



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
LABORATÓRIO DE MICROONDAS APLICADAS**

**FRAGMENTAÇÃO MECÂNICA DE AMÊNDOAS DE CUPUAÇU  
(*Theobroma grandiflorum*) POR MEIO DE UM BENEFICIADOR DE  
CILINDROS**

Por

**Fábio de Albuquerque Vilalba**

Engenheiro Mecânico

Prof. Dr. Antonio Marsaioli Junior

Orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da  
Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em  
Engenharia de Alimentos.

Campinas – SP

Maio de 2003

Reservado: 16/6/05

UNIDADE	FEA
Nº CHAMADA	TRUNE CAMP
V	EX
TOMBO BCI	55015
PROC.	16-124103
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	05/08/03
Nº CPD	

FEA/1/2003, 1825

CH00189593-1

bibid 300 888

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

V71f

Vilalba, Fábio de Albuquerque

Fragmentação mecânica de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) por meio de um beneficiador de cilindros / Fábio de Albuquerque Vilalba. – Campinas, SP: [s.n.], 2003.

Orientador: Antônio Marsaioli Junior  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. *Theobroma grandiflorum*. 2. Nibs. 3. Cotilédone. 4. Quebra.  
I. Marsaioli Junior, Antônio. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

# **FRAGMENTAÇÃO MECÂNICA DE AMÊNDOAS DE CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*) POR MEIO DE UM BENEFICIADOR DE CILINDROS**

Por

Fábio de Albuquerque Vilalba

Tese aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2003

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Antonio Marsaioli Junior  
(ORIENTADOR – DEA/FEA/UNICAMP)

---

Prof. Dr. Nelson Horacio Pezoa Garcia  
(MEMBRO – DTA/FEA/UNICAMP)

---

Prof. Dr. Antonio Carlos de Oliveira Ferraz  
(MEMBRO – FEAGRI/UNICAMP)

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Gasparetto  
(SUPLENTE – DEA/FEA/UNICAMP)

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antonio Marsaioli, pela paciência, amizade e apoio durante a orientação deste trabalho. Ao Prof. Dr. Horácio Pezoa, pela ajuda valiosa e dicas que valem ouro.

À Alessandra Lopes e Marcus Vasconcelos (Mun-hááá...o de vida eterna), pela amizade, material bibliográfico fornecido e companherismo durante esta árdua batalha, amo vocês. A Rafaela Mattietto, também pela amizade e pelo acolhimento em sua casa quando este aqui que escreve, viajou para o estado do Pará fermentar sementes de cupuaçu. Que aventura! Não poderia esquecer também a Anavânia e Daniella, beijos.

Aos meus amigos do Laboratório de Microondas Aplicadas, Flávio Tosco (continue com este coração), Michele Paoulo, Nádia e Kamila (mantenha seu jeito meigo, mas seja firme quando precisar).

Agradecimentos, junto com uma “kickada” na canela, para a comunidade DEA/FEA: Carlão, Raul, Lucinewton, Radgi, Robson, Honorato Hombrepedra, Crhis, Kelly, Angela (esta tem um “chi” muito bonito), Dudu Listerine (o único com os olhos do Muppet Caco), Junior + Maria e Sinho Homembomba. Também aos funcionários Marquinho, Carlão Parreira e ao maluco do Adalto. Agradecimento especial para Fabiovalinhos.

À empresa Lucato (Limeira – SP) pelo empréstimo do beneficiador de cilindros, muito obrigado. À CAMTA, pela matéria prima, mais os seus funcionários (Sr. Nao, Parrudo, Batoré, etc.....pessoas com uma atenção ao ser humano fora do comum).

Um beijo aos meus pais (Rubens e Lindalva) e ao meu irmão Flávio.

Ao CNPq, pela bolsa concedida, obrigado.

**Tradução de um trecho do editorial de Kent em seu zine Heartattack (nº13, Novembro – 1996). Este é um dos melhores zines de bandas nos EUA.**

“.....Em alguns aspectos acho que estou ficando cada dia mais hippie, e talvez, ficando menos e menos punk. Sempre considerei o hardcore como sendo uma espécie de combinação da cultura hippie e punk. Vegetarianismo, preocupações ambientais, posicionar-se anti-sistema, uma vida alternativa – são todas idéias hippie. Straight edge, individualismo, comunidade, veganismo, autonomia – são todas idéias punk. As diferenças são sutis e tudo isso se combina para formar o que eu chamo de hardcore.

Acho que o hardcore existe pois há muitos de nós tentando achar um caminho na vida que nos permitirá viver neste planeta. Cresci me sentindo alienado deste mundo. Ainda me sinto assim. As vezes fico desesperado para achar alguma coisa que me ajude a respirar. Hardcore tem sido a coisa que me ajuda a respirar. Hardcore tem sido a minha vida por muitos e muitos anos. Sempre fico pensando se eu teria chegado aqui se não fosse pela comunidade hardcore. Ouvir hardcore me dava forças por me dar a certeza de que eu não estava sozinho. Só que ficando mais velho, mais uma vez sinto-me alienado e sozinho. Comparando à minha idade a cena está cada vez mais nova, e me pego com medo de ser um moleque de meia idade. Será que o hardcore me sustentará por mais 14 anos ?! As vezes não tenho certeza.

Bom, hoje em dia surfar me faz sentir vivo novamente. Assim como o hardcore fez quando eu tinha 15 anos. Hardcore me fez amar a vida. Era um motivo para levantar de manhã e muitas vezes era uma razão para viver. Nesse momento eu preciso surfar. Sem essas sessões matinais no mar, duvido que teria conseguido terminar mais um número do meu zine. O que tudo isso significa? Acho que nada. Só pensei em preencher esse espaço com essas palavras. Está tudo tão sem sentindo mesmo.....

Se você encontrar algum sentindo em música barulhenta e vocais guturais, ou de pegar onda bem cedinho, ou em tocar, ou escrever, ou desenhar, acampar, fotografar, acho que é isso que importa. A vida é o que a gente faz dela. Só temos uma chance. Estou tentando fazer a minha valer a pena. As vezes é difícil mas eu tenho uma vida tranquila. Os meus problemas são internos e pequenos comparados aos de muitas pessoas que vivem neste planeta agressivo, mas podem ser duros quando estou sozinho e depressivo. Sou grato por estar vivo. Tenho que me lembrar disso.”

# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
EPÍGRAFE	vi
SUMÁRIO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABELAS	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
Capítulo 1. INTRODUÇÃO	01
Capítulo 2. OBJETIVOS	05
2.1. Objetivo Geral	05
2.2. Objetivos Específicos	05
Capítulo 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	06
3.1. Cupuaçu	06
3.1.1. O Gênero <i>Theobroma</i> e os locais de ocorrência	06
3.1.2. O cupuaçuzeiro e o fruto	07
3.1.3. Variedade e classificação	08
3.1.4. Clima, solo e plantio (consórcio)	09
3.1.5. Coleta do fruto, produtividade e qualidade	10
3.1.6. Produção, comercialização e armazenamento	12
3.1.7. Beneficiamento, rendimento e aproveitamento dos componentes do	

fruto	17
3.2. Fragmentação e Separação	23
3.2.1. Fragmentação de Sólidos	23
3.2.1.1. Beneficiador de cilindros	24
3.2.2. Separação Sólido-Sólido	25
3.2.2.1. Peneiramento	26
Capítulo 4. MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1. Material	27
4.1.1. Obtenção das amêndoas	27
4.1.2. Equipamentos	27
4.2. Métodos	30
4.2.1. De sementes para amêndoas (processos de fermentação e secagem)	30
4.2.2. Avaliação da fermentação das amêndoas de cupuaçu	34
4.2.2.1. Perfil de temperatura	34
4.2.2.2. Teste de corte	36
4.2.2.3. Composição física	39
4.2.3. Etapa de quebra	39
4.2.4. Etapa de separação	42
4.2.5. Pureza da matéria-prima obtida	43
4.2.6. Análise estatística	44
4.2.7. Níveis e metodologias dos fatores	45
4.2.7.1. Umidades	46

4.2.7.2. Velocidades diferenciais entre os cilindros fragmentadores	48
Capítulo 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1. Obtenção dos <i>Nibs</i>	53
5.1.1. Etapas de quebra e separação	53
5.1.1.1. Bloco 1 (Planejamento Experimental)	53
5.1.1.2. Blocos 2, 3 e 4 (Teste de Tukey)	60
5.1.2. Resultados da pureza do material	61
5.1.2.1. Bloco 1 (Planejamento Experimental)	62
5.1.2.2. Blocos 2, 3 e 4 (Teste de Tukey)	64
6. CONCLUSÕES	72
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	73
ANEXO	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. O fruto cupuaçu.	08
Figura 2. Corte longitudinal da amêndoa de cupuaçu.	20
Figura 3. Beneficiador de cilindros.	24
Figura 4. Analisador de umidades de microondas marca CEM.	29
Figura 5. Detalhes das dimensões da caixa T-60.	31
Figura 6. Barcaça utilizada para secagem das amêndoas de cupuaçu (CAMTA-PA).	33
Figura 7. Perfis de temperatura dos lotes F1, F2 e F3 durante a fermentação.	34
Figura 8. Perfis de temperaturas relatados por pesquisadores que utilizaram a caixa T-60 em seus processos fermentativos.	36
Figura 9. Fluxograma das etapas para obtenção do <i>nibs</i> .	40
Figura 10. Vista superior dos cilindros de borracha e da mola de pressão.	41
Figura 11. Vetores de velocidades dos cilindros fragmentadores.	48
Figura 12. Perfis de rendimentos relacionados com a velocidade diferencial.	51
Figura 13. Visualização do direcionamento das massas em uma quebra de amêndoas simulada com ensaio e velocidades determinados.	69

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa de produção de 1 hectare de cupuaçu plantado em espaçamento de 6mx6m (277plantas/ha) com diferentes idades.	13
Tabela 2 – Características do rendimento do cupuaçu segundo diversos autores.	19
Tabela 3 – Composição centesimal das sementes de cupuaçu.	20
Tabela 4 - Composição centesimal das amêndoas fermentadas e secas de cupuaçu.	21
Tabela 5 – Classificação dos lotes de amêndoas fermentadas e secas pelo teste de corte.	38
Tabela 6 - Percentuais dos componentes das amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas nos lotes F1, F2 e F3.	39
Tabela 7 – Modelo de planejamento experimental utilizado para avaliação das respostas.	45
Tabela 8 – Valores das umidades das amêndoas de cupuaçu e seus componentes correspondente a cada nível do planejamento experimental.	47
Tabela 9 – Valores das velocidades diferenciais correspondentes às velocidades do variador.	50
Tabela 10 – Planejamento experimental $2^2$ com quatro pontos centrais para análise do bloco 1.	54
Tabela 11 – Valores dos níveis dos fatores utilizados na quebra das amêndoas no bloco 1.	54
Tabela 12 – Análise dos efeitos sobre os percentuais de rendimentos.	55

Tabela 13 – Coeficiente de regressão do modelo proposto.	56
Tabela 14 – Percentual de diferença entre os valores observados e os valores preditos.	57
Tabela 15 – Percentual de diferença entre os valores observados e os valores preditos para o modelo real.	59
Tabela 16 – Desempenho de quebra para diferentes velocidades diferenciais em cada bloco.	60
Tabela 17 – Planejamento experimental $2^2$ com quatro pontos centrais para análise do percentual de casca nos <i>nibs</i> do bloco 1.	62
Tabela 18 – Análise dos efeitos sobre os percentuais de cascas no <i>nibs</i> .	63
Tabela 19 – Percentual de casca encontrado nos blocos 2, 3 e 4.	64
Tabela 20 – Tabela de distribuição das massas no fluxograma da Figura 9 durante os ensaios de quebra e separação.	66
Tabela 21 – Ensaio e velocidades em cada bloco para a simulação de quebra de 10kg de amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas.	68

## RESUMO

O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) é uma fruta nativa da região amazônica Brasileira cujas sementes convenientemente fermentadas, secas e torradas podem ser utilizadas para a obtenção de um produto similar ao chocolate. Uma etapa deste processo deverá também envolver, portanto, a obtenção dos *nibs* (cotilédones fragmentados) das amêndoas secas, separando-o da casca e do gérmen, o que pode ser feito antes ou após a torração. Esta fase do processamento da amêndoa é, ainda, realizada manualmente, de modo totalmente artesanal e pouco eficiente. O objetivo deste trabalho consistiu em pesquisar uma forma alternativa de quebra da amêndoa seca sem torrar, realizada através de um beneficiador de cilindros, seguida da utilização de um jogo de peneiras para a separação das frações. Os fatores estudados no rendimento da obtenção dos *nibs* e na verificação de sua pureza (percentual de casca e gérmen) foram a umidade da amêndoa inteira e a velocidade diferencial do par de cilindros de borracha do beneficiador, sendo este último a diferença das velocidades tangenciais destes cilindros. Os valores estudados das umidades foram de 5, 6 e 7%. O fator velocidade diferencial foi estudado em duas faixas, a primeira com 2,10 , 2,66 e 3,23m/s e, a segunda, com 0,84 , 1,87 e 3,23m/s. Pelos resultados obtidos, foi verificado que a variável umidade apresenta a maior influência na quebra das amêndoas. O nível de umidade de 5% da amêndoa inteira apresentou os maiores rendimentos de obtenção de *nibs*. A velocidade diferencial não apresentou diferença significativa nos rendimentos. Em relação aos valores dos percentuais de casca e gérmen nos *nibs*, nenhuma variável em estudo apresentou influência significativa nos valores desta resposta, mesmo assim todos os resultados foram bastante satisfatórios. Os percentuais de casca e gérmen encontrados no material final (*nibs*) foram inferior a 1,75%. O rendimento deste processo alternativo está em torno de 90% de obtenção dos cotilédones encontrados em uma determinada massa de amêndoas. Concluindo, o processo proposto constitui uma alternativa mecanizada, tecnicamente válida e superior aos métodos artesanais, apresentando bom rendimento de recuperação dos *nibs*, com percentuais de casca e gérmen abaixo do tolerado.

**Palavras-chaves:** *Theobroma grandiflorum*; *nibs*; cotilédones; quebra.

## ABSTRACT

Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) is a native fruit from the Brazilian Amazon region whose seeds suitably fermented, dried and roasted can be used to manufacture a product similar to chocolate. One phase of this process must also include, therefore, the extraction of nibs (scrapped cotyledons) from the dried kernels, separating it from the shells, what can be done before or after roasting. This part of processing the kernels is still done through manual operation, in an inefficient artisan way. This work aims at devising an alternative way of cracking the dried but not roasted kernels by using a roller crusher, followed by sieving for separating the fractions. The variables studied for determining the nibs acquisition yield as well the purity of such material (expressed as percentage of shell and embryo fragments) were the moisture of the whole kernel and the differential speed of the double rollers of the crusher, this last is the difference of the tangential speeds of those rollers. The studied values of the moisture were 5, 6 e 7%. The factor differential speed was studied in two bands, the first with 2.10 , 2.66 e 3.23m/s, the second with 0.84 , 1.87 e 3.23m/s. The results confirmed that the moisture of the whole kernel was the variable that most influenced the cracking of the kernels. The moisture level of 5% of the whole kernels showed greater yield obtainment of nibs. The variation of the differential speed did not present any significant difference at yield. With regard to the percentage values of shell and embryo found in nibs, the variables considered did not show any significant difference on the response parameter, although the results were very much satisfactory. The percentage of shell and embryo found in the final material (nibs) is below the 1.75%. The yield of this alternative process is 90% of the cotyledons acquisition from certain kernels mass. In conclusion, the proposed process sets up as a mechanized alternative, of technical value and superior to the artisan methods, showing good nibs acquirement yield, and percentage of shells and embryo below the tolerated.

**Keywords:** *Theobroma grandiflorum*; nibs; cotyledon; cracking.

## 1. INTRODUÇÃO

A grande faixa da população carente na região Amazônica, o alto valor dos alimentos protéicos-calóricos e as dificuldades de contato com economias externas, estimulam a busca de matérias-primas alternativas e regionais para a alimentação humana (Aragão, 1992). Dentre estas alternativas pode-se destacar o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum).

O cupuaçu é sem dúvida a fruta regional mais apreciada e consumida na Amazônia brasileira (Nazaré, 1996), a fruta é tão conhecida na região norte que se dispõe de inúmeros produtos derivados do cupuaçu, todos eles com sabores envoltos de grandes elogios. A fruta também é conhecida como cupu, cupuassu ou cupu-do-mato (Monteiro, 1996; Venturieri & Aguiar, 1988).

A princípio, todo o valor econômico da fruta é concentrado em sua polpa, sendo através da polpa que existe todo fluxo de mercado do cupuaçu: produção, comercialização e industrialização. Os agricultores nipo-brasileiros de Tomé-Açu (PA) foram os primeiros a perceberem as vantagens da cultura do cupuaçuzeiro como atividade econômica no início da década de 1980 (Homma, 1996). Seu consumo, antes restrito à região Norte, vem conquistando novos mercados no Brasil e no exterior, devido às suas características de sabor e aroma (Lopes, 2000).

As sementes do cupuaçu representam em média 17% do peso do fruto. Estas sementes são um material bastante nobre e excelente para a confecção de um produto similar ao chocolate. As sementes são constituídas basicamente de sua testa (casca), gérmen e dos cotilédones, sendo que este último são os constituintes desejados, pois é através deles

que é obtido o liquor das sementes. Este liquor é a matéria prima para o “chocolate” derivado do cupuaçu, denominado de cupulate®.

As sementes de cupuaçu têm uma quantidade de gordura bastante grande (57% do peso seco) e, após a sua retirada do interior da fruta, sofre os seguintes processos para a confecção de um produto análogo ao chocolate: fermentação, secagem, torração, descorticação (descascamento) para retirada dos *nibs* (cotilédones na forma fragmentada) e moagem dos *nibs*, realizado por uma série de moinhos. Durante o processo de moagem, a gordura na forma sólida, que fica armazenada na estrutura celular do *nibs*, se liquefaz devido ao calor da fricção do processo, transformando o *nibs* em liquor de cupuaçu. Tanto a fermentação quanto à torração são importantes, pois estas são operações que desenvolvem os compostos aromáticos característicos do sabor similar ao do chocolate. Após o processo de fermentação, a semente perde sua capacidade de germinar e passa a ser denominada de amêndoa.

As amêndoas são bastante ricas em proteínas, lipídios e conseqüentemente em calorias. Seus valores são de 9,80g/100g de proteínas, 63,13g/100g de lipídios e um valor de calorias totais de 671,73kcal/100g (Lopes, 2000).

O cupulate® pode ser obtido das amêndoas em forma de pó ou em tabletes, amargo, meio-amargo, ao leite e branco (Nazaré *et al.*, 1990; Nazaré, 1996). Nos dias atuais, quase não se consome mais o “chocolate” da amêndoa de cupuaçu. Este fato se deve principalmente à perda de tradição e mudança dos hábitos alimentares com o passar do tempo. Têm-se conhecimento do uso deste “chocolate” apenas entre os antigos caboclos do rio Solimões, Madeira e Tocantins (Venturieri & Aguiar, 1988).

Até o momento, desconhece-se a existência de um estudo sobre o comportamento das amêndoas do cupuaçu durante a quebra, com a finalidade de romper a testa para a

liberação dos cotilédones. Um dos principais problemas é a resistência mecânica da testa das amêndoas do cupuaçu, ela é mais resistente e apresenta uma maior densidade em comparação à testa das amêndoas do cacau. No caso das amêndoas do cacau, a separação é feita através das diferenças de densidades dos cotilédones e da casca, realizada em máquinas denominadas de “winnowing”, que é uma combinação de peneiramento e elutriação a ar (Minifie, 1989); a casca das amêndoas do cacau é bem frágil, facilitando desta forma a sua fragmentação e separação dos cotilédones. Com certeza este é um dos principais fatores que ainda dificultam a obtenção do cupulate® em escala industrial, pois na maioria das vezes as amêndoas não têm o seu valor reconhecido, tendo como resultado, aqui no Brasil, a sua transformação em adubo ou resíduo.

Como já comentado não existem fontes bibliográficas instruindo sobre o beneficiamento das amêndoas do cupuaçu. Devido a esta realidade, foram feitos testes preliminares de obtenção do *nibs* que permitissem, a partir de um determinado ponto, iniciar um estudo de beneficiamento.

Através destes testes preliminares, envolvendo a quebra e separação das amêndoas de cupuaçu, realizados no Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp, foi verificado que, uma forma alternativa de quebra das amêndoas utilizando um beneficiador de cilindros, seguida da utilização de um jogo de peneiras para a separação, poderia ser uma boa metodologia para a obtenção dos *nibs*. Este trabalho foi realizado a partir desta metodologia de quebra e separação.

Por que o cupulate®? Por que o interesse em um “chocolate” derivado do cupuaçu? Alguns itens podem ser citados para responder a estas perguntas. Em primeiro lugar, como já foi dito, logo após o beneficiamento das frutas para a obtenção da polpa, há um grande desperdício das sementes de cupuaçu, elas se transformam em resíduos, sendo que poderiam ser aproveitadas para a fabricação de um produto altamente nobre. Em segundo, o cupulate®, como também foi mostrado, têm um alto teor de proteínas. Em

terceiro, o Brasil foi um dos maiores exportadores de cacau. Durante estes últimos anos, em algumas regiões como no sul da Bahia, houve uma queda na produção de cacau devido principalmente: a praga da “vassoura-de-bruxa”, concorrência internacional (principalmente dos países africanos), falta de investimentos em técnicas de plantio e a não expansão de terras cultiváveis (Lopes, 2000). Em quarto, com a introdução de um novo produto no mercado (cupulate®), haveria uma opção a mais de sabor para o consumidor, sendo o liquor, das amêndoas do cupuaçu, menos amargo que o do chocolate. Em quinto, a possibilidade de disponibilizar, para os produtores nacionais de cupuaçu, os dados de um trabalho de pesquisa que mostra as influências de determinados fatores no rendimento de obtenção do *nibs* das amêndoas do cupuaçu, juntamente com os dados de pureza deste *nibs*. Em sexto, sabe-se através de informações de uma organização não governamental (ONG) do estado do Acre (amazonlink.org), que um produto similar ao cupulate® já vem sendo comercializado no Japão por uma indústria japonesa; além disto, o Brasil exportou 50 toneladas de amêndoas de cupuaçu para o Japão somente no primeiro quadrimestre de 2002, esperando atingir 200 toneladas este ano, segundo esta ONG. Ou seja, está-se exportando matéria prima da Amazônia ao invés de se promover o desenvolvimento de uma tecnologia nacional de beneficiamento, que agregue valor a este derivado da amêndoa de cupuaçu, razão maior deste trabalho.

## **2.0. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliação do desempenho na fragmentação das amêndoas de cupuaçu, fermentadas e secas, através de um beneficiador de cilindros, seguido de separação das frações por peneiramento, para a obtenção dos *nibs*, matéria-prima na confecção do liquor do cupulate®.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

a) Avaliar um equipamento alternativo na fragmentação de amêndoas de cupuaçu para a obtenção dos *nibs*.

b) Analisar a influência da umidade e da velocidade diferencial dos cilindros de borracha do beneficiador no rendimento e pureza dos *nibs*, para cada etapa de quebra.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. CUPUAÇU

##### 3.1.1. O Gênero *Theobroma* e os locais de ocorrência

O gênero *Theobroma* é o mais importante da família *Sterculiaceae* em termos econômicos (Monteiro, 1996 *apud* Queiroz, 1999). De acordo com Cuatrecasas (*apud* Venturieri, 1993) o gênero *Theobroma* possui 22 espécies que estão restritas na América Tropical. Nove destas 22 espécies se encontram na Amazônia brasileira: *T. cacao*, *T. camargoanum*, *T. bicolor*, *T. grandiflorum*, *T. microcarpum*, *T. obovatum*, *T. speciosum*, *T. subincanum*, *T. sylvestre*. Todas produzem frutos comestíveis e, com pelo menos cinco das primeiras espécies citadas, acredita-se ser possível obter um produto semelhante ao chocolate (Le Cointe, 1934; Pesce, 1941; Ducke, 1953; Calzavara *et al.*, 1984; Venturieri & Aguiar, 1988; Nazaré *et al.*, 1990 *apud* Venturieri, 1993).

A espécie *Theobroma cacao* L. é a de maior valor comercial no mercado mundial, pois é base de toda a indústria de chocolate. Em seguida vem o *Theobroma grandiflorum* Schum, cuja polpa é utilizada na fabricação de sorvetes, doces, geléias, sucos, etc., de forma artesanal ou em pequena escala industrial (Queiroz, 1999).

O cupuaçuzeiro é facilmente encontrado nas regiões sul e sudeste do estado do Pará em estado silvestre, somente nas florestas tropicais úmidas da terra firme (Ducke, 1953; Cuatrecasas, 1964 *apud* Venturieri, 1993), abrangendo as áreas do Médio Tapajós, rios Xingu e Guamá, alcançando a região nordeste do Maranhão, destacando as regiões dos rios Turiaçu e Pindaré (Rodrigues *et al.*, 1996). Além de estar disseminado em toda bacia Amazônica, o cupuaçuzeiro também é encontrado em outros países como a Colômbia,

Venezuela, Equador e Costa Rica (Venturieri & Aguiar, 1988). Sendo uma árvore de fácil adaptação, o cupuaçuzeiro também pode ser encontrado em estados como Espírito Santo e São Paulo. Nessas regiões, porém, a árvore alcança uma estatura menor (Biblioteca Virtual do Estudante, 2001).

### **3.1.2. O cupuaçuzeiro e o fruto**

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) tem o seu tamanho bastante variado. Quando cultivado em plantios racionais, esta variação está entre 6 e 10m de altura, sendo que sua copa pode atingir 7m de diâmetro (Venturieri *et al.*, 1985 *apud* Venturieri, 1993), e de 15 a 20m de altura em indivíduos que se desenvolvem naturalmente em matas ou capoeiras (Calzavara *et al.*, 1984; Osaqui, 1992 *apud* Rodrigues *et al.*, 1996).

O fruto do cupuaçuzeiro tem uma forma ovalóide (Figura 1) de 12 a 25cm de comprimento e 10 a 12cm de diâmetro apresentando peso médio de 1200g. Sobre a casca (epicarpo mais mesocarpo) é verificado que o epicarpo é lenhoso, coberto por um indumento ferrugíneo, que quando raspado, expõe outra camada clorofilada; o mesocarpo é esponjoso, pouco resistente e levemente mais rijo que o endocarpo (polpa que envolve as sementes), que é macio, fino e claro, limitado internamente por uma película. São 36 sementes em média por fruto, estando dispostas em torno de um eixo central, conhecido popularmente como talo, longitudinalmente disposto em relação ao comprimento da fruta. As sementes são revestidas firmemente por uma polpa amarelada, abundante, ácida, e de odor e sabor muito agradável (Barbosa *et al.*, 1978; Queiroz, 1999; Venturieri, 1993).



Figura 1. O fruto cupuaçu.

Fonte: <http://www.ceplac.gov.br/cupuacu.htm>

### 3.1.3. Variedade e classificação

Os grupos populacionais de cupuaçu são encontrados com uma enorme quantidade de variedades, deste modo eles são classificados através de suas características morfológicas, como formato do fruto ou da ausência e presença de sementes:

- Cupuaçu redondo: fruto de extremidades arredondadas e peso médio de 1,5kg, com a casca em torno de 6 a 7mm de espessura. Esta é a variedade mais comum da região Amazônica;
- Cupuaçu casca fina: semelhante ao redondo, porém com casca de 4 a 5mm de espessura, com formato cilíndrico levemente anguloso nas laterais;
- Cupuaçu mamorana: Chegando a pesar até 4kg, apresentando uma casca grossa que varia de 7 a 9mm de espessura, anguloso nas laterais;

- Cupuaçu de colares: Peso levemente superior ao grupo redondo com casca que varia de 6 a 7mm de espessura, sem angulação nas laterais, sementes médias, largo na parte próxima ao pedúnculo e estreito na posterior;
- Cupuaçu mamau: Os frutos não apresentam sementes, a casca tem uma espessura que varia de 6 a 7mm de espessura e o formato da fruta é arredondado, bastante parecido com o cupuaçu redondo, seu peso médio é de 1,5kg (Calzavara, 1987; Müller, 1995 *apud* Vasconcelos, 1999).

### **3.1.4. Clima, solo e plantio (consórcio)**

O cupuaçuzeiro é uma árvore adaptada à alta umidade, tanto as árvores quanto às sementes são sensíveis à perda d'água (Cuatrecasas, 1964 *apud* Venturieri, 1993); as áreas de ocorrência natural para o seu desenvolvimento são: temperaturas que variam mensalmente entre 24°C a 28°C, precipitações anuais de 1900 a 3100mm e umidade relativa de 64% a 93% (Diniz *et al.*, 1984 *apud* Venturieri, 1993). Devemos lembrar que o cupuaçuzeiro se desenvolve em condições climáticas bastante adversas, isto devido a sua distribuição geográfica, conforme descrito no item **3.1.1.**

A cultura do cupuaçu é adaptada em terra firme podendo ser cultivadas em solos de baixa, média e alta fertilidade (Fraife, 2001), mas o solo preferido é argiloso e bastante humoso (Ducke, 1953 *apud* Venturieri, 1993), sendo que o cupuaçuzeiro apresenta excelente desenvolvimento quando plantado em solos de alta fertilidade (Venturieri, 1993).

O cupuaçuzeiro é uma árvore tropical, podendo ser cultivado em pleno sol ou em sombreamento menos denso. Pode ser instalado em capoeiras ou em sistemas de consórcio com outras espécies, desenvolvendo-se melhor com sombreamento nos dois primeiros anos (Fraife, 2001). Pode-se mencionar o trabalho de Locatelli *et al.* (1996), onde foi constatado que o cupuaçuzeiro, associado com a pupunha, apresentou um aumento de produtividade da pupunheira em 18% em relação às plantas solteiras. Venturieri (1993) também cita um

experimento (realizado na BR 174, km 15 “ramal do mete marcha” – Manaus - AM) em que cupuaçuzeiros consorciados com pupunheiras tiveram um aumento de produtividade em torno de 26% das frutas do cupuaçuzeiro. Também tem-se como vantagem do sombreamento do cupuaçuzeiro a diminuição de sua taxa de mortalidade em relação à planta solteira, em contrapartida, as plantas cultivadas em pleno sol tiveram, em média, um aumento de sua produtividade em torno de 216% em relação às plantas sombreadas (Venturieri, 1993), estes dados foram observados na Estação Experimental de Fruticultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

Em termos ecológicos, o cupuaçu é uma excelente espécie frutífera para a recuperação de capoeiras e áreas devastadas, fato que ocorreu principalmente nos fluxos migratórios para a região Amazônica nas décadas de 70 e 80 (Locatelli *et al.*, 1996; Venturieri, 1993; Rodrigues *et al.*, 1996).

### **3.1.5. Coleta do fruto, produtividade e qualidade**

Os frutos do cupuaçuzeiro estão no ponto de maturação após, aproximadamente, 4 a 5 meses da floração (Calzavara, 1987; Aragão, 1992; Fraife, 2001). Os frutos maduros desprendem-se naturalmente do pedúnculo devido ao seu peso (Calzavara *et al.*, 1984; Cavalcante, 1976 *apud* Silva, 1988).

O período de safra do cupuaçu coincide com o período de chuvas das regiões, em Manaus ocorre de novembro a julho e em Belém vai de novembro a junho (Calzavara *et al.*, 1984 *apud* Venturieri, 1993).

Os frutos são coletados do chão duas a três vezes por semana, sendo que caem mais à noite (50%) e pela manhã (30%) (Vasconcelos, 1999). A colheita é feita manualmente, coletando-se os frutos após a sua queda (Fraife, 2001; Lopes, 2000),

significando que o fruto atingiu o seu ponto máximo de maturação. A colheita do fruto antes do tempo (o fruto ainda na árvore) significa obter uma fruta que não desenvolveu todo o seu potencial de sabor e aroma característicos, imprópria para o consumo.

Após a coleta do cupuaçu, seu período ideal de consumo ou beneficiamento é de uma semana (Vasconcelos, 1999), tendo em alguns casos (Lima, 1993 *apud* Andrade, 1996) a deterioração da polpa iniciada no 5º dia de armazenamento dos frutos em condições ambientais (temperatura de 27°C e umidade relativa de 86%), resultando que no 15º dia todas as frutas estavam deterioradas com um decréscimo de até 31% do seu peso, tendo a análise sensorial demonstrado aceitação do suco destas frutas até o 13º dia.

Não existem normas de qualidade para o consumo, comércio ou beneficiamento da fruta, a verificação da qualidade das frutas é feita de forma bastante empírica, sendo que podemos citar algumas metodologias apresentadas por Vasconcelos (1999) e por depoimentos de comerciantes da região de Marabá, PA, colhidas por Rodrigues *et al.* (1996):

- Raspagem da casca do fruto com a unha, se por baixo do seu pêlo amarronzado estiver verde, significa que o fruto está em boas condições.
- O cheiro agradável e intenso é um indicativo de boa qualidade da fruta.
- A coloração do pêlo da casca deve ser amarronzada, sendo que, caso algumas frutas já estejam em deterioração, elas irão apresentar manchas escuras “oleosas” ou “molhadas” bem visíveis em sua parte externa.
- Quando bate-se um fruto contra o outro e é produzido um ruído “estalado” significa que o fruto é de boa qualidade, quando bate-se “fofo” significa que o fruto está verde.

No início, a produtividade do cupuaçuzeiro é de 1fruto/planta x ano (Vasconcelos, 1999), sendo que a produção aumenta gradativamente com o passar dos anos. Ao atingir os sete anos de idade, o cupuaçuzeiro estabiliza sua produtividade em torno de 17,2 frutos/planta x ano (Falcão & Lleras, 1983 *apud* Venturieri, 1993). A produtividade do cupuaçuzeiro é bastante influenciada pelo tratamento dado a planta, tendendo a evoluir com o passar dos anos, podendo atingir uma média de 20-30 frutos/planta x ano aos 10 anos de idade. Foram registrados casos de plantas de 10-20 anos com produtividade de 100 frutos/planta x ano e, raramente, 200 frutos/planta x ano (Ribeiro, 1992 *apud* Vasconcelos, 1999).

### **3.1.6. Produção, comercialização e armazenamento**

O cupuaçuzeiro constitui uma das espécies de grande potencial econômico para a região norte, em função da qualidade dos seus frutos e de seus derivados (Rodrigues & Santana, 1996). O principal produtor da região norte é o Pará, seguido do Amazonas, Rondônia e Acre (Rodrigues *et al.*, 1996).

No ano de 1996, as áreas cultivadas de cupuaçuzeiro no Pará eram de 5.897 hectares, sendo 1.289 hectares produtivos (árvores já adultas), gerando em torno de 6.453.000 frutos, ou 2.323t de polpa (Rodrigues *et al.*, 1996), mas segundo Homma (1996), a existência de 4.608 cupuaçuzeiros novos poderia multiplicar em 3,5 vezes a produção de polpa no estado do Pará nos próximos anos, esta é uma hipótese que já deve ter ocorrido em 1999, segundo Rodrigues *et al.* (1996).

No estado do Amazonas, dados fornecidos pela EMATER-AM e SEPROR/NIESA demonstram que em 1994 foram produzidos 265,89t de polpa em uma área plantada de 917,6 hectares. No estado de Rondônia, as atuais estimativas (1996) giram em torno de 3.000 hectares de plantação, não sendo superior devido às restrições por parte do CEPLAC, nas áreas produtoras de cacau (Homma, 1996).

Os quatro maiores produtores de cupuaçu do Brasil (Acre, Amazônia, Rondônia e Pará), juntos apresentaram uma produção total, no ano de 1996, entre 2.418t a 2.569t de polpa de cupuaçu (Homma, 1996). Isto significa que houve um descarte em torno de 1116t de sementes de cupuaçu naquele ano (Lopes, 2000), material que poderia ser utilizado para a confecção de um produto da mais alta qualidade para o consumo.

Pode-se notar que a estimativa correta de produção de uma determinada área de plantação depende muito da idade do cupuaçuzeiro. Para visualizar melhor, a Tabela 1 fornece dados de produção de cupuaçuzeiros com idade conhecida de sítios nos arredores de Manaus (AM) (Venturieri, 1993).

Tabela 1 – Estimativa de produção de 1 hectare de cupuaçu plantado em espaçamento de 6mx6m (277plantas/ha) com diferentes idades.

Idade do plantio (anos)	Produção		
	Número de Frutos	kg de polpa <sup>1</sup>	kg de sementes secas <sup>2</sup>
2	111	43	12
3	554	213	58
4	1329	512	138
5	2436	938	253
6	4211	1621	437
7	6094	2346	632
8	6869	2644	713
9	7423	2857	770
10	7423	2857	770

(1) O peso médio dos frutos, o rendimento da polpa e o de sementes frescas, foram calculados com base nas médias dos dados da Tabela 2.

(2) O peso das sementes secas foi calculado segundo Nazaré *et al.* (1990) *apud* Venturieri (1993).

Fonte: Venturieri (1993)

O cupuaçu é consumido tanto “in natura” como na forma de polpa congelada em toda a Região Norte do país (Rodrigues *et al.*, 1996). A polpa de cupuaçu é consumida em forma de doces, sorvetes e sucos, sendo que o sorvete de cupuaçu é bastante apreciado pela população. Pode-se destacar a CAMTA e a DICACAU como os principais fornecedores de polpas congeladas da região, além de um grande número de vendedores no setor informal. O maior volume de comercialização destes sub-produtos se encontra nas áreas urbanas, como lanchonetes, hotéis, sorveterias, restaurantes, etc. (Rodrigues & Santana, 1996; Rodrigues *et al.*, 1996).

Segundo um estudo realizado pela Universidade Federal do Pará, com a cooperação das Universidades Católicas de Louvain (Bélgica) e do Porto (Portugal), o mercado de polpa de frutas congeladas, de modo geral, é atualmente um mercado compensador em termos comerciais: o cupuaçu sofre um aumento em torno de 710% do seu valor desde a saída do produtor até a chegada ao consumidor, resultando no fato de que mais pessoas tornam-se interessadas em trabalhar com polpas e tendo como consequência uma grande diversidade de canais de comercialização entre o produtor da fruta e o consumidor final. Atualmente os níveis de procura são superiores aos níveis de oferta, sendo esta diferença mais acentuada fora de safra. Frutas como o cupuaçu tendem a ser mais caras porque os níveis de produção são menores do que as outras frutas, e também porque os níveis de procura são atualmente elevados (MMA, 2001).

No estado do Pará, o maior produtor da região norte, os principais pólos de comercialização da fruta e da polpa são o Atacado do Ver-o-Peso, Porto do Açaí, Porto da Palha, Feira do Açaí e CEASA. Foram negociados no ano de 1994, somando todos estes pontos de vendas, cerca de 375t de frutas. Só no Atacado do Ver-o-Peso foram comercializados 313t de frutas (Rodrigues *et al.*, 1996). Os principais fornecedores destes locais de comercialização no estado do Pará são as regiões das cidades de Tomé-Açu (49,22%), Cametá (29,77%) e Marabá (15,32%), além das cidades de Arari, Belém, Castanhal, Bragantina e Guamá, que fornecem juntas os 5,69% restantes (Rodrigues &

Santana, 1996; Rodrigues *et al.*, 1996). Entre as cidades que mantêm relações comerciais com o Pará em relação à polpa congelada de cupuaçu, podemos destacar São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Goiânia, Salvador, Fortaleza, São Luis, Imperatriz e Palmas (Rodrigues *et al.*, 1996).

Também, segundo Rodrigues *et al.* (1996), o consumo familiar de cupuaçu cresce conforme aumenta a sua renda, visto que o consumo dos derivados de cupuaçu é basicamente destinado às faixas médias e altas, sendo considerado um bem de luxo. Em valores “per capita”, o consumo no estado do Pará gira em torno de 1 a 1,5 kg de fruto/ano ou 1,5 fruto/ano, índice relativamente baixo, pelo que se conhece de hábito alimentar do paraense (Rodrigues & Santana, 1996).

Em relação ao mercado exterior, no ano de 1993 o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia recebeu visitas de empresas dos Estados Unidos, Inglaterra, Japão, Suécia e França interessadas no fornecimento de polpa congelada de cupuaçu. No mesmo período, a CAMTA exportou 4 toneladas de polpa congelada para os EUA (Venturieri, 1993). A CPATU/EMBRAPA também recebeu visitas de representantes de uma importante fábrica de chocolates da Pensilvânia (EUA) interessada na compra de semente e polpa de cupuaçu, mas foi verificado que o fornecimento de matéria-prima ainda é insuficiente (Rodrigues *et al.*, 1996). Em 1996 o Pará exportou em torno de 33 mil litros de polpa integral de cupuaçu, segundo a Delegacia Federal de Agricultura, o volume exportado ainda é pequeno, mas o mercado internacional pode ser um grande consumidor da crescente produção de cupuaçu (MMA, 2001).

Sabe-se que 50% da produção municipal de polpa congelada na região de Tomé-Açu, produzidos pela CAMTA, é destinada para o abastecimento do mercado paraense, principalmente a capital Belém, sendo que os outros 50% restantes são enviados para os outros estados.

As tentativas para exportação da região de Tomé-Açu não foram incrementadas por falta de matéria-prima e volume adequado e das dificuldades de transporte dos produtos que necessitam de refrigeração (Homma, 1996)

Existem vários fatores que propiciam o aumento do consumo do cupuaçu tanto nacionalmente como fora do país, um deles em particular seria o modismo do consumo de frutas exóticas da região Amazônica. Como exemplo, está o modismo de consumo de açaí na região sul do país, este consumo se deve principalmente ao seu alto teor de cálcio e ferro, já no caso do cupuaçu ele agrada mais as pessoas pelo sabor e não pelo modismo, sendo sempre este último um risco (Rodrigues *et al.*, 1996; Venturieri, 1993).

Os principais problemas para a expansão no consumo do cupuaçu são dois: a disponibilidade de matéria-prima e a higiene, sendo que, para a conquista de um mercado externo, é necessário o processamento dentro de padrões qualidades exigidos pelo mercado exterior (Venturieri, 1993). As empresas que possuem esta boa qualidade no quesito higiene, esbarram no problema de fornecimento de matéria-prima.

Quanto à armazenagem dos frutos, geralmente logo após a sua coleta, esta conserva-se por um curto período de tempo, cerca de 5 dias, em condições ambientes (Aragão, 1992; Lima, 1993 *apud* Andrade, 1996).

Raramente a armazenagem é feita pelos próprios produtores, somente nos de melhor poder aquisitivo. Geralmente esta armazenagem é feita por comerciantes para a venda na entressafra e por pequenas empresas ligadas ao ramo de alimentos, tais como restaurantes, bares, sorveterias, hotéis e indústrias caseiras de fabricação de doces (Aragão, 1992).

Na região de Belém, é possível localizar alguns pontos de armazenamentos e acondicionamentos do cupuaçu, como a câmara fria da GELAR S/A (com capacidade para 100t), a DICACAU que possui cinco câmaras frias e a CAMTA, não se podendo descartar o grande número de pequenos comerciantes que estocam seus produtos em freezer (Rodrigues *et al.*, 1996).

Recentemente (Março/2002) foram inauguradas melhorias no complexo industrial da CAMTA, apresentando atualmente a capacidade de processamento de 5000t/ano de frutos e com estrutura de armazenar 1000t de polpa congelada.

Em relação ao armazenamento da polpa, foi verificado que o curto espaço de tempo entre a coleta da fruta, o despulpamento, acondicionamento e congelamento é essencial para a qualidade da polpa durante a estocagem sob congelamento, também a impermeabilidade da embalagem (filmes de alta densidade) para os compostos voláteis é essencial para manter as características organolépticas da polpa, nessas condições a polpa pode ser armazenada por até 203 dias congelada (Caldas & Andrade, 1995 *apud* Andrade, 1996).

### **3.1.7. Beneficiamento, rendimento e aproveitamento dos componentes do fruto**

Podemos denominar o processo de beneficiamento do cupuaçu como a transformação do fruto “in natura”. As etapas para o beneficiamento são:

- Quebra do fruto e separação da casca e da semente;
- Despulpamento, que é a extração da polpa que reveste a semente, que pode ser realizada manualmente ou através de despulpadeiras apropriadas;
- Embalagem, realizada em sacos plásticos com capacidade de 1kg de polpa;

- Pesagem;
- Vedação dos sacos em máquinas elétricas seladoras, ou simplesmente, fechamento das extremidades dos sacos com barbantes;
- Congelamento (Rodrigues *et al.*, 1996).

Na tradição regional, a obtenção da polpa de cupuaçu é geralmente feita manualmente através de tesouras, tendo como inconveniente a falta de higiene pelo manuseio da fruta, comprometendo assim a sua qualidade e o aumento da probabilidade de contaminação (Ribeiro, 1996; Rodrigues *et al.*, 1996). Os processos manuais estão sendo substituídos por processos industriais (utilizados por exemplo na CAMTA), como a utilização de despoldadeiras mecânicas (Homma, 1996), por duas razões básicas: maior produtividade de obtenção da polpa e uma melhora nas condições de higiene do processo diminuindo o risco de contaminação.

No início das atividades da CAMTA (1991) as polpas das frutas processadas eram embaladas em blocos de 7kg, a partir de 1994 as polpas são embaladas na faixa de 100ml a 1000ml, pausterizados, atendendo assim o consumo individual para o comércio local (Homma, 1996).

Na Tabela 2 são demonstrados os valores médios de peso, percentuais de casca, sementes, polpa e placenta do fruto do cupuaçu. Estes valores podem variar com o tamanho do fruto, procedência, o período de safra e o método de extração (Venturieri, 1993).

Tabela 2 – Características do rendimento do cupuaçu segundo diversos autores.

Componentes	Autores							Média
	1972	1978	1980	1981	1984	1989	1990	
	**	*	*	*	**	*	**	
Número de sementes	-	47,50	35	41,50	35,30	-	44,80	40,82
Peso úmido do fruto(g)	1531,00	1200,00	1250,00	1300,00	1329,50	746,70	1570,00	1275,00
Casca(%)	46,47	42,00	37,50	44,40	46,03	38,43	49,02	43,40
Polpa(%)	36,79	40,00	45,50	38,40	36,38	38,54	33,82	38,49
Sementes(%)	16,74	18,00	15,00	17,20	18,95	19,54	14,93	17,19
Placentas(%)	-	-	-	-	-	3,49	2,21	2,85

Santos & Conduru, 1972; Barbosa *et al.*, 1978; Chaar, 1980; Oliveira, 1981; Calzavara *et al.*, 1984; Miranda, 1989; Venturieri, 1990.

\*Despolpamento manual

\*\*Despolpamento mecânico

Fonte: Venturieri (1993)

Em relação ao aproveitamento da fruta, é mais do que evidente a importância de sua polpa, sendo o componente de maior valor do cupuaçu, até o momento. Sobre a casca da fruta esta tem grande utilidade para adubo, sendo que apresenta 0,72% de N, 0,04% de P e 1,5% K em base seca (Silva & Silva, 1986 *apud* Venturieri, 1993).

As sementes de cupuaçu representam 17,19% do peso da fruta como mostrado na Tabela 2. A composição física das amêndoas fermentadas de cupuaçu, relatadas por Lopes (2000), é a seguinte: os cotilédones apresentam o maior percentual, com 71,54%, seguido pela testa e gérmen, com 27,81% e 0,65% respectivamente. A separação dos componentes foi feita manualmente pela autora em lotes de 100g, em triplicata. Na Figura 2 pode-se visualizar melhor os componentes da amêndoa.

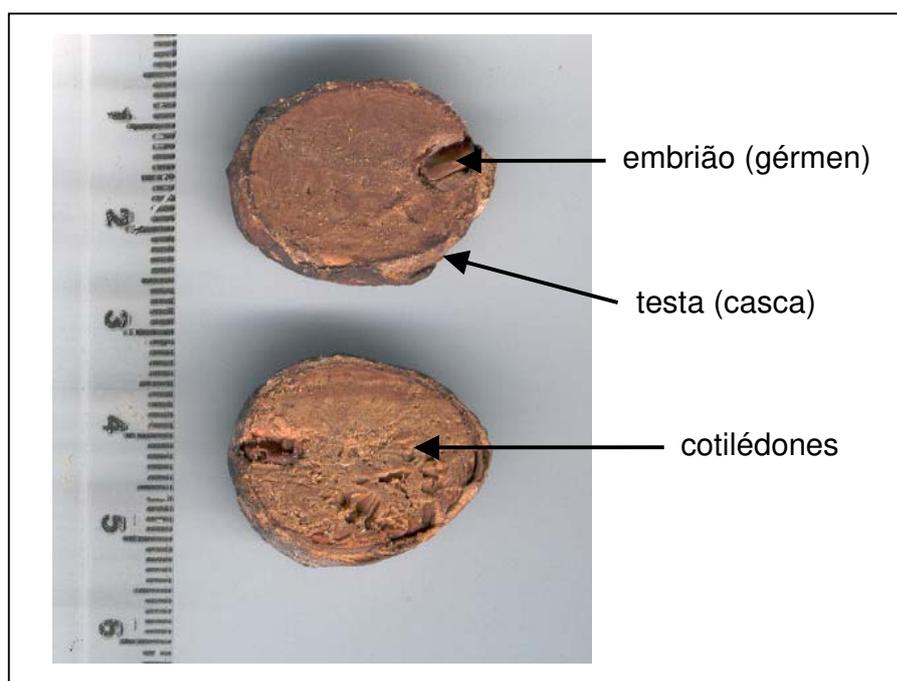


Figura 2. Corte longitudinal da amêndoa de cupuaçu.

A composição centesimal das sementes e das amêndoas fermentadas e secas de cupuaçu é mostrada nas Tabelas 3 e 4, apresentando os valores de diversos autores.

Tabela 3 – Composição centesimal das sementes de cupuaçu.

Compostos (% em base seca)	Philocreon (1962)*	Queiroz (1999)	Lopes (2000)
Umidade (%)	8,88	5,30	5,87
Proteínas (%)	10,87	7,81	9,82
Gordura (%)	52,52	61,50	60,25
Fibras (%)	1,78	5,56	4,12
Cinzas (%)	3,73	2,30	2,35
Carboidratos e outros componentes	22,22	23,09	17,59

\* *apud* Venturieri (1993)

Tabela 4 - Composição centesimal das amêndoas fermentadas e secas de cupuaçu.

Compostos (% em base seca)	Lopes (2000)	Mattietto (2001)
Umidade (%)	5,35	4,69
Proteínas (%)	9,80	9,76
Gordura (%)	63,13	60,25
Fibras (%)	3,31	3,44
Cinzas (%)	2,32	2,26
Carboidratos e outros componentes	16,09	19,60

Segundo Mattietto (2001), sabemos que através da composição e das características botânicas das sementes do cupuaçu, bastante parecidas com o cacau, podemos obter um material análogo ao chocolate, sendo este assunto citado em trabalhos pioneiros como o de Coutinho (1969), Venturieri & Aguiar (1988) e Nazaré *et al.*(1990). A composição química dos cotilédones das sementes e amêndoas do cupuaçu é bastante semelhante com a do cacau (Lopes, 2000), diferenciando-se apenas no teor de lipídio.

Para o desenvolvimento do sabor e aroma dos compostos do chocolate nas sementes de cupuaçu, são necessárias as etapas de fermentação, torração, secagem e moagem (Vasconcelos, 1999).

A etapa de fermentação é muito importante, pois nela se inicia o desenvolvimento dos sabores similares ao do chocolate, logo após a perda do poder germinativo das sementes (Mattietto, 2001). O processo fermentativo, quando feito de forma mais branda, acelera a germinação (Venturieri *et al.*, 1985 *apud* Venturieri, 1993). Quando o processo é prolongado ocorre a morte do embrião, e a semente passa a ser denominada de amêndoa (Venturieri *et al.*, 1985 *apud* Vasconcelos, 1999).

Em trabalhos mais recentes, houve estudos e melhoras nos processos fermentativos das sementes de cupuaçu. Aragão (1992) utilizou em seu trabalho sete caixas de madeiras com dimensões de 40 x 40 x 60 cm, no fundo de cada qual havia uma fresta de 0,5 cm de largura com a finalidade de retirar o líquido que era produzido na fermentação, sendo estas caixas protegidas do sol e da chuva em um pequeno galpão aberto. O volume de sementes colocado na caixa correspondia à altura de 40 cm (0,063 m<sup>3</sup>). A cada 24 h as sementes eram revolvidas com uma pá de madeira e transferidas para uma outra caixa. Logo após o término do processo de fermentação, as amêndoas eram espalhadas em um galpão, sendo revolvidas diariamente com um rodo de madeira, até atingirem a umidade de equilíbrio com o ambiente, sendo colocadas logo em seguida para secar ao sol. Estas amêndoas foram então torradas a 150°C por 30 minutos, sendo observado que o cotilédone produziu sabores e aromas bastante semelhantes aos do chocolate oriundo do cacau. Vasconcelos (1999) estudou a possibilidade de utilização de uma caixa de fermentação denominada T-60. Esta caixa idealizada por Grimaldi (1978) para a fermentação de cacau, foi estudada utilizando desta vez sementes de cupuaçu, sendo que a T-60 têm capacidade de fermentar 150 kg de sementes frescas de cupuaçu. O autor observou que o produto final produzido é de alta qualidade e a metodologia é adequada para a obtenção de características similares às dos produtos das sementes do cacau.

Também, em suas conclusões, Vasconcelos (1999) relata que o método tem a vantagem de não necessitar de aditivos ou de metodologias complicadas durante o processo fermentativo, como o que ocorreu na metodologia de alguns autores: Em sua metodologia, Coutinho (1969) necessitava elevar o pH da polpa aderida às sementes através da adição de carbonato de cálcio, com o intuito da fermentação ocorre-se semelhante ao cacau. Nazaré *et al.* (1983) *apud* Aragão (1992) também utilizava carbonato de cálcio para elevar o pH da polpa em sua etapa de fermentação. Em novos testes de fermentação Nazaré *et al.* (1990) e Nazaré (1996) sugerem a adição de uma solução de açúcar a 30%. A metodologia de Aragão (1992) apresenta a desvantagem de serem utilizadas sete caixas de fermentação, enquanto a T-60 é constituída de apenas uma caixa compacta com três compartimentos.

## **3.2. FRAGMENTAÇÃO E SEPARAÇÃO**

### **3.2.1. Fragmentação de Sólidos**

A quebra de partículas sólidas em fragmentos menores é uma operação industrial importante entre as muitas operações dos processos dos alimentos. Os sólidos podem sofrer redução de tamanho através de vários tipos de solicitações, porém apenas cinco são utilizadas industrialmente: compressão, impacto, atrito, cisalhamento e corte (Brennan *et al.*, 1970; Gomide, 1983).

Em determinadas operações de processos de alguns alimentos, ocorre a necessidade da fragmentação do produto através de forças mecânicas (Brennan *et al.*, 1970), dando-se como exemplo a moagem de grãos para a confecção da farinha de trigo, a moagem de milho para a fabricação de maizena, cortes de peças de carnes para a sua venda ou a moagem da carne para a confecção de um novo produto (carne moída, lingüiça, etc.), processamento de vegetais em tamanhos adequados para determinados produtos desejados entre outros (Earle, 1983).

Algumas razões podem ser citadas para a redução dos alimentos: extração de um constituinte desejado; tamanho específico para um determinado produto; aumento da área superficial do produto (Brennan *et al.*, 1970).

Existem vários equipamentos de marcas, modelos e tamanhos bastante variados para a fragmentação de sólidos, podendo ser moinhos e trituradores, entre outros. Até equipamentos utilizados para a separação sólido-sólido podem ser utilizados como um fragmentador, como por exemplo um beneficiador de cilindros.

### 3.2.1.1. Beneficiador de cilindros

Os principais componentes deste tipo de equipamento são dois cilindros de borracha de diâmetros iguais, girando em sentidos opostos, com velocidades diferentes (Figura 3).

O material, ao passar por entre os cilindros, estará sujeito a forças de compressão e cisalhamento. As velocidades diferentes dos cilindros ajuda na fragmentação ou, como desejar, no descasque do material.

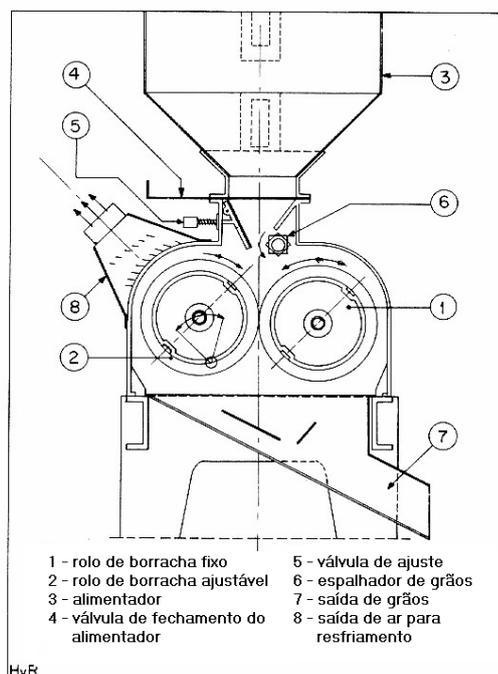


Figura 3. Beneficiador de cilindros.

Fonte: Luh (1991).

O ajuste da distância entre os cilindros pode ser feito manualmente através de um regulador ou algo semelhante, sendo esta regulagem feita por mecanismos pneumáticos em máquinas mais modernas (Luh, 1991).

### **3.2.2. Separação Sólido-Sólido**

As separações mecânicas de sólidos visam: subdividir a massa de um sólido granular em frações nas quais as partículas sejam mais ou menos homogêneas ou; obter frações de natureza relativamente homogênea a partir de misturas contendo sólidos diferentes.

Em geral (o que é o caso presente) o segundo objetivo é mais importante e visa obter o produto mais valioso sob a forma de uma fração concentrada. O método mais antigo, hoje quase totalmente fora de uso, é o da seleção manual.

As propriedades mais comumente utilizadas para separar sólidos são o tamanho da partícula, a densidade e as propriedades magnéticas, sendo de interesse neste caso a primeira propriedade (Gomide, 1980).

O tamanho das partículas é uma característica dos sólidos que controla sua passagem através de crivos ou malhas, resultando em uma separação sólido-sólido. Em outras operações, o tamanho das partículas determina a velocidade de decantação num fluído que é utilizado para promover a separação (Gomide, 1980). Um dos mais conhecidos métodos de separação sólido-sólido através da classificação pelo tamanho das partículas, ou pela sua granulometria é o peneiramento.

### 3.2.2.1. Peneiramento

Peneiramento é uma operação unitária em que uma mistura de vários tamanhos é separada em duas ou mais frações pela sua passagem através das peneiras. Cada fração é mais uniforme do que a mistura original.

Uma peneira é uma superfície contendo um determinado número de furos de tamanhos iguais. A superfície pode ser plana (horizontal e inclinada) ou pode ser cilíndrica.

Em geral, as peneiras são usadas para a separação de misturas granuladas em intervalos de tamanhos desejados, em duas ou mais categorias de tamanhos, também para analisar um determinado tamanho ou saber a distribuição de tamanho de material em pó (caracterização do material). Um dos padrões mais usados é o Padrão Tyler, cuja série baseia-se na malha 200, onde os fios têm 0,0021" (polegadas) de diâmetro, com uma abertura dos furos de 0,0029" (Henderson & Perry, 1955).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. MATERIAL

#### 4.1.1. Obtenção das amêndoas

Os frutos de cupuaçu foram coletados na safra de 2002 em Tomé-Açu (PA), mais precisamente no mês de Maio. Estes frutos são fornecidos por produtores associados desta região, transportando-os para Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA), onde são destinadas ou para os mercados e feiras livres na região e grandes cidades (como Belém) ou para o complexo agroindustrial da CAMTA para serem transformadas em polpas de frutas congeladas.

As sementes utilizadas eram provenientes da descarga das frutas que passaram pelo processo de despolpamento mecânico da fábrica de polpa da CAMTA. Estas sementes frescas, apresentando em torno de 3~5% de resíduo de polpa, foram imediatamente levadas para serem fermentadas nas dependências da própria cooperativa. As sementes pertenciam ao cupuaçu da variedade *Redondo*.

#### 4.1.2. Equipamentos

*Beneficiador de cilindros industrial de origem francesa Gauthier, modelo DBR 800, adaptado* – Equipamento utilizado para a quebra das amêndoas.

*Jogo de peneiras* – Utilizado para separar as frações dos compostos fragmentados, fazendo com que fossem direcionadas determinadas granulometrias para novas etapas de quebra e também fornecendo os rendimentos dos *nibs* obtidos durante estas etapas,

mostrando desta forma o rendimento em uma determinada parte do processo de quebra. As aberturas das malhas utilizadas foram de 4,76 , 3,35 e 2mm e as peneiras apresentavam as dimensões de 76x74cm.

*Seladora a vácuo Selovac, modelo Mini Jumbo* – Utilizada para o lacre de amostras tais como amêndoas inteiras ou cotilédones em embalagens pequenas.

*Balança Semi-Analítica Ainsworth, modelo DE-3100 D* – Utilizada para pesar as frações separadas pelas peneiras após a etapa de quebra.

*Balança Semi-Analítica Acculab, modelo SV-30* – Utilizada para pesar quantidades maiores de amêndoas como por exemplo, as massas dos lotes F1 e F3 para a mistura das mesmas.

*Balança Analítica marca Denver Instrument, modelo AB 250-D* – Equipamento utilizado para verificar o percentual de casca e gérmen na massa de material obtido (*nibs*).

*Estufa de circulação de ar forçado Fanem, modelo 330* – Com a finalidade para secar as amêndoas.

*Estufa Nova Técnica, modelo NT 513* – Utilizada na determinação de umidade dos cotilédones, cascas e amêndoas inteiras, através da metodologia apresentada no item **4.2.7.1**.

*Analizador de umidade CEM, modelo Smart 5* – Equipamento utilizado de forma alternativa para as leituras das umidades das amêndoas inteiras, cascas e cotilédones, através da aplicação de microondas. O equipamento é calibrado conforme a metodologia sugerida no item **4.2.7.1**. O Smart apresenta uma gama muito grande de como se pode

calibrar e, ajustar um método conforme a metodologia padrão referente ao produto com o qual se está trabalhando. O equipamento apresenta um painel onde são mostrados dados como as variações do peso da amostra durante à aplicação da radiação de microondas, temperatura do material (através de um sensor de infravermelho) e o valor calculado da umidade do produto.

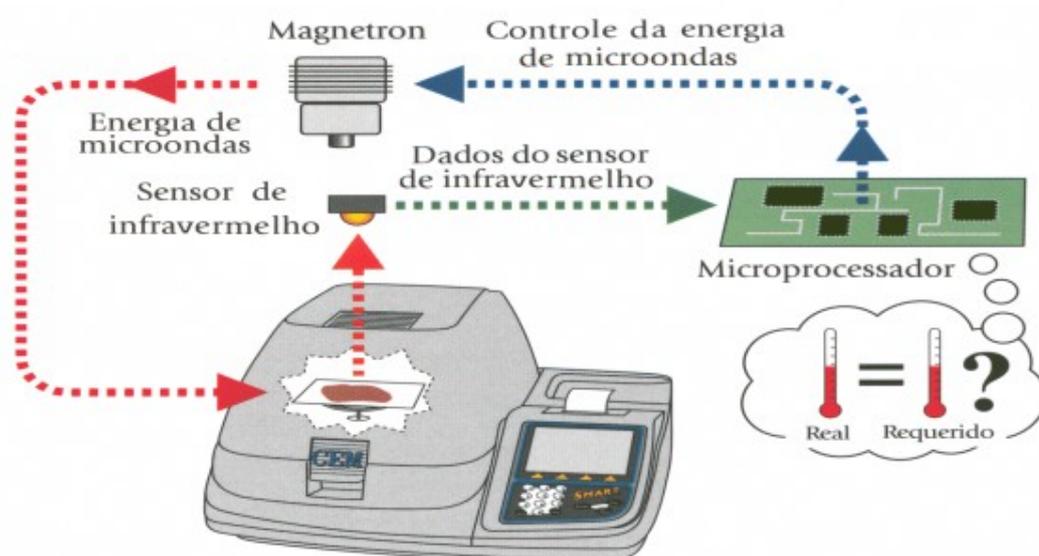


Figura 4. Analisador de umidades de microondas marca CEM.

*Medidor de umidade de cacau Gehaka, modelo Hygron* – Utilizado para verificar a umidade das amêndoas durante a secagem na barçaça.

*Tacômetro Microtest modelo F44 e Photo/Contact Tachometer modelo DT-2236* – Utilizados para as medições da rotação dos cilindros de borracha.

## **4.2. MÉTODOS**

### **4.2.1. De sementes para amêndoas (processos de fermentação e secagem)**

Os processos de fermentação e secagem para a obtenção das amêndoas, foram realizados segundo a metodologia proposta por Vasconcelos (1999), utilizando-se a caixa T-60 para o processo fermentativo das sementes de cupuaçu e uma barcaça para a secagem das amêndoas.

A caixa T-60 apresentada por Grimaldi (1978) foi confeccionada nas dimensões de 190x120x60cm. A capacidade da caixa é em torno de 150kg de sementes. A caixa é dividida em três compartimentos com dimensões diferentes, como é mostrado na Figura 5. No primeiro compartimento, o processo é mais aeróbico devido ao grande contato com ar. O segundo compartimento apresenta dimensões menores para facilitar a transformação dos açúcares em álcool que ocorre em condições anaeróbicas. No terceiro compartimento as reações são novamente mais aeróbicas. Isto porque o álcool que foi produzido no segundo compartimento deve ser convertido em ácido acético por meio de oxidação, através do contato com o ar.

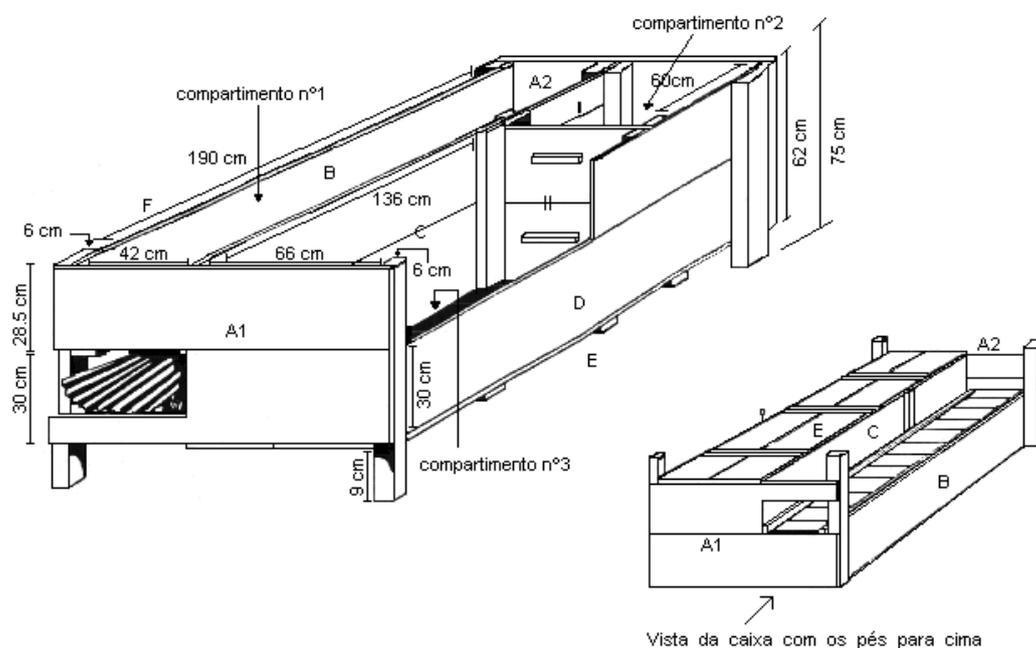


Figura 5. Detalhes das dimensões da caixa T-60.

Fonte: Grimaldi (1978) *apud* Vasconcelos (1999).

Grimaldi (1978) recomenda que a caixa seja abrigada da chuva e do sol; Desta forma, a T-60 encontrava-se protegida em um galpão. Foram misturados 0,2 a 0,3%, em relação à massa de sementes de cupuaçu, de folhas de bananeiras picadas. As folhas picadas têm como finalidade contribuir para a flora microbiana necessária ao processo.

O tempo de fermentação na caixa T-60 foi de sete dias, as sementes foram mantidas por 48h no primeiro compartimento, depois foram transferidas para o segundo compartimento para outras 48h. Após essas etapas as sementes foram postas no terceiro compartimento onde permaneceram as 72h restantes; ao completar sete dias de fermentação as sementes foram retiradas para secagem em barcaça. Durante estes sete dias houve o revolvimento das sementes no 2º, 3º, 4º, 5º e 6º dia da fermentação. O revolvimento do 2º e 4º dia do processo de fermentação corresponderam respectivamente à transferência do

material do primeiro para o segundo compartimento e do segundo para o terceiro compartimento. O revolvimento foi realizado utilizando-se uma pá de madeira.

Ao longo de todo o processo e em todos os três compartimentos, as amêndoas foram recobertas com folhas de bananeira e sacos de aniagem para um melhor isolamento térmico e retenção do calor que é produzido durante a fermentação. Foram também anotadas as temperaturas das sementes durante a fermentação para uma avaliação do processo (item **4.2.2.1.**).

Após a fermentação, as amêndoas foram levadas para uma barça (Figura 6), onde foram espalhadas para secagem uniforme. Esta barça estava localizada nas dependências da sede da CAMTA, sendo que o período de secagem durou em torno de dez dias até as amêndoas atingissem de 5 a 6% de umidade. Ao final de tarde e diante da ameaça de chuvas, as amêndoas eram cobertas pelo telhado móvel da barça. Foram feitos revolvimentos das amêndoas várias vezes ao dia, ao longo de todo período de secagem, utilizando-se um rodo de madeira, o mesmo tipo utilizado para cacau e café. A secagem visa estabilizar a atividade microbiológica nas sementes e prevenir o crescimento de mofos (Mattietto, 2001).



Figura 6. Barcaça utilizada para secagem das amêndoas de cupuaçu (CAMTA-PA).

Foram fermentados e secos três lotes de 150 kg de sementes denominados de F1, F2 e F3 correspondendo, respectivamente, ao primeiro, segundo e terceiro lotes fermentados. Quando o lote F1 estava passando do 3º para o 4º dia de fermentação na caixa T-60, um novo lote de sementes de cupuaçu (F2) foi colocado no primeiro compartimento para iniciar o seu processo de fermentação, ocorrendo da mesma forma com o lote F3.

Ao atingirem a umidade desejada, as amêndoas foram embaladas em sacos plásticos e embaladas novamente com sacos de aniagem. Em seguida foram enviadas para o Laboratório de Microondas Aplicadas, no Departamento de Engenharia de Alimentos, na FEA/UNICAMP.

## 4.2.2. Avaliação da fermentação das amêndoas de cupuaçu

### 4.2.2.1. Perfil de temperatura

Durante os sete dias da fermentação, foi medida, a cada 24 horas, a temperatura das amêndoas com a finalidade de avaliar o desenvolvimento do processo fermentativo. As leituras das temperaturas foram feitas no fundo, no meio e na superfície da massa de amêndoas que estavam sendo fermentadas; o valor da temperatura utilizado é a média das três temperaturas. As anotações das temperaturas foram feitas no início de cada fermentação, chamado de tempo “0”, e antes de cada revolvimento, sempre no mesmo horário. As medidas foram feitas com um termopar calibrado com um termômetro padrão de mercúrio.

Os perfis das temperaturas dos três lotes de sementes de cupuaçu, durante o processo de fermentação na caixa T-60, são mostrados na Figura 7.

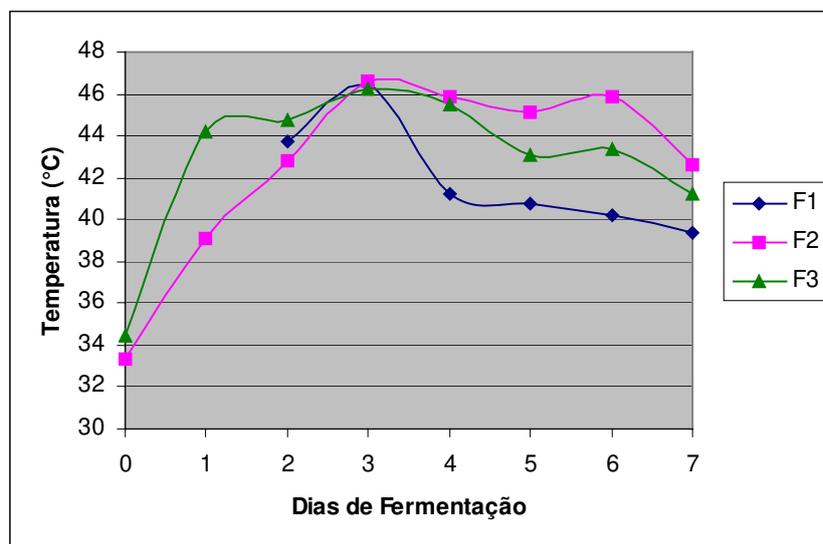


Figura 7. Perfis de temperatura dos lotes F1, F2 e F3 durante a fermentação.

Nota-se pela Figura 7, que os dois primeiros valores das temperaturas do lote F1 (0h e 24h) estão ausentes, isto ocorreu porque o aluno responsável pelo processo de fermentação chegou ao local (sede da CAMTA, Tomé-Açu-PA) no final da tarde do primeiro dia transcorrido do processo fermentativo, perdendo o horário de anotação (11:00h da manhã) dos valores das temperaturas. O aluno neste dia apenas verificou se o processo fermentativo foi iniciado de maneira correta na caixa T-60, o que ocorreu. Esta medida, de iniciar a fermentação enquanto o aluno viajava ao local, foi tomada devido aos tempos e prazos que estavam se esgotando, sendo que o principal deles era que a safra da fruta do cupuaçu estava quase acabando.

Pelo gráfico da Figura 7, pode-se visualizar um aumento da temperatura até atingir a ápice no terceiro dia de fermentação (72h), registrando temperaturas entre 46 a 47°C. Depois do terceiro dia, ocorreu uma estabilização e um decréscimo na temperatura ao finalizar o processo fermentativo. Estas oscilações das temperaturas são em função das atividades metabólicas dos microorganismos, que são encontrados na massa de cupuaçu (Mattietto, 2000).

A Figura 7 representa um comportamento já esperado e bastante similar aos resultados apresentados por Vasconcelos (1999), Lopes (2000) e Mattietto (2001). Pode-se visualizar os resultados destes autores na Figura 8.

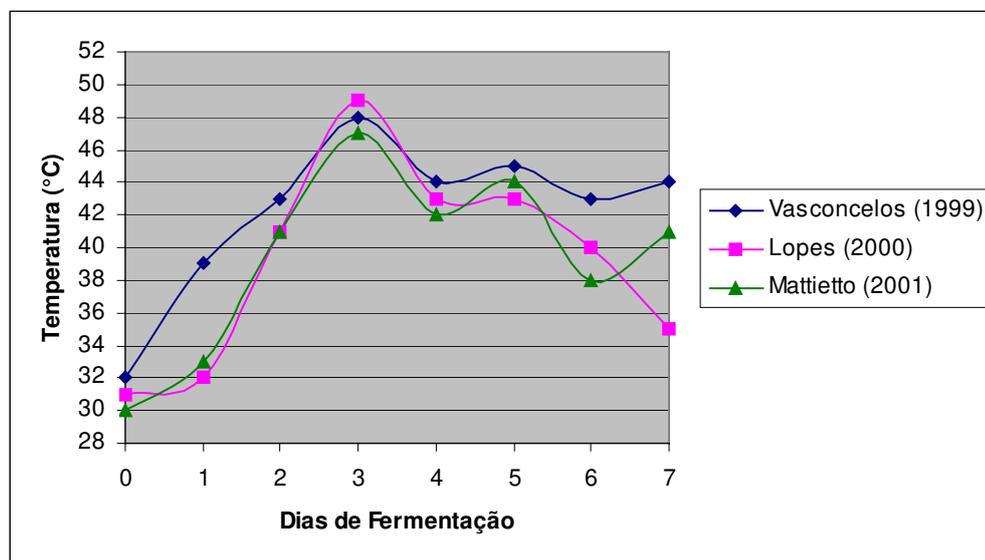


Figura 8. Perfis de temperaturas relatados por pesquisadores que utilizaram a caixa T-60 em seus processos fermentativos.

Em processos de fermentação do cacau, para obtenção do produto de boa qualidade, as temperaturas no terceiro dia do processo devem alcançar de 45 a 48°C (Quesnel & Lopez, 1975 *apud* Lopes, 2000).

Mesmo com toda esta diferença entre os valores, os perfis das temperaturas dos três lotes estão de acordo com as bibliografias, podendo-se concluir que o processo fermentativo ocorreu de maneira satisfatória.

#### 4.2.2.2. Teste de corte

A avaliação da qualidade das amêndoas fermentadas e secas foi realizada através do teste de corte. Escolhidas aleatoriamente, 100 amêndoas foram cortadas no sentido longitudinal e avaliadas através da Resolução nº 42 do CONCEX (1968). Esta avaliação foi

realizada em triplicata totalizando 300 amêndoas seccionadas. Esta resolução é apresentada nos trabalhos de Lopes (2000) e Mattietto (2001).

Lopes (2000) cita que através da Resolução nº 42 do CONCEX (1968) para as amêndoas de cacau serem consideradas do Tipo 1 (superior), as somas dos defeitos não deve ultrapassar 6%, sendo que os defeitos são amêndoas mofadas, danificadas por insetos, germinadas, quebradas, achatadas, etc.; não devendo ultrapassar o valor de 2% para cada defeito. Como não existem padrões de avaliação para amêndoas de cupuaçu, foi utilizada esta resolução para avaliar os lotes F1, F2 e F3.

Segundo Mattietto (2000), a Resolução nº42 do CONCEX explica que uma amêndoa de cacau que apresenta uma coloração marrom, mesmo que sejam visualizadas variações de tonalidades em toda superfície, é classificada como uma amêndoa bem fermentada. Amêndoa apresentando coloração violeta e púrpura, em grande parte de sua extensão, é considerada uma amêndoa mal fermentada. Além da cor, os sulcos encontrados nos cotilédones também são um indicativo de uma boa fermentação.

Através do teste de corte, a fermentação F2 (Tabela 5) foi aquela que apresentou os melhores resultados, sendo que a soma dos defeitos não ultrapassou 2%, recebendo a classificação do Tipo 1 (superior).

Tabela 5 – Classificação dos lotes de amêndoas fermentadas e secas pelo teste de corte.

Lotes	BF* (%)	MF* (%)	Defeitos (%)
F1	57,00	33,00	8,00
F2	86,67	10,00	1,00
F3	82,33	7,00	8,00

\*BF → bem fermentadas, MF → mal fermentadas.

A Tabela 5 demonstra que a fermentação F1 foi a que apresentou os piores resultados dentre as três fermentações, o número de amêndoas com defeitos iguala-se ao lote F3, só que o lote F3 apresenta um número superior de amêndoas bem fermentadas do que o lote F1. Isto ocorre porque, em comunicação verbal com Lopes (2000), ao colocar o segundo lote de sementes para fermentar na caixa T-60, este irá encontrar nos três compartimentos as leveduras, que são fundamentais no processo de fermentação, já desenvolvidas pelo primeiro lote de sementes.

Alguns fatores podem influenciar no processo fermentativo e nos resultados do teste de corte, como por exemplo em qual mês, do período de safra do fruto, um determinado lote de sementes foi fermentado, a região de origem dos frutos, entre outras.

O lote F2 foi destinado para um outro trabalho de tese envolvendo um estudo do processo de torração das amêndoas através das microondas e métodos convencionais. Para a quebra das amêndoas e separação na obtenção do cotilédone, foram utilizados os lotes F1 e F3. Em todas as amostras de quebra, foi realizada uma mistura de 50% de F1 e 50% de F3, onde ambos os lotes foram misturados manualmente em quantidades necessárias para as etapas de quebra. Logo em seguida, estas misturas foram colocadas dentro de sacos de polietileno e permaneceram em refrigeradores a 5°C durante uma semana para o equilíbrio da umidade. Após uma semana, foi medida a umidade dessa matéria-prima e, conforme o nível de umidade desejado para a análise da quebra, esta mistura ou era hidratada ou seca em estufa, como detalhado no item **4.2.7.1**.

#### 4.2.2.3. Composição física

Foi realizada a caracterização da composição física das amêndoas fermentadas e secas, mostrando o percentual de casca, cotilédones e gérmen. Os resultados dos percentuais dos componentes são apresentados na Tabela 6; Os valores encontrados estão em concordância com os valores apresentados por Queiroz (1999) e Lopes (2000). O percentual dos cotilédones encontrados em uma determinada massa de amêndoas de cupuaçu é importante pois, através deste dado, pode-se avaliar o rendimento do processo de obtenção dos *nibs* ao passar as amêndoas pelas etapas de quebra e separação.

Tabela 6 - Percentuais dos componentes das amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas nos lotes F1, F2 e F3.

Lotes	Componentes		
	Testa (%)	Gérmen (%)	Cotilédones (%)
Lote F1	26,17± 0,61	0,64± 0,03	73,19± 0,62
Lote F2	26,91± 0,33	0,53± 0,08	72,56± 0,39
Lote F3	27,62± 0,21	0,69± 0,04	71,69± 0,23

Valores obtidos em lotes de 100g de amêndoas feitos em triplicatas.

#### 4.2.3. Etapa de quebra

A etapa de quebra das amêndoas foi realizada através de um beneficiador de cilindros industrial. Esta etapa é demonstrada com detalhes através da Figura 9 onde é possível visualizar o fluxograma de obtenção do *nibs* desejado.



representados no fluxograma, juntamente com os valores, em milímetros, das malhas das peneiras utilizadas logo após cada processo de fragmentação.

Cada distância entre os cilindros fragmentadores foi denominado de “bloco”. Os blocos são indicados com linha tracejada na Figura 9. A verificação do desempenho de fornecimento dos *nibs* de cada bloco é detalhado no item **4.2.4.**

Os ajustes das distâncias entre os cilindros de borracha foram executados manualmente através de um volante localizado na lateral do equipamento. O par de mancais de rolamento de um dos cilindros é fixo, sendo o do outro móvel, possibilitando desta maneira o movimento deste cilindro de borracha e ajustando-se assim à distância entre eles. Solidária ao par de mancais móveis existe uma mola de pressão fazendo com que o cilindro fique mais fixo na sua posição ajustada (Figura 10).



Figura 10. Vista superior dos cilindros de borracha e da mola de pressão.

Por exemplo, se a pressão desta mola for pequena e logo em seguida o beneficiador for alimentado com um determinado material a ser triturado, este cilindro móvel terá pequenos movimentos, ajustando ou acomodando o material a ser fragmentado. Se for colocada uma alta pressão na mola, ela fará com que o cilindro móvel fique mais fixo na sua posição pré-determinada, fazendo com que a quebra do material seja maior, só que poderá haver problemas durante a alimentação deste material entre os cilindros. O ajuste desta pressão foi realizado através de um parafuso, obtendo-se desta maneira maior ou menor pressão sobre o cilindro de borracha.

A pressão entre os cilindros de borracha do beneficiador (bloco 1, 2 e 3) foi pequena no início do processo, somente no final do processo (bloco 4) é que houve a utilização de uma pressão maior, pois as partículas que passam por este bloco é mais resistente, de maior dificuldade de trituração para a obtenção dos *nibs*. A representação de um ajuste de alta pressão na mola, é visualizada na Figura 9 com a indicação da letra **P** nos dois cilindros.

#### **4.2.4. Etapa de separação**

Para o processo de separação, foi utilizado um jogo de peneiras nas medidas 4,76 , 3,35 e 2mm para a separação das frações das amêndoas fragmentadas.

O desempenho de quebra de cada bloco do fluxograma (Figura 9), foi avaliado através do material que passou pela peneira de 2mm. Todo o material que não ficou retido nesta peneira constitui o *nibs* desejado, apresentando percentuais pequenos de casca e quase isenção de gérmen. Este é o material nobre que poderá ser utilizado para a confecção do cupulate®. O cálculo do desempenho de quebra de cada bloco é dado pela seguinte fórmula:

$$\% = \frac{M_C}{M_E} \times 100 \quad (1)$$

% - Percentual de rendimento do bloco.

$M_C$  – Massa de material que passou pela peneira de 2mm (*nibs* obtido).

$M_E$  – Massa de amêndoas fragmentadas no bloco.

Um detalhe importante é que entre o bloco 2 e o bloco 3 foi colocada uma peneira de 2mm, diferentemente do que é apresentado no fluxograma. Esta peneira apenas serviu para possibilitar um estudo de quais são os melhores ajustes dos fatores do bloco 2, com a finalidade de obter-se o melhor rendimento deste bloco. Visualizando o fluxograma da Figura 9, não é possível avaliar o bloco 2 com a peneira de 2mm que fica após o bloco 3, justificando assim o procedimento.

Em todas as etapas de peneiramento, sem exceção, as amêndoas fragmentadas foram peneiradas durante 20 segundos, evitando assim erros nos valores das massas obtidas.

#### 4.2.5. Pureza da matéria-prima obtida

Foram obtidos os percentuais de casca e gérmen encontrados nos *nibs* após as etapas de quebra e separação, através de uma triagem manual em amostras contendo 10g, em triplicata.

Minifie (1989) cita que o *nibs* do cacau comercializado pode conter em torno de 1,5% de testa e gérmen. Em um relatório apresentado na reunião da comissão do CODEX ALIMENTARIUS (2001), foi citado que o liquor do cacau não pode ultrapassar 1,75% de casca em sua massa. Como o cupulate® não é produzido em escala comercial mundial, não existe legislação, normas ou padrões para o mesmo, desta forma baseia-se neste trabalho de

acordo aos padrões dos produtos do cacau e do chocolate estabelecidos pelos comitês internacionais.

#### **4.2.6. Análise estatística**

Os fatores estudados que influenciaram a obtenção dos *nibs* das amêndoas de cupuaçu foram a umidade da amêndoa inteira e a velocidade diferencial entre os cilindros de borracha.

Visualizando novamente o fluxograma da Figura 9, no bloco 1 existem dois fatores que foram estudados que influenciaram a quebra e peneiramento do material: a umidade da amêndoa inteira e a velocidade diferencial entre os cilindros, desta forma foi utilizado um planejamento experimental  $2^2$  com 4 pontos centrais (Tabela 7). Através dos resultados apresentados pelo planejamento, foi possível concluir o melhor nível de umidade e velocidade diferencial para o rendimento na obtenção dos *nibs* de cupuaçu, além de visualizar o comportamento dos percentuais de cascas, nos *nibs* obtidos, através da mudança dos níveis dos fatores.

Tabela 7 – Modelo de planejamento experimental utilizado para avaliação das respostas.

Ensaio	Fatores		Resposta	
	Velocidades	Umidades	% de <i>nibs</i> obtido	% de casca no <i>nibs</i> obtido
A	-1	-1		
B	+1	-1		
C	-1	+1		
D	+1	+1		
E	0	0		
F	0	0		
G	0	0		
H	0	0		

Para o bloco 2, utilizou-se a umidade que apresentou melhor desempenho de quebra no bloco 1 e variou-se apenas a velocidade diferencial dos cilindros. Os blocos 3 e 4 também foram estudados da mesma forma. Para os blocos 2, 3 e 4, onde são apresentados apenas um fator de influência (univariável), foi utilizado o teste de Tukey que mostra se há ou não diferenças significativas entre os dados médios obtidos. Foi utilizado o software STATISTICA 5.0, executado em ambiente WINDOWS, tanto para a análise dos efeitos dos fatores no planejamento experimental, como para o teste de Tukey.

#### 4.2.7. Níveis e metodologias dos fatores

São apresentados, nos itens abaixo, as metodologias de cada variável e as justificativas das escolhas dos valores de cada nível estabelecidos para o planejamento experimental.

#### 4.2.7.1. Umidades

Um dos fatores importantes para o desempenho de quebra é a umidade das amêndoas. Foram obtidos três valores de umidades: a umidade dos cotilédones, da casca e da amêndoa inteira, sendo que apenas o valor da umidade da amêndoa inteira foi utilizado como referência de quebra. Nas etapas de quebra do material ocorre a fragmentação total da amêndoa como um todo e não apenas a quebra da casca. Desta forma, justifica-se a utilização da umidade da amêndoa inteira.

Para os valores das umidades das amêndoas inteiras, das cascas e dos cotilédones foi utilizada metodologia 31.1.02 da AOAC (1997). O tempo aproximado para atingir o peso constante das amostras na estufa foi de 12h.

Os níveis utilizados na umidade das amêndoas foram de 5, 6 e 7%, podendo-se justificar estes valores porque acima de 7% as amêndoas podem apresentar problemas de mofo (Minifie, 1989; Vasconcelos, 1999; Lopes, 2000; Mattietto, 2001) e a obtenção de valores abaixo de 5% de umidade da amêndoa inteira é um processo difícil, somente com o processo de torração.

Para elevar a umidade das amêndoas a 7% foi utilizada a metodologia desenvolvida por Aydin (2002), baseada nas propriedades físicas da noz de avelã em função da umidade. Com o valor de uma determinada massa de amêndoas de cupuaçu e sabendo do valor de sua umidade inicial, foi calculado o percentual de água necessário para atingir a umidade desejada, desta forma as amêndoas foram borrifadas com quantidade de água destilada necessária e seladas em sacos de polietileno. Estes sacos foram colocados em um refrigerador com temperatura a 4°C, permanecendo por 8 dias até ocorrer a distribuição, estabilização e uniformização da umidade por toda a amostra.

Para amostras com umidades menores, as amêndoas de cupuaçu foram colocadas em uma estufa de circulação de ar forçado, por 24h, com temperatura entre 34 e 35°C. As amêndoas, ao atingirem a umidade desejada eram submetidas aos processos de quebra e separação.

Os valores obtidos para a umidade, aplicando as metodologias acima, são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores das umidades das amêndoas de cupuaçu e seus componentes correspondente a cada nível do planejamento experimental.

Componentes	Níveis		
	-1	0	+1
Amêndoa inteira (%)	5,06±0,14	5,93±0,38	6,90±0,33
Testa (%)	10,07±0,29	11,57±0,40	13,03±0,93
Cotilédones (%)	3,41±0,25	4,18±0,27	5,02±0,41

Apesar de não ter sido encontrado nenhum trabalho sobre estudos das umidades dos componentes das amêndoas de cupuaçu, Braga *et al.* (1999) apresentam um trabalho sobre comportamento mecânico da noz macadâmia em função da umidade. Nesse trabalho, foi notada uma mesma relação entre a menor e a maior umidade nos componentes. Isto é, o cotilédone apresenta menor valor que a amêndoa inteira e esta apresenta menor umidade que a testa. Minifie (1989) também comenta a desproporcionalidade das umidades dos componentes da amêndoa de cacau (apenas fermentado, não torrado) onde o *nibs* apresenta em torno de 4~5%, e a testa de 8~10%.

#### 4.2.7.2. Velocidades diferenciais entre os cilindros fragmentadores

A velocidade diferencial entre os cilindros fragmentadores foi um dos fatores estudados no processo de obtenção dos *nibs* das amêndoas de cupuaçu.

O acionamento dos cilindros fragmentadores é realizado através de uma única correia proveniente do motor. Os diâmetros das polias acionadoras de cada eixo dos cilindros de borrachas são diferentes, ocasionando uma diferença nos valores das velocidades de rotação de cada cilindro, ajudando desta forma na quebra do produto. Na Figura 11 pode-se visualizar o vetor tangencial de velocidade de cada cilindro. A diferença de valores entre os vetores foi denominada de velocidade diferencial entre os cilindros. O cilindro de borracha com a maior rotação é representado na figura pelo vetor V1.

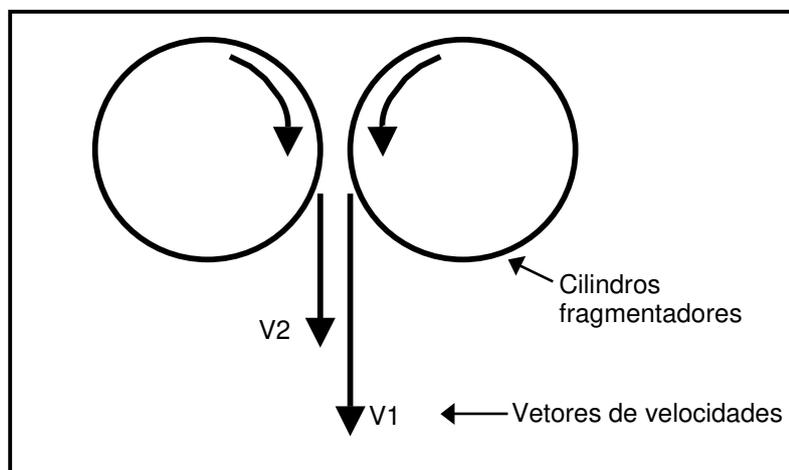


Figura 11. Vetores de velocidades dos cilindros fragmentadores.

Um variador de velocidade, que está acoplado ao motor elétrico do beneficiador, faz com que a velocidade diferencial entre esses cilindros seja alterada.

As medidas para a velocidade diferencial entre os cilindros foram obtidas através de dois tacômetros que forneceram os valores em RPM, sendo convertido para velocidade tangencial em m/s. O motor do beneficiador de cilindros está acoplado a um variador de velocidade graduado do 1 ao 10, com uma subdivisão de 0,25. Esta graduação é apenas uma referência para aumentar ou diminuir a velocidade de saída do motor, sendo necessária a calibração através do tacômetro. Para cada velocidade fornecida pelo variador eram medidos os valores da rotação de cada cilindro, calibrando desta forma o equipamento. Foram calibradas as graduações de 1 a 5, isto porque os valores acima de 5 apresentavam perigo do escape da correia e vibração mecânica muito grande no equipamento. A escolha dos níveis das velocidades utilizadas para o planejamento experimental foi feita através de ensaios preliminares de quebra e separação.

Os valores das velocidades diferenciais dos cilindros de borracha são mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 – Valores das velocidades diferenciais correspondentes às velocidades do variador.

Posição do variador	Cilindro 1 (RPM)	Cilindro 2 (RPM)	Velocidade Diferencial entre os cilindros (RPM)	Velocidade Diferencial entre os cilindros (m/s)
1(1,15)*	182,20	267,75	85,55	0,73
1,25	204,50	302,50	98,00	0,84
1,50	234,05	345,95	111,90	0,96
1,75	272,60	402,00	129,40	1,11
2,00	308,00	454,90	146,90	1,26
2,25	345,50	510,15	164,65	1,41
2,50	379,70	561,30	181,60	1,56
2,75	419,20	618,95	199,75	1,72
3,00	456,05	673,85	217,80	1,87
3,25	494,75	730,65	235,90	2,03
3,50	528,10	779,80	251,70	2,16
3,75	570,70	844,10	273,40	2,35
4,00	612,10	904,15	292,05	2,51
4,25	649,50	959,15	309,65	2,66
4,50	690,50	1020,00	329,50	2,83
4,75	737,50	1088,00	350,50	3,01
5,00	785,50	1161,50	376,00	3,23

\*O variador de velocidade não iniciava realmente no valor 1, começava em torno de 1,15~1,20.

Para escolher os valores dos níveis da velocidade diferencial no bloco 1, foi realizado um teste preliminar de quebra demonstrado na Figura 12.

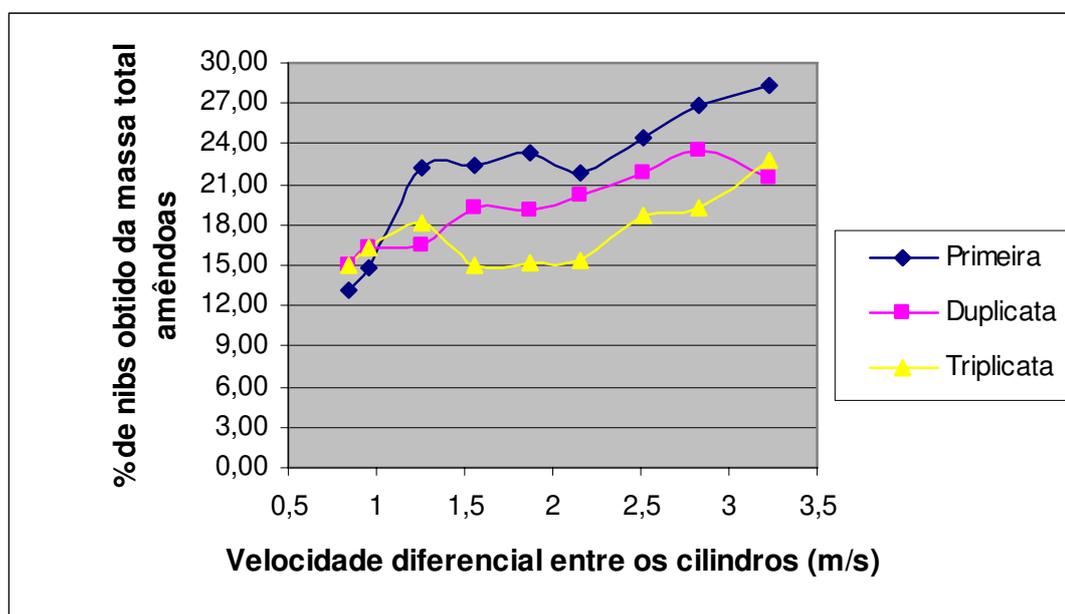


Figura 12. Perfis de rendimentos relacionados com a velocidade diferencial.

Na Figura 12, estão apresentados os rendimentos dos *nibs* obtidos em relação à velocidade diferencial entre os cilindros. O valor do percentual de rendimento foi realizado através da equação demonstrada no item 4.2.4.

Como um dos objetivos deste trabalho também é obter um maior rendimento de *nibs*, os níveis de velocidades diferenciais escolhidos foram 2,10 , 2,66 e 3,23m/s.

A escolha das velocidades dos blocos 2, 3 e 4 foram mais amplas, sendo utilizadas as velocidades diferenciais 0,84 , 1,87 e 3,23m/s. A justificativa para estes valores se deve ao seguinte fato; para realizar os testes preliminares nestes blocos, como foi feito no bloco 1, em triplicatas, teria que ser utilizada uma grande quantidade de matéria-prima. Primeiramente, não havia matéria-prima em quantidade suficiente e, como não se sabia que tipo de problemas ou imprevistos poderiam ocorrer, em hipótese alguma poderia faltar

material durante os experimentos. Os blocos 2, 3 e 4 têm apenas um fator (univariável) para o estudo, que é a velocidade, assim não havia uma necessidade de teste preliminar para escolher as velocidades para o estudo, o próprio teste já seria o estudo com os resultados.

A distância entre os cilindros de borracha e a pressão da mola no cilindro móvel não podem ser considerados fatores pois eles são variáveis qualitativas. No caso das distâncias apresentadas no fluxograma (Figura 9), se os valores destas distâncias forem diminuídos, ocorrerá problemas na alimentação durante a quebra, o material irá escorregar entre os cilindros. Se for feito o contrário, o material se fragmentará menos, obtendo-se desta forma menos *nibs* de cupuaçu. Com a pressão da mola acontece o mesmo, nos blocos onde se apresentam as granulometrias maiores não é recomendado começar com pressões elevadas, pois desta forma também ocorrerão problemas na alimentação no material à ser fragmentado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. OBTENÇÃO DOS *Nibs*

#### 5.1.1. Etapas de quebra e separação

São apresentados a seguir os valores de desempenho do fornecimento dos *nibs* de cada bloco, sobre os efeitos de seus determinados fatores.

##### 5.1.1.1. Bloco 1 (Planejamento Experimental)

A primeira etapa de quebra e separação, como é mostrado na Figura 9, foi realizada utilizando-se um planejamento experimental  $2^2$  com quatro pontos centrais. Os resultados dos percentuais dos *nibs* obtidos encontram-se na Tabela 10. Na Tabela 11 observa-se novamente os valores dos níveis dos fatores utilizados no planejamento experimental. A Tabela 12 apresenta a influência dos efeitos das variáveis (velocidade e umidade da amêndoa inteira) sobre as respostas dos percentuais dos *nibs* obtidos e, para finalizar, a Tabela 13, onde são apresentados os coeficientes de regressão, onde é possível ajustar um modelo matemático. A carga da mola de pressão nesta primeira etapa de quebra, bloco 1, foi de 12,22kgf.

Tabela 10 – Planejamento experimental  $2^2$  com quatro pontos centrais para análise do bloco 1.

Ensaio	Fatores		Resposta
	Velocidades Diferenciais	Umidades	% de <i>nibs</i> obtido
A	-1	-1	23,99
B	+1	-1	26,95
C	-1	+1	8,83
D	+1	+1	11,11
E	0	0	19,59
F	0	0	21,76
G	0	0	19,20
H	0	0	20,25

Tabela 11 – Valores dos níveis dos fatores utilizados na quebra das amêndoas no bloco 1.

Nível	-1	0	+1
Velocidade			
diferencial entre os cilindros (m/s)	2,10	2,66	3,23
% de umidade da amêndoa inteira	5,06±0,14	5,93±0,38	6,90±0,33

Tabela 12 – Análise dos efeitos sobre os percentuais de rendimentos.

	Efeito	Desvio Padrão	t (3)	p	Lim. Coef.	Lim. Coef.
					-95%	+95%
Média*	18,960	0,398	47,598	0,0000	17,693	20,228
(1) Veloc.	2,619	1,127	2,324	0,1027	-0,967	6,204
(2) Umidad.*	-15,499	1,127	-13,756	0,0008	-19,084	-11,913
1X2	-0,342	1,127	-0,303	0,7816	-3,927	3,244

\*Estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ).

Coefficiente de determinação  $R^2=0,912$ , valor fornecido considerando apenas os parâmetros significativos (média e umidade).

Pode-se observar, pela Tabela 12, que a umidade apresentou maior influência na resposta do planejamento; através do sinal do efeito da umidade é conclusivo que, conforme passa-se à umidade para níveis superiores, isto é, aumentando-se a umidade da amêndoa, obtem-se menos *nibs*. No caso da velocidade, ao passar para níveis maiores, a tendência é obter mais material, mas esta variável não apresenta um valor de  $p < 0,05$  (confiabilidade de 95%), o valor do seu efeito é baixo, assim, a variável velocidade não é estatisticamente significativa, ela exerce uma pequena influência na resposta. Nota-se a existência de valores pequenos no desvio padrão, isto significa que as repetições dos pontos centrais foram satisfatórias.

O valor do coeficiente de determinação também está bastante satisfatório, significa que 91,2% da variação total em torno da média é explicada pela regressão. Quanto mais próximo de 1 estiver o valor de  $R^2$ , melhor terá sido o ajuste do modelo às respostas observadas (Barros Neto *et al.*, 2001).

Tabela 13 – Coeficiente de regressão do modelo proposto.

	Coeficiente de Regressão	Desvio Padrão	t (3)	p	Lim. Coef. -95%	Lim. Coef. +95%
Média*	18,960	0,398	47,598	0,0000	17,693	20,228
(1) Veloc.	1,309	0,563	2,324	0,1027	-0,484	3,102
(2) Umidad.*	-7,749	0,563	-13,756	0,0008	-9,542	-5,956
1X2	-0,171	0,563	-0,303	0,7816	-1,964	1,622

\*Estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ).

Coefficiente de determinação  $R^2=0,912$ , valor fornecido considerando apenas os parâmetros significativos (média e umidade).

Através da Tabela 13 são mostrados os coeficientes de regressão do modelo matemático codificado, permitindo avaliar o ajuste dos valores determinados pelo modelo (valores preditos) com os valores reais (observados) fornecidos através dos experimentos. Na Tabela 14 são visualizados os valores observados juntamente com os valores preditos pelo modelo proposto com 95%. A novidade é que também será utilizado um modelo com 89% de confiabilidade, isto para avaliar qual destes modelos matemáticos (95% e 89%) se ajusta melhor aos valores observados experimentalmente.

Deve-se lembrar que antes de começar a trabalhar com modelagem matemática, há necessidade de conferir a ANOVA (*Analysis of Variance*) do modelo gerado pelo planejamento experimental, servindo para verificar a qualidade do ajuste do modelo, isto é, se ele apresenta ou não muitos resíduos (é chamado de resíduo à diferença entre um valor observado e a sua estimativa de acordo com o modelo). Tanto para os modelos de 95% e 89% de confiabilidade, apresentaram na ANOVA resultados bastantes satisfatórios, confirmando a validade de ambos os modelos e permitindo que sejam utilizados.

Tabela 14 – Percentual de diferença entre os valores observados e os valores preditos.

Ensaio	Fatores		Respostas	Modelos Codificados e Erros			
	Velocidade	Umidade	Observadas % Nibs Obt.	95% Conf.	Erro (95%)	89% Conf.	Erro (89%)
A	-1	-1	23,99	26,71	11,34	25,4	5,88
B	1	-1	26,95	26,71	0,89	28,02	3,97
C	-1	1	8,83	11,21	26,91	9,90	12,08
D	1	1	11,11	11,21	0,90	12,52	12,69
E	0	0	19,59	18,96	3,22	18,96	3,22
F	0	0	21,76	18,96	12,87	18,96	12,87
G	0	0	19,20	18,96	1,25	18,96	1,25
H	0	0	20,25	18,96	6,37	18,96	6,37
Média dos valores dos erros					7,97	7,29	

A fórmula do erro é fornecida por Lomauro *et al.* (1985), onde é apresentada da seguinte maneira:

$$Erro = \frac{|V_o - V_p|}{V_o} \times 100 \quad (2)$$

$V_o$  – Valores observados experimentalmente.

$V_p$  – Valores preditos pelo modelo proposto.

Observando as Tabelas 13 e 14, o modelo proposto com 95% de confiabilidade apresenta apenas os parâmetros média e umidade, pois estes valores apresentam  $p < 0,05$ , isto é, são estatisticamente significativos. Se esta confiabilidade for diminuída para 89%, além dos parâmetros média e umidade, também estará incluindo o parâmetro velocidade diferencial dos cilindros. Pela Tabela 14, o modelo com 89% de confiabilidade apresenta uma média nos valores dos erros (7,29%) inferior ao modelo proposto com 95% (7,97%).

Não se pode também ignorar que alguns valores dos erros aumentaram no modelo de 89% em relação ao modelo de 95% (ensaios B e D), só que estes valores são inferiores ou próximos de 10%, que é mais ou menos o valor limite de erro aceitável. Um dado também a favor ao modelo codificado com 89% de confiabilidade é que, este apresentou um coeficiente de determinação de  $R^2=0,938$ , superior ao modelo de 95% ( $R^2=0,912$ ). A inclusão do termo velocidade é “saudável”, pois, além de diminuir a média dos valores dos erros, é uma variável fácil de ser ajustada, ao contrário da umidade da amêndoa, que é um problema.

Através da Tabela 13 e das conclusões fornecidas pela Tabela 14, é apresentado abaixo o modelo matemático codificado (os valores dos fatores devem ser fornecidos em +1, 0 ou -1) com 89% de confiabilidade, isto é, com o fator velocidade incluído no modelo.

$$\%C=18,96+1,309V-7,749U \quad (3)$$

Coeficiente de determinação  $R^2=0,938$ , valor fornecido considerando apenas os parâmetros significativos (média, velocidade e umidade).

$\%C$  – Percentual de *nibs* obtido.

V – Velocidade diferencial entre os cilindros.

U – Umidade da amêndoa inteira.

O modelo matemático para valores reais (velocidade em m/s e umidade em percentual) é demonstrado através da equação 4.

$$\%C=63,36+2,30Vr-8,48Ur \quad (4)$$

Coeficiente de determinação  $R^2=0,952$ , valor fornecido considerando apenas os parâmetros significativos (média, velocidade e umidade).

%C – Percentual de *nibs* obtido.

Vr – Velocidade diferencial entre os cilindros (m/s).

Ur – Umidade da amêndoa inteira (%).

Tabela 15 – Percentual de diferença entre os valores observados e os valores preditos para o modelo real.

Ensaio	Fatores		Respostas	Modelo Real e Erro	
	Velocidade (m/s)	Umidade (%)	% <i>Nibs.</i> Obt.	89% Conf.	Erro (89%)
A	2,10	5,06	23,99	25,28	5,11
B	3,23	5,06	26,95	27,88	3,34
C	2,10	6,90	8,83	9,68	8,73
D	3,23	6,90	11,11	12,28	9,51
E	2,66	5,93	19,59	19,19	2,08
F	2,66	5,93	21,76	19,19	13,38
G	2,66	5,93	19,20	19,19	0,04
H	2,66	5,93	20,25	19,19	5,51
Média dos valores dos erros					5,96

A Tabela 15 mostra que o modelo real apresenta resultados bem satisfatórios, com valor máximo de erro de 13,38% (ensaio F) entre o valor observado e o valor predito.

O modelo empírico da equação 4 é um modelo linear *local*, isto é, ele é aplicável apenas a uma determinada região (Barros Neto *et al.*, 2001). A inclusão de valores extrapolados no modelo (umidades maiores que 7% e menores que 5% e velocidades menores que 2,10m/s e maiores que 3,23m/s) é arriscado, pois o modelo foi estudado dentro de uma faixa pré-estabelecida (item 4.2.7.).

## 5.1.1.2. Blocos 2, 3 e 4 (Teste de Tukey)

Para estes blocos, foi utilizado o teste de Tukey para avaliação do desempenho dos rendimentos dos *nibs* obtidos, através das mudanças dos níveis das velocidades. A umidade das amêndoas inteiras foi fixada em torno de 5%, pois foi a que apresentou os melhores resultados de fragmentação no bloco 1. A pressão da mola nos blocos 2 e 3 foi também fixada em 12,22kgf, somente no bloco 4 é que a pressão foi aumentada em torno de 56,40kgf, devido a estas partículas serem mais resistente à trituração.

Tabela 16 – Desempenho de quebra para diferentes velocidades diferenciais em cada bloco.

Velocidade diferencial entre os cilindros (m/s)	% médio de <i>nibs</i> obtido em cada bloco			
	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4a*	Bloco 4b**
0,84	13,5±0,88 <sup>A</sup>	34,49±0,65 <sup>A</sup>	62,31±2,49 <sup>A</sup>	36,47±1,50 <sup>A</sup>
1,87	15,10±0,40 <sup>A</sup>	34,25±3,04 <sup>A</sup>	64,99±1,70 <sup>AB</sup>	35,83±3,28 <sup>A</sup>
3,23	15,19±0,81 <sup>A</sup>	36,85±1,76 <sup>A</sup>	67,37±1,50 <sup>B</sup>	35,04±4,61 <sup>A</sup>

As médias com expoentes iguais em cada bloco, na mesma coluna, não apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

Todos os valores obtidos em triplicatas.

\*Primeira passagem no bloco 4.

\*\*Segunda passagem no bloco 4.

Através dos resultados apresentados na Tabela 16, nota-se que a variação de velocidade não apresenta efeito significativo na obtenção do *nibs* (95%), somente no bloco 4a houve uma diferença no rendimento entre a maior e a menor velocidade.

### 5.1.2. Resultados da pureza do material

Foram também estudados os percentuais de casca encontrado nos *nibs* obtidos em cada etapa de quebra das amêndoas; desta forma, para cada ensaio realizado em cada bloco, além da resposta do percentual de *nibs* obtido, obteve-se também a resposta da pureza deste material. Este procedimento foi efetuado com a finalidade de saber o quanto esta matéria-prima está pura, pois no caso do *nibs* do cacau, como foi mostrado no item 4.2.5., existem normas e especificações para as quantidades máximas permitidas de cascas e gérmen. A pureza do *nibs* do cupuaçu foi baseada nestas normas estabelecidas para o cacau. Foram retiradas amostras de aproximadamente 10g de *nibs* (em triplicata), fornecido pelos ensaios de rendimentos nos processos quebra e separação, e feita uma triagem manual para separar *nibs* dos outros constituintes, sendo depois pesados. Este procedimento foi semelhante para todos os blocos. Desta forma foi possível avaliar a quantidade de cascas e germens contida no *nibs* obtido.

## 5.1.2.1. Bloco 1 (Planejamento Experimental)

Tabela 17 – Planejamento experimental  $2^2$  com quatro pontos centrais para análise do percentual de casca nos *nibs* do bloco 1.

Ensaio	Fatores		Resposta
	Velocidades Diferenciais	Umidades	% de casca no <i>nibs</i> obtido
A	-1	-1	0,4030
B	+1	-1	0,3459
C	-1	+1	0,6026
D	+1	+1	0,3447
E	0	0	0,3756
F	0	0	0,2385
G	0	0	0,3532
H	0	0	0,2960

Os valores dos níveis de cada fator (velocidade e umidade) são os mesmos da Tabela 11.

Tabela 18 – Análise dos efeitos sobre os percentuais de cascas no *nibs*.

	Efeito	Desvio Padrão	t (3)	p	Lim. Coef. -89%	Lim. Coef. +89%
Média*	0,370	0,022	17,017	0,000	0,321	0,419
(1) Veloc.*	-0,158	0,061	-2,561	0,083	-0,296	-0,019
(2)	0,099	0,061	1,613	0,205	-0,039	0,238
Umidad.						
1X2	-0,100	0,061	-1,633	0,201	-0,239	0,038

\*Estatisticamente significativo ( $p < 0,11$ ).

Coefficiente de determinação  $R^2 = 0,312$  ; valor fornecido considerando apenas os parâmetros significativos (média e velocidade).

Observa-se pela Tabela 18 que, para um valor de confiabilidade a 89% ( $p < 0,11$ ), nenhum parâmetro é estatisticamente significativo com exceção da média e velocidade. O que se pode concluir é que, conforme é aumentado o valor da umidade da amêndoa, o nível de percentual de casca também se eleva, no caso da velocidade ocorre o inverso (fatos observados no bloco 1). O baixo valor do coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,312$ ) mostra que o modelo está muito mal ajustado em relação aos valores observados experimentalmente. Para este caso, para melhorar o valor do coeficiente de determinação, deve-se transformar esse modelo linear em um modelo quadrático, para isto são necessários inserir pontos axiais no planejamento, isto é, novos níveis com pontos abaixo de  $-1$  e acima de  $+1$  para os fatores umidade e velocidade. No caso de um planejamento fatorial  $2^2$ , os valores dos pontos axiais seriam  $-1,41$  e  $+1,41$ . No entanto, como já foi observado, não é possível trabalhar com valores menores e maiores de umidades das amêndoas, o processo de obtenção dos *nibs* foi estudado em uma faixa limite. Umidades maiores acarretariam no perigo das amêndoas mofarem ou de surgir bolor e, umidades menores somente seriam alcançadas com o processo de torração das amêndoas.

Mas toda a matéria-prima obtida nesta primeira etapa de quebra está com um valor percentual excelente de casca e gérmen. Segundo as referências, o valor máximo

permitido está entre 1,5 e 1,75%, enquanto no planejamento o valor máximo de casca encontrado na matéria-prima foi de 0,6026%.

#### 5.1.2.2. Blocos 2, 3 e 4 (Teste de Tukey)

As purezas dos *nibs* fornecidos pelos blocos 2, 3 e 4, ao mudar o nível da velocidade diferencial, são mostradas na Tabela 19.

Tabela 19 – Percentual de casca encontrado nos blocos 2, 3 e 4.

Velocidade diferencial entre os cilindros (m/s)	% médio de cascas em cada bloco			
	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4a*	Bloco 4b**
0,84	2,801±0,20 <sup>A</sup>	1,360±0,25 <sup>A</sup>	1,402±0,46 <sup>A</sup>	2,660±0,77 <sup>A</sup>
1,87	2,661±0,30 <sup>A</sup>	1,656±0,46 <sup>AB</sup>	1,024±0,28 <sup>AB</sup>	2,386±0,26 <sup>A</sup>
3,23	2,125±0,43 <sup>A</sup>	2,212±0,38 <sup>B</sup>	0,948±0,17 <sup>B</sup>	2,378±0,38 <sup>A</sup>

As médias com expoentes iguais em cada bloco, na mesma coluna, não apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

\*Primeira passagem no bloco 4.

\*\*Segunda passagem no bloco 4.

Através dos dados das Tabelas 19, é constatado que ao aumentar a velocidade diferencial entre os cilindros nos blocos 2 e 4 o percentual de casca diminui. No bloco 3 ocorre o contrário. Isto se deve, talvez, a granulometria do material, para cada granulometria ocorre um determinado comportamento. A maioria dos valores da Tabela 19 estão com os percentuais de cascas bem acima do permitido. No entanto, fazendo um balanço de massa de casca de todo material obtido, somando todos os valores dos *nibs* desejados extraídos de cada bloco com seus respectivos percentuais de pureza, este material final irá conter um percentual de casca e gérmen dentro dos limites aceitos.

Ressalta-se, também, que o material que alimentou os testes do bloco 3, foi o mesmo que passou pelo bloco 2 a uma velocidade 3,23 m/s. Independente da velocidade diferencial encontrada no bloco 2, este irá fornecer a mesma quantidade massa ao bloco 3 (Figura 9). Os dados mostrados na Tabela 19 também comprova que, independente da velocidade diferencial no bloco 2, não haverá nenhuma diferença significativa de percentual de casca na massa de *nibs* destinada para o bloco 3.

Para ter uma idéia da pureza do material final coletado após ter passado por todas as etapas de quebras e separações, serão utilizados os dados fornecidos pelas Tabelas 10, 16, 17 e 19 (percentual de *nibs* obtido em todos os blocos juntamente com seus percentuais de pureza) e mais os valores das massas (que também foram pesadas durante os experimentos) das amêndoas fragmentadas que ficavam retidas em cada etapa de peneiramento. Tudo isto é demonstrado na Tabela 20.

Tabela 20 – Tabela de distribuição das massas no fluxograma da Figura 9 durante os ensaios de quebra e separação.

Blocos	Ensaio	% do material, após a quebra, que ficou retido nas peneiras para as próximas etapas de quebras e separação.		% de <i>nibs</i> obtido (material que passou pela peneira de 2mm).	% de cascas no <i>nibs</i> obtido
		4,76mm	2mm		
Bloco 1	A	52,86	22,24	23,99	0,4030
	B	47,76	23,64	26,95	0,3459
	C	78,24	12,4	8,833	0,6026
	D	71,15	17,06	11,11	0,3447
	E	59,23	20,31	19,59	0,3756
	F	55,51	22,06	21,76	0,2385
	G	58,65	21,42	19,20	0,3532
	H	57,17	22,43	20,25	0,2960
Bloco 3	Velocidades Diferenciais (m/s)	3,35mm	2mm		
	0,84	43,31±2,88	25,21±7,99	34,49±0,65	1,360±0,25
	1,87	44,83±4,66	20,81±2,25	34,25±3,045	1,656±0,46
	3,23	40,75±2,34	21,47±0,56	36,85±1,76	2,212±0,38
Bloco 4 a		2mm			
	0,84	36,73±1,63		62,31±2,49	1,402±0,46
	1,87	34,23±2,51		64,99±1,70	1,024±0,28
	3,23	32,07±0,92		67,37±1,50	0,948±0,17
Bloco 4 b (2° vez)	0,84	63,82±1,43		36,47±1,50	2,660±0,77
	1,87	64,60±1,13		35,83±3,28	2,386±0,26
	3,23	64,10±2,44		35,04±4,61	2,378±0,38

Através Tabela 20, que é uma matriz completa do comportamento de quebra do beneficiador de cilindros, é possível perceber o direcionamento das massas de cada granulometria, o percentual de rendimento de *nibs* de cada bloco, o percentual de casca do material recolhido, quanto de massa ficará ou passará por uma determinada peneira, quanto desta massa irá para a próxima etapa de quebra, entre outros dados. O fluxograma (Figura 9) completa uma melhor visualização e utilização dos dados da Tabela 20.

Como exemplo, para fragmentar 10kg de amêndoas secas de cupuaçu, esta massa de amêndoas seguirá as etapas do fluxograma da Figura 9, com a finalidade de avaliar a pureza do material final obtido.

Na primeira estapa de quebra (bloco 1) das 10kg de amêndoas, sabe-se, através do planejamento experimental, que a melhor umidade das amêndoas inteiras para quebra é de 5%, então pode-se escolher entre os ensaios A ou B do planejamento. No caso do bloco 1, simplesmente não é possível escolher outros ensaios sem ser o A ou B, pois os estudos que foram feitos nos blocos seguintes (2, 3, e 4) foram com materiais que apresentavam uma umidade de 5% na amêndoa inteira.

Será escolhido o ensaio A, pois ele apresenta um percentual de casca no material obtido (0,40%) um pouco maior que o ensaio B (0,35%).

A situação do bloco 2 já foi explicada anteriormente, foi fixado o valor na velocidade diferencial 3,23 m/s. Para o bloco 3 foi escolhida a velocidade que apresentou maior percentual de casca, no caso a velocidade 3,23 m/s. No bloco 4a e 4b foi escolhida a velocidade 0,84 m/s , pois é a que oferece maior percentual de casca no material obtido para ambos os blocos. Propositamente foram selecionados o ensaio e as velocidades que apresentavam os maiores valores de casca nos *nibs* obtidos, desta forma será avaliado o material final obtido na pior condição de pureza.

Tabela 21 – Ensaio e velocidades em cada bloco para a simulação de quebra de 10kg de amêndoas de cupuaçu fermentadas e secas.

	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4a	Bloco 4b
Ensaio e					
Velocidades					
Diferenciais	A	3,23	3,23	0,84	0,84
(m/s)					

Para uma melhor visualização, toda esta distribuição de massa está demonstrada através do fluxograma da Figura 13.

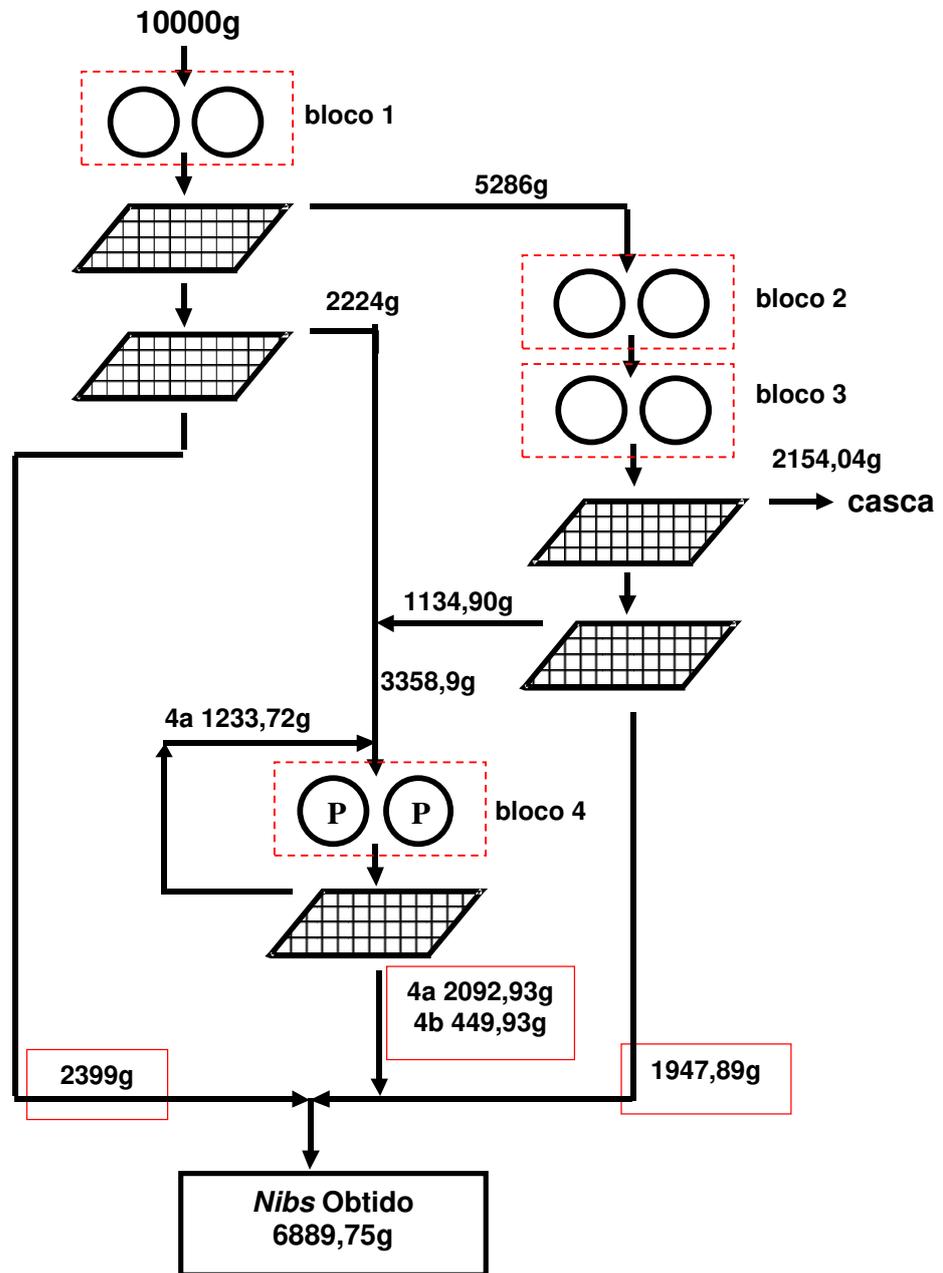


Figura 13. Visualização do direcionamento das massas em uma quebra de amêndoas simulada com ensaio e velocidades determinados.

Pela simulação de quebra, o bloco 1 forneceu 2399g de *nibs*, o bloco 3 enviou 1947,89g. O bloco 4 na primeira passagem (4a) forneceu 2092,93g de *nibs* e, na segunda passagem (4b), 449,93g de *nibs*. A massa de material total obtido no fluxograma foi de 6889,75g de *nibs*, pronta para ser processado para a confecção do cupulate®.

Com os valores das massas dos *nibs*, depois de terem passados todos os 10kg de amêndoas pelo fluxograma, sabe-se através da Tabela 20 qual é o percentual de casca contida nestes *nibs* fornecidos por cada bloco. Agora é só fazer um balanço de massa do percentual de testa para descobrir a pureza do material final obtido.

O valor da massa de casca é fornecido pela seguinte fórmula:

$$M_{\text{casca}} = (M_{\text{nibs}} \times \text{PC}) / 100 \quad (5)$$

$M_{\text{casca}}$  – Massa de casca (g).

$M_{\text{nibs}}$  – Massa de *nibs* (g).

PC – Percentual de casca contida no *nibs* (%).

O balanço de massa de casca nos *nibs* é fornecido pela fórmula abaixo:

$$M_{\text{cascafinal}} = \sum M_{\text{cascaentra}} \quad (6)$$

$M_{\text{cascafinal}}$  – Massa de casca contida no *nibs* final do fluxograma de quebra (g).

$M_{\text{cascaentra}}$  – Massa de casca fornecida por um determinado bloco (g).

Utilizando o balanço de massa de casca, juntamente com os valores das massas dos *nibs* fornecidos por cada bloco na simulação de quebra, com seus respectivos percentuais de casca (Tabela 20), obtem-se o valor do percentual de casca no material final.

$$\frac{6889,75 \times P}{100} = \frac{2399 \times 0,4030}{100} + \frac{1947,89 \times 2,212}{100} + \frac{2092,93 \times 1,402}{100} + \frac{449,93 \times 2,660}{100}$$

$$P = 1,36\%$$

O percentual de casca da matéria-prima total obtida apresenta um valor muito bom, sem esquecer que o “caminho” utilizado para as etapas de quebras destas amêndoas, no fluxograma, foi o que apresentava as maiores quantidades de cascas e gérmen. Em termos de rendimento, sabe-se que o percentual de cotilédone em uma massa de amêndoa de cupuaçu gira em torno de 72,44% (Tabela 6, média de F1 com F3), as 10000g de amêndoas fragmentadas na simulação apresentavam em torno de 7244g de *nibs*, como foram obtidos 6889,75g de *nibs*, o rendimento de quebra foi de 95,10%.

Existem vários caminhos para a quebra e separação resultando em valores diferentes dos *nibs* obtidos juntamente com o percentual de casca, mas todos estes resultados apresentaram valores bastante satisfatórios. O que foi apresentado acima é apenas uma simulação só para se ter uma idéia de valores, distribuições, quantidades e de como utilizar a Tabela 20 junto com a Figura 9.

## 6. CONCLUSÕES

O sistema proposto de quebra de amêndoas através de um beneficiador de cilindros, seguido de separação das frações através do método de peneiramento, mostrou-se uma forma alternativa mecanizada válida, com bons resultados tanto na parte de rendimento na obtenção dos *nibs*, quanto nos valores de pureza deste material.

O fator umidade da amêndoa demonstrou maior influência na resposta rendimento dos *nibs*. A umidade de 5% da amêndoa inteira mostrou os melhores resultados na obtenção do material final, quanto menor o valor da umidade, maior o percentual dos *nibs* obtidos. No caso da velocidade diferencial entre os cilindros, este fator não apresentou diferença significativa na obtenção da quantidade dos *nibs* (com exceção do bloco 4a), mas no caso do bloco 1, se incluirmos o parâmetro velocidade diferencial em nosso modelo matemático, haverá uma diminuição dos erros entre valores preditos e observados.

O estudo do percentual de pureza nos *nibs* também apresentou resultados bastante favoráveis. O material final obtido após todas as etapas de quebra e peneiramento, teve percentuais de casca e gérmen inferiores a 1,75%. A metodologia também apresenta um bom rendimento total de *nibs* obtidos, valores iguais ou superiores a 90% de cotilédone recuperado de uma determinada massa de amêndoas.

## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANDRADE, J. de S. Aproveitamento tecnológico do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*, Schum); pesquisas realizadas no INPA. In: I WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA, 1996, Manaus. **Anais**. Manaus: Embrapa – CPAA, 1996. p. 143-146.

AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington: edited Ig W. Horwitz 16<sup>a</sup> ed., 1997. v. 2, Cap. 31, p. 1.

ARAGÃO, C.G. **Mudanças físicas e químicas da semente do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) durante o processo fermentativo**. Manaus, 1992. 115p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Amazonas.

AYDIN, C. Physical Properties of hazel nuts. **Biosystems Engineering**, v. 82, n. 3, p. 297-303, 2002.

BARBOSA, W.C.; NAZARÉ, R.F.R.; NAGATA, I. **Estudo tecnológico de frutas da Amazônia**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1978. 19p.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas: Editora da Unicamp, 2001. 401p.

BIBLIOTECA VIRTUAL DO ESTUDANTE BRASILEIRO. **Cupuaçu**. Disponível em: <[www.bibvirt.futuro.usp.br/acervo/paradidat/frutas/cupuacu/cupuacu1.html](http://www.bibvirt.futuro.usp.br/acervo/paradidat/frutas/cupuacu/cupuacu1.html)>. Acesso em: 4 set. 2001.

BRAGA, G.B.; COUTO, S.M.; TETUO, H.; ALMEIDA NETO, J.T.P. Mechanical behavior of macadamia nut under compression loading. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 72, n. 3, p. 239-245, 1999.

BRENNAN, J. G.; BUTTERS, J. R.; COWELL, N. D.; LILLY, A. E. V. **Las operaciones de la ingeniería de los alimentos**. Zaragoza: Editora Acribia, 1970. p.3-65.

CALZAVARA, B.B.G. **Cupuaçuzeiro**. Recomendações Básicas 1. EMBRAPA/CPATU, Belém. 1987.

CALZAVARA, B.B.G.; MÜLLER C.H.; KAHWAGE, O.N.C. **Fruticultura tropical: O Cupuaçuzeiro**. Cultivo, Beneficiamento e Utilização do Fruto. EMBRAPA/CPATU, Belém. 1984 .

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 24., 2001, Geneva. **Distribution of the report of the eighteenth session of the Codex Committee on Chocolate and Chocolate Products (ALINORM 01/04)**. Rome: 2001. 49p.

COUTINHO, R.B.S. Industrialização das sementes de cupuaçu (*Theobroma bicolor* Humboldt). **Revista de Farmácia e Bioquímica da Amazônia**, v.11 n.4 p.283-286, 1969.

EARLE, R.L. **Unit operations in food processing**. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1983. p.159-165.

FRAIFE, G. A. **Cupuaçu**. Disponível em: < <http://www.ceplac.gov.br/cupuacu.htm>>. Acesso em: 11 set. 2001.

GOMIDE, R. **Operações Unitárias: Operações com sistemas sólidos granulares**. São Paulo: [s.n.], 1983. v.1, 282p.

GOMIDE, R. **Operações Unitárias: Separações mecânicas**. São Paulo: [s.n.], 1980. v.3, 196p.

GRIMALDI, J. Les possibilités D'amélioration des techniques D'ecabossage et de fermentation dans le processus artisanal de la préparation du cacao. **Café, Cacao, Thé**. v.22: p.306-316, 1978.

HENDERSON, S.M.; PERRY, R.L. **Agricultural Process Engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1955. p.120.

HOMMA, A.K.O. Cupuaçu: Potencialidade e mercado, algumas especulações. In: I WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA. 1996, Manaus. **Anais**. Manaus – AM: Embrapa –CPAA, 1996. p.85-95.

JULIANO, B. O. **Rice: chemistry and technology: The American Association of Cereal Chemist**. Minnesota: Inc. St. Paul, 1985. p.367.

LOCATELLI, M.; SOUZA, V.F.; VIEIRA, A.H.; QUINSEN, R.C. Estudo do comportamento produtivo do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais. In: I WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA. 1996, Manaus. **Anais**. Manaus – AM: Embrapa –CPAA, 1996. p.158-159.

LOMAURO, C.J.; BAKSHI, A.S.; LABUZA, T.P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I: fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel – Wissenschaft und Technologies**, v.18, p. 111-117, 1985.

LOPES, A. S. **Estudo químico e nutricional de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) em função do processamento**. Campinas, 2000. 112p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

LUH, B.S. **Rise Production**. 2 ed. New York: Van Nostrand Reinhold: An AVI Book, 1991. p.351-352.

MATTIETTO, R. A. **Estudo comparativo das transformações estruturais e físico-químico durante o processo fermentativo de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. Campinas, 2001. 164p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

MINIFIE, B. W. **Chocolate, cocoa and confectionery: science and technology**. 3. Ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. p.47-52.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL-MMA. **Produtos potenciais da Amazônia: Cupuaçu**. Disponível em: <[www.siamaz.ufpa.br/amazonia.htm](http://www.siamaz.ufpa.br/amazonia.htm)> Acesso: 20 ago. 2001.

MONTEIRO, W.R. Gênero *Theobroma*: Distribuição e importância econômica. In: I WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA. 1996, Manaus. **Anais**. Manaus – AM: Embrapa –CPAA, 1996. p.96-104.

NAZARÉ, R.F.R. Processamento tecnológico do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). I WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA. 1996, Manaus. **Anais**. Manaus – AM: Embrapa – CPAA, 1996. p.136-142.

NAZARÉ, R.F.R.; BARBOSA, W.C.; VIÉGAS, R.M.F. Processamento das sementes de cupuaçu para obtenção de cupulate. EMBRAPA –CPATU, 38p. **Boletim de Pesquisa**, n. 108, 1990.

QUEIROZ, M. B. **Estudo dos parâmetros de torração de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. Campinas, 1999. 109p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

RIBEIRO, C.C. Perspectivas de utilização tecnológica da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1; 1996, Belém. **Anais**. Embrapa Amazônia Oriental/IICA, 1996. p.193-197.

RODRIGUES, D.M.; SANTANA, A. C. de. Aspectos da produção e da comercialização do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) no estado do Pará. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1; 1996, Belém. **Anais**. Embrapa Amazônia Oriental/IICA, 1996 p.351-360.

RODRIGUES, D.M.; GUIMARÃES, L.A.; SANTOS, T.M.; FRAHAN, B.H. **Comercialização do cupuaçu no Estado do Pará, Brasil.** Belém. IDESP/ Université Catholique de Louvain. 1996. 30p.

SILVA, W.G. **Gordura de Cupuaçu, Sucedâneo da Manteiga de Cacau.** São Paulo, 1988. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências de Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

VASCONCELOS, M. A. M. de. **Transformações físicas e químicas durante a fermentação de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum).** Campinas, 1999. 114p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

VENTURIERI G.A.; AGUIAR, J.P. Composição do chocolate caseiro de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd Ex Spreng Schum). **ACTA AMAZÔNICA**, 18(1/2): 3-8, 1988.

VENTURIERI, G.A. **CUPUAÇU: A espécie, sua cultura, usos, e processamento.** Belém: Clube do Cupu, 1993. 108p.

## ANEXO

Tabela A1 – Valores das temperaturas dos lotes F1, F2 e F3 durante o processo fermentativo na caixa T-60.

Dias	Tempo(h)	Lotes		
		F1 (°C)	F2 (°C)	F3 (°C)
0	0	-	33,33	34,50
1	24	-	39,11	44,22
2	48	43,77	42,80	44,77
3	72	46,40	46,61	46,22
4	96	41,22	45,90	45,50
5	120	40,77	45,11	43,11
6	144	40,22	45,90	43,38
7	168	39,33	42,66	41,27