

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

**Armazenagem e Secagem do resíduo industrial de
maracujá amarelo.**

Aluno: Marcelo Cristiano Carneiro

Zootecnista

Campinas / SP
Fevereiro / 2001



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**Armazenagem e Secagem do resíduo industrial de
maracujá amarelo.**

Aluno: Marcelo Cristiano Carneiro
Orientador : Prof. Dr. Kil Jin Park

Dissertação apresentada em
cumprimento parcial aos
requisitos para o título de Mestre
em Engenharia Agrícola, Área de
concentração: Tecnologia Pós-
Colheita.

Campinas / SP
Fevereiro / 2001

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C215a Carneiro, Marcelo Cristiano
Armazenagem e secagem do resíduo industrial de
maracujá amarelo / Marcelo Cristiano Carneiro. --
Campinas, SP: [s.n.], 2001.

Orientador: Kil Jin Park.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Passiflora. 2. Silagem. 3. Alimentos - Análise. 4.
Rações. 5. Secagem. I. Park, Kil Jin. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
Agrícola. III. Título.

Dedico

Aos meus Pais por todo amor e dedicação.

Aos meus Irmãos pela felicidade de serem quem são.

Aos meus Avós pela convivência em vida.

Aos meus Sogros pelo carinho e incentivo.

Ofereço

À minha esposa Luciana por todo amor, lealdade e dedicação, pois ela é a razão da minha existência.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Kil Jin Park, pela orientação e amizade conquistada ao longo deste trabalho.

Aos membros da Banca Examinadora, Dr. José Eduardo Butolo, Dr. Benedito Carlos Benedetti e Dr. João Domingos Biagi, pela colaboração.

As agências de fomento, CAPES e CNPq, e a Comissão de Pós Graduação por financiarem este trabalho.

A indústria, COMÉRCIO DE FRUTAS RICAELI Ltda, e principalmente a Elizabete Simohara, por fornecer todo o resíduo de maracujá e disponibilizar suas instalações para a execução deste trabalho.

A empresa SUCACAN, por fornecer todos os Latões necessário no trabalho.

A SUPRE MAIS Produtos Bioquímicos Ltda, por disponibilizar seu laboratório de análises a este trabalho.

A Bernadete e todos os funcionários do laboratório de análises da SUPRE MAIS Produtos Bioquímicos Ltda, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização do trabalho.

Aos funcionários da secretária da CPG por toda dedicação durante o curso.

A todos os professores da FEAGRI – UNICAMP que contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos funcionários do laboratório de Tecnologia Pós Colheita da FEAGRI – UNICAMP, que com toda dedicação e experiência, ajudaram neste trabalho.

Aos amigos, Calabria, Guedão, Minas e Brener pela convivência.

A todos que de alguma forma colaboram para a execução deste trabalho.

“Nunca poderemos ser suficientemente gratos a Deus, nossos pais e a nossos mestres.”

(Aristóteles)

SUMÁRIO

NOMENCLATURA.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
1.INTRODUÇÃO	1
2.OBJETIVOS	3
3.REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1 – MERCADO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL	4
3.2 - MARACUJÁ (PASSIFLORA SPP)	6
3.3 - RESÍDUO DE MARACUJÁ.....	8
3.4 – ARMAZENAGEM.....	15
3.4.1 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE ARMAZENAGEM.....	15
3.4.2 – SUBPRODUTOS E RESÍDUOS DA AGRICULTURA E AGROINDÚSTRIA	16
3.4.3 – SILAGEM	17
3.5 – SECAGEM.....	20
3.5.1 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SECAGEM	20
3.5.2 - MECANISMOS DE MIGRAÇÃO DE UMIDADE	22
3.5.3 - CURVAS TÍPICAS DE SECAGEM	24
3.5.4 - SECAGEM DE RESÍDUO	30
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.1 - MATÉRIA PRIMA E LOCAL DE EXECUÇÃO	33
4.2 – COLETA DAS AMOSTRAS	34
4.3 - SISTEMA DE ARMAZENAGEM.....	35
4.4 - SISTEMA DE SECAGEM.....	35
4.5 - ANÁLISES LABORATORIAIS	39
4.5.1 - UMIDADE	39
4.5.2 - PROTEÍNA BRUTA.....	39
4.5.3 - FIBRA BRUTA	40

4.5.4 - FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO.....	40
4.5.5 - FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO	40
4.5.6 – EXTRATO ETÉREO	40
4.5.7 – CINZAS (MATERIAL MINERAL).....	41
4.6 – ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
5.1 – ARMAZENAGEM.....	42
5.1.1 - SILAGEM.....	43
5.1.2 – ARMAZENAMENTO ABERTO.....	45
5.2 – SECAGEM.....	47
5.2.1 – CURVAS DE SECAGEM	47
5.2.2 – CUSTO DE SECAGEM.....	51
5.2.3 DIFUSIVIDADE EFETIVA E ENERGIA DE ATIVAÇÃO.....	52
5.2.4 COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA.....	53
6. CONCLUSÕES	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
8. APÊNDICE	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama do processo de secagem.....	21
Figura 2: Diagrama da migração interna de água no sólido.....	23
Figura 3: Curva típica de secagem.....	25
Figura 5: Curvas de secagem da polpa cítrica lavada e prensada (Fonte: AGUIRRE & TRAVAGLINI,1987)	32
Figura 6: Fluxograma simplificado do processo de extração de suco de maracujá.....	34
Figura 7: Vista do secador vertical convectivo com bandejas estáticas.....	37
Figura 8. Curvas de secagem experimental (o) e calculada (-) para temperatura de 60°C e velocidade do ar de 0,28m/s	48
Figura 9. Curvas de secagem experimental (o) e calculada (-) para temperatura de 60°C e velocidade do ar de 0,56m/s	49
Figura 10. Curvas de secagem experimental (o) e calculada (-) para temperatura de 70°C e velocidade do ar de 0,28m/s.....	49
Figura 11. Curvas de secagem experimental (o) e calculada (-) para temperatura de 70°C e velocidade do ar de 0,56m/s.....	50
Figura 12. Curvas de secagem experimental (o) e calculada (-) para temperatura de 80°C e velocidade do ar de 0,28m/s.....	50
Figura 13. Curvas de secagem experimental (o) e calculada (-) para temperatura de 80°C e velocidade do ar de 0,56m/s.....	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Produção nacional de rações animais (1000 toneladas/espécie).....	5
Tabela 2. Porcentagem de produção de alimentos balanceados na América Latina.....	5
Tabela 3. Composição bromatológica da sementes e da torta de maracujá roxo e amarelo, encontradas na literatura.....	10
Tabela 4. Composição bromatológica da casca de três variedades de maracujá..	11
Tabela 5. Composição bromatológica da casca de duas variedades de maracujá (roxo e amarelo), apresentada por diversos autores.....	12
Tabela 6. Composição bromatológica do resíduo “in natura” e da silagem de maracujá amarelo, encontrados na literatura.....	14
Tabela 7. Condições ambientais médias durante a armazenagem.....	42
Tabela 8. Composição Bromatológica do material “in natura” e silagem durante o armazenamento.....	43
Tabela 9. Composição Bromatológica do material “in natura”, armazenado aberto e ensilado durante o armazenamento.....	45
Tabela 10. Gasto de energia e custo de secagem nas diferentes condições de secagem até a umidade para peletização (10% Ubu).....	52
Tabela 11. Difusividades Efetivas para o resíduo de maracujá durante a secagem nas diferentes temperaturas de secagem (60, 70 e 80°C), e Velocidades de Ar (0,28 e 0,56m/s).....	53
Tabela 12. Composição Bromatológica do material “in natura” e do material seco em diferentes temperaturas e velocidades de ar.....	54
Tabela 1A. Composição bromatológica dos materiais “in natura” e armazenado enviados ao laboratório.....	67
Tabela 2A. Composição bromatológica dos materiais “in natura” e seco nas diferentes condições de secagem, enviados ao laboratório.....	68

Tabela 3A. Condições observadas a Temperatura de 60°C e Vsec de 0,28m/s durante o tempo de secagem.....	69
Tabela 4A. Comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem a Temperatura de 60°C e Vsec de 0,28m/s.....	69
Tabela 5A. Condições observadas a Temperatura de 60°C e Vsec de 0,56m/s durante o tempo de secagem.....	70
Tabela 6A. Comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem a Temperatura de 60°C e Vsec de 0,56m/s.....	70
Tabela 7A. Condições observadas a Temperatura de 70°C e Vsec de 0,28m/s durante o tempo de secagem.....	71
Tabela 8A. Comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem a Temperatura de 70°C e Vsec de 0,28m/s.....	71
Tabela 9A. Condições observadas a Temperatura de 70°C e Vsec de 0,56m/s durante o tempo de secagem.....	72
Tabela 10A. Comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem a Temperatura de 70°C e Vsec de 0,56m/s.....	72
Tabela 11A. Condições observadas a Temperatura de 80°C e Vsec de 0,28m/s durante o tempo de secagem.....	73
Tabela 12A. Comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem a Temperatura de 80°C e Vsec de 0,28m/s.....	73
Tabela 13A. Condições observadas a Temperatura de 80°C e Vsec de 0,56m/s durante o tempo de secagem.....	74
Tabela 14A. Comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem a Temperatura de 80°C e Vsec de 0,56m/s.....	74
Tabela 15A. Decréscimo de umidade inicial até 10%Ubu nas diferentes condições de secagem.....	75

NOMENCLATURA

Aane - área do anemômetro (cm^2);
Agav - área livre da gaveta do secador (cm^2);
CPC - constituintes da parede celular;
 D_0 - Fator de Arrhenius (m^2/s);
Def - Difusividade efetiva (m^2/s);
DEMS - degradabilidade da matéria seca;
 E_a - energia de ativação (J/mol);
FDA - fibra detergente ácido;
FDN - fibra detergente neutro;
 i - número de termos na série;
 L - comprimento característico, semi-espessura da amostra (m);
MM – material mineral;
PB - proteína bruta;
 R - constante universal dos gases ($8,1314 \text{ J/mol K}$);
 T - temperatura absoluta (K);
 t – tempo (s);
Vane - velocidade lida no anemômetro(m/s);
 V_{sec} - velocidade dentro do secador(m/s);
 $\bar{X}$ - conteúdo médio de umidade ($\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}} / \text{kg}_{\text{ms}}$);
 X_{eq} - conteúdo de umidade de equilíbrio ($\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}} / \text{kg}_{\text{ms}}$);
 X_0 - conteúdo de umidade no instante inicial ($\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}} / \text{kg}_{\text{ms}}$);
 Y - conteúdo adimensional de umidade (adimensional);
 z - direção da transferência (m).

RESUMO

O crescente desenvolvimento das criações animais e também do mercado de rações faz necessário a busca por alimentos alternativos. A quantidade de resíduo de maracujá produzida pelo Brasil é grande, uma vez que o país é um dos maiores produtores da fruta, e dessa 65 a 70% é resíduo. Desta forma, o trabalho tem por objetivos verificar: a alteração da composição bromatológica em função do tempo de armazenagem do resíduo "in natura"; o comportamento de secagem do resíduo de maracujá; possíveis mudanças na composição bromatológica do resíduo antes e depois do processo de secagem; e se o resíduo pode ser utilizado para formulação de rações animais. O trabalho contou com um experimento de armazenagem e um de secagem. O resíduo foi armazenado em condições aberta e ensilado por período de 0, 15, 30 60, 90 e 120 dias. Após cada período foram coletadas amostras para análises. A secagem do resíduo "in natura" foi efetuada a temperaturas de 60, 70 e 80°C e velocidade de ar de secagem de 0,28 e 0,56m/s.

As análises laboratoriais (composição bromatológica) executadas foram umidade, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibra detergente ácida (FDA), fibra detergente neutro (FDN) e material mineral (MM). Os resultados encontrados para o produto armazenado não apresentaram grande variação na composição bromatológica entre os períodos. Para os materiais secos, apesar de diferença no comportamento em função das condições de secagem, os resultados mostram que o material pode ser utilizado na formulação de rações animais. As difusividades efetivas calculadas situaram entre $1,43 \times 10^{-10}$ e $2,60 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, para as diferentes condições de secagem. A condição de secagem a temperatura de 70°C e $V_{\text{sec.}} 0,28 \text{ m/s}$ foi a mais viável para a secagem do resíduo de maracujá.

ABSTRACT

The development of animal production and feed animal market makes the search for alternative feed stuffs necessary. Brazil is one of the largest producers of passion fruit and residue, from which 65 to 70% is residue. Thus, the work objective was to verify: changes in chemical composition by storage period of the "in natural" residue; the drying behavior of passion fruit residue; the possible changes in the chemical composition of the residue before and after the drying process; and if the by product can be used for animal feed formulation. The work included a storage experiment and a drying experiment. The residue was stored in opened condition or ensiled for a period of 0, 15, 30 60, 90 and 120 days. After each period, samples were collected for analyses. The drying of the residue "in natural" was made on temperatures of 60, 70 and 80°C and drying air speed of 0,28 and 0,56m/s. The laboratory analyses (chemical composition) were humidity, crude protein (PB), ether extract (EE), crude fiber (FB), acid detergent fiber (FDA),

neutral detergent fiber (FDN) and mineral content (MM). The results found for the stored product didn't present great variation in chemical composition among the periods. The dried material, in spite of difference in behavior of the drying conditions, showed that the material can be used in animal feed formulation. The calculated effective diffusivity range from $1,43 \times 10^{-10}$ to $2,60 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$, for the different drying conditions. For drying of the residue the best drying condition was the temperature of 70°C and $V_{\text{sec.}} 0,28 \text{m/s}$

1. INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de rações animais vem em ascensão já a algum tempo e juntamente a este, cresce a busca de novas tecnologias e alimentos alternativos. O Brasil possui enorme quantidade de resíduos e subprodutos da agricultura e agroindústria com potencial de uso, ou já utilizados como componentes da dieta animal.

A utilização de resíduos agroindustriais na alimentação animal reveste-se de grande importância, uma vez que 1/3 dos cereais produzidos no mundo são destinados aos animais domésticos, em detrimento de grande parcela da população, carente de melhor alimentação. O uso de resíduos poderia liberar parcela significativa a essa população, ao mesmo tempo proporcionando fontes alternativas de alimentos menos nobre aos ruminantes (ZAGATTO, 1992).

A indústria de sucos "in natura" ou polpa concentrada vem se desenvolvendo bastante no país. Estudo realizado por SATO et al. (1992)

mostraram que o Brasil é o maior produtor de maracujá do mundo, sendo seguido pelo Peru, Sri Lanka, Equador e Austrália.

A utilização do maracujá para a produção de suco implica em grande quantidade de resíduos, uma vez que cerca de 65 a 70% do peso total são representados pela casca e sementes, havendo algumas variações conforme a variedade. No entanto, há pouco estudo sobre este resíduo havendo necessidade de mais pesquisas sobre o processamento do mesmo, visando sua melhor utilização.

2. OBJETIVOS

Para o aproveitamento do resíduo de maracujá produzido pelas indústrias de sucos, o trabalho tem por objetivos verificar: a alteração da composição bromatológica em função do tempo de armazenagem do resíduo "in natura"; o comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem; possíveis mudanças na composição bromatológica do resíduo antes e depois do processo de secagem; e se o resíduo pode ser utilizado para formulação de rações animais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 – MERCADO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL

A alimentação animal é um importante elo da agroindústria brasileira. O setor consome cerca de 65% da produção nacional de milho e 45% da oferta de farelo de soja, constituindo-se assim em um dos principais clientes da produção agrícola nacional, além de movimentar a indústria química para o fornecimento de insumos tais como vitaminas, aminoácidos e microingredientes para nutrição animal. É também, um importante pólo de desenvolvimento tecnológico voltado a produção de proteína animal destinada a alimentação humana, pois está na base da produção de carne (de frango, suínos e bovinos), ovos, leite etc (PERFIL 2001, 2001).

A indústria nacional de alimentação animal movimenta 35,4 milhões de toneladas/ano (Tabela 1), que representaram em 2000 algo em torno de US\$. 6,6 bilhões, gerando em torno de 62.000 empregos diretos.

Tabela 1. Produção nacional de rações animais (1000 toneladas/espécie).

ESPÉCIE	1999	2000	2001*
AVICULTURA	19.236,7	20.177,6	21.400,0
Corte	16.139,6	16.865,9	17.850,0
Postura	3.097,1	3.311,7	3.550,0
SUINOCULTURA	9.425,4	10.085,2	10.600,0
BOVINOCULTURA	2.069,6	3.410,1	3.920,0
Corte	470,7	942,4	1.084,0
Leite	1.598,9	2.467,7	2.840,0
PET FOOD	950,0	1.000,0	1.100,0
EQUINOCULTURA	282,0	320,0	340,0
AQUICULTURA	99,1	126,8	152,8
OUTROS	444,1	280,0	300,0
TOTAL	32.506,9	35.399,7	37.816,8

* Previsão

Outro ponto a ser levado em consideração é que hoje a indústria de alimentação animal do Brasil alcançou o primeiro lugar na produção de alimentos balanceados da América Latina (Tabela 2) (PERFIL 2001, 2001).

Tabela 2. Porcentagem de produção de alimentos balanceados na América Latina.

Países	% da Participação
Brasil	48,81
México	27,99
Chile	4,49
Venezuela	4,49
América Central	4,05
Colômbia	3,33
Peru	2,03
Caribe	1,74
Equador	1,16
Argentina	0,81
Bolívia	0,51
Uruguay	0,37
Paraguay	0,22

Fonte: PERFIL 2001(2001), adaptado da Revista Alimento Balanceados para Animales

3.2 - MARACUJÁ (*Passiflora* spp)

Segundo Hoehne apud RUGGIERO (1980), diferentes espécies de *Passiflora* L., gênero da família *Passifloraceae*, são conhecidas pelos nomes coloquiais “maracujá” ou “maracujazeiro” ou ainda “flor da Paixão”. O nome maracujá vem da designação indígena “Mara – Cuiá”, cujo significado, comida preparada em cuia, retrata como os índios parecem ter visto os frutos desta planta.

Originário de regiões tropicais, o maracujá encontra no Brasil condições excelentes para seu cultivo. É fruto rico em minerais e vitaminas, principalmente vitaminas A e C, muito apreciado pela qualidade de seu suco, de aroma e sabor agradável. Em suas folhas estão contidas a maracujina, a passiflorine e a calmodilase, que são princípios farmacêuticos de amplo uso como sedativo e antiespasmódico (LIMA et al., 1994).

Segundo PIZA Jr. (1998), a taxonomia da família *Passifloraceae* e, especialmente do gênero *Passiflora*, ainda gera muitas dúvidas e controvérsias, o que reflete na exploração comercial de algumas espécies pela confusão existente na denominação de certas formas cultivadas de importância econômica e, conseqüentemente, na definição de suas características agronômicas.

Pelo sistema proposto por CRONQUIST (1981), o maracujá pertence a família *Passifloraceae*, que foi incluída na Ordem *Violales*, juntamente com *Achariaceae* e *Malesherbiaceae*, que se caracterizam pela presença de uma coroa típica, formada por um a cinco verticilos concêntricos. Esta Ordem, que possui 24

famílias neste sistema, está inserida na Divisão *Magnoliphta*, Classe *Magnoliopsida*, Sub-classe *Dilleniidae*.

De acordo com Escobar, apud CERVI (1996), a família *Passifloraceae* está, atualmente, dividida em duas tribos: *Paropsieae* e *Passiflorieae*. A tribo *Paropsieae*, com seis gêneros, tem representantes apenas na Europa, Ásia e África. A tribo *Passiflorieae* compõe-se de 14 gêneros, dos quais cinco estão presentes na América: *Tetrastylis*, *Ancistrotrysus*, *Mitostemma*, *Dilkea* e *Passiflora*. Destes, apenas dois, *Dilkea* e *Passiflora*, são encontrados no Brasil (LEITÃO FILHO & ARANHA, 1974). A família possui 650 espécies, com distribuição marcadamente tropical, ocorrendo nas Américas, Ásia, Oceania e África (CRONQUIST, 1981).

CRONQUIST (1981), cita que o gênero *Passiflora* apresenta cerca de 400 espécies, onde mais de 150 são indígenas do Brasil. Segundo PIZA Jr.(1998) grande parte dessas espécies são frutíferas, provavelmente, o gênero que abriga maior número de espécies produtoras de frutos edulos. O gênero *Passiflora* é originário das florestas tropicais da América do Sul, com o seu maior centro de dispersão geográfica localizada no Brasil Centro-Norte. Aproximadamente 20 espécies deste gênero são originárias de outras regiões, como Ásia, América do Norte e Austrália, sendo que uma única, que se supunha nativa de Madagascar, foi aceita como tendo sido lá introduzida a partir da América do Sul (LEITÃO FILHO & ARANHA, 1974).

3.3 - RESÍDUO DE MARACUJÁ

O Brasil é o principal produtor mundial de maracujá, com produção de aproximadamente 172,3 mil ton/ano, sendo assim, produz uma grande quantidade de resíduo LIMA et al.(1994). Como vários outros resíduos, a quantidade de resíduo de maracujá já demonstrou ser um sério problema para a indústrias de suco em geral, BURGI (1992).

Segundo PRUTHI (1963) a casca do maracujá é composta predominantemente de um tecido esponjoso, facilmente desidratável. Aproximadamente 1/3 do peso da fruta é suco, sendo o restante composto de 90% de casca e 10% de semente. A matéria seca representa cerca de 17% da casca original, possuindo 20% de pectina.

Pesquisas científicas têm demonstrado a viabilidade do uso da casca do maracujá, resíduo da indústria de suco. O óleo da semente na alimentação animal pode elevar o valor calórico da dieta. As sementes produzem um óleo leve e claro, de boa qualidade, o qual é caracterizado por alto conteúdo do ácido graxo linoléico (BERTIPAGLIA,1997a).

ARIKI et al. (1977) utilizaram 8% de sementes de maracujá na matéria seca da ração de frangos de corte, e não observaram decréscimo no ganho de peso e conversão alimentar. A possibilidade de uso da semente de maracujá, porém, na alimentação de ruminantes, foi estudada por MOREIRA (1980), medindo a digestibilidade de rações para ovinos, detectando que os níveis crescentes de sementes de maracujá causou decréscimo na digestibilidade da matéria seca, de fibra bruta e dos extrativos não nitrogenados, e demonstrou aumento na

digestibilidade de proteína e extrato etéreo. O autor determinou que o conteúdo de nutrientes digestíveis totais foi de 64,88%.

A utilização da semente de maracujá como alimento para ruminantes é limitado, devido ao alto teor de extrato etéreo (32%), ocorrendo depressão na digestibilidade dos componentes fibrosos da dieta, neutralizando o aumento da densidade energética através do óleo da semente. O maior consumo voluntário ocorreu com 8,8% de sementes de maracujá (STARLING et al., 1996).

BUTOLO (1993), cita que composição bromatológica da semente de maracujá, apresenta valores para matéria seca de 38,79% (MS), proteína bruta 12,40% (PB), extrato etéreo 21,60% (EE), fibra bruta 45,58% (FB) e cinzas de 3,55% (MM). O alto teor de gordura presente no material impede o consumo maior voluntário por ruminantes (1kg semente/cab/dia), tornando-se assim, necessária a extração do óleo.

Segundo PONTES et al. (1989), no óleo da semente de maracujá amarelo há uma predominância de ácidos insaturados, que são: ácido oleico (17,5%) e ácido linoleico (68,7%). Já em estudo da composição físico-química da torta de semente de maracujá amarelo, os autores encontraram valores de 14,52% PB; 6,70% EE%; 57,90% FB, e 1,36% MM. Estes valores diferem dos citados por PRUTHI (1963) para a composição físico-química da torta de semente de maracujá roxo, onde os valores encontrados são 12,30% PB; 0,08% EE; 60,90% FB; e 1,76% MM.

Na Tabela 3 são apresentados dados de literatura para composição bromatológica de sementes e torta de maracujá roxo e amarelo encontrados por

alguns autores em 4 diferentes países. Através dos dados nota-se algumas diferenças de composição.

Tabela 3. Composição bromatológica da sementes e da torta de maracujá roxo e amarelo, encontradas na literatura.

Análises (%)	Sementes				Torta		
	Maracujá roxo		Maracujá amarelo		Maracujá roxo	Maracujá amarelo	
	Havaí	Índia	Brasil	Brasil	Índia	Quênia	Brasil
	(a)	(a)	(b)	(c)	(a)	(a)	(d)
Ubu	-	4,39	-	-	9,80	11,00	4,03
MS	-	-	88,39	38,79	-	-	-
EE	8,32	23,85	4,62	21,61	0,08	0,1	6,70
FB	59,20	53,72	49,35	42,58	60,90	56,00	57,90
PB	12,70	11,13	9,56	12,40	12,30	12,10	14,52
MM	1,92	1,84	1,26	3,55	1,76	1,60	1,36
Ca	0,03	0,08	-	-	-	-	0,01
P	0,06	0,64	-	-	-	-	0,06
ENN*	-	-	23,58	-	-	-	15,49

*ENN = Extratos não nitrogenados

Fonte: (a) PRUTHI (1963); (b) ARIKI et al. (1977); (c) BUTOLO (1993); (d) PONTES et al. (1989).

VIEIRA et al. (1996; 1999), determinaram a composição bromatológica da casca da fruta do maracujá de três variedades, quanto a MS, PB, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), cálcio (Ca) e fósforo (P). Os resultados demonstraram que o maracujá roxo foi o que apresentou maior percentagem de MS de 17,57% e o amarelo apresentou a menor, 11,21%. Para a PB houve diferença entre as variedades amarela (9,82%) e doce (7,53%). Quanto à FDN, FDA e Ca não houve diferença entre as variedades, obtendo valores na faixa de 37,69 – 44,16% (FDN), 30,06 – 35,85% (FDA), e 0,28 – 0,35% (Ca); já o conteúdo de P variou em 0,13% para a variedade doce e 0,08% para a variedade

amarelo (Tabela 4). Os autores citam que a variabilidade entre os dados obtidos e os da literatura, pode ser atribuída às diferenças de adubação nitrogenada.

Tabela 4. Composição bromatológica da casca de três variedades de maracujá.

Análises	Variedades			
	Amarelo (a)	Roxo(r)	Mistura (a x r)	Doce (d)
MS (%)	10,78	17,01	13,81	12,07
PB (% MS)	9,82	8,56	9,24	7,53
Ca (% MS)	0,35	0,34	0,28	0,33
P (% MS)	0,08	0,09	0,08	0,13
FDN (% MS)	44,16	43,75	37,69	39,07
FDA (% MS)	35,85	35,06	30,06	31,10
EB (Cal/g MS)	3.706,14	3.582,45	3.833,13	3.658,63

Fonte: VIEIRA et al. (1999).

OTAGAKI & MATSUMOTO (1958), num experimento para avaliar a produção de leite, eficiência alimentar e digestibilidade da casca e semente de maracujá amarelo, chegaram a resultados satisfatório na produção de leite e persistência da lactação de vacas alimentadas com resíduo do maracujá desidratado (50% da ração), capim elefante e concentrado, comparado com o bagaço de abacaxi. A casca do maracujá desidratada apresentou um coeficientes de digestibilidade para a PB de 45,23%, teores de EE 6,38%, FB 76,42% e de nutrientes digestíveis total de 60,70% (NDT), além de ser um alimento altamente palatável. A digestibilidade aparente de proteína da casca do maracujá é aproximadamente três vezes maior que a do abacaxi. Segundo os autores a utilização da casca do maracujá na alimentação de bovinos é uma excelente possibilidade para o escoamento do subproduto industrial, porém devem ser realizados mais estudos sobre o custo de desidratação da casca.

VIEIRA et al.(1997) em estudo da degradabilidade de três variedades de maracujá, também concordam com a viabilidade da utilização do resíduo de maracujá, tendo observado que a degradabilidade potencial de todas as variedades atingiram o seu ápice até 24 horas. No entanto apesar de representar uma boa fonte de nutrientes para ruminantes, trata-se de um alimento de caráter regional, devendo seu custo ser levado em consideração (SIQUEIRA et al., 1998).

PONTES et al.(1988), estudaram os efeitos do período de armazenamento sobre a composição bromatológica do resíduo de maracujá amarelo (farinha de casca), e obtiveram uma boa estabilidade do material durante o período de 90 dias de armazenamento.

Na Tabela 5 são apresentados alguns dados de composição bromatológica da casca de maracujá roxo e amarelo encontrados na literatura.

Tabela 5. Composição bromatológica da casca de duas variedades de maracujá (roxo e amarelo), apresentada por diversos autores.

Análises	Maracujá roxo (matéria fresca)			Maracujá amarelo (matéria seca)*		
	Índia (a)			Havaí	Brasil	
	Máxima (%)	Mínima (%)	Média (%)	(b) (%)	(c)** (%)	(d) (%)
Ubu	85,24	78,43	81,92	16,80	7,61-6,20	17,66
EE	0,16	0,05	0,12	0,33	2,40-2,21	2,43
FB	7,17	4,57	5,01	25,66	22,66-20,16	29,37
Pectina	2,47	1,54	1,78	20,00	-	-
PB	2,84	2,04	2,56	4,58	10,64-9,09	8,70
MM	1,94	1,32	1,47	6,76	6,49-6,24	7,75
Ca	0,07	0,03	0,05	-	0,0208-0,021	-
P	0,06	0,03	0,04	-	0,027-0,026	-
ENN	-	-	-	45,87	55,26-50,52	34,09

* Material desidratado, ** Faixa de composição bromatológica no período de 0 a 90 dias de armazenamento.
Fontes: (a) PRUTHI (1963); (b) OTAGAKI & MATSUMOTO (1958); (c) PONTES et al. (1988); (d) ARIKI et al. (1977).

REIS (1994), em experimento com a silagem do resíduo de maracujá, encontrou teores de 18,99% MS, 10,47% PB, 60,32% FDN e 50,95% FDA, com base na matéria seca. A silagem do resíduo de maracujá e sua associação com capim elefante “cameroon” e a silagem de capim elefante “cameroon” enriquecida com farelo de trigo e algodão foram avaliadas através de sua composição química e digestibilidade por REIS et al. (1993). As digestibilidades da matéria seca não diferiram entre as silagens, concluindo que constituiria uma alternativa viável para alimentação de ruminantes.

SANTOS (1995) em estudo do valor nutritivo de silagem de resíduo de maracujá e silagens mistas (maracujá + casca de café, maracujá + bagaço de cana, e maracujá + palha de feijão) apresentou dados importantes relacionados a MS das silagens analisadas (20,09 – 26,53%), onde nenhuma delas apresentava o teor recomendado para uma boa silagem, que é de 30 a 35% MS. Apesar deste fato, o autor apresentou valores de pH (3,4 – 3,6), nitrogênio amoniacal (7,31 – 10,30%) e ácidos orgânicos (ác. láctico 0,75 – 1,16 μ moles/100ml; ác. acético 0,55 – 1,02 μ moles/100ml e ác. propionico 0,03 μ moles/100ml) dentro dos níveis normais que preconizam uma silagem de boa qualidade.

Segundo trabalho desenvolvido por BERTIPAGLIA et al. (1997b), a silagem do resíduo da indústria de suco de maracujá para ruminantes, mostrou ser viável para a utilização pela sua degradação ser semelhante às das silagem de milho granífero, tendendo a ligeira superioridade, mas com taxa de degradação da FDA muito superior.

KORNDORFER et al. (1998) estudaram os efeitos do armazenamento sobre a composição bromatológica do resíduo de maracujá (casca, polpa e semente). Os autores concluíram que o teor de PB do resíduo de maracujá, da ordem de 150g/kg MS, incentiva o seu uso na suplementação animal, porém a degradabilidade da matéria seca (DEMS) é relativamente baixa (368 g/kg MS). O resíduo deve ser mantido sob condições de anaerobiose para manter sua qualidade e possibilidade de uso prolongado; e o material pré seco apresentou uma pequena variação na composição química final.

Na Tabela 6 são apresentados alguns dados de composição bromatológica do resíduo "in natura" e da silagem de maracujá amarelo encontrados na literatura.

Tabela 6. Composição bromatológica do resíduo "in natura" e da silagem de maracujá amarelo, encontrados na literatura.

Análises	"in natura"			Silagem		
	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)***	(c)
MS	15,07	24,70	19,00	21,97	23,30	18,99
PB	13,40	15,30	10,50	14,30	16,80	10,47
EE	6,51	-	-	12,14	-	12,49
FDN	52,72	50,00	59,50	60,77	54,40	60,32
FDA	48,75	-	52,37	58,56	-	50,95
LIG.*	-	14,80	-	-	18,00	-
Ca	0,19	-	-	0,25	-	0,14
P	0,13	-	-	0,15	-	0,13
EB**	4324,09	-	-	5004,58	-	4648,62
ED**	-	-	-	2799,25	-	3212,19
pH	-	4,1	3,9	3,6	4,2	4,09

* Liginina; ** kcal/kg; *** Período de 112 dias.

Fonte: (a) SANTOS (1995); (b) KORNDORFER et al. (1998); REIS (1994).

3.4 – ARMAZENAGEM

3.4.1 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE ARMAZENAGEM

Segundo WEBER (1995) a armazenagem é composta das atividades destinadas a guardar e a conservar, em condições inalteradas de qualidade e quantidade, os produtos agrícolas, principalmente os grãos. Para se ter uma boa armazenagem são necessários os conhecimentos das características físicas dos produtos agrícolas e das características do ambiente de armazenagem.

A água tem papel importante no metabolismo de agentes biológicos associados aos materiais biológicos, principalmente no desenvolvimento de fungos, um dos responsáveis pela degeneração do produto durante a armazenagem (ATHIÉ et al., 1998).

A preservação de um alimento entre outros fatores, depende da quantidade da água presente no mesmo (PARK & NOGUEIRA, 1998).

O produtos agrícolas são classificados em 2 grandes grupos do ponto de vista de perdas após a sua colheita e armazenagem (PUZZI, 1986; PARK & NOGUEIRA, 1998; BROD et al, 1999):

1. Deterioráveis - os grãos são classificados como deterioráveis, pois se enquadram nos produtos que deterioram lentamente. E, portanto, não necessitam de sistemas sofisticados para a sua conservação. Ex.: grãos. Conservação: diminuição do teor de água para níveis de 12 - 13% para armazenamento.
2. Perecíveis - produtos que deterioram rapidamente. Estes produtos exigem baixas temperaturas para a sua conservação, isto é, 5 a 15°C para produtos

pouco perecíveis; 5 a -5°C para produtos medianamente perecíveis; e abaixo de -10°C para produtos altamente perecíveis. Ex.: frutas, verduras, legumes e carnes. Conservação: frio.

Segundo ATHIÉ et al. (1998), o estudo da água presente nos materiais higroscópicos e sua interação com o ambiente é base para a compreensão das técnicas utilizadas para a conservação. A umidade é o fator que mais influencia a taxa respiratória. A respiração aumenta consideravelmente com o aumento da umidade. Mesmo sob condições de armazenagem desfavoráveis, o produto pode ser conservado por um longo período se o teor de umidade é suficientemente baixo.

3.4.2 – SUBPRODUTOS E RESÍDUOS DA AGRICULTURA E AGROINDÚSTRIA

WEINBERG (1992) cita que os resíduos e subprodutos da agricultura e agroindústrias são baratos, se apresentam em grandes quantidades, porém, em muitos casos, são sazonais. Durante a estação de produção sobram nas fazendas e indústrias, e seu acúmulo pode causar sérios problemas, como poluição das águas por resíduos líquidos produzidos pela decomposição. Também os produtos estragados causam odores e aumento de insetos nocivos.

Outro problema, além da sazonalidade de produção, é a alta umidade destes resíduos, que pode ser solucionada pela secagem ao sol; embora esta operação seja viável, ela exige uma grande área de exposição, baixa umidade relativa do ar e ausência de chuvas durante o processo. Entretanto, a secagem pode não ser viável para todos os produtos devido sua estrutura e composição. A

secagem pelo calor artificial, atualmente, na maior parte dos casos, é inviável economicamente (LIMA & LIMA, 1995).

A forma mais adequada para a conservação de resíduos agrícolas de alta umidade é a ensilagem, utilizando vários tipos de aditivos, dependendo do material em questão, como ácidos para redução do pH, materiais com alto teor de matéria seca para aumentar o teor médio de matéria seca da silagem, além de fontes de carboidratos solúveis. A silagem proporciona um armazenamento por longos períodos de tempo, com baixo custo e mínimas perdas da qualidade nutricional dos alimentos, além de minimizar os danos pela poluição (WEINBERG, 1992).

3.4.3 – SILAGEM

A decisão em utilizar silagem num sistema de produção de leite ou outra criação, para se obter maior retorno aos investimentos gastos, deve-se basear na qualidade do material a ser ensilado, nas técnicas de ensilagem e no potencial genético dos animais (VILELA, 1985a).

Segundo VILELA (1985b), define-se silagem como sendo o produto resultante da fermentação do material na ausência de ar, armazenado rapidamente em estruturas de armazenagem denominadas silos.

A BIOTECNAL (1996), define ensilagem como o processo, que envolve o corte, a compactação do material, e a vedação do silo, para dar origem a silagem.

As mudanças químicas que o alimento sofre, quando ensilado, envolvem basicamente a transformação de açúcares em ácidos orgânicos e álcoois, e

proteína em aminoácidos. Em silagens onde as condições proporcionadas a fermentação no silo não foram adequadas, poderá ocorrer elevado grau de degradação protéica ou protéólise, produzindo ácidos orgânicos indesejáveis (butírico, valérico, capróico), aminas (cadaverina, putrecina, histaminas), dióxido de carbono, amônia e, conseqüentemente, elevada perda de nutrientes do material ensilado (VILELA, 1984).

A princípio, qualquer material ou espécie forrageira com alto teor de umidade, anual ou perene, pode ser ensilado. A ensilagem, porém é basicamente um método de preservação dos nutrientes do material durante a armazenagem, e não um método para melhorá-los (VILELA, 1985b).

O processo fermentativo que ocorre na produção da silagem é dividido em três fases (aeróbica, fermentativa ou anaeróbica, e estabilização), sendo que além de um bom processo de ensilagem e características do material, a maior responsável por este processo fermentativo é a flora microbiana existente no material a ser ensilado. A atuação da flora microbiana que atua no processo fermentativo, pode ser descrita resumidamente, da seguinte forma (BIOTECNAL, 1996):

- O material armazenado, principalmente quando compactado, rapidamente consome o oxigênio existente no silo. Os microorganismos aeróbicos aparentemente contribuem para a exaustão mais rápida, e morrem quando acaba o oxigênio livre. Neste estágio começa a multiplicação dos microorganismos, que são capazes de se desenvolverem em meio anaeróbico, e vão produzir os elementos necessários para a formação e conservação das silagens.

- As bactérias pertencentes ao grupo coliforme são os primeiros microorganismos a atuar, principalmente sobre o álcool produzido no meio, sendo substituídas por outras bactérias, tais como os *Leuconostoc* e *Streptococcus* que, por sua vez, são controlados pelos *Lactobacillus* e *Pediococcus*, responsáveis indiretos pelo abaixamento do pH ao redor de 4,0 e preservação contra a atividade dos *Clostridium*.
- As bactérias responsáveis pela produção de ácido láctico são aquelas dos gêneros *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* e *Pediococcus*, sendo benéficos e importantes na qualidade do produto produzido. Crescem em uma temperatura variável de 20 a 45°C.
- Os *Clostridium* são os microorganismos indesejáveis, responsáveis pela produção de ácido butírico e pela deterioração da silagem. São capazes de converter o lactato em butirato, além de atacarem as proteínas. Crescem em uma temperatura variável de 20 a 45°C.

A armazenagem do resíduo de maracujá, na forma de silagem já vem sendo testado e vem apresentando resultados satisfatórios, principalmente para ruminantes, devido a sua boa composição bromatológica, degradabilidade dos nutrientes e excelente palatabilidade (REIS,1994; BERTIPAGLIA et al.,1997a; SIQUEIRA et al., 1998; KORNDORFER et al., 1998)

3.5 – SECAGEM

3.5.1 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SECAGEM

Segundo KEEY (1972), secagem tem a finalidade de eliminar um líquido volátil contido num corpo não volátil, isto é, através de evaporação. BROD (1999) cita que a secagem de nosso interesse é caracterizada pela evaporação da água do material biológico.

A água pode estar presente no material biológico sob as formas (ATHIÉ et al., 1998):

- **Água livre:** é a água que se encontra nos espaços intergranulares e no interior dos poros do material, mantida por forças capilares de pouca intensidade, devidas ao mecanismo de tensão superficial do líquido. Esse tipo de água tem as mesmas propriedades da água livre e apresenta grande mobilidade, podendo ser retirada com facilidade durante o processo de secagem.
- **Água solvente:** É a água que se mantém sob tensão osmótica no interior do material, servindo como solvente para diversas substâncias dissolvidas nas células. É, em grande parte, retirada na secagem.
- **Água pseudo-ligada:** Múltiplas camadas de moléculas de água retidas no material por ligações eletromagnéticas (força de Van der Waals). Estão fortemente absorvidas.
- **Água de constituição:** Camada monomolecular estreitamente associada ao material, podendo estar ligada quimicamente à matéria biológica. Só pode ser removida em condições extremas de aquecimento utilizadas para determinação de umidade em laboratório.

Durante a secagem é necessário um fornecimento de calor para evaporar a umidade do material e também deve haver um sorvedor de umidade para remover o vapor de água, formado a partir da superfície do material a ser seco, como demonstra a Figura 1(BROD et al., 1999).

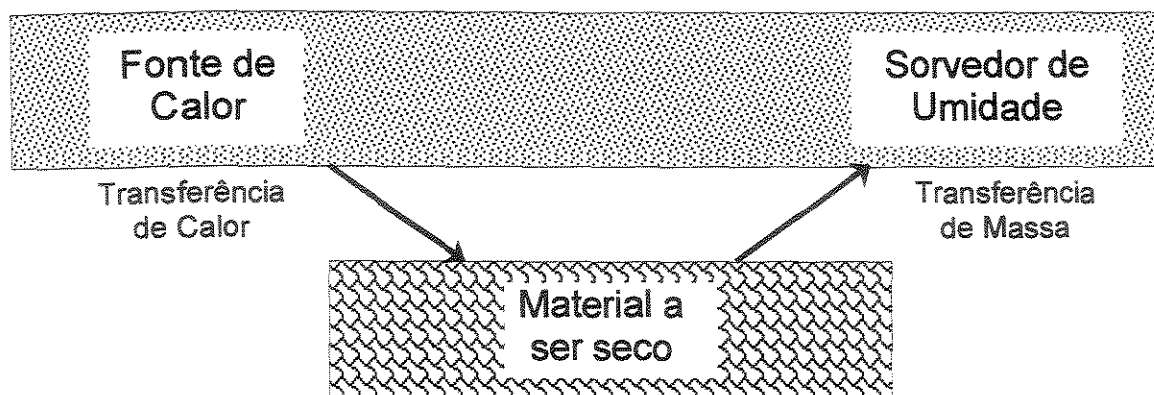


Figura 1: Diagrama do processo de secagem.

Este processo, de fornecimento de calor da fonte quente para o material úmido que promoverá a evaporação da água do material e em seguida a transferência de massa arrastará o vapor formado.

Do ponto de vista de fornecimento de calor, os mecanismos básicos de transferência de calor empregados indicam os possíveis equipamentos necessários. Ao passo que a retirada do vapor de água formado na superfície do material é analisada do ponto de vista de movimento do fluido (mecânica dos fluidos), indicando também os possíveis equipamentos para esta finalidade (PARK, 1987).

Os parâmetros que influenciam a taxa de secagem, com utilização de ar forçado, são principalmente, a temperatura e a umidade relativa do ambiente,

temperatura e fluxo do ar de secagem, teor de umidade inicial, final e de equilíbrio do produto, a temperatura e velocidade do produto no secador, bem como a variedade e a história do produto do plantio até a colheita (BAKKER-AREKEMA et al. 1978).

Os parâmetros de secagem não são independentes, pois influem na taxa e eficiência de secagem como um conjunto de fatores e não isoladamente. A temperatura do ar de secagem é o parâmetro de maior flexibilidade num sistema de secagem em altas temperaturas. A temperatura do ar conjugada com o fluxo do ar de secagem são fatores responsáveis pela quantidade de água removida no processo de secagem e na qualidade do produto final. O aumento da temperatura implica em menor gasto de energia por unidade de água removida e maior velocidade na taxa de secagem e maior gradiente de temperatura e umidade, enquanto que um aumento no fluxo de ar reduz a eficiência energética mas também aumenta a velocidade de secagem (BAKKER-ARKEMA et al. 1978; LASSERAN, 1978; LACERDA et al. 1982; NELLIST, 1982).

3.5.2 - MECANISMOS DE MIGRAÇÃO DE UMIDADE

Segundo BROD et al. (1999), as considerações sobre como a água é transportada do interior do sólido à superfície fundamentam as teorias de secagem.

O movimento de água do interior do material até à superfície é analisado pelos mecanismos de transferência de massa, que indicará a dificuldade de secagem nos materiais. Durante a secagem, para que haja a evaporação de água

da superfície do material ao ambiente, a água deve ser transportada do interior do sólido até a superfície. Na Figura 2 representamos em diagrama no interior do sólido:



Figura 2: Diagrama da migração interna de água no sólido.

Os mecanismos mais importantes são:

- Difusão líquida; ocorre devido a existência do gradiente de concentração;
- Difusão de vapor; ocorre devido ao gradiente de pressão de vapor, causado pelo gradiente de temperatura;
- Escoamento de líquido e de vapor; ocorrem devido a diferença de pressão externa, de concentração, capilaridade e alta temperatura.

Todas estas considerações, tais como, conteúdo inicial de umidade do material, conteúdo final da umidade que o material pode chegar (umidade de equilíbrio), como a água; está relacionada com a estrutura do sólido e como o transporte da água é feito do interior à superfície do sólido durante a secagem que servem para fundamentar o fenômeno de secagem.

3.5.3 - CURVAS TÍPICAS DE SECAGEM

Os produtos são muito diferentes entre si, devido a sua composição, estrutura, e suas dimensões. As condições de secagem são muito diversas, de acordo com as propriedades do ar de secagem e a forma como se faz o contato ar-produto: por exemplo, secagem com ar quente na superfície de um leito de partículas é um caso (a água estando situada dentro das partículas), ou outro caso é a suspensão de uma partícula em um fluxo de ar (BROD et al., 1999).

Uma vez que o produto é colocado em contato com ar quente, ocorre uma transferência do calor do ar ao produto sob o efeito da diferença de temperatura existente entre eles. Simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor d'água existente entre o ar e a superfície do produto determina uma transferência de matéria (massa) para o ar. Esta última se faz na forma de vapor de água. Uma parte do calor que chega ao produto é utilizada para vaporizar a água e a outra para elevar a temperatura do material (DAUDIN, 1983).

A evolução destas transferências simultâneas de calor e de massa no decorrer da operação de secagem faz com que esta seja dividida esquematicamente em três períodos, demonstrados na Figura 3 (BROD et al., 1999), onde são apresentadas as curvas de evolução do teor de água do produto (X), de sua temperatura (T) e da velocidade de secagem (dX/dt), também chamada de taxa de secagem, ao longo do tempo, para um experimento utilizando ar de propriedades constantes.

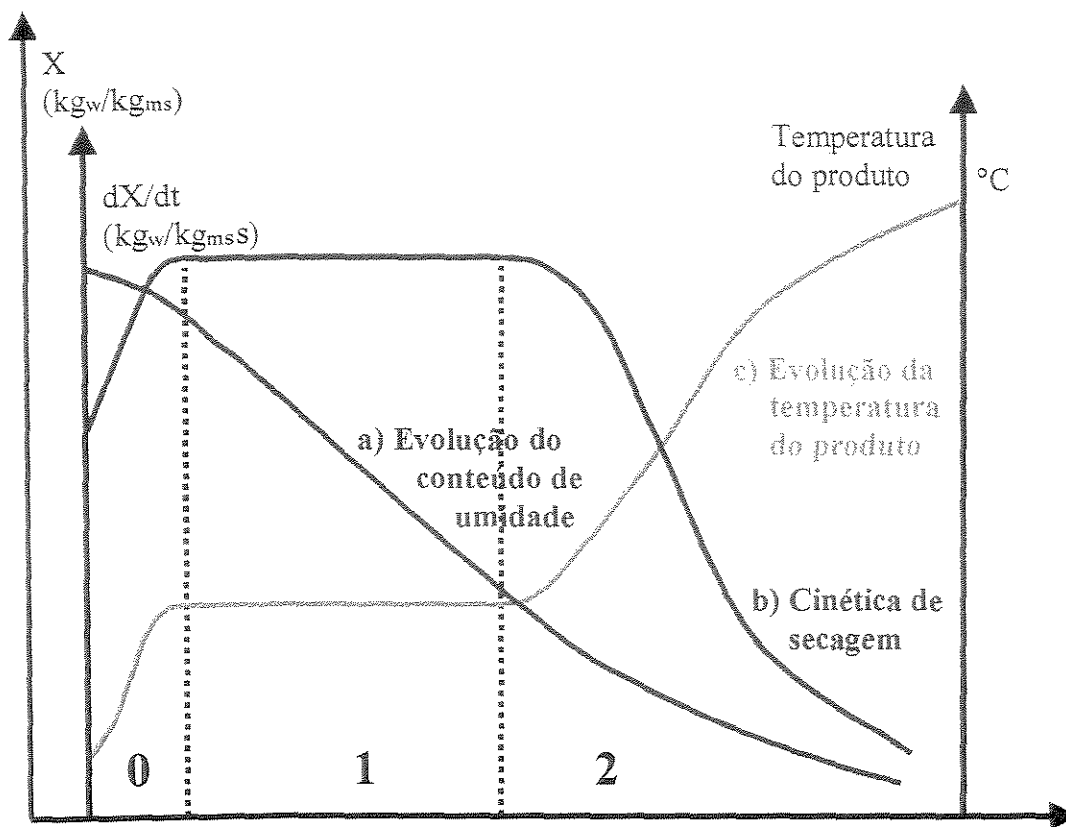


Figura 3: Curva típica de secagem.

A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem (conteúdo de umidade do produto, $X = X_{BS}$, em relação a evolução do tempo de secagem (t), isto é, a curva obtida pesando o produto durante a secagem numa determinada condição de secagem.

A curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto (variação do conteúdo de umidade do produto por tempo, dX/dt em relação a evolução do tempo (t), isto é, é a curva obtida diferenciando a curva (a)).

A curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem (variação da temperatura do produto (T) em relação a evolução do

tempo (t), isto é, a curva obtida medindo a temperatura do produto durante a secagem.

Descrevendo os três períodos temos (BROD et al., 1999):

Período 0

O período de indução ou o período de se entrar em regime operacional. No começo, o produto é geralmente mais frio do que ar, e a pressão parcial de vapor da água na superfície do produto (p) é débil, e por consequência, a transferência de massa e a velocidade de secagem também são débeis. O calor chegando em excesso acarreta uma elevação da temperatura do produto ocorrendo um aumento de pressão e da velocidade de secagem. Este fenômeno continua até que a Transferência de Calor compense exatamente a Transferência de Massa. A duração deste período é insignificante em relação ao período total de secagem.

Período 1

O período de velocidade (taxa) constante de secagem. Durante este período, como no anterior, a quantidade de água disponível dentro do produto é bem grande. A água evapora-se como água livre. A pressão de vapor de água na superfície é constante e é igual à pressão de vapor de água pura à temperatura do produto. A temperatura do produto, por sua vez, é também constante e é igual à temperatura de bulbo úmido, característica do fato de que as transferências de calor e de massa se compensam exatamente. A velocidade de secagem é, por conseguinte, constante.

É bom ressaltar que para os materiais biológicos é difícil a existência deste período, pois as condições operacionais de secagem são tais que, as resistências de transferências de massa encontram-se essencialmente no interior do produto,

fazendo com que a taxa de evaporação da superfície ao ambiente seja bem superior à taxa de reposição de umidade do interior à superfície do material.

Período 2

O período de velocidade (taxa) decrescente de secagem. Desde o momento em que a água começa a ser deficiente na superfície, a velocidade de secagem diminui.

Durante este período, a troca de calor não é mais compensada, conseqüentemente, a temperatura do produto aumenta e tende assintoticamente à temperatura do ar. Durante todo este período o fator limitante é a migração interna de água. Esta redução da taxa (ou velocidade) de secagem é às vezes interpretada como uma diminuição da superfície molhada no período 2, mas a interpretação mais freqüente é pelo abaixamento da pressão parcial de vapor de água na superfície. No final deste período o produto estará em equilíbrio com o ar ($X = X_{eq}$) e a velocidade de secagem é nula.

A transição do período 1 ao período 2 é freqüentemente pouco nítida e a determinação do teor de água neste ponto é delicada. Por outro lado, o teor de água do ponto de inflexão varia de acordo com a natureza do material, sua espessura e a velocidade de secagem inicial (que depende das condições de secagem).

O período “2” é quase sempre o único observado para a secagem de produtos agrícolas e alimentícios. A complexidade dos fenômenos, envolvidos no processo durante a secagem, conduz os pesquisadores a proporem numerosas teorias e múltiplas fórmulas empíricas para predizer a taxa de secagem (BROD et

al.; 1999): Teoria difusional; Teoria capilar; Teoria de Luikov; Teoria de Philip & de Vries; Teoria de Krishner - Berger & Pei; Teoria da condensação - evaporação.

As duas primeiras teorias são básicas e fundamentam as outras teorias. A partir dessas teorias teremos os coeficientes de transferência resultantes.

A teoria difusional se apoia exclusivamente sobre a lei de Fick, que expressa que o fluxo de massa por unidade de área é proporcional ao gradiente de concentração de água. Utilizando a lei de Fick, na equação de balanço de massa de água no interior do produto temos:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \nabla \cdot (D_{ef} \nabla X) \quad (1)$$

Esta formula de Fick é simplificada, já que ela despreza a interdifusão, mas esta hipótese é justificada, uma vez que a água migra dentro de uma matriz fixa.

Independentemente dos trabalhos sobre secagem, CRANK (1975) calculou um grande número de soluções da equação de difusão para condições iniciais e de contorno variadas. Entretanto, estas soluções se aplicam aos sólidos de formas geométricas simples (corpos semi-infinitos; placas, cilindros e esferas) e quando a difusividade é constante ou varia linearmente ou exponencialmente com a concentração de água. Para o caso de secagem em sistemas de coordenadas cartesianas, transferência unidirecional em uma placa de espessura $2L$:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{ef} \frac{\partial X}{\partial z} \right) \quad (2)$$

A equação (2) com as seguintes condições inicial e de contorno:

Umidade inicial uniforme:

$$X(z, t) = X(z, 0) = X_0$$

Umidade máxima no centro:

$$\left. \frac{\partial X}{\partial z} \right|_{z=0} = 0$$

Umidade constante na superfície:

$$X(z, t) = X(L, t) = X_{eq}$$

E aplicando:

$$\bar{X} = \frac{1}{L} \cdot \int_0^L X(z, t) dz \quad (3)$$

Torna-se:

$$Y = \frac{\bar{X} - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \cdot \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i+1)^2} \exp \left[- (2i+1)^2 \cdot \pi^2 \cdot D_{ef} \cdot \frac{t}{4L^2} \right] \quad (4)$$

Onde:

Def - Difusividade efetiva (m²/s);

Y - conteúdo adimensional de umidade (adimensional);

$\bar{X}$ - conteúdo médio de umidade (kg_{H2O} / kg_{ms});

X_{eq} - conteúdo de umidade de equilíbrio (kg_{H2O} / kg_{ms});

X_0 - conteúdo de umidade no instante inicial (kg_{H2O} / kg_{ms});

i - número de termos na série;

t – tempo (s);

L - comprimento característico, semi-espessura da amostra (m);

z - direção da transferência (m).

Para a escolha de um processo ideal de secagem deve-se analisar vários fatores como: propriedades organolépticas (sabor e aroma), tempo, energia gasta.

O tempo de processo, ou seja, a velocidade de troca de calor entre a matéria-prima e o ar, podem ser analisado através da difusividade efetiva nas diversas temperaturas de processo.

A dependência da difusividade com a temperatura é expressa pela energia de ativação baseada em uma equação do tipo Arrhenius:

$$\ln(D_{ef}) = \ln(D_0) - \frac{E_a}{R \cdot T} \quad (5)$$

Onde:

D_{ef} - difusividade efetiva (m^2/s);

D_0 - Fator de Arrhenius (m^2/s);

E_a - energia de ativação (J/mol);

R - constante universal dos gases ($8,1314 J/mol K$);

T - temperatura absoluta (K).

3.5.4 - SECAGEM DE RESÍDUO

O estudo de um resíduo similar ao resíduo da indústria de suco de maracujá foi descrito, resumidamente, por CARVALHO (1995), onde o processamento da polpa cítrica é obtido após duas prensagens, que reduzem a umidade do produto ao redor de 65% a 75%, e posteriormente secagem até 10% da umidade na base seca (90% de matéria seca) para, então, ser peletizada e comercializada. Para facilitar o desprendimento da água e reduzir a natureza hidrofílica da pectina, carboidrato presente no alimento, é feita a adição de hidróxido ou óxido de cálcio antes da prensagem. Para a secagem, são

empregados tambores rotativos a óleo ou a vapor. Os tambores a vapor são mais adequados porque a temperatura é menor, reduzindo o risco de carbonização, de modo que o material saia com melhor aparência (mais claro).

AGUIRRE & TRAVAGLINI (1987) também estudaram o comportamento da polpa cítrica submetida a prensagem e secagem, onde concluíram que na prensagem a pressão acima de 60 lbf/pol² não melhora a eficiência da remoção de água, justificando que a umidade remanescente é constituída, em sua maior parte, de água de composição, quimicamente ligada. Já o comportamento durante a secagem foi demonstrado através das curvas de secagem com ar a 60, 80 e 100°C (Figura 5), em secador de bandejas, onde a circulação do ar a 60°C durante dez horas não foi suficiente para completar a secagem. Quando foi utilizado ar a 80 e 100°C, a umidade final desejada de 10% foi atingida em sete e cinco horas, respectivamente. Os autores observaram que a temperatura de 100°C resultou no escurecimento da polpa, indicando que o tratamento térmico foi muito severo.

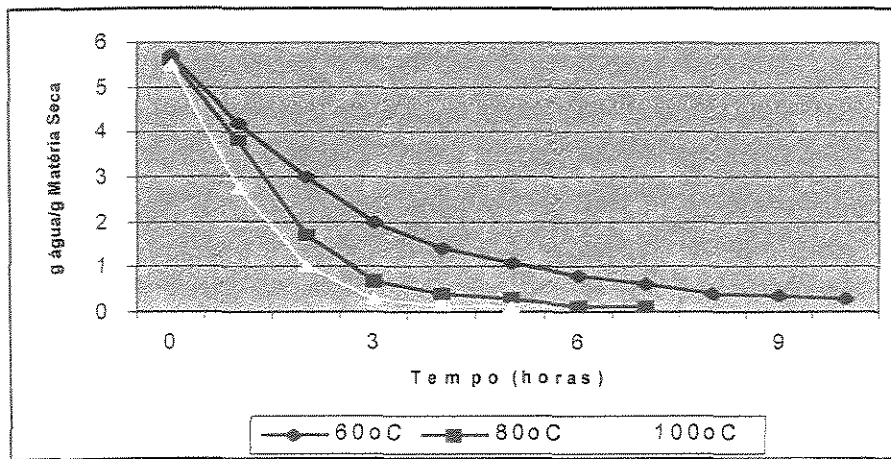


Figura 5: Curvas de secagem da polpa cítrica lavada e prensada (Fonte: AGUIRRE & TRAVAGLINI, 1987)

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - MATÉRIA PRIMA E LOCAL DE EXECUÇÃO

Para o trabalho utilizou-se o resíduo (casca e semente) da fabricação de suco de maracujá, variedade amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), da safra de 2000, fornecido pela Indústria Ricaeli, localizada no município de Cabreúva, no Estado de São Paulo. Com este resíduo foram realizados dois experimentos, sendo um de armazenagem e um de secagem.

A parte experimental foi realizada nos Laboratórios do Departamento de Pré Processamento de Produtos Agrícolas na Faculdade de Engenharia Agropecuários da Universidade Estadual de Campinas, no Laboratório de Análises da Supre Mais Produtos Bioquímicos Ltda, localizada no município de Valinhos/SP e na própria Indústria Ricaeli.

4.2 – COLETA DAS AMOSTRAS

A coleta das amostras para montagem dos experimentos, foi realizada ao final do processo de extração do suco de maracujá (Figura 6):

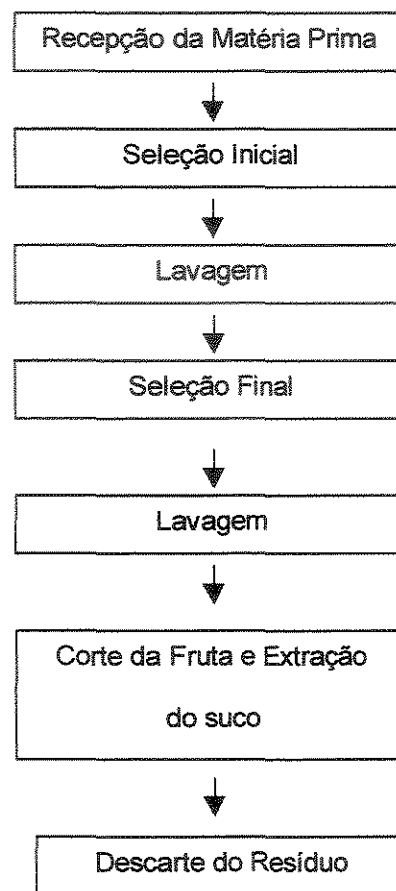


Figura 6: Fluxograma simplificado do processo de extração de suco de maracujá

Das amostras coletadas, cerca de 1200kg foram utilizadas para a montagem dos experimento de armazenagem e aproximadamente 400kg foram acondicionados em sacos plásticos (20kg cada), e congelados na câmara fria da Industria Ricaeli, a uma temperatura de -20°C, até a realização do experimento de secagem.

4.3 - SISTEMA DE ARMAZENAGEM

O resíduo fresco da fabricação de suco de maracujá foi armazenado (10/02/2000), "in natura" em mini silos experimentais de 200 litros (3 repetições), segundo os tratamentos:

- T1 - Latões mantidos fechado (ensilagem do material "in natura");
- T2 - Latões mantido aberto (armazenamento aberto do material "in natura").

As amostras, para análises, foram retiradas aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias após a instalação do experimento, e o material "in natura" foi considerado como controle. As condições de temperatura e umidade relativa do local de armazenamento foram monitoradas por um termo-higrógrafo OAKTON, marca Cole Parmer, modelo 37250-10, escala de -10°C a 50°C de temperatura e de 0% a 100% de umidade relativa. Todas as amostras foram submetidas a determinação de umidade, secas em estufa a ar forçado e trituradas em moinho de martelo com peneira de 2mm, e depois enviadas para análises laboratoriais.

4.4 - SISTEMA DE SECAGEM

A secagem foi realizada com secador vertical convectivo de bandejas estáticas, de três colunas, onde para se ter um maior controle das condições de secagem, utilizou-se uma coluna e uma bandeja contendo 1,100kg do produto. Durante o experimento de secagem foi necessário o controle do fluxo e da temperatura do ar dentro do secador vertical (Figura 7). A temperatura foi mantida constante pelo controlador digital do secador, com a leitura da temperatura do ar de secagem através de um termopar de cobre-constantan, instalado logo abaixo

da gaveta onde estava o produto, além de termômetros de vidro também instalados na mesma posição e na saída do secador.

Foram utilizadas no experimento três temperaturas de secagem 60, 70 e 80°C, e duas velocidades de ar de 0,28 e 0,56m/s. O fluxo dentro do secador foi regulado pela guilhotina, a qual estrangulava ou não a entrada de ar no ventilador, diminuindo ou aumentando o fluxo, medido através de um anemômetro digital de ventoinha, marca Airflow, modelo LCA 6000, precisão de 0,01m.s⁻¹, colocado na saída de ar do secador (em sua parte superior). As condições ambientes foram monitoradas por um termo-higrógrafo OAKTON, marca Cole Parmer, modelo 37250-10, escala de -10°C a 50°C de temperatura e de 0% a 100% de umidade relativa. O ventilador utilizado apresenta uma Potência útil de 1,04 kw. A velocidade foi obtida no secador segundo a equação:

$$V_{\text{sec}} = \frac{V_{\text{ane}} \times A_{\text{ane}}}{A_{\text{gav}}}$$

onde:

Vsec : velocidade dentro do secador(m/s);

Vane : velocidade lida no anemômetro(m/s);

Aane : área do anemômetro (cm²) = (95,03 cm²);

Agav : área livre da gaveta do secador (cm²) = (586,25 cm²).

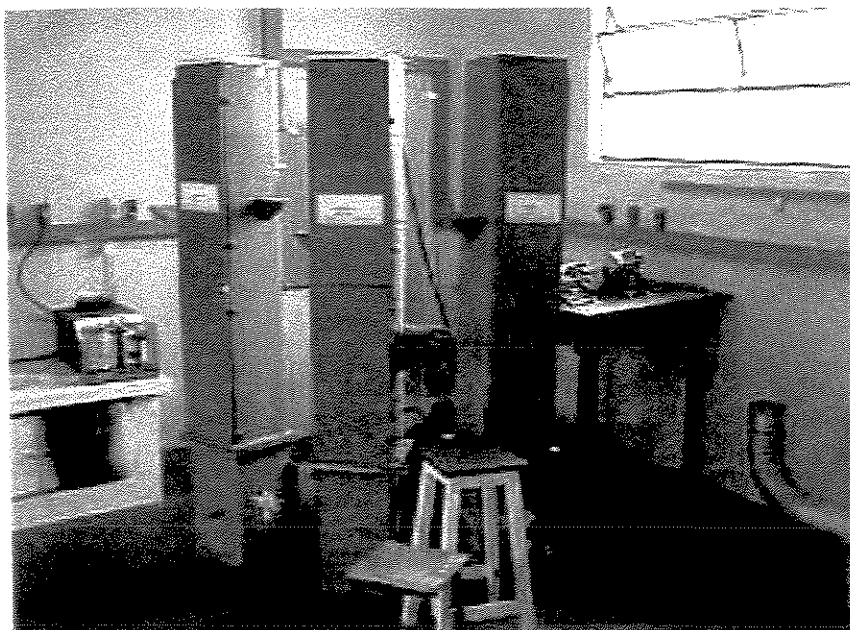


Figura 7: Vista do secador vertical convectivo com bandejas estáticas.

O resíduo foi pesado inicialmente a cada 30 minutos, durante 3 horas. Desde então a pesagem foi realizada com intervalos de 1 hora até que o produto demonstrasse uma perda de peso menor que 1g, entre duas pesagem sucessivas, assim a secagem foi interrompida e o produto colocado em um dessecador com sílica para ser resfriado. As amostras secas foram trituradas em moinho de martelo com peneira de 2mm, e depois enviadas para análises laboratoriais.

As curvas de secagem foram construídas com o número adimensional de umidade, $[(\text{umidade instantânea} - \text{umidade de equilíbrio})/(\text{umidade inicial} - \text{umidade de equilíbrio})]$, calculado com o conteúdo de umidade do resíduo no decorrer do tempo de secagem, indicando a marcha de decaimento do conteúdo de umidade do material. Os valores dos adimensionais para cada tempo durante a secagem e a difusividade efetiva foram ajustados segundo a Segunda Lei de Fick.

utilizando-se do programa estatístico STATISTICA 5.0 (1995), com três termos da série e o valor de semi-espessura do resíduo de maracujá.

$$Y = \frac{\bar{X} - X_{eq}}{X_o - X_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \cdot \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i+1)^2} \exp \left[- (2i+1)^2 \cdot \pi^2 \cdot D_{ef} \cdot \frac{t}{4L^2} \right]$$

Onde:

Def - Difusividade efetiva (m²/s);

Y - conteúdo adimensional de umidade (adimensional);

$\bar{X}$ - conteúdo médio de umidade (kg_{H2O} / kg_{ms});

X_{eq} - conteúdo de umidade de equilíbrio (kg_{H2O} / kg_{ms});

X_o - conteúdo de umidade no instante inicial (kg_{H2O} / kg_{ms});

i - número de termos na série;

t – tempo (s);

L - comprimento característico, semi-espessura da amostra (m);

z - direção da transferência (m).

A energia de ativação foi calculada para as duas velocidades de ar de secagem (0,28 e 0,56m/s), baseada em uma equação do tipo Arrhenius:

$$\ln(D_{ef}) = \ln(D_0) - \frac{E_a}{R \cdot T}$$

Onde:

D_{ef} - difusividade efetiva (m²/s);

D₀ - Fator de Arrhenius (m²/s);

E_a - energia de ativação (J/mol);

R - constante universal dos gases (8,1314 J/mol K);

T - temperatura absoluta (K).

O custo de energia gasta para secagem do resíduo nas diferentes condições de secagem foi calculado com o auxílio do modelo psicrométrico para representar os processos de aquecimento, resfriamento, umidificação e mistura de dois ares; BIAGI & DALBELLO (1994), e as especificações do ventilador utilizado.

4.5 - ANÁLISES LABORATORIAIS

Todas as amostras enviadas ao laboratório foram analisadas em triplicata.

4.5.1 - UMIDADE

A determinação do teor de umidade foi realizado em estufa a ar forçado 70°C durante 48h, obtendo assim peso constante. Alguns autores utilizaram metodologia similar em estufa a ar forçado: farinha de casca de maracujá, 70°C durante 24h (PONTES et al., 1988); e tomates, 70°C durante 72h (CARNEIRO et al.;2000). O método é uma adaptação do procedimento da AOAC (1990) que preconiza para frutas e hortaliças, 70°C em estufa a vácuo durante 24h.

4.5.2 - PROTEÍNA BRUTA

A determinação da fração protéica foi realizada pelo método macro Kjeldahl, conforme procedimento da AOAC (1990), também descrito no Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (1998).

4.5.3 - FIBRA BRUTA

A determinação do teor de fibra bruta do resíduo foi realizado através do método da AOAC (1990), também descrito no Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (1998).

4.5.4 - FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO

A determinação da fibra detergente neutro (FDN) ou constituintes da parede celular (CPC), foi realizado pelo método de análise proposto por Van Soest, descrito por SILVA (1990), também descrito no Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (1998).

4.5.5 - FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO

A determinação da fibra em detergente ácido (FDA) ou da lignocelulose, foi realizada pelo método de análise proposto por Van Soest, descrito por SILVA (1990), também descrito no Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (1998).

4.5.6 – EXTRATO ETÉREO

A determinação do teor de extrato etéreo (EE) foi realizada através do método da AOAC (1990), também descrito no Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (1998).

4.5.7 – CINZAS (MATERIAL MINERAL)

A determinação do teor de cinzas (MM) do resíduo foi realizado através do método da AOAC (1990), também descrito no Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (1998).

4.6 – ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para o experimento de armazenagem foi usado um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, onde os dados das análises laboratoriais de PB, EE, FB, FDA, FDN e MM, de todas as amostras da silagem e do material “in natura” foram comparados; o mesmo foi considerado para o material armazenado em latões abertos, comparado-o com a silagem (15dias), e o material “in natura”.

Para o experimento de secagem foi usado um delineamento inteiramente casualizado, onde os dados das análises laboratoriais de PB, EE, FB, FDA, FDN e MM (triplicatas), para as temperaturas e velocidades de ar, foram comparados entre si e com o material “in natura”.

As análises estatísticas foram processadas no programa ESTAT-Sistema para Análises Estatísticas (V.2.0), desenvolvido pelo Polo Computacional / Departamento de Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal, determinando-se a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – ARMAZENAGEM

Os resultados de composição bromatológica observados durante experimento de armazenagem encontram-se nas Tabelas 1A e 2A do apêndice, e as condições de ambiente no experimento de armazenagem são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Condições ambientais médias durante a armazenagem.

Meses	Temperatura (°C)			Umidade Relativa do Ar (%)		
	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
Fevereiro	20,29	31,25	25,77	56,88	96,42	76,65
Março	19,70	28,14	23,92	62,64	95,14	78,89
Abril	17,54	27,21	22,38	52,14	93,57	72,86
Maiο	15,04	23,96	19,50	55,31	94,00	74,65
Junho	14,42	24,25	19,33	56,17	95,08	75,63

5.1.1 - SILAGEM

Na tabela 8 são apresentados os dados encontrados de composição bromatológica do material “in natura” e silagem durante o armazenamento.

Tabela 8. Composição Bromatológica do material “in natura” e silagem durante o armazenamento.

Análises	Silagem (dias)						
	(%)	“in natura”	15	30	60	90	120
Ubu		83,18	82,35	82,61	82,88	82,60	82,05
PB*		10,77a	11,93a	11,06a	10,83a	11,44a	11,48a
EE*		6,76b	11,54a	11,01a	9,86a	10,79a	10,86a
FB*		43,89a	36,16b	40,30ab	33,65b	34,53b	34,90b
FDA*		42,84b	50,77a	51,28a	51,39a	52,67a	52,03a
FDN*		46,47b	55,60a	54,57a	55,80a	57,11a	56,66a
MM*		7,61a	6,41a	6,20a	6,46a	6,09a	6,56a

Médias seguidas de letras iguais na mesma linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05).

* valores em 100% de MS

Os teores de PB e MM, encontrados nas análises bromatológicas, não apresentaram diferença significativa entre os períodos de armazenamento do material ensilado. Os valores encontrados mantiveram-se na faixa de 10,77-11,93% de PB e 7,61-6,09% de MM. PONTES et al.(1988), encontraram na farinha da casca de maracujá, a faixa de 10,64-9,09% de PB e 6,49-6,24% de MM, resultados estes similares aos apresentados. Já SANTOS (1995) e KORNORFER

et al. (1998) encontraram 14,30% e 16,80% de PB, respectivamente, na silagem do resíduo de maracujá, sendo estes superiores ao apresentado.

Para os valores de EE encontrados, houve diferença significativa entre os períodos de armazenamento e o material “in natura”, sendo que o material “in natura” apresentou o menor valor, 6,76% EE, enquanto os demais períodos tiveram os teores de EE entre 11,54 e 9,86 %. A diferença encontrada esta dentro da heterogeneidade do material, pois segundo VILELA (1985b), a ensilagem, é basicamente um método de preservação dos nutrientes do material durante a armazenagem, e não um método para melhorá-los. Este fato é comprovado pela boa estabilidade dos nutrientes, apresentada nos períodos de armazenagem.

O mesmo pode ser observado para os teores de FDA e FDN, onde o material “in natura” apresentou valores de 42,84% e 46,41% respectivamente, sendo menores que os valores de FDA e FDN encontrados nos demais períodos. Estes valores mantiveram-se entre 52,67-50,77% FDA e 56,66-54,57% FDN.

PONTES et al.(1989) encontraram valor de 6,70% EE na torta de semente de maracujá amarelo, sendo similar ao teor de EE do material “in natura”. Já os teores de EE apresentados para a silagem, aproximaram-se do valor apresentado por SANTOS (1995), 12,14% de EE.

Os teores de FDA e FDN da silagem do resíduo de maracujá foram próximos aos observados por REIS (1994), onde o autor encontrou, no resíduo “in natura” valores de 52,37% FDA e 59,50% FDN.

Já os teores de FB, apresentaram diferença significativa entre o material “in natura” (43,89%) e o material ensilado, nos períodos de 15, 60, 90 e 120 dias (36,16 - 33,65% de FB). ARIKI et al. (1977), OTAGAKI & MATSUMOTO (1958) e

PRUTHI (1963), encontraram valores de 29,37, 25,66 e 27,71% de FB, respectivamente, sendo inferiores aos apresentados.

5.1.2 – ARMAZENAMENTO ABERTO

O material do tratamento “T2” foi descartado na coleta de 30 dias por apresentar-se em estado adiantado de decomposição.

Na Tabela 9 são apresentados os dados de composição bromatológica do material “in natura”, ensilado e material armazenado aberto durante o período de 15 dias.

Tabela 9. Composição Bromatológica do material “in natura”, armazenado aberto e ensilado durante o armazenamento.

Análises %	“in natura”	Aberto (15 dias)	Silagem (15 dias)
Ubu	83,18	81,63	82,35
PB*	10,77b	10,85b	11,93a
EE*	6,76b	11,49a	11,54a
FB*	43,89a	36,56b	36,16b
FDA*	42,84b	51,84a	50,77a
FDN*	46,47b	55,58a	55,60a
MM*	7,61a	5,66b	6,41ab

Médias seguidas de letras iguais na mesma linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05).

* valores em 100% de MS

Os valores encontrados para teor de PB, apresentaram diferença significativa entre a silagem 15 dias (11,93% PB) e os materiais “in natura “

(10,77% PB) e armazenado aberto 15 dias (10,85 % PB), onde a silagem apresentou teor de PB superior.

Para os teores de EE, FDA e FDN, o material “in natura” apresentou valores menores (6,76% EE; 42,84% FDA; 46,47% FDN) aos do material armazenado aberto (11,49% EE; 51,84% FDA; 55,88% FDN) e da silagem (11,54% EE; 50,77% FDA; 55,60% FDN). Como dito anteriormente estas diferenças estão dentro da heterogeneidade do material, pois a ensilagem não é um processo de melhoria de nutrientes.

REIS (1994), encontrou teores de 10,50% PB, 59,50% FDN e 52,37% FDA, sendo similares aos teores de PB apresentados para os materiais “in natura “ e armazenado aberto 15 dias; e os teores de FDA e FDN apresentados para os materiais armazenados.

Já os teores de EE, aproximadamente 11,00%, encontrados no experimento, só são próximos do teor de EE, apresentado por SANTOS (1995) 12,14%.

Para os teores de FB, o material “in natura” apresentou valor superior (43,89% de FB), aos materiais armazenado aberto e silagem, no período de 15 dias (36,56 e 36,16% de FB, respectivamente). Como já citado anteriormente, ARIKI et al. (1977), OTAGAKI & MATSUMOTO (1958) e PRUTHI (1963), encontraram valores de 29,37, 25,66 e 27,71% de FB, respectivamente, sendo inferiores aos apresentados.

Já os teores de MM encontrados (Tabela 9), apresentaram diferença significativa, sendo o valores encontrado para o material “in natura” (7,61%) superior ao do material armazenado aberto (5,66%). ARIKI et al. (1977) encontrou

na casca desidratada de maracujá, 7,75% MM, valor similar ao material “in natura”, porém PONTES et al.(1988), encontraram, uma faixa de teores de MM, 6,49-6,24%, intermediária aos valores apresentados.

5.2 – SECAGEM

5.2.1 – CURVAS DE SECAGEM

As condições de secagem e o comportamento do resíduo submetido as mesmas, estão apresentados nas Tabelas 3A a 15A do apêndice.

As Figuras 8 a 13 são referentes às curvas de secagem experimentais e calculadas no programa STATISTICA (1995), para o resíduo de maracujá nas diferentes temperaturas de secagem (60, 70 e 80°C), e velocidades de Ar (0,28 e 0,56m/s).

Através dos resultados observou-se que as curvas de secagem para temperatura de 80°C e velocidade do ar de 0,56m/s (Figura 13), foi a que apresentou um menor tempo de secagem para atingir 10% umidade, que é recomendada por AGUIRRE & TRAVAGLINI (1987) para a peletização do material. Resultado oposto, foi observado nas curvas de secagem para temperatura de 60°C e velocidade do ar de 0,28m/s (Figura 8).

AGUIRRE & TRAVAGLINI (1987) estudando o comportamento da polpa cítrica submetida a prensagem e secagem, com ar a 60, 80 e 100°C, concluíram que a circulação do ar a 60°C durante dez horas não foi suficiente para completar a secagem. Quando foi utilizado ar a 80 e 100°C, com umidade inicial da polpa de 85%, e umidade final desejada de 10% foi atingida em sete e cinco horas,

respectivamente. Os autores observaram que a temperatura de 100°C resultou no escurecimento da polpa, indicando que o tratamento térmico foi muito severo.

O material seco a temperatura de 80°C, apresentou um maior escurecimento (queima do material), quando comparado ao material seco a 60 e 70°C. Este fato também foi observado, independente da temperatura, no material após ser triturado, em relação a velocidade do ar, sendo que o materiais secos com velocidade do ar de 0,28m/s apresentaram maior escurecimento, indicando a ocorrência de reação de escurecimento do material durante a secagem.

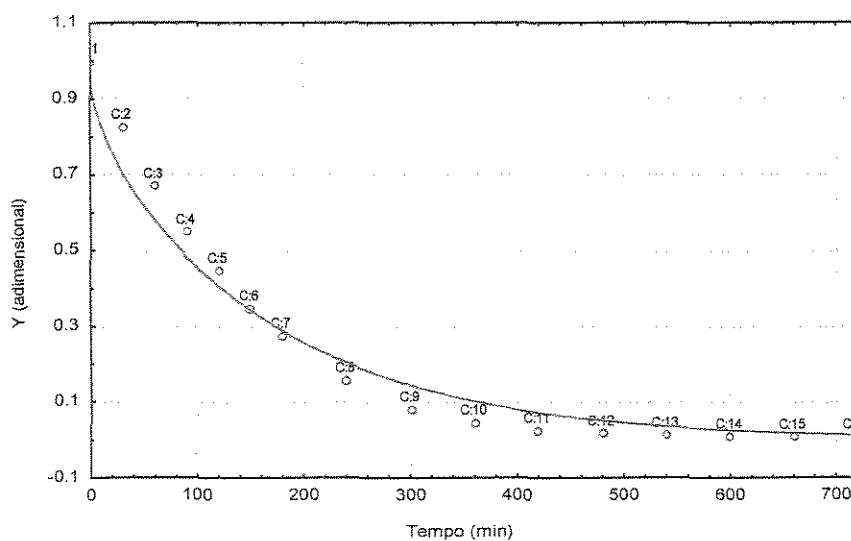


Figura 8. Curvas de secagem experimental (o) e calculada (-) para temperatura de 60°C e velocidade do ar de 0,28m/s

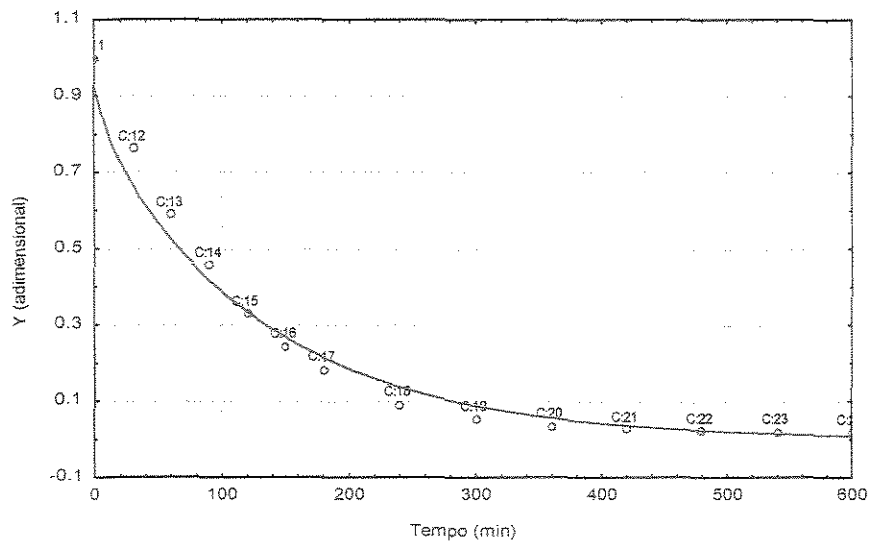


Figura 9. Curvas de secagem experimental (°) e calculada (-) para temperatura de 60°C e velocidade do ar de 0,56m/s

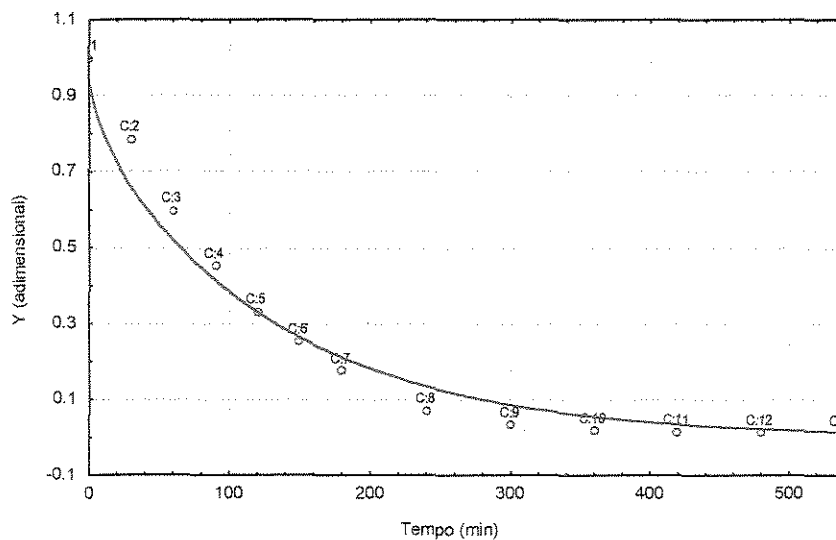


Figura 10. Curvas de secagem experimental (°) e calculada (-) para temperatura de 70°C e velocidade do ar de 0,28m/s

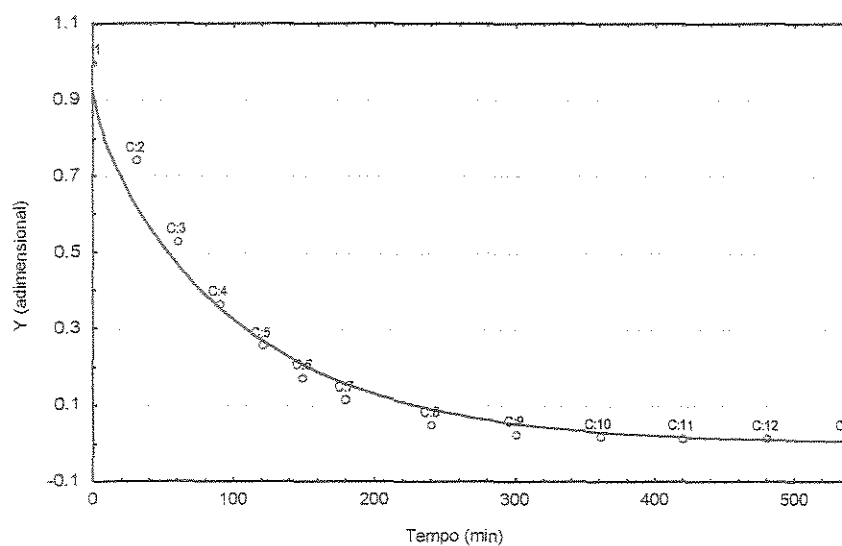


Figura 11. Curvas de secagem experimental (o) e calculada (-) para temperatura de 70°C e velocidade do ar de 0,56m/s

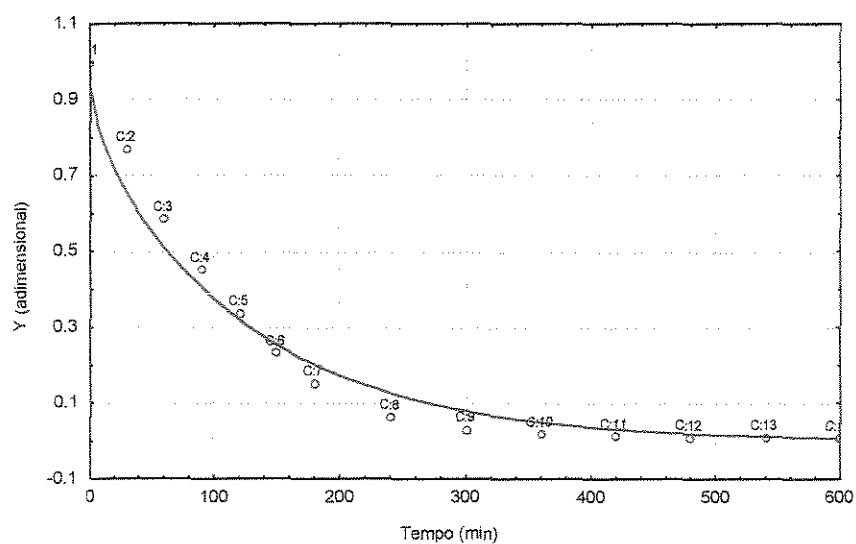


Figura 12. Curvas de secagem experimental (o) e calculada (-) para temperatura de 80°C e velocidade do ar de 0,28m/s

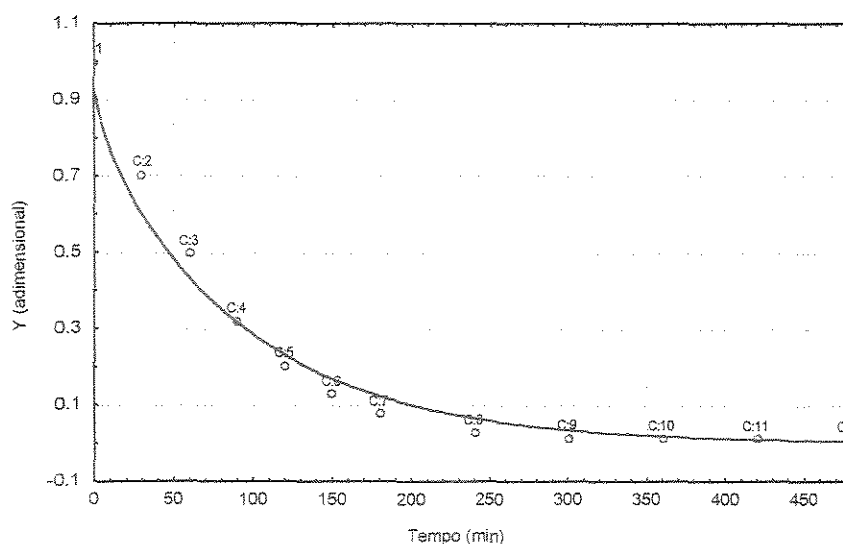


Figura 13. Curvas de secagem experimental (○) e calculada (-) para temperatura de 80°C e velocidade do ar de 0,56m/s

5.2.2 – CUSTO DE SECAGEM

Na tabela 10 são apresentados o gasto de energia e o custo da secagem de 1,1 kg de resíduo de maracujá até umidade de peletização (10% Ubu), para as diferentes condições de secagem, no sistema de secagem utilizado (secador e ventilador).

Levando-se em consideração o tempo para atingir a umidade de peletização, a secagem a temperatura de 80°C e Vsec. 0,56m/s foi mais rápida, porém a condição de secagem a temperatura de 70°C e Vsec. 0,28m/s, apesar de apresentar uma diferença de 1h e 16 min., da condição de secagem anteriormente descrita, apresentou um menor gasto de energia e custo de secagem, tornando-se a melhor opção para secagem do resíduo de maracujá amarelo.

Tabela 10. Gasto de energia e custo de secagem nas diferentes condições de secagem até a umidade para peletização (10% Ubu).

Temp. (°C)	Vsec (m/s)	Tempo (min)	Energia p/ aquecimento (kw/h)	Energia p/ ventilador (kw/h)	Energia Total (kw/h)	Custo Total* (R(\$))
60	0,28	450	3,37	7,80	11,17	2,79
	0,56	442	6,51	7,66	14,17	3,54
70	0,28	333	3,33	5,77	9,10	2,28
	0,56	312	6,47	5,41	11,88	2,97
80	0,28	328	3,90	5,69	9,59	2,40
	0,56	257	5,83	4,45	10,28	2,57

* kw/h + ICMS = R\$0,25

5.2.3 DIFUSIVIDADE EFETIVA E ENERGIA DE ATIVAÇÃO

Os resultados do cálculo da difusividade utilizando a resolução da Segunda Lei de Fick, com três termos de série e a rotina de estimação não linear do programa estatístico STATISTICA 5.0 (1995), estão apresentados na Tabela 11. Para o cálculo da difusividade efetiva, também utilizou-se o valor de semi-espessura do resíduo ($L = 1,92\text{mm}$) que foi obtidas através de 50 medidas feitas em amostras do material (25 amostras secas e 25 “in natura”).

A difusividade efetiva do resíduo de maracujá aumentou com o aumento da temperatura do ar de secagem. A difusividade efetiva também aumentou com o

aumento da velocidade do ar, mostrando a influência da velocidade do ar que diminui a resistência externa.

Tabela 11. Difusividades Efetivas para o resíduo de maracujá durante a secagem nas diferentes temperaturas de secagem (60, 70 e 80°C), e Velocidades de Ar (0,28 e 0,56m/s).

T (°C)	v (m/s)	$D_{ef}(m^2/s)$	R^2
60	0,28	$1,43 \times 10^{-10}$	0,985
	0,56	$1,84 \times 10^{-10}$	0,990
70	0,28	$1,86 \times 10^{-10}$	0,985
	0,56	$2,27 \times 10^{-10}$	0,989
80	0,28	$1,92 \times 10^{-10}$	0,987
	0,56	$2,60 \times 10^{-10}$	0,989

A energia de ativação também apresentou um aumento em função da velocidade do ar, onde os valores encontrados foram 14,20kJ/mol para velocidade do ar de 0,28m/s e 16,56kJ/mol para velocidade do ar de 0,56m/s.

5.2.4 COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

Os resultados de composição bromatológica observados no experimento de secagem são apresentados na Tabela 2A do apêndice e na Tabela 12.

Tabela 12. Composição Bromatológica do material “in natura” e do material seco em diferentes temperaturas e velocidades de ar.

Análises	Temperatura (°C) / Velocidade do ar (m/s)						
%	“in natura”	60/0.28	60/0.56	70/0.28	70/0.56	80/0.28	80/0.56
Ubu	83,18	82,55	82,32	82,64	82,56	82,69	82,46
PB*	10,77a	7,81d	8,55c	7,53d	7,27d	7,72d	9,90b
EE*	6,76a	4,18b	2,77d	3,38cd	3,45c	3,09cd	4,34d
FB*	43,89d	37,38f	40,30e	58,49a	56,59b	31,56g	47,79c
FDA*	42,84b	44,98a	45,07a	44,42a	43,20b	44,73a	44,38a
FDN*	46,47b	47,61ab	46,79b	47,28ab	46,72b	48,74a	47,28ab
MM*	7,61a	5,97bc	5,92bcd	5,90cd	5,74d	5,80cd	6,09b

Médias seguidas de letras iguais na mesma linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05).

* valores em 100% de MS

Os valores encontrados de PB, para o material “in natura” (10,77%) foi superior a todas as condições de secagem, diferindo estatisticamente. O material seco a 80°C com velocidade de ar de 0,56m/s (9,90% PB), foi o que mais se aproximou do material “in natura” .

Nas outras condições de secagem foram encontrados teores de PB na faixa de 8,55 – 7,27%, sendo esses valores, próximos aos apresentados por ARIKI et al. (1977), 8,70% PB na casca desidratada de maracujá amarelo e VIEIRA et al. (1999), 7,53% PB na casca de maracujá doce.

Comportamento semelhante observou-se nos teores de EE, onde o material “in natura” apresentou 6,76%, diferindo estatisticamente do material seco. Já para os teores de FB, o material seco a 70°C com velocidade do ar de 0,28m/s, foi o

que apresentou maior valor (58,49%); no entanto houve diferença significativa em todas as condições de secagem e o material “in natura”.

Valores altos de teor de FB, como os citados anteriormente, também foram encontrados por PONTES et al. (1989), 57,90% e PRUTHI (1963) 60,90%, na torta de sementes de maracujá amarelo.

Para os teores de FDA, o material “in natura” e seco a 70°C com velocidade do ar de 0,56m/s, diferiram dos demais, apresentando valores inferiores, 42,84 e 43,20%, respectivamente. Já para os teores de FDN o material seco a 80°C com velocidade do ar de 0,28m/s, apresentou valor superior, 48,74%, aos do material “in natura” e secos a 60 e 70°C com velocidade do ar de 0,56m/s.

Os valores encontrados de MM, para o material “in natura” (7,61%) diferiu estatisticamente, sendo superior a todas as condições de secagem,. O material seco a 80°C com velocidade de ar de 0,56m/s (6,09%), foi o que mais se aproximou do material “in natura”. PONTES et al.(1988), encontraram, uma faixa de teores de MM, 6,49-6,24%, intermediária aos valores anteriormente apresentados.

Apesar do material apresentar durante o armazenamento uma boa estabilidade em sua composição bromatológica (Tabelas 8 e 9), este fato difere do apresentado na Tabela 12, para a o material seco. Porém as diferença encontradas estão dentro da heterogeneidade do resíduo, pois além de apresentar diferentes proporções de casca e sementes, o maracujá amarelo recebido para a extração do suco é proveniente de vários produtores, onde os tratos culturais, adubação, época de colheita e o transporte são fatores de difícil controle.

A qualidade da composição bromatológica apresentada, incentiva a utilização do resíduo na alimentação animal. No caso do armazenamento do material "in natura" é aconselhável a ensilagem do material. Porém devido seu alto teor de umidade, aproximadamente 82,50%, devem ser feitos estudos de custo de transporte do resíduo. Este fato já foi relatado por SIQUEIRA et al. (1998), onde os autores concluíram que apesar de representar uma boa fonte de nutrientes para ruminantes, trata-se de um alimento de caráter regional, devendo seu custo ser levado em consideração

A boa degradabilidade e alta palatabilidade do resíduo de maracujá é outro fator positivo na sua utilização (BERTIPAGLIA et al., 1997; VIEIRA et al., 1997; OTAGAKI & MATSUMOTO 1958).

6. CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos no trabalho com o resíduo de maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) permite as seguintes conclusões:

- A armazenagem do resíduo de maracujá apresentou pequenas diferenças de composição bromatológica, mostrando boa estabilidade, principalmente do material ensilado.
- A condição de secagem a temperatura de 70°C e Vsec. 0,28m/s é a mais viável para a secagem do resíduo de maracujá.
- O resíduo de maracujá apresenta aumento da difusividade efetiva com o aumento da temperatura e velocidade do ar de secagem.
- Apesar das diferenças na composição bromatológica e na cor do material obtidas pelas diferentes condições de secagem, a composição bromatológica encontradas viabilizam a sua utilização na formulação de rações animais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, J. M.; TRAVAGLINI, D. A. Secagem de polpa da extração de suco de laranja. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**. Campinas, SP, 1987, p. 157-166.
- ARIKI, J.; TOLEDO, P.R.; RUGGIERO, C. Aproveitamento de casca desidratada e sementes de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*, DEG) na alimentação de frangos de corte. **Científica UNESP - Jaboticabal**, 5(3):p.340-343, 1977.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15 ed. Washigton, 1990. 684p.
- ATHIÉ, I.; CASTRO, M. F. P. M.; GOMES, R. A. R.; VALENTINI, S. R. T. **Conservação de grãos**. Campinas, Fundação Cargill, 1998. 236p.

- BAKKER-ARKEMA, F. W.; BROOK, R. C.; BROOKER, D. B. **Energy and capacity performance evaluation of grain dryers**. St. Joseph, MI:ASAE, 1978. 14p. Paper n.78-3532.
- BERTIPAGLIA, L. M. A. **Degradação "in situ" da matéria seca, proteína e fibra em detergente neutro das silagens de híbridos de milho e do resíduo de maracujá**. UNESP - Jaboticabal. 1997a, 38p.(Trabalho de Graduação).
- BERTIPAGLIA, L. M. A.; MELO, G. M. P.; SIQUEIRA, G. B.; ANDRADE, P.; ALCALDE, C. R. **Degradação "in situ" da matéria seca, proteína e fibra em detergente neutro das silagens de maracujá e híbridos de milho**. **Anais da 34ª Reunião Anual da SBZ**. p 365-367, 1997b.
- BIAGI, J.D. & DALBELLO, O. **Modelo Psicrométrico para Representar os Processos de Aquecimento, Resfriamento, Umidificação e Mistura de Dois Ares**. XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Campinas/SP. 1994.
- BIOTECNAL. **Produção de Silagem**. Pesquisa e Tecnologia em Nutrição Animal 1996. 27p.
- BROD, F. P. R. **Construção e teste de um secador vidro-fluidizado**. Campinas, SP,1999, 200p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola) – UNICAMP.
- BROD, F.P.R., ALONSO, L.F.T., PARK, K.J. **Secagem de produtos agrícolas**. XI **SEMEAGRI – Semana de Engenharia Agrícola da Unicamp**. Campinas: Agrológica – Empresa Júnior de Eng. Agrícola. 1999, 122 p.
- BURGI, R. **Equipamentos para manejo e tratamento de resíduos agrícola e agroindustriais**. In: **Anais do Simpósio Utilização de Subprodutos Agrícolas**

de Colheita na Alimentação de Ruminantes. Embrapa. São Carlos - SP. p. 29 - 43, 1992.

BUTOLO, J. E. Aproveitamento de produtos não usuais na alimentação do gado leiteiro. **Nutrição de Bovinos. Conceitos Básicos e Aplicados.** ed. FEALQ, p.387 – 405, 1993.

CARNEIRO, M.C.; ALVES, L. M. T.; BITTENCOURT, J; BENEDETTI, B. C. **Determinação do teor de umidade de tomate em estufa à vácuo.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Fortaleza, 2000, sn.

CARVALHO, M. P. **Cítricos** In: Anais do 6º Simpósio sobre nutrição de bovinos. Ed. FEALQ, Piracicaba, SP, p. 171-214,1995.

CERVI, A. C. *Passifloraceae* da região de Carangola, Minas Gerais, Brasil. **Pabstia**, Carangola, v.7, n.3, p.1-32, 1996. (Bol. Do Herbário Guido Pabst).

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL. ANFAL, CBNA e Ministério da Agricultura. p. 11 – 196, 1998.

CRANK, J. **The mathematics of diffusion.** 2.ed. Oxford: Clarendon Press, 1975. 414 p.

CRONQUIST, A. **A integrated system of classification of flowering plants.** New York: Columbia University Press, 1981. 519p.

DAUDIN, J. D. Calcul des cinétiques de séchage par l'air chaud des produits biologiques solides. In: **Sciences des Aliments**, v.3,p.1-36, 1983.

KEEY, R. B. **Drying: principles and practicen.** Oxford: Pergamon Press,1972.

KORNDORFER, C. M.; BUENO, I. C. S.; CROSSARA, E.; PEÇANHA, M. R. S. R.; ABDALLA, A. Armazenamento e Composição química do resíduo da indústria

de suco de maracujá. . **Anais da 35ª Reunião Anual da SBZ.** v.1, p 317-319, 1998.

LACERDA, A. F.; QUEIROZ, D. M. ROA, G. Avaliação experimental de secador comercial intermitente de arroz. **Revista Brasileira de Armazenamento.** Viçosa, MG, v. 7, n.1, p.24-34. 1982.

LASSERAN, J. C. Princípios gerais de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento,** Viçosa, MG, v. 3, n.3, p. 17-46. 1978.

LEITÃO FILHO, H. F., ARANHA, C. **Botânica do maracujazeiro.** In: Anais do Simpósio sobre a cultura do maracujá, Campinas - SP, p.11-13, 1974.

LIMA, A. A.; FILHO,H. P. S.; FANCELLI, M.; SANCHES, N. F.; BORGES, A. L. A cultura do maracujá. **Coleção Plantar.** Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Frutas Tropicais – EMBRAPA, 1994, 76p.

LIMA, F. A. P.; LIMA,M. L. P. **Tomates e outros hortifrutigranjeiros.** In: Anais do 6º Simpósio sobre nutrição de bovinos. Ed. FEALQ, Piracicaba, SP, p. 281–291, 1995.

MOREIRA, W. M. **Valor nutritivo da semente de maracujá (*Passiflora edulis*, SIMS., Forma Flavicarpa, Deuger) para ruminantes: digestibilidade e níveis na dieta.** Piracicaba, 1980. 63 p. (Dissertação Mestrado em Nutrição Animal e Pastagens) – ESALQ-USP.

NELLIST, M. E. Developments in continuos flow grain driers. **Agricultural Engineer,** p.74-80, 1982.

OTAGAKI, K. K., MATSUMOTO, H. Nutritive values and utily of Passion Fruit by-products. **Agricultural and food Chemistry.** v.6, n.1, p. 54-57, 1958.

- PARK, K. J. & NOGUEIRA, R. I. **Composição Química de Materiais Biológicos**. Roteiro de Aula Prática. FEAGRI - Campinas. 1998. 28p.
- PARK, K. J. **Estudo comparativo do coeficiente de difusão sem e com encolhimento durante a secagem**. Campinas: UNICAMP-FEA-DEA. 1987, 54 p. Tese Livre Docência em Fenômenos de Transporte.
- PERFIL 2001: Indústria Brasileira de Alimentação Animal (Folder). **Rev. Alimentação Animal**. Ano.6, n. 21, janeiro – março. 2001.
- PIZA Jr., C. T. A cultura do maracujá na região sudeste do Brasil. In: Anais do Simpósio Brasileiro sobre a cultura do maracujazeiro, Jaboticabal - SP, p. 21 - 48. 1998.
- PONTES, M. A. N.; HOLANDA, L. F. F; ORIÁ, H. F.; BARROSO, M. A. T. Estudo dos subprodutos do maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.): II. Estabilidade da farinha de casca. **Boletim CEPPA**. Curitiba. v.6, n.1, p.1-7,1988.
- PONTES, M. A. N.; HOLANDA, L. F. F; ORIÁ, H. F.; BARROSO, M. A. T. Estudo dos subprodutos do maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.): III. Obtenção do óleo e da torta. **Boletim CEPPA**. Curitiba. v.7, n.1, p.23-32,1989.
- PRUTHI, J. S. Physiology chemistry and tecnology Passion fruit. **Advances in food research**. v.12,p.203-282,1963.
- PUZZI, D. **Abastecimento e Armazenagem de grãos**. Campinas. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 1986, 603p.
- REIS, J.; TIESENHAUSEN, I. M. E. V.; PAIVA, T. C.A. RESENDE, C. A. P.; SERAFIM DOS SANTOS, M. A. Composição química e digestibilidade de

- silagens de capim "cameroon" e de suas misturas. **Anais da 30ª Reunião Anual da SBZ**. p. 483, 1993.
- REIS, J. **Composição química, consumo voluntário e digestibilidade das silagens de resíduo de maracujá (*Passiflora edulis*, Sims f. *flavicarpa*) com capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), cv. Camerron e suas combinações**. Lavras, 1994. 50p. (Dissertação Mestrado em Zootecnia) – UFLA.
- RUGGIERO, C. **Cultura do maracujazeiro**. Jaboticabal, FCAV, 1980, 147p.
- SATO, G. S.; CHABARIBERY, D.; BESSA-JUNIOR, A. A. Panorama da produção e de mercado do maracujá. **Informações Econômicas**, Instituto de Economia Agrícola, 22: 6, p. 17-31, 1992.
- SANTOS, M. A. S. **Valor de nutritivo de silagens de resíduo de maracujá (*Passiflora edulis*, Deuger), ou em misturas com casca de café (*Coffea arábica*, L) e palha de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L)**. Lavras, 1995. 57p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia) – UFLA.
- SILVA, D. J. **Análise de Alimentos (Métodos Químicos e Biológicos)**. 2 ed. Viçosa, UFV, 1990, 165p.
- SIQUEIRA, G. B.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; ANDRADE, P.; ALCALDE, C. R. Utilização do resíduo de maracujá e silagens de híbridos de milho, na terminação de bovinos de corte em confinamento. **Anais da 35ª Reunião Anual da SBZ**. v.1, p. 368-370, 1998.
- STARLING, J. M. C.; RODRIGUEZ, N. M.; MOURÃO, G. B. Avaliação nutricional da semente de maracujá (*Passiflora edulis*) em ensaio de digestibilidade aparente em ovinos. **Anais da 33ª Reunião Anual da SBZ**. p 219-221, 1996.

STATISTICA for Windows 5.0. Computer program manual. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 1995.

VIEIRA, C. V.; VASQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C. Composição química-bromatológica e Degradabilidade *IN SITU* da matéria seca, proteína bruta, fibra detergente neutro e taxa de passagem de três espécies de maracujá (*Passiflora spp*). **Rev. Bras. Zootec.** v.28, n.5, p. 1148-1158 , 1999.

VIEIRA, C. V.; VASQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C.; DORIGO, D. M.; FERNANDES, A. M. Composição química-bromatológica da matéria seca de resíduo (casca) de três espécies de maracujá (*Passiflora spp*). **Anais da 33ª Reunião Anual da SBZ.** p 279-280, 1996.

VIEIRA, C. V.; VASQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C.; FERNANDES, A. M. Degradabilidade *IN SITU* da matéria seca, proteína bruta, fibra detergente neutro e taxa de passagem de três espécies de maracujá (*Passiflora spp*). **Anais da 34ª Reunião Anual da SBZ.** p 64-66, 1997.

VILELA, D. **Aditivos na ensilagem.** Coronel Pacheco, MG, EMBRAPA – CNPGL, 1984. 32p (Circular Técnica, n. 21).

VILELA, D. **Silos: tipos e dimensionameto.** Coronel Pacheco, MG, EMBRAPA – CNPGL, 1985a. 31p (Circular Técnica, n. 22).

VILELA, D. **Sistema de conservação de forragem. 1) Silagem.** Coronel Pacheco, MG, EMBRAPA – CNPGL, 1985b. 42p (Boletim de Pesquisa, n. 11).

WEBER,E. A. **Armazenagem agrícola.** Porto Alegre : Kepler Weber Industrial, 1995. p.400.

WEINBERG, Z. G. Bioconservation of agricultural by-products by ensiling. In:

Anais do Simpósio Utilização de Subprodutos Agrícolas de Colheita na Alimentação de Ruminantes. Embrapa. São Carlos - SP. p. 191 - 198, 1992.

ZAGATTO, L. C. A. G. Impactos sócio-econômicos da utilização de resíduos de agroindústria e beneficiamento de produtos agrícolas na alimentação de ruminantes. In: Anais do Simpósio Utilização de Subprodutos Agrícolas de Colheita na Alimentação de Ruminantes. Embrapa. São Carlos - SP. p. 29 - 43, 1992.

8. APÊNDICE

Tabela 1A. Composição bromatológica dos materiais “in natura” e armazenado enviados ao laboratório.

Análise (%)	“in natura”	Armazenado Aberto 15 dias			Silagem 15 dias			Silagem 30 dias		
		L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Ubu	4,77	4,09	3,77	4,75	5,00	3,93	4,32	4,71	4,99	4,67
Ubu	4,50	4,49	4,21	5,06	5,10	4,13	4,50	5,02	5,09	4,96
Ubu	4,44	4,52	3,97	4,89	5,06	4,04	4,42	4,88	5,06	4,77
PB	10,53	10,13	10,01	10,68	11,90	11,06	11,37	10,14	11,09	10,00
PB	10,02	10,59	9,92	10,82	11,15	11,11	11,80	10,39	10,88	10,66
PB	10,30	10,50	9,89	10,77	11,57	11,00	11,57	10,33	10,86	10,32
EE	6,70	11,40	10,85	11,17	9,75	11,75	11,80	10,03	9,84	11,34
EE	6,35	11,07	10,21	11,26	9,92	11,39	11,53	10,38	9,80	11,43
EE	6,30	11,19	10,48	11,19	9,77	11,55	11,78	10,25	9,85	11,33
FB	41,36	37,92	36,13	31,51	37,24	35,21	31,22	36,87	41,17	35,66
FB	42,36	35,28	35,14	33,53	37,14	34,07	32,22	38,14	44,29	34,28
FB	41,92	36,46	35,85	32,69	37,22	34,79	31,66	36,99	42,96	34,56
MM	7,36	5,29	5,45	5,52	7,18	5,35	5,62	6,26	5,83	5,58
MM	7,22	5,32	5,41	5,51	7,40	5,43	5,71	6,03	5,94	5,79
MM	7,21	5,33	5,39	5,47	7,33	5,40	5,67	6,08	5,90	5,61
FDA	40,97	49,92	51,54	47,51	47,16	50,83	47,29	49,10	49,23	49,50
FDA	40,83	49,90	50,10	48,48	47,72	49,69	48,83	48,76	48,47	47,96
FDA	40,85	49,88	50,67	47,99	46,99	50,02	47,87	48,99	48,67	48,22
FDN	45,46	53,82	53,19	53,17	51,53	55,03	53,79	51,90	54,15	52,57
FDN	43,57	54,51	54,04	51,54	51,02	54,53	52,04	50,16	51,92	51,02
FDN	43,99	54,22	53,54	52,68	51,49	55,83	52,68	50,78	53,02	51,55

Cont. Tabela 1A.

Análise (%)	Silagem 60 dias			Silagem 90 dias			Silagem 120 dias		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Ubu	5,90	5,80	5,88	5,73	4,73	4,53	5,28	5,16	4,90
Ubu	5,66	6,08	5,20	5,06	4,59	4,43	5,05	5,11	4,70
Ubu	5,79	5,91	5,46	5,49	4,47	4,51	5,19	5,20	5,29
PB	10,22	10,88	9,56	10,44	10,68	11,54	11,62	10,58	10,66
PB	10,22	10,44	9,91	10,96	10,53	11,25	12,06	10,07	10,59
PB	10,19	10,56	9,88	10,59	10,55	11,46	11,50	10,42	10,56
EE	10,04	8,62	8,46	8,32	11,68	10,84	9,83	10,63	9,91
EE	9,97	9,32	8,97	8,47	11,78	10,52	10,03	10,46	10,97
EE	9,95	9,31	9,01	8,45	11,72	10,66	10,09	10,55	10,29
FB	32,97	29,99	31,14	29,56	33,52	36,79	32,71	31,02	33,35
FB	33,12	30,28	31,84	31,26	31,59	34,57	33,26	34,62	33,48
FB	33,10	31,50	31,55	29,86	32,99	35,67	33,16	32,98	33,51
MM	6,13	6,23	5,81	6,48	5,57	5,60	6,43	6,39	5,98
MM	6,03	6,50	5,84	6,27	5,57	5,41	6,48	6,42	5,77
MM	6,11	6,40	5,79	6,36	5,46	5,44	6,44	6,33	5,80
FDA	47,65	46,66	49,76	49,75	49,10	51,29	49,48	49,76	49,42
FDA	48,96	47,72	50,43	49,24	50,49	50,56	49,44	48,57	49,79
FDA	48,07	46,84	49,87	49,58	50,34	50,78	49,37	49,00	49,53
FDN	54,14	52,04	52,84	53,45	54,64	54,77	53,64	53,44	54,38
FDN	53,22	51,77	51,79	53,63	54,33	55,35	53,70	53,19	54,66
FDN	53,64	51,83	52,06	53,47	54,39	55,09	53,61	53,20	54,16

Tabela 2A. Composição bromatológica dos materiais “in natura” e seco nas diferentes condições de secagem, enviados ao laboratório.

Análise (%)	“in natura”	Temperatura 60°C Vsec (m/s)		Temperatura 70°C Vsec (m/s)		Temperatura 80°C Vsec (m/s)	
		0,28	0,56	0,28	0,56	0,28	0,56
Ubu	4,77	6,15	7,49	4,93	5,59	3,51	5,40
Ubu	4,50	6,71	7,57	5,43	6,06	4,08	5,11
Ubu	4,44	6,56	7,80	5,19	5,79	4,13	5,27
PB	10,53	7,15	7,86	7,37	6,93	7,42	9,34
PB	10,02	7,47	8,03	6,98	6,74	7,03	9,65
PB	10,30	7,29	7,81	7,08	6,86	7,79	9,14
EE	6,70	4,09	2,77	3,09	3,62	2,94	4,33
EE	6,35	3,87	2,53	3,42	3,00	2,82	4,04
EE	6,30	3,77	2,37	3,11	3,12	3,16	3,97
FB	41,36	35,28	37,21	56,21	53,74	30,49	44,98
FB	42,36	34,62	36,99	55,32	52,45	29,67	45,78
FB	41,92	34,98	37,48	54,86	53,70	30,82	45,06
MM	7,36	5,51	5,49	5,62	5,39	5,49	5,81
MM	7,22	5,63	5,47	5,67	5,42	5,60	5,76
MM	7,21	5,61	5,45	5,49	5,41	5,64	5,74
FDA	40,97	42,04	41,57	42,20	40,75	43,58	42,20
FDA	40,83	42,10	41,63	42,20	40,64	42,67	41,61
FDA	40,85	42,07	41,70	41,95	40,68	42,69	42,32
FDN	45,46	44,19	43,15	44,65	43,30	46,59	44,76
FDN	43,57	44,84	42,91	45,06	44,96	47,20	44,67
FDN	43,99	44,56	43,60	44,77	43,73	46,71	44,94

Tabela 3A. Condições observadas a Temperatura de 60°C e Vsec de 0,28m/s durante o tempo de secagem.

Tempo (min.)	Ambiente		Bandeja				
	UR (%)	Temp. (°C)	Temp. Plenum(°C)	Temp. Saída(°C)	Vane. (m/s)	Vsec. (m/s)	Fluxo de ar (m ³ /min/m ²)
0	79	26,5	60	45	1,51	0,28	17
30	79	27	60	50	1,50	0,28	17
60	79	27	60	50	1,51	0,28	17
90	79	27	60	52	1,54	0,29	17
120	79	27,5	60	54	1,55	0,29	17
150	79	27,5	60	54	1,53	0,29	17
180	79	28	60	55	1,52	0,29	17
240	78	28	60	57	1,54	0,29	17
300	76,5	29	60	59	1,55	0,29	17
360	74	29,5	60	59	1,55	0,29	17
420	72	30	60	60	1,54	0,29	17
480	70	30,5	60	60	1,54	0,29	17
540	69	30,5	60	59,5	1,54	0,29	17
600	66	30,5	60	59,5	1,55	0,29	17
660	64	30	60	60	1,54	0,29	17
720	63	29	60	59,5	1,55	0,29	17

Tabela 4A. Comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem a Temperatura de 60°C e Vsec de 0,28m/s.

Tempo (min.)	Resíduo de maracujá					
	Peso (g)	H ₂ O removida (g)	Ubu (%)	Ubs (%)	Y Experimental	Y calculado
0	1101,12	-	82,55	472,97	1,0000	0,9331
30	943,59	157,53	79,64	391,00	0,8261	0,7019
60	800,99	142,60	76,01	316,80	0,6686	0,5785
90	691,1	109,89	72,20	259,62	0,5473	0,4844
120	599,18	91,92	67,93	211,79	0,4458	0,4072
150	509,18	90,0	62,26	164,95	0,3465	0,3427
180	444,36	64,82	56,76	131,23	0,2749	0,2884
240	337,4	106,96	43,05	75,57	0,1568	0,2044
300	268,25	69,15	28,37	39,59	0,0805	0,1448
360	236,34	31,91	18,70	22,98	0,0453	0,1026
420	217,63	18,71	11,71	13,25	0,0246	0,0727
480	209,59	8,04	8,32	9,06	0,0157	0,0515
540	205,49	4,1	6,49	6,93	0,0112	0,0365
600	203,19	2,3	5,44	5,73	0,0087	0,0259
660	201,72	1,47	4,75	4,97	0,0070	0,0183
720	200,83	0,89	4,32	4,50	0,0060	0,0130

Tabela 5A. Condições observadas a Temperatura de 60°C e Vsec de 0,56m/s durante o tempo de secagem.

Tempo (min.)	Ambiente		Bandeja				Fluxo de ar (m ³ /min/m ²)
	UR (%)	Temp. (°C)	Temp. Plenum(°C)	Temp. saída(°C)	Vane. (m/s)	Vsec. (m/s)	
0	82	25	60	47	3,00	0,56	34
30	81	27	60	49	3,02	0,57	34
60	81	26	60	52	3,05	0,57	34
90	80	26	60	54	3,05	0,57	34
120	76	27	60	56	3,02	0,57	34
150	75	27,5	60	57	3,02	0,57	34
180	72,5	28	60	58	3,03	0,57	34
240	70	29	60	60	3,04	0,57	34
300	69	30	60	61	3,03	0,57	34
360	64	31	60	61	3,02	0,57	34
420	58	32	60	61	3,01	0,56	34
480	55	33	60	61	2,97	0,56	33
540	53	33	60	61	2,98	0,56	34
600	56	33	60	61	3,01	0,56	34

Tabela 6A. Comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem a Temperatura de 60°C e Vsec de 0,56m/s.

Tempo (min.)	Resíduo de maracujá					
	Peso (g)	H ₂ O removida (g)	Ubu (%)	Ubs (%)	Y Experimental	Y Calculado
0	1103,71	-	82,32	465,62	1,0000	0,9331
30	886,51	217,20	77,99	354,31	0,7609	0,6622
60	729,20	157,31	73,24	273,69	0,5878	0,5226
90	609,36	119,84	67,98	212,28	0,4559	0,4178
120	492,41	116,95	60,37	152,35	0,3272	0,3348
150	416,22	76,19	53,12	113,30	0,2433	0,2683
180	360,84	55,38	45,92	84,92	0,1824	0,2151
240	278,11	82,73	29,83	42,52	0,0913	0,1382
300	243,01	35,10	19,70	24,54	0,0527	0,0888
360	227,14	15,87	14,09	16,40	0,0352	0,0571
420	218,04	9,10	10,50	11,74	0,0252	0,0367
480	214,73	3,31	9,12	10,04	0,0216	0,0236
540	212,79	1,94	8,30	9,05	0,0194	0,0151
600	211,96	0,83	7,94	8,62	0,0185	0,0097

Tabela 7A. Condições observadas a Temperatura de 70°C e Vsec de 0,28m/s durante o tempo de secagem.

Tempo (min.)	Ambiente		Bandeja				
	UR (%)	Temp. (°C)	Temp. Plenum(°C)	Temp. saída(°C)	Vane. (m/s)	Vsec. (m/s)	Fluxo de ar (m ³ /min/m ²)
0	74,5	24,5	70	50	1,50	0,28	17
30	74	24,5	70	56	1,51	0,28	17
60	72,5	25	70	58	1,54	0,29	17
90	70	25	70	59	1,53	0,29	17
120	69	25,5	70	59	1,50	0,28	17
150	68	26	70	62	1,54	0,29	17
180	67	26,5	70	63	1,52	0,28	17
240	65	27,5	70	65	1,52	0,28	17
300	62	28	70	67	1,53	0,29	17
360	58	29	70	68	1,53	0,29	17
420	57	29,5	70	69	1,52	0,28	17
480	54	29,5	70	70	1,51	0,28	17
540	51,5	30	70	69	1,51	0,28	17

Tabela 8A. Comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem a Temperatura de 70°C e Vsec de 0,28m/s.

Tempo (min.)	Resíduo de maracujá					
	Peso (g)	H ₂ O removida (g)	Ubu (%)	Ubs (%)	Y Experimental	Y calculado
0	1100,96	-	82,64	476,14	1,0000	0,9331
30	905,53	195,43	78,89	373,87	0,7852	0,6598
60	734,32	171,21	73,97	284,27	0,5970	0,5192
90	600,84	133,48	68,19	214,42	0,4503	0,4138
120	492,20	108,64	61,17	157,57	0,3309	0,3306
150	419,99	72,21	54,49	119,78	0,2516	0,2641
180	349,10	70,89	45,25	82,69	0,1737	0,2111
240	253,59	95,51	24,63	32,70	0,0687	0,1348
300	219,88	33,71	13,08	15,06	0,0316	0,0861
360	206,57	13,31	7,48	8,10	0,0170	0,0550
420	202,86	3,71	5,78	6,16	0,0129	0,0351
480	200,96	1,90	4,89	5,16	0,0108	0,0224
540	200,25	0,71	4,56	4,79	0,0101	0,0143

Tabela 9A. Condições observadas a Temperatura de 70°C e Vsec de 0,56m/s durante o tempo de secagem.

Tempo (min.)	Ambiente		Bandeja				Fluxo de ar (m ³ /min/m ²)
	UR (%)	Temp. (°C)	Temp. Plenum(°C)	Temp. saída(°C)	Vane. (m/s)	Vsec. (m/s)	
0	75	21,5	70	53	3,00	0,56	34
30	74	22	70	58	3,01	0,56	34
60	74	22,5	70	61	3,05	0,57	34
90	72	23	70	63	3,04	0,57	34
120	71,5	23,5	70	64	3,00	0,56	34
150	71	24	70	66	3,00	0,56	34
180	68	25	70	67	3,02	0,57	34
240	65	25,5	70	67	3,02	0,57	34
300	64	27	70	69	3,00	0,56	34
360	61	28,5	70	70	3,03	0,57	34
420	57	30	70	70	3,01	0,56	34
480	52	30,5	70	69	2,98	0,56	34
540	49	31	70	70	3,00	0,56	34

Tabela 10A. Comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem a Temperatura de 70°C e Vsec de 0,56m/s.

Tempo (min.)	Resíduo de maracujá					
	Peso (g)	H ₂ O removida (g)	Ubu (%)	Ubs (%)	Y Experimental	Y calculado
0	1102,65	-	82,56	473,55	1,0000	0,9331
30	867,10	235,55	77,82	351,03	0,7413	0,6245
60	673,00	194,10	71,43	250,07	0,5281	0,4700
90	524,09	148,91	63,31	172,61	0,3645	0,3572
120	424,99	99,10	54,75	121,06	0,2556	0,2718
150	349,17	75,82	44,93	81,62	0,1724	0,2068
180	295,11	54,06	34,84	53,50	0,1130	0,1574
240	236,77	58,34	18,78	23,16	0,0489	0,0911
300	215,00	21,77	10,56	11,83	0,0250	0,0528
360	208,58	6,42	7,80	8,49	0,0179	0,0306
420	205,47	3,11	6,41	6,88	0,0145	0,0177
480	203,97	1,50	5,72	6,10	0,0129	0,0102
540	203,08	0,89	5,31	5,63	0,0119	0,0059

Tabela 11A. Condições observadas a Temperatura de 80°C e Vsec de 0,28m/s durante o tempo de secagem.

Tempo (min.)	Ambiente		Bandeja				
	UR (%)	Temp. (°C)	Temp. Plenum(°C)	Temp. saída(°C)	Vane. (m/s)	Vsec. (m/s)	Fluxo de ar (m ³ /min/m ²)
0	75	23	80	57	1,50	0,28	17
30	74	24	80	62	1,53	0,29	17
60	73	24	80	65	1,54	0,29	17
90	72,5	24,5	80	67	1,50	0,28	17
120	72	25	80	68	1,53	0,29	17
150	70	26	80	68	1,51	0,28	17
180	67	26,5	80	70	1,52	0,29	17
240	64	28	80	74	1,54	0,29	17
300	57	30	80	74	1,51	0,28	17
360	44	31,5	80	75	1,51	0,28	17
420	41	32	80	75	1,50	0,28	17
480	40	32,5	80	78	1,50	0,28	17
540	39	32,5	80	79	1,52	0,28	17
600	40	32,5	80	79	1,53	0,29	17

Tabela 12A. Comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem a Temperatura de 80°C e Vsec de 0,28m/s.

Tempo (min.)	Resíduo de maracujá					
	Peso (g)	H ₂ O removida (g)	Ubu (%)	Ubs (%)	Y Experimental	Y calculado
0	1101,55	-	82,69	477,57	1,0000	0,9331
30	890,62	210,93	78,59	366,97	0,7684	0,6541
60	722,07	168,55	73,59	278,60	0,5834	0,5112
90	600,65	121,42	68,25	214,94	0,4501	0,4045
120	495,68	103,97	61,61	160,42	0,3359	0,3207
150	399,91	96,77	52,32	109,68	0,2297	0,2543
180	327,90	72,01	41,85	71,93	0,1506	0,2017
240	247,43	80,47	22,94	29,73	0,0623	0,1269
300	217,35	30,08	12,27	13,96	0,0292	0,0798
360	206,03	11,32	7,45	8,03	0,0168	0,0502
420	201,28	4,75	5,27	5,54	0,0116	0,0316
480	198,68	2,60	4,03	4,17	0,0087	0,0199
540	197,34	1,34	3,38	3,47	0,0073	0,0125
600	196,66	0,68	3,04	3,11	0,0065	0,0079

Tabela 13A. Condições observadas a Temperatura de 80°C e Vsec de 0,56m/s durante o tempo de secagem.

Tempo (min.)	Ambiente		Bandeja				
	UR (%)	Temp. (°C)	Temp. Plenum(°C)	Temp. saída(°C)	Vane. (m/s)	Vsec. (m/s)	Fluxo de ar (m ³ /min/m ²)
0	79	27	80	61	3,01	0,56	34
30	78,5	27	80	65	3,04	0,57	34
60	76	27,5	80	67	3,02	0,57	34
90	74	28	80	70	3,03	0,57	34
120	71	28	80	72	3,04	0,57	34
150	65	28,5	80	75	3,04	0,57	34
180	63	29	80	77	3,04	0,57	34
240	58	30	80	78	3,00	0,56	34
300	60	30,5	80	80	3,00	0,56	34
360	63	31	80	80	3,03	0,57	34
420	61	31,5	80	80	3,00	0,56	34
480	61	31	80	80	3,00	0,56	34

Tabela 14A. Comportamento do resíduo de maracujá durante a secagem a Temperatura de 80°C e Vsec de 0,56m/s.

Tempo (min.)	Resíduo de maracujá					
	Peso (g)	H ₂ O removida (g)	Ubu (%)	Ubs (%)	Y Experimental	Y calculado
0	1104,32	-	82,46	470,16	1,0000	0,9331
30	834,84	269,48	76,80	331,03	0,7041	0,5978
60	644,89	189,95	69,96	232,96	0,4955	0,4334
90	485,32	159,57	60,09	150,57	0,3203	0,3165
120	379,25	106,07	48,93	95,81	0,2038	0,2314
150	310,28	68,97	37,57	60,20	0,1280	0,1691
180	263,97	46,31	26,62	36,29	0,0772	0,1236
240	218,59	45,38	11,39	12,86	0,0273	0,0660
300	206,80	11,79	6,34	6,77	0,0144	0,0353
360	204,46	2,34	5,26	5,56	0,0118	0,0188
420	203,12	1,34	4,64	4,87	0,0104	0,0101
480	202,19	0,93	4,20	4,39	0,0093	0,0054

Tabela 15A. Decréscimo de umidade inicial até 10%Ubu nas diferentes condições de secagem.

Tempo (min.)	Temperatura (°C) / Veloc. do ar (m/s)					
	80/0,56	70/0,56	80/0,28	70/0,28	60/0,56	60/0,28
	Ubu (%)					
0	82,46	82,56	82,69	82,64	82,32	82,55
30	76,80	77,82	78,59	78,89	77,99	79,64
60	69,96	71,43	73,59	73,97	73,24	76,01
90	60,09	63,31	68,25	68,19	67,98	72,20
120	48,93	54,75	61,61	61,17	60,98	67,93
150	37,57	44,93	52,32	54,49	53,12	62,26
180	26,62	34,84	41,85	45,25	45,92	56,76
240	11,39	18,78	22,94	24,63	29,83	43,05
257	10,00	-	-	-	-	-
300	-	10,56	12,27	13,08	19,70	28,37
312	-	10,00	-	-	-	-
328	-	-	10,00	-	-	-
333	-	-	-	10,00	-	-
360	-	-	-	-	14,09	18,70
420	-	-	-	-	10,50	11,71
442	-	-	-	-	10,00	-
450	-	-	-	-	-	10,00