustentação do conjunto quebrado	Base de sustentação	18	sustentação
Caixa – guia dos coquinhos para a câmara de quebra	Guiar	Guiar os coquinhos para a câmara de quebra	19	guiar
Placa protetora	Evitar contato entre os coquinhos quebrados e a base e placas do conjunto quebrador	proteção	20	separação

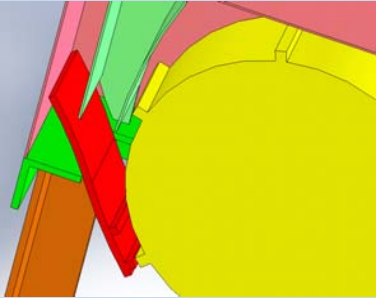
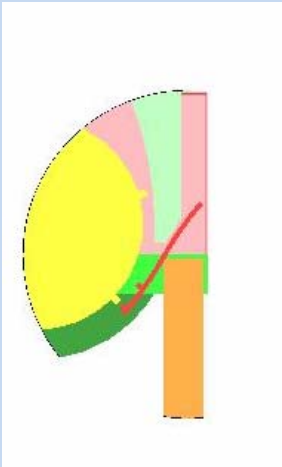
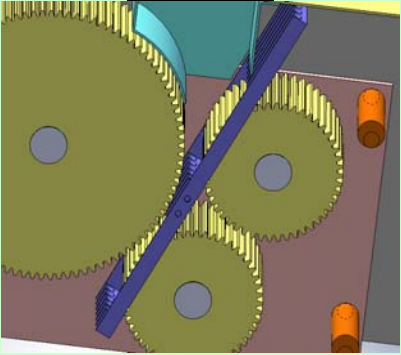
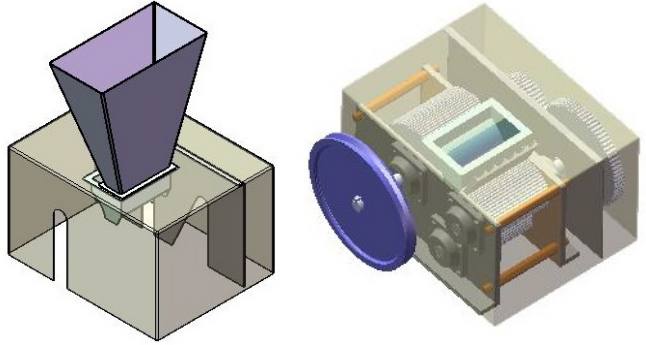

### 5.2.3 Evolução do projeto: do protótipo alfa ao protótipo beta

Nessa subseção apresentam-se resultados e detalhes das principais modificações realizadas na evolução do projeto. São descritas as várias fases destacando-se alguns componentes que foram reprojutados desde a versão alfa até a versão beta. Inicia-se pela montagem do conjunto para, em seguida, pormenorizar subconjuntos ou peças individuais. Para cada elemento de máquina modificado é apresentado: gravuras e/ou modelo CAD, descrição de função e um comentário referente à necessidade de evolução. Todo o conteúdo é exposto no quadro 2 a seguir:

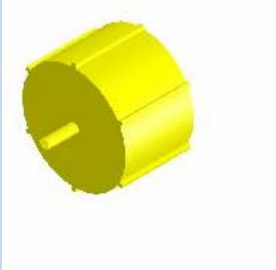
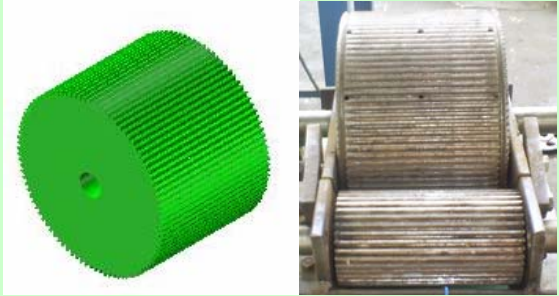

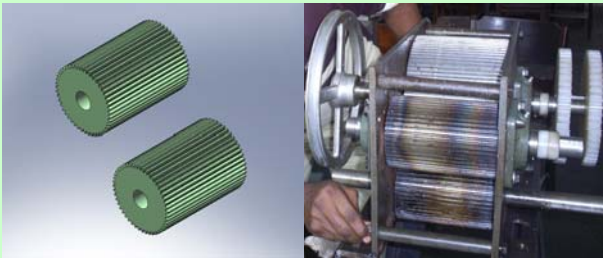
Quadro 2 - Fases da evolução do projeto: o conjunto completo

FASES DA EVOLUÇÃO DO PROJETO – MÁQUINA PARA QUEBRA DO COCO LICURI				
Ordem	VERSÃO ALFA		VERSÃO BETA	
	Nome/Função	Modelo (CAD)	Principais Modificações	Modelo (CAD)
1	<p><b>Protótipo do Conjunto Completo da Máquina:</b></p> <p>Serve para quebrar o coco licuri e separar a amêndoa da casca</p>		<p>O quebrador do licuri, (versão alfa à esquerda) ao ser testado na prática deixou a desejar em vários aspectos, sendo necessários ajustes e correções, o que gerou a versão beta (à direita).</p> <p>As modificações implantadas dizem respeito aos aspectos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produtividade</li> <li>• Qualidade da amêndoa</li> <li>• Estabilidade</li> <li>• Eficiência</li> <li>• Segurança</li> </ul>	

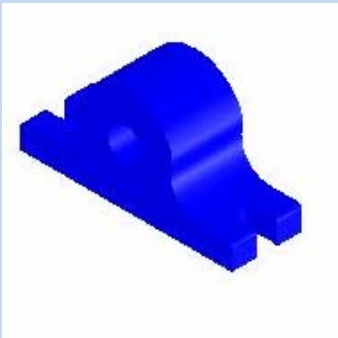
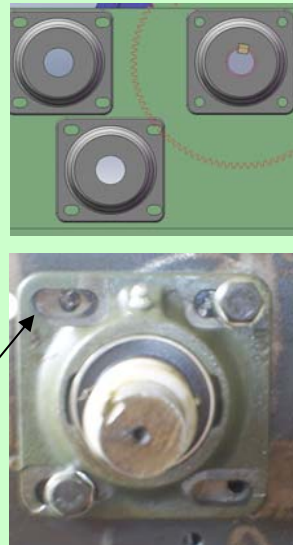
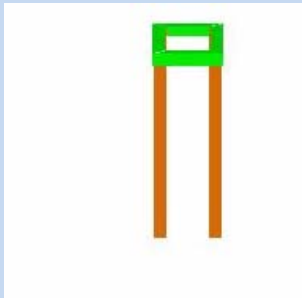

Quadro 3 - Fases da evolução do projeto: subconjunto da câmara quebra/carga

FASES DA EVOLUÇÃO DO PROJETO – MÁQUINA PARA QUEBRA DO COCO LICURI				
Ordem	VERSÃO ALFA		VERSÃO BETA	
	Nome/Função	Modelo (CAD)	Principais Modificações	Modelo (CAD)
2	<p><b>Subconjunto da Câmara Quebra/Carga :</b></p> <p>Quebrar o coco licuri em uma câmara de quebra formada por um cilindro com seis ressaltos a 60 graus, e uma placa (peça na cor vermelha) com dois ressaltos. Nessa versão da máquina o princípio básico de funcionamento da câmara é a quebra do coco apenas pelo choque (energia do impacto).</p>	<p><u>Detalhe 3D</u></p>  <p><u>Detalhe 2D (vista posterior)</u></p> 	<p>O novo subconjunto câmara de quebra/carga foi completamente reprojetoado para incluir 3 cilindros dentados e placa guia (peça em azul). Também foram acrescentados tirantes (peças em laranja) para garantir alinhamento dos eixos. Foi eliminado o embuchamento na área de quebra e a não quebra total do coco. A amêndoa não fica presa à casca e evita-se saída de grande quantidade de licuri inteiros(intactos)</p>	<p><u>Detalhe 3D</u></p>  <p><u>Detalhes em 3D de todo Subconjunto de Quebra/carga:</u> O recipiente de carga (prisma em roxo) serve para alimentar os cocos. Logo abaixo se têm o mecanismo guia e caixa de proteção. Resultado</p>  

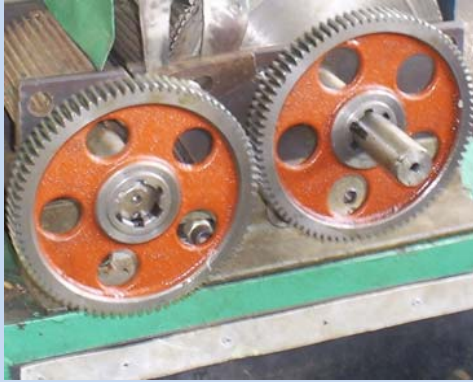

Quadro 4 - Fases da evolução do projeto: rolo e placa quebradora

FASES DA EVOLUÇÃO DO PROJETO – MÁQUINA PARA QUEBRA DO COCO LICURI				
Ordem	VERSÃO ALFA		VERSÃO BETA	
	Nome/Função	Modelo (CAD)	Principais Modificações	Modelo (CAD) e Foto
3	<p><b>Rolo Quebrador:</b></p> <p>Quando acionado, gira em torno do próprio eixo, conduzindo os ressaltos dispostos a 60 graus, fazendo colidirem com os coquinhos licuris, que se encontram parados nos batentes da placa quebradora</p>		<p>Foi substituído por um elemento cilíndrico dentado que foi reprojetoado em função da necessidade de maior alcance das dimensões dos coquinhos, quanto a forma, tamanho e integridade das amêndoas a serem quebradas. Implicou em melhor eficiência e higienização para o processo.</p>	
4	<p><b>Placa Quebradora:</b></p> <p>Seus ressaltos servem de apoio (suporte), onde ficam assentados os frutos aguardando o giro de rolo quebrador para provocar a quebra do coco por choque.</p>		<p>Substituída por novos elementos cilíndricos dentados que rolam eqüidistantes e permitem regulagem, em função dos parâmetros diametrais dos cocos de licuri que são alimentados no recipiente de carga.</p>	

Quadro 5 - Fases da evolução do projeto: Mancais e Base da Máquina

FASES DA EVOLUÇÃO DO PROJETO – MÁQUINA PARA QUEBRA DO COCO LICURI				
Ordem	VERSÃO ALFA		VERSÃO BETA	
	Nome/Função	Modelo (CAD)	Principais Modificações	Modelo (CAD)
5	<p><b>Mancal do Rolo:</b></p> <p>Serve de apoio para o eixo conduzido onde está montado o eixo condutor do rolo/cilindro quebrador.</p>		<p>Substituído por mancais de rolamentos, para suporte dos três eixos rotativos dentados, que formam a câmara de quebra. Estes elementos possuem rasgos oblongos com a finalidade da regulagem da distancia entre cilíndricos dentados, que produzem a eficiência na quebra dos cocos em função dos parâmetros diametrais.</p> <p>Foto com detalhe do rasgo oblongo</p>	
6	<p><b>Base da Máquina:</b></p> <p>Sua função principal é servir de sustentação para toda a máquina.</p>		<p>A alteração principal foi feita no formato da base. Anteriormente tinha um formato retangular e foi dada uma inclinação adequada aos pés com a finalidade de promover maior estabilidade ao conjunto quanto a vibração imposta pela operação de quebra.</p>	

Quadro 6 - Fases da evolução do projeto: trem de engrenagens

FASES DA EVOLUÇÃO DO PROJETO – MÁQUINA PARA QUEBRA DO COCO LICURI				
Ordem	VERSÃO ALFA		VERSÃO BETA	
	Nome/Função	Modelo (CAD)	Principais Modificações	Modelo (CAD)
7	<p><b>Trem de Engrenagens</b></p> <p>Conjunto responsável pela transmissão de movimento aos rolos ou elementos cilíndricos da câmara quebradora.</p>		<p>Um novo trem de engrenagens do sistema de transmissão foi fabricado utilizando-se nylon. O material apresenta propriedades importantes no atendimento ao programa alvo, a saber: baixo peso específico, , baixo coeficiente de atrito, auto-lubrificante, possibilita grande absorção de vibrações, baixo custo, boa resistência ao impacto, boa resistência ao desgaste e à abrasão e boa resistência mecânica.</p>	

## **CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

### **6.1 - CONCLUSÕES**

Nessa pesquisa foi concebido, projetado e manufaturado um protótipo de uma máquina para quebra e extração da amêndoa de cocos de licuri. Como conclusões a partir de resultados alcançados têm-se:

- 1) As principais metas pré-estabelecidas com relação à produtividade (i.e. grande quantidade de cocos de licuri quebrada/hora), qualidade da amêndoa extraída, melhor higiene e segurança foram alcançadas. O protótipo da máquina projetada quebra muitos cocos com qualidade e higiene garantidas de forma segura.
- 2) A aplicação da metodologia da engenharia de sistemas mostrou ser bastante eficaz no projeto da máquina. O resultado positivo obtido na forma de protótipo final é comprovação desse fato.
- 3) Entende-se que, devido ao sucesso alcançado, a metodologia é também recomendável para sistemas complexos de pequeno porte. A máquina para a quebra do licuri é um sistema complexo de pequeno porte.
- 4) Observou-se que as diversas ferramentas disponibilizadas através da tecnologia CAD realmente têm efeito positivo na otimização da metodologia, modificando-a para melhor. A tecnologia CAD evita repetições desnecessárias de algumas etapas de projeto e além de eliminar a necessidade de se produzir um elevado número de protótipos físicos reais. Em vez disso, produz-se apenas pré-protótipos virtuais de baixo custo.
- 5) Os principais elementos facilitadores no caso da tecnologia CAD foram a visualização 3D de pré-protótipos virtuais e a possibilidade de se verificar

problemas no encaixe (i.e.ajustes com e sem folga) de peças durante a montagem CAD do conjunto completo.

- 6) A máquina apresentou algumas importantes propriedades emergentes, a saber: razoável grau de simplicidade permitindo ser operada por pessoas não qualificadas das zonas rurais e a segurança necessária para evitar as mutilações ocasionadas pelo método não mecanizado.
- 7) O novo modelo projetado apresenta um diferencial importante em relação ao único modelo existente atualmente. Agora, tem-se que separação da casca e amêndoa é feita automaticamente. Esse fator influencia tanto na produtividade do equipamento, como na higienização das amêndoas.
- 8) Foram superados alguns problemas detectados no modelo existente, a saber: embuchamento na área da quebra de coco para extração da amêndoa, a não quebra total do coco devido as variadas dimensões dos cocos existentes na natureza ou até mesmo a presença de grande volume dimensional na Câmara de quebra. No novo modelo de máquina tem-se um dispositivo capaz de realizar uma pré-seleção automática dos cocos alimentados (com base parâmetro diametral), evitando-se por completo estes inconvenientes.

## 6.2 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Após uma reflexão sobre alguns pontos importantes do atual sistema concebido nessa pesquisa, o autor apresenta a seguir três sugestões para futuros trabalhos:

- 1) Sugere-se um estudo para repensar o projeto da máquina, objetivando reduzir a potência necessária de acionamento (atualmente de 2 HP) para  $\frac{3}{4}$  de HP. Essa diminuição permitiria que sua fonte de energia para alimentar o

motor fosse do tipo renovável (i.e. solar). Talvez uma versão portátil do atual protótipo fosse uma alternativa viável nesse sentido.

- 2) Uma pesquisa de viabilidade econômica de produção em série para o novo modelo da máquina também seria interessante.
- 3) Finalmente, o autor sugere um estudo, também econômico, para verificar o impacto financeiro na renda das famílias da região beneficiada com a utilização do equipamento.

## REFERÊNCIAS

1. AGUIAR, J. L. P.; MARINHO, H. L.; REBÊLO, Y. S.; SHRIMPOTOM, R. 1980. **Aspectos nutritivos de alguns frutos da Amazônia. Acta amazônica** 10:755-758.
2. BECKERMAN, S. 1977. **The use of palms by the barí indians of the Maracaibo basin.** *Principes* 21:143-154.
3. BLANCHARD, B.; FABRYCKY, W. **Systems Engineering and Analysis.** 4th ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ, 2004.
4. BOND, A. H.; GASSER, L. **Readings in distributed artificial intelligence.** San
5. BONDAR, G. O. **Licurizeiro e suas potencialidades na economia brasileira.** Instituto Central de Fomento Econômico da Bahia 2:18. 1938.
6. Notas entomológicas da Bahia. V. **Revista de Entomologia.** v.11, p. 199-214. 1940b.
7. BOVI, M. L. A.; CARDOSO, M. 1976. **Germinação de sementes de açazeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.).** *Bragantia* 35: 91-97.
8. GODOY-JÚNIOR, A. G.; SÁEZ, L. A. 1987. **Pesquisas com os gêneros *Euterpe* e *Bactris*.** Instituto Agrônomo de Campinas. *O Agrônomo* 39(2): 129-174.
9. 1990. Pré-embebição em água e porcentagem e velocidade de emergência de sementes de palmitero. *Bragantia* 49(1): 11-22.
10. BROCHAT, T.; DONSELMAN, H. 1988. Palm seed storage and germination studies. *Principes* 32(1): 3-12.
11. CARNEIRO, Daniel R.; “**Varig inicia vôos para a Europa com seus novos Boeing 777**”, reportagem disponível em [http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Runway/8721/777\\_varig.htm](http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Runway/8721/777_varig.htm) acesso em 03/10/2008.
12. CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. de. S.; CREPALDI, I. C. **Uso de substâncias reguladoras e não-específicas na germinação de sementes de licuri (*Syagrus coronata* (MART.) BECC).** *Sitientibus Série Ciências Biológicas* 5 (1): 28-32. 2005.

13. CREPALDI, I. C.; MURADIAN, L. B. de. A.; RIOS, M. D. G.; CAMARGO PENTEADO, M. de. V. C.; SALATINO, A. **Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari).** *Revista Brasileira de Botânica*. v.24 n. 2. São Paulo, 2001.
14. CUNHA, A. C. C.; JARDIM, M. A. G. 1995. **Avaliação do potencial germinativo em açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) variedades preto, branco e espada.** *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. 11(1): 55-60.
15. DARLEEN, A.; WIDNEY, D.; STILLMAN, I. I. 1992. **In vitro and transplantation experiments with germination of date embryos.** *Canadian Journal of Botany* 70: 965-974.
16. DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas.** Mossoró, RN, ESAM – Fundação Guimarães Duque, 3 ed., 316p, 2001.
17. EBERT, Douglas C.. **Simulação da Dinâmica Operacional de Um Processo Industrial de Abate de Aves.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2007.
18. FERNANDES, Carlos A. **Simulação da dinâmica operacional de uma linha de abate de suínos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2005.
19. FISCH, S. T. V.; NOGUEIRA J. R, L. R.; MANTOVANI, W. **Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* mart.** na Mata Atlântica (Reserva Ecológica do Trabiju, indamonhangaba–SP).
20. Disponível em: < [www.unitau.br/prppg/publica/biocienc](http://www.unitau.br/prppg/publica/biocienc)> Acesso em: [10/06/2005].
21. JOLY, A. B. **Botânica: Introdução à taxonomia vegetal.** 7 ed. São Paulo: Nacional, 1985. p.705-706.
22. GARTZ, Paul Ebner; **"Commercial System Development in a World";** IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems VOL. 33, NO. 2 ;1997
23. JACKSON, Scott; **"Systems Engineering for Commercial Aircraft";** Ashgate, 1997.

24. JESTY, Peter; Hobley, Keith M; Rivett, Roger S. and Ward, David; “**Safety Analysis of Automotive Embedded Systems**”; Proceedings of MathWorks Automotive Conference; 2008.
25. JENNINGS, N. R. **Agent-Oriented Software Engineering**. In: **PROCEEDINGS OF THE 9TH European workshop on modelling autonomous agents in a multi-agent world: multi-agent system engineering (MAAMAW-99)**, Springer-Verlag,. v.1647, p.1–7, Heidelberg, Germany, 1999
26. KILL, L. H. P. **Caatinga: Patrimônio Brasileiro ameaçado**. Disponível em: <[www.agroline.com.br](http://www.agroline.com.br)>. 2002. 2p. Acesso em: [28/05/2005].
27. KOEBERNICK, J. **Germination of palms seed**. Principes 15 (14): 134-137. 1971.
28. LAW, A. M. e KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. In: McGraw-Hill Inc., 2a ed. 1991
29. LOJAN, L. **Tendencias del crecimiento radial de 23 especies florestales del tropico**. Turrialba, v. 8, n.3, p.275-281, 1968.
30. LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Editora Platarum, Nova Odessa, São Paulo, p.287. 1992.
31. LOUREIRO, G. A. **Systems Engineering and Concurrent Engineering Framework for the Integrated Development of Complex Products**. PhD Thesis. Loughborough University. Loughborough. UK. 1999
32. MARIA, A. **Introduction to modeling and simulation. Proceedings of the 1997 winter simulation conference proceedings**. ed. J.A. Joines, R.R. Barton, K. Kang, and P.A. Fishwick, p. 7-13, IEEE, Piscataway, NJ, 1997
33. MATTHES, L. A. F. & C. E. F. CASTRO. **Germinação de sementes de palmeiras**. **O Agrônomo** 39(3): 267-277 1987
34. MERLO, M. E., M. M. ALEMAN, J. CABELLO & J. PENAS. 1993. **On the mediterranean fan palm (*Chamaerops humilis*)**. Principes 37 (3): 151-158.
35. MOULIN, Bernard; CHAIB-DRAA, Brahim. **An Overview of Distributed Artificial Intelligence**. In: O’HARE, Greg; JENNINGS, Nicholas R. (Eds.). **Foundations of distributed artificial intelligence**. [S.l.]: John Wiley and Sons, 1996

36. NASA. SP6105. **Systems Engineering Handbook**. 1996. (disponível no site da NASA, [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov))
37. NEELANKAVIL, F.; "Computer Simulation and Modeling"; John Wiley & Sons Ltd; 1987.
38. NOBLICK, L. R. **Palmeiras das caatingas da Bahia e as potencialidades econômicas. Simpósio sobre a Caatinga e sua Exploração Racional**, Brasília, DF, EMBRAPA, p.99-115. 1986.
39. **He indigenous palms of the State of Bahia**, Brazil. PhD Thesis, University of Illinois, Chicago, 1991.
40. O'HARE, Greg; JENNINGS, Nicholas R. **Foundations of distributed artificial intelligence**. [S.l.]: John Wiley and Sons, 1996.
41. OLIVER, D. W.; "Engineering of Complex Systems with Models" IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems Vol. 33, No. 2, april, 1997.
42. OLIVER, D. W.; "Systems engineering & software engineering, contrasts and synergies"; In Fifth Annual International Symposium National Council on Systems Engineering, Vol. I, St. Louis, MO, July 1995.
43. OZANA, Stepan; "Visualization of Active Suspension by Robust Controller in Virtual Reality Toolbox"; 19th International Conference on Systems Engineering, 2008.
44. PAHL, G; BEITZ, W; FELDHUSEN, J; and GROTE, K.; "Projeto na Engenharia"; Editora Edgard Blücher, 1a Ed; 2005.
45. PITTMAN, T. **The parrots society**. [on line]. 06/2000. Disponível em: <[www.theparrotsociety.org/clm.htm](http://www.theparrotsociety.org/clm.htm)> Acesso em: [18 de agosto de 2002].
46. PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software**. São Paulo: Makron Books 2005.
47. SAGE, A. P.; ROUSE, W. B. **Handbook of Systems Engineering and Management**, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1999
48. SANDRI, Maria F. A. de O. **Modelo Computacional Para Simulação do Escoamento da Produção de Milho e Soja e Trigo da Região Oeste do Estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2006

49. SANTOS, H. M. V; SANTOS, V. de J. **Estudo etnobotânico do licuri *Syagrus coronata* (Martius) Beccari em Senhor do Bonfim, Bahia.** 2002. Disponível em: <http://projetolicuri.ubbihp.com.br/pages/resultados2.htm>. Acesso em: [10/08/05]
50. SCHMIDT, J. W. and TAYLOR, R.E.; **Simulation and Analysis of Industrial Systems.** Georgetown, Canada; Richard Irwin Inc. 1970.
52. SILVA. Priscila Albertasse Dutra da. sobre **Ecologia populacional e botânica econômica de *Butia Capitata*.** Dissertação de Mestrado, UNB - Brasília, 2008.
53. SILVA, L.C. **Stochastic simulation of the dynamic behavior of grain storage facilities.** (Tese de doutorado), UFV, Viçosa (MG), 2002.
54. SOMMERVILLE, I; **Software Engineering; 8th ed Addison-Wesley,** 2006.
55. SOUSA. Esequias. **ABNT – Prático e Fácil. Como fazer monografias...**1 Cd.; Salvador, 2008 .
56. STEVENS, R. et al. **Systems Engineering Coping With Complexity;** Prentice Hall Europe, London, 1998.
57. LINSON, P. B. 1990. **The structural biology of palms.** Oxford, Clarendon Press, 477 p.
58. UHL, N. W., DRANSFIELD, J., DAVIS, J. I., LUCKOV, M. A.; HANSEN, K. S. & DOYLE, J. J. 1995. **Phylogenetic relationships among palms: cladistic analyses of morphological and chloroplast DNA restriction site variation.** *In* Monocotyledons: systematics & evolution (RUDALL, P. J.; CRIBB, D. F.; CUTLER, E.; HUMPHRIES, C. J.), Royal Botanic Gardens, Kew, p.623-661.
59. WOOLDRIDGE, Michael; JENNINGS, Nicholas R. **Intelligent Agents: Theory and Practice.** *The Knowledge Engineering Review*, v.10, n.2 p.115–152, 1995.
60. NASTON, W. L. **Operations research - applications and algorithms.** *In* **International Thomson Publishing.** Belmont, California. 1994. 1312p

61 ZAMBONELLI, F.; JENNINGS, N. R.; WOOLDRIDGE, M. **Organisational Abstractions for the Analysis and Design of Multi-Agent Systems**. In: PROCEEDINGS OF THE 1ST INTERNATIONAL WORKSHOP ON AGENT-ORIENTED SOFTWARE ENGINEERING, p.127–141,2000, Limerick, Ireland, 2000

# **APÊNDICE A**

**PRANCHAS COM DETALHES**

**DE ALGUMAS PEÇAS**

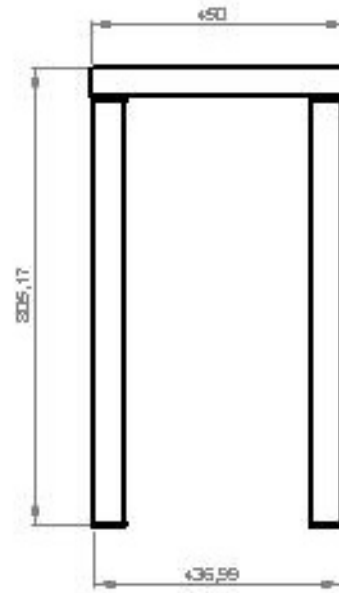
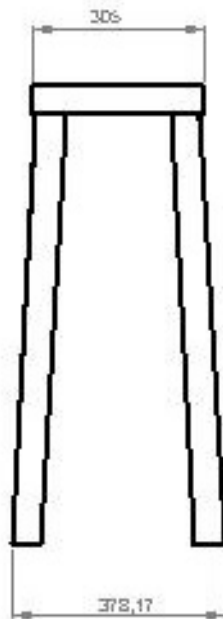
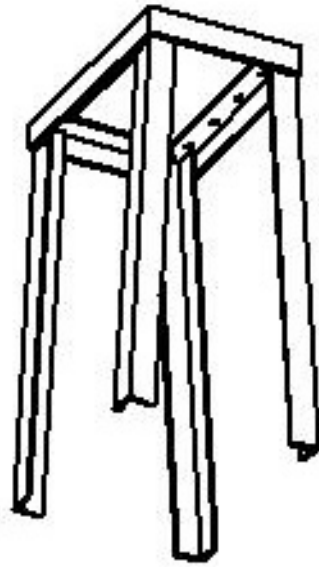






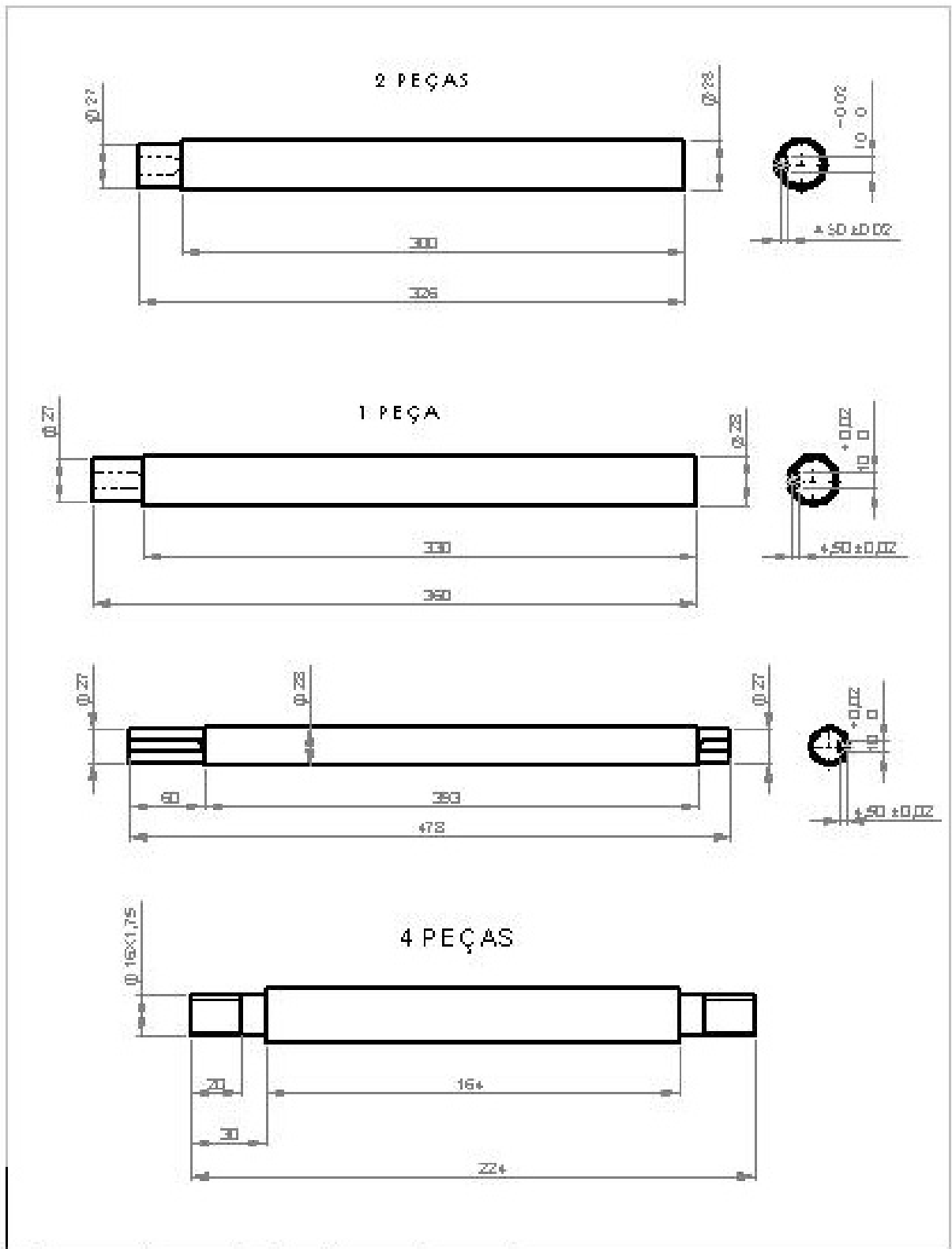






CANT. = 3"X3"X1/4"

PROJ.	DESENHO	DATA			MÁQUINA PARA QUEBRAR LICURI
DESENHADO					
APROVADO					
REVISADO					
DATA			AUTOR		DESCR. MÁQUINA
					CAVALETE
					A4
			TÍTULO		DESENHO
					DATA DE



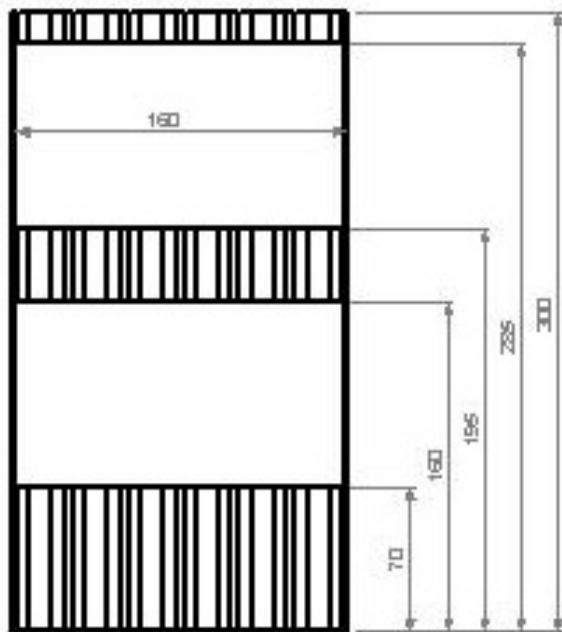
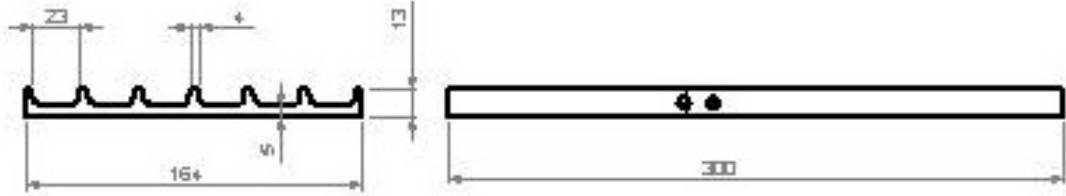
	REV.	DESCRIÇÃO	DATA						
PROJ.									
CONF.									
APR.									
ELAB.									
DATA									
MATERIAL AÇO ABNT 1045							NOME DO EIXOS		A4
PROJ. ENG. (1-1)							CONF. ENG.		DEP. (1-1)

MÁQUINA PARA QUEBRAR LICURI

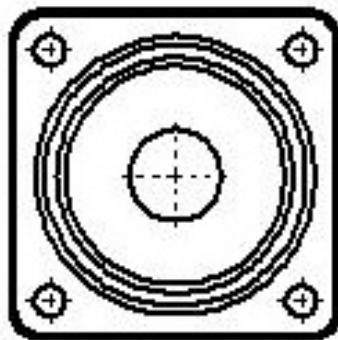
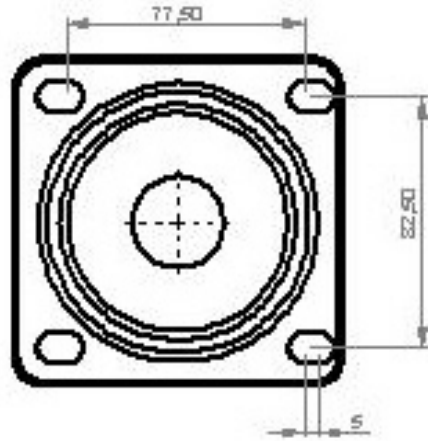
AÇO ABNT 1045

EIXOS

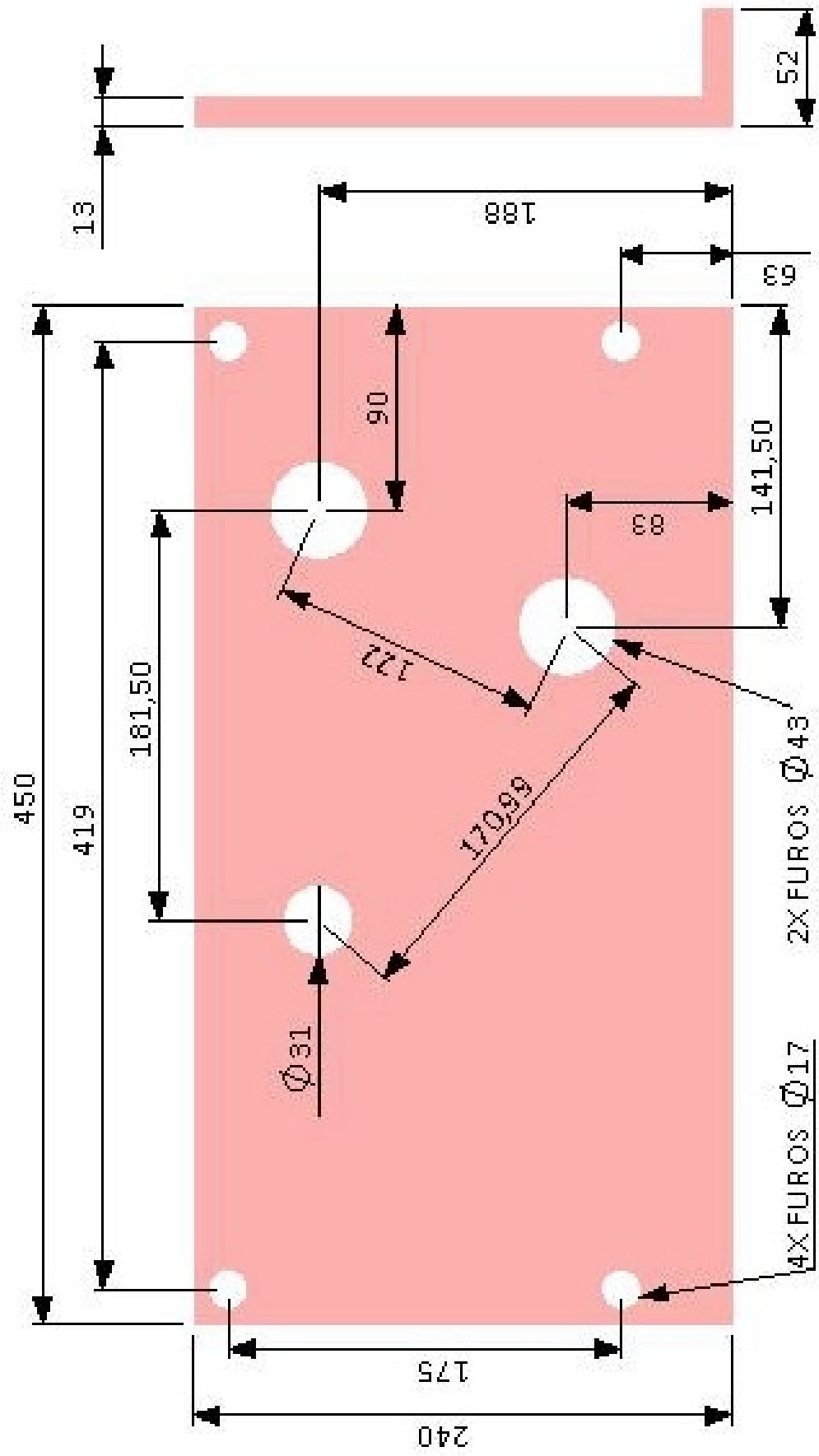
A4



DESENHO	DATA	DESENHADOR	DATA	PROJ.	MÁQUINA PARA QUEBRAR LICURI
EXEC.					
APPROV.					
VIC.					
DA				MATERIAL	QTD. NO. PLACA GUIA
				AÇO INOX 316L	A4
				REVISÃO	DESENHADOR
					DATA



	NUM.	DESCRIÇÃO	QTD.				1710	MÁQUINA PARA QUEBRAR LICURI	
DESENH.									
CHEB.									
APROV.									
VIC.									
DATA								Q-TD. IND.	MANCAIS
									A4
								DESENH. ENG.	DATA 10/11



# **APÊNDICE B**

**ALGUMAS CARACTERÍSTICAS**

**TÉCNICAS DA MÁQUINA**

## DADOS TÉCNICOS:

### IDENTIFICAÇÃO DA MÁQUINA

- a) **Máquina** : Quebradora de licuri
- b) **Modelo**: protótipo
- c) **Tipo**:mecânico
- d)**Fabricante**: pesquisador

### LISTAGEM DAS PEÇAS INTEGRANTES DA MÁQUINA (Partes Fixas)

- Cavalete
- Caixa de proteção
- Aparador
- Reservatório de carga
- Grade de Proteção

### LISTAGEM DOS ELEMENTOS DE COMANDOS (Partes Móveis)

- Motor elétrico
- polias
- correias
- eixos
- cilindro quebrador
- engrenagens

## **CARACTERÍSTICAS DOS ELEMENTOS DE COMANDO**

**POLIAS** - (em V) - alumínio

**CORREIAS** - (em V), B

**EIXOS** - (aço SAE 1045)

### **CILINDROS QUEBRADORES**

$Z_1 = 95$ ;  $Z_2 = 28$ ;  $Z_3 = 28$

**Material de fabricação:** aço SAE 4140 temp/ver

**ENGRENAGENS:**  $Z_1 = 51$ ;  $Z_2 = 53$ ;  $Z_3 = 54$ ;  $Z_4 = 55$ ;  $Z_5 = 56$   $M = 2.5$

**Material de fabricação:** naylon

## **CAIXA PROTETORA COM CARREGADOR**

Material de fabricação: chapa inox(16)

Dimensões: 500 x 390 X 310

## **CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO**

**MOTOR ELÉTRICO** - bi-fásico: velocidades (alta e baixa) 900/1700RPM  
220volts/60Hz

## **CARACTERÍSTICAS DO CAVALETE (base da máquina)**

Material de fabricação: aço SAE 1020

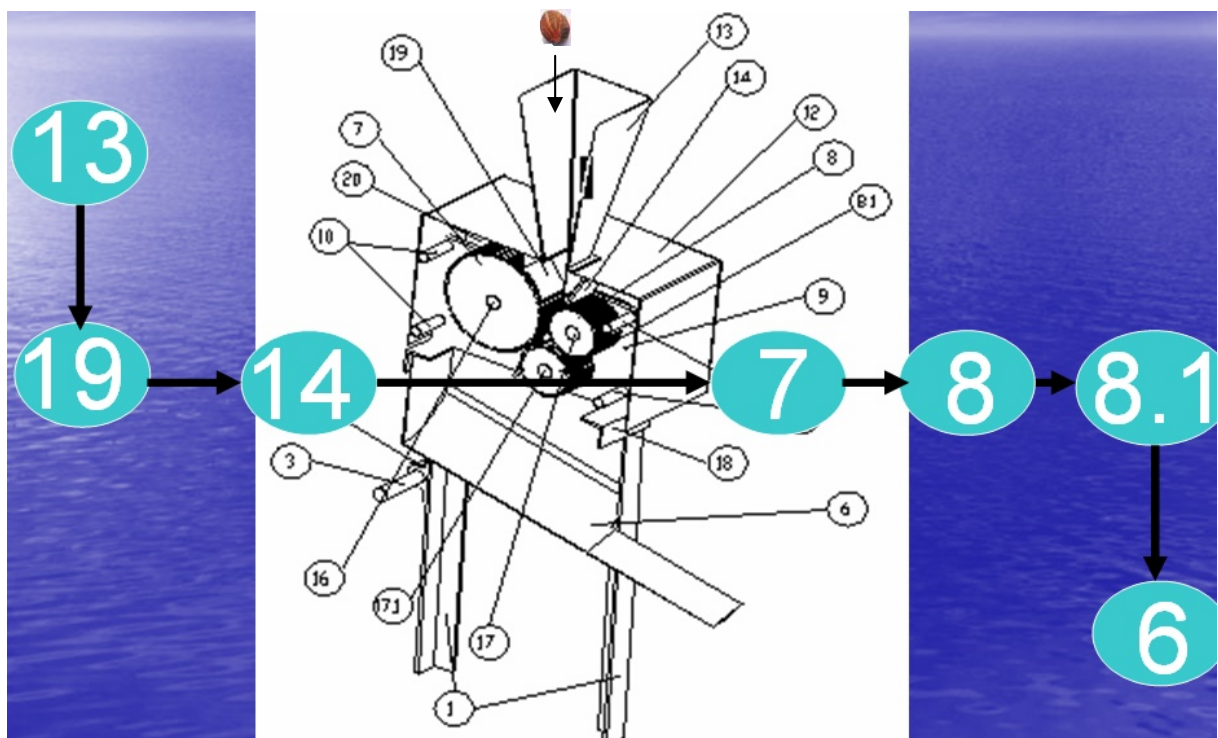
Dimensões: 800x600x300mm (piramidal)

# **APÊNDICE C**

**ALGUNS DETALHES DE FUNCIONAMENTO DA MÁQUINA**

## 1) CICLO OPERACIONAL DA MÁQUINA

A seguir ilustra-se o ciclo operacional da máquina. Inicialmente o fruto é colocado no reservatório de carga (13), cai na caixa guia (19) e segue pela placa guia (14) até o elemento dentado principal (7) que, dependendo do tamanho do licuri, já é imediatamente quebrado na compressão com o elemento dentado superior (8). Na seqüência, os frutos de menores diâmetros seguem para a quebra no elemento dentado inferior (8.1) que também atua em conjunto com o elemento dentado principal (7) de maior diâmetro. Finalmente, a amêndoa cai no aparador (6).



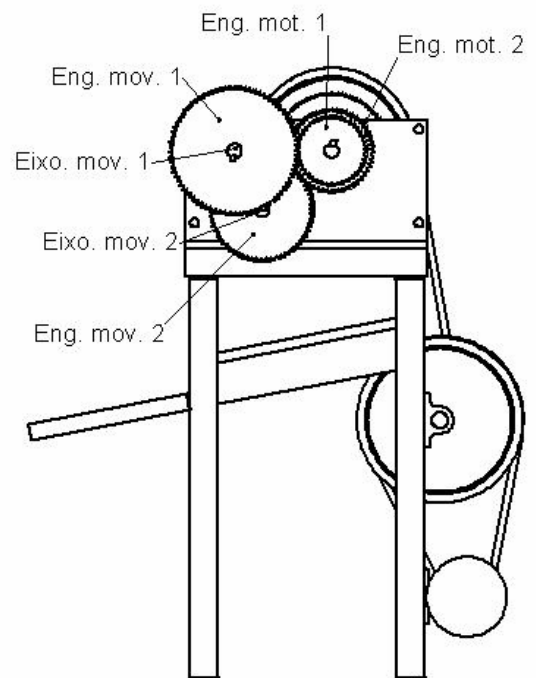
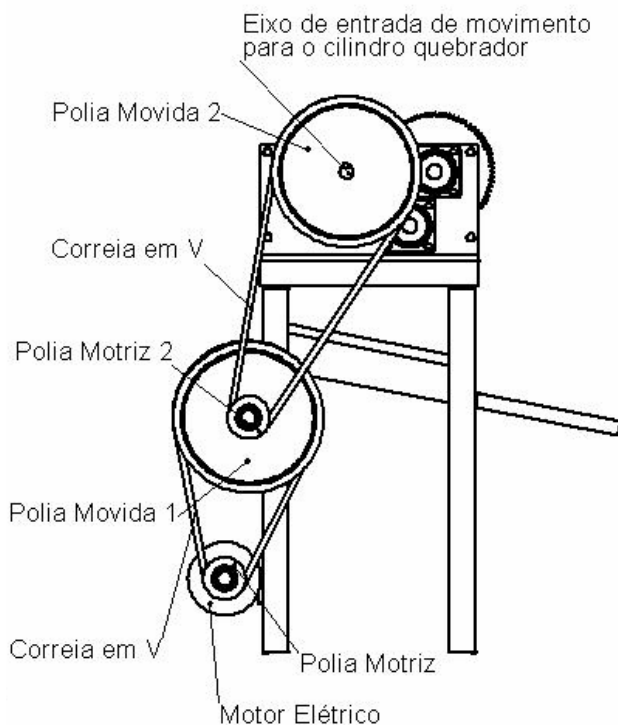
## 2) FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

É notório que em se tratando de uma máquina mecânica, geralmente leva um sistema de lubrificação para os seus elementos rotativos. Todavia, esta máquina, não tem sistema de lubrificação aparente; ou seja, os mancais de rolamentos, são blindados, não necessitando de lubrificação. As engrenagens dos sistemas de transmissão foram fabricadas com material sintético o que dispensa lubrificação.

### 3) ACIONAMENTO:

#### FLUXOGRAMA DE ACIONAMENTO

Motor elétrico → Polia motora → Correias → Polia movida →  
 Eixo de entrada para o cilindro quebrador 1 → Eng. motora 1 da grade →  
 Eng. motora 2 da grade → Eng. movida 2 → Eng. Movida 3 →  
 Eixo movido do cilindro 2 → Eixo movido do cilindro 3.



# **APÊNDICE D**

**LISTAGEM DOS PROCESSOS  
DE FABRICAÇÃO UTILIZADO.**

## **LISTAGEM DOS PROCESSOS UTILIZADOS:**

Nas etapas de fabricação das peças e elementos da máquinas do equipamento quebrador de licuri, foram usados, dentro do contexto da mecânica industrial, dois tipos de processo:

- a)** processos mecânicos e
- b)** processos metalúrgicos.

Para os processos mecânicos foram utilizadas as seguintes máquinas ferramentas:

- Serra hidráulica para corte de materiais
- Torno mecânico paralelo
- Frezadora paralela
- Furadeira de bancada
- Furadeira radial

Obs: houve também trabalhos de bancada, para pequenos ajustes.

Para os processos metalúrgicos foi usado o seguinte maquinário:

- Máquina de solda elétrica
- Máquina de solda oxi-acetilênica