



PRPG | Pré-Reitoria de Pós-Graduação  
PIBIC/CNPq/UFPG-2009

## **ESTUDO DA SECAGEM DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DO PROCESSAMENTO DO MARACUJÁ ENRIQUECIDOS PARA RAÇÃO ANIMAL**

Patrícia Karolline Dias de Lima<sup>1</sup>, Edna Silva Oliveira<sup>2</sup>, Josilene de Assis Cavalcante<sup>3</sup>, Odelsia Leonor Sanchez de Alsina<sup>4</sup>

### **RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo a caracterização de produtos que podem ser utilizados como ração animal, sendo produzidos através do resíduo seco da casca do maracujá. Foi realizado neste trabalho o estudo físico-químico e químico-bromatológico do pó da casca de maracujá antes do enriquecimento e após o enriquecimento com o microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*. Além disso, foram obtidas as isotermas de desorção do material a 30, 40 e 48°C nas duas etapas: antes do enriquecimento e após enriquecimento. Os resultados do equilíbrio foram ajustados pelo modelo matemático de GAB, obtendo-se um bom ajuste com R maior que 0,98 para todas as isotermas

**Palavras-chave:** Resíduos agroindustriais, enriquecimento, isotermas.

### **DRYING STUDY OF THE PROCESSING AGRO-INDUSTRIAL RESIDUES OF THE PASSION FRUIT ENRICHED FOR ANIMAL RATION**

#### **ABSTRACT**

This work aims the characterization of products that can be used as animal ration, produced by the dry waste of the passion fruit peel. The physical-chemical and bromatological study of the powder of the passion fruit peel was accomplished before and after the enrichment with the microorganism *Saccharomyces cerevisiae* by SSF. The water desorption isotherms of the material in the two stages: before the enrichment and after enrichment, were obtained at 30, 40 and 48°C. The equilibrium data were adjusted by the GAB mathematical model with a good fitting, with R better than 0.98 for all the isotherms.

**Keywords:** agro-industrial wastes, enrichment, isotherms.

#### **INTRODUÇÃO**

O maracujá, *Passiflora*, é o fruto do maracujazeiro sendo esta uma planta de clima quente e não tolera geada. Ela tem rápido crescimento, os ramos são finos e flexíveis no início e depois se tornam mais grossos e firmes. Na parte nova dos ramos, formam-se as gavinhas, que se enrolam em qualquer ponto de apoio para se fixar. O maracujá amarelo é o mais cultivado, devido ao maior rendimento em suco e em produtividade. A exploração é feita durante dois a três anos e depois toda a plantação é eliminada, por motivo econômico. Pertence à família dos Passifloraceae, ela tem 14 gêneros e perto de 580 espécies, donde apenas duas espécies são conhecidas e exploradas comercialmente, o maracujá amarelo (*passiflora edulis*), maracujá roxo (*passiflora eulis*).

<sup>1</sup> Aluna de Curso de Engenharia Química, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: [pkdlima@yahoo.com.br](mailto:pkdlima@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Aluna de Mestrado em Engenharia Química, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: [ednaoliveiratt@hotmail.com](mailto:ednaoliveiratt@hotmail.com).

<sup>3</sup> Professora Orientadora, Profa. Dra., Unidade Acadêmica de Agronomia e Tecnologia de Alimentos, UFCG, Pombal, PB, E-mail: [josy@ccta.ufcg.edu.br](mailto:josy@ccta.ufcg.edu.br)

<sup>4</sup> Profa. Dra., Unidade Acadêmica de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: [odelsia@deq.ufcg.edu.br](mailto:odelsia@deq.ufcg.edu.br)

A casca da fruta é grossa e pode ser amarela ou vermelha. A polpa, parte comestível do maracujá, é formada por sementes pretas cobertas de uma substância amarela e translúcida, ligeiramente ácida e de aroma acentuado, sendo consumida ao natural ou em sucos, sorvetes e doces. O suco do maracujá pode ser consumido como refresco ou ser empregado no preparo de pudins, sorvetes, geléias, compotas, licores, e, claro, na famosa e tradicional batida de maracujá.

O maracujá, famoso por seu ativo calmante, é rico em vitaminas do complexo B e sais minerais, como cálcio, ferro e fósforo. Quando ingerido, dá ao organismo betacaroteno, que é transformado em vitaminas A, C, B2 e B3. Além disso, também contém uma substância chamada passiflorina ou maracujina, que tem propriedades sedativas, mas não é prejudicial a saúde pois não causa dependência. (EMATER - Pelotas/RS - 2006).

O principal fator climático que afeta o desempenho animal é a precipitação pluviométrica, entre outros, uma vez que o crescimento da pastagem depende muito deste. Se a precipitação diminui temos um decréscimo da pastagem, trazendo períodos de escassez e a qualidade da forragem baixa. Devido a estes fatores são propostas novas alternativas para reduzir o impacto das condições climáticas adversas na alimentação de ruminantes, onde se destaca a utilização de resíduos e subprodutos da agricultura e da indústria alimentícia, que se trata de uma alternativa muito promissora, pois é o aproveitamento de materiais hoje desperdiçados, que podem ser modificados ou não sendo transformados em ração animal (RUIZ, 1999).

OLIVEIRA *et al.* (2005) relatam que o tempo chuvoso no Nordeste, em geral, está entre os meses de março a agosto onde não é necessária a compra de grandes quantidades de suplementos protéicos para a alimentação animal, já que a quantidade de massa verde no campo é bastante. Já no período de estiagem, a compra de suplementos é necessária, ou ainda o uso de ração seca armazenada que sobrou do período de chuva para a alimentação dos animais.

Os resíduos orgânicos gerados pelas indústrias alimentícias trazem problemas à saúde pública, como geração de grande quantidade de lixo, e ainda maus odores, que são produzidos devido ao grande acúmulo de material orgânico e por falta de oxigênio, bem como a proliferação de vetores de doenças

Para diminuir o impacto ambiental dos resíduos industriais do processamento de alimentos e agregar valor ao produto final, inúmeros estudos têm sido realizados utilizando os resíduos das indústrias alimentícias (CAMPOS *et al.*, 2005; CORREIA, 2004; HOLANDA, 1998 etc.).

Além de o Brasil ser o maior produtor mundial de frutas tropicais ainda, devido às suas condições de solo e de clima diversificadas, pode também dedicar-se ao plantio de fruteiras de clima temperado e subtropical, produtos com importantes para o mercado externo (MORGADO *et al.*, 2004).

Poderá dar resultados interessantes para a produção de rações um aproveitamento racional e eficiente desses resíduos como substrato para a produção de proteínas microbianas, diminuindo também os problemas de perdas na industrialização das frutas tropicais. Pode ser realizada por meio de fermentação semi-sólida a produção de proteínas microbianas sobre os resíduos agroindustriais que, além do custo relativamente baixo investimento de capital e energia, não produz praticamente rejeitos; podendo ser aplicada em diversos substratos (ARAÚJO *et al.*, 2005).

Outra etapa importante é a armazenagem; o material deve ser armazenado em condições favoráveis de forma a inibir ou evitar o crescimento de microorganismos, podendo gerar perdas de qualidade no material, se tornando inviável sua utilização na alimentação de ruminantes, e para isto é fundamental o conhecimento do comportamento higroscópico do mesmo. Para o processo de secagem as isoterms de desorção têm maior relevância, uma vez que neste processo a umidade é removida do produto.

O objetivo deste trabalho de pesquisa é estudar o equilíbrio higroscópico do resíduo agroindustrial – casca do maracujá - enriquecidos com o fungo *Saccharomyces cerevisiae* visando o melhor armazenamento do produto final, sendo realizada também a caracterização físico-química da casca do maracujá antes do enriquecimento protéico e após o enriquecimento protéico.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nos Laboratórios de Transferência em Meios Porosos e Sistemas Particulados e no Laboratório de Engenharia Bioquímica, ambos da Unidade Acadêmica de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande.

### Matéria-prima (Substrato)

O material utilizado foi a casca e o albedo de maracujá amarelo (Figura 1) triturado e seco no Laboratório de Engenharia Bioquímica e armazenado em um recipiente fechado, disposto no laboratório em condições ambientes. A casca e o albedo de maracujá amarelo foram enriquecidos com o microorganismo *Saccharomyces cerevisiae* (conhecido como levedura ou fermento biológico) nas condições ótimas

estudadas por OLIVEIRA (2007). A caracterização deste material nas formas *in natura* e após o enriquecimento protéico foi feita para comparação dos resultados.



Figura 1: Maracujá amarelo(*Passiflora edulis*)

### **Caracterização do resíduo seco**

A caracterização do resíduo seco foi feita de acordo com a metodologia utilizada por SOUZA (2008).

As amostras foram obtidas pelo o método do quarteamento NP-1379 (NP, 1976): O material foi misturado cuidadosamente para evitar agregação das partículas menores, sendo pesado aproximadamente 8 (oito) vezes a quantidade que seria utilizada e sendo amontoado em forma de cone que foi achatado e dividido em quatro partes, sendo recolhidas duas partes diagonalmente opostas que constituíram a amostra reduzida. Este processo foi repetido até obter a quantidade de material necessária para as análises.

Foram determinadas a densidade aparente, densidade real, porosidade, pH, cinzas, umidade, °Brix, granulometria, AR e ART. Todas os experimentos foram realizados em triplicata.

### **Densidade aparente**

Para a densidade aparente foram pesados 100 g do material e depois colocados em uma proveta, sem compactação, para determinação do volume ocupado. O valor da densidade aparente foi obtido após aplicação da Equação 1.

$$\text{densidade aparente} = \frac{\text{massa de resíduo (g)}}{\text{volume ocupado (cm}^3\text{)}} \quad (1)$$

### **Densidade real**

A densidade real do resíduo seco foi determinada a partir da relação entre a massa e o volume da amostra, através do deslocamento de um líquido (óleo de cozinha) em uma proveta. Inicialmente o líquido foi colocado em uma proveta onde foi verificado e anotado o volume inicial ocupado ( $V_1$ ), em seguida foi adicionada uma massa conhecida do resíduo seco (100 g) e misturado com cuidado para não haver perda nas bordas. Após a agitação foi esperado um tempo para que o material se depositasse completamente e assim anotado o novo volume onde a diferença ( $V_2 - V_1$ ) é o volume real do pó.

Após isto, a densidade real foi determinada pela Equação 2:

$$\text{densidade real} = \frac{\text{massa de resíduo (g)}}{(V_2 - V_1)(\text{cm}^3)} \quad (2)$$

### **Porosidade**

A porosidade foi determinada segundo a Equação 3 (KEEY, 1991)

$$\text{porosidade} = 1 - \frac{\text{densidade aparente}}{\text{densidade real}} \quad (3)$$

## **pH**

O pH foi medido segundo a metodologia descrita em BRASIL (2005). Preparou-se uma suspensão com 10 mL de água destilada e 1 g da amostra sólida. Após completa homogeneização, seguida de filtração em chumaço de algodão, foi realizada a medida do pH em potenciômetro digital.

## **Cinzas**

A determinação de cinzas foi realizada seguindo a metodologia descrita em BRASIL (2005). Os cadinhos de porcelana vazios foram colocados na mufla e deixados a 550°C. Depois foram deixados em dessecador até atingir temperatura ambiente e pesados vazios e com 1 g da amostra. Foram levados a mufla a 550°C, durante cinco horas, até obter uma cinza de cor clara. Após isto foram deixados em um dessecador até esfriar e depois pesados. Os resultados foram expressos em porcentagem (m/m).

## **Umidade**

Para analisarmos a umidade da amostra foi tomado o procedimento de BRASIL (2005), que é a partir da diferença de massa entre a amostra úmida e a seca. Foi pesado 1 g da amostra em recipientes já tarados, deixando secar em estufa a 105°C por 24 horas. Então as amostras foram colocadas em dessecador até atingirem temperatura ambiente e em seguida pesadas. O resultado foi expresso em porcentagem (m/m).

## **°Brix**

A leitura do °Brix foi feita de forma direta em refratômetro, segundo o procedimento descrito em BRASIL (2005). Utilizou-se 1 g da amostra para 20 mL de água destilada. Esta suspensão foi homogeneizada, deixada em repouso por 30 minutos e seguida de filtração para a leitura ser realizada. O resultado foi multiplicado pelo fator de diluição para obter o °Brix que no nosso caso foi de 1-20.

## **Granulometria**

A distribuição granulométrica foi feita com 100g do resíduo em agitador de peneiras Cotenco-Pavitest durante 15 minutos na frequência nove, em jogo constituído por cinco peneiras com mesh de 20, 42, 60, 80 e 120. O material retido em cada peneira foi pesado e os resultados expressos percentualmente em relação ao peso do material original.

## **Açúcares redutores (AR)**

O procedimento seguido foi o descrito por MILLER (1959). Para a determinação dos açúcares redutores, dissolveu-se determinada quantidade de amostra em um volume definido de água. Depois foi transferido 0,5 mL para um tubo de ensaio contendo 0,5 mL de solução DNS. A seguir, os tubos foram levados para banho de água fervente por exatos 5 minutos. Após este intervalo, os tubos foram resfriados. Em cada tubo foi adicionado 4 mL de água destilada e feita à leitura imediatamente em espectrofotômetro a 540 nm. Para esta análise foi feita uma amostra em branco para a calibração do equipamento.

## **Atividade de água**

Para a determinação da atividade de água do substrato foram preparadas amostras com 3 g do resíduo e adicionadas diferentes quantidades de água destilada, de modo a simular as condições de incubação. O volume de água adicionado variou de 0 a 3 mL/3g de resíduo seco. Depois de umedecida, cada amostra preparada foi colocada em recipientes herméticos e deixada por 24 horas em ambiente resfriado para não haver perda de água e em repouso para uniformizar o meio.

A atividade de água das amostras foi analisada diretamente em equipamento Thermoconstanter Novasina TH-2 (Figura 2), nas temperaturas de 30, 40 e 48°C.



Figura 2: Equipamento Thermoconstanter Novasina TH-2, utilizado para determinação da atividade de água

Após estabilização do equipamento e escolha da temperatura, colocou-se uma quantidade de cada amostra em depósitos apropriados e inseridos no aparelho. A amostra permanecia no equipamento até que a leitura da atividade de água se estabilizasse. Efetuada a leitura da atividade de água, as amostras eram pesadas e levadas à estufa a 105°C por 24 horas para obtenção da massa de sólidos secos e posterior determinação da umidade de equilíbrio (base seca).

As isotermas de desorção para cada temperatura estudada foram construídas com os dados de umidade de equilíbrio (base seca) e atividade de água.

### Ajustes Matemáticos

Para ajustes das isotermas de desorção foi utilizada a equação de Guggenheim, Anderson e de Boer-GAB (Equação 4) que é considerado adequado para representar os dados experimentais na faixa de atividade de água (0,1 – 0,9) de interesse mais prático em alimentos.

$$X_e = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \quad (4)$$

Na qual:  $X_e$  é a umidade de equilíbrio (base seca);  $a_w$  é a atividade de água;  $X_m$  é a umidade na monocamada molecular;  $C$  é a constante relacionada ao calor de sorção da camada molecular; e  $K$  é o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização do Resíduo

Na Tabela 1 são mostrados os resultados obtidos para o material *in natura* e para o material enriquecido.

Parâmetros Analisados	Material <i>in natura</i> seco	Material Seco e Enriquecido
Umidade (%)	13,800±0,301	5,040±0,596
Cinzas (%)	6,495±0,216	6,613±0,761
°Brix	26,687±0,005	20,000±0,005
Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,383±0,009	0,585±0,005
Densidade Real (g/cm <sup>3</sup> )	1,105±0,005	0,6975±0,0013
Porosidade	0,652	0,161
pH	3,977±0,005	4,395±0,005
AR*(%)	10,5	1,05

\*AR – Açúcares redutores

A umidade obtida com a secagem para o material *in natura* seco foi de aproximadamente 14%, onde para este mesmo material SOUZA (2008) encontrou 15%; para o material enriquecido a umidade obtida foi de aproximadamente 5%.

O teor de cinzas encontrado no experimento para o material *in natura* foi de  $6,495 \pm 0,216\%$ , para o mesmo material SOUZA (2008) encontrou  $6,330\%$ . O valor para o enriquecido foi de  $6,613 \pm 0,761\%$  onde foi próximo do encontrado por MATSUURA (2005), que caracterizou o albedo do maracujá amarelo como tendo  $7,70\%$  de teor de cinzas.

A quantidade de açúcares que dado pelo °Brix para o material *in natura* foi de aproximadamente 26,7; para o mesmo material SOUZA (2008) encontrou 22,5. O material enriquecido apresentou aproximadamente 20,0 °Brix.

O material *in natura* apresentou densidade aparente de em torno de  $0,383 \text{ g/cm}^3$ ; SOUZA(2008) encontrou para o mesmo material de  $0,401 \text{ g/cm}^3$ . Já o material enriquecido pelo microorganismo citado apresentou valores próximos a  $0,585 \text{ g/cm}^3$ . Para a densidade real para o material natural foi encontrado valores próximos de  $1,105 \text{ g/cm}^3$ , SOUZA(2008) encontrou 1,250 e após análise foi obtido para o material enriquecido densidade real de valores próximos de  $0,6975 \text{ g/cm}^3$ .

Em consequência dos valores das densidades obtidos foram encontrados valores para a porosidade do material em estudo, para o material *in natura* foi obtido 0,652, SOUZA(2008) encontrou de 0,680, e para o material enriquecido foi de 0,161.

O resíduo seco apresentou pH ácido próximo de 3,977, SOUZA (2008) obteve 3,570. O material enriquecido teve o valor de pH em torno de 4,395, possuindo as condições de pH adequadas para a adaptação do microrganismo ao meio.

O valor de AR para o material natural e seco foi de 10,5% de açúcares enquanto para o material enriquecido foi de 1,05% sendo possível observar que o microorganismo possivelmente consumiu 90% dos açúcares lidos por esta análise presentes no pó de maracujá (glicose e sacarose). O dado para o maracujá seco *in natura* obtido por SOUZA (2008) foi de 11,710%.

A comparação dos valores obtidos do material *in natura* com SOUZA (2008) mostrou que os valores estão dentro de uma faixa, e que o mesmo material pode ser utilizado, mesmo tendo sido armazenado por cerca de um ano em condições ambientes, ou seja, suas propriedades se mantiveram próximas.

## Granulometria

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentadas a granulometria do pó da casca do maracujá seco natural e após o enriquecimento. Os valores das peneiras de 20, 42, 60, 80 e 115 mesh Tyler correspondem, respectivamente, a 0,85, 0,355, 0,25, 0,18 e 0,125 mm, obtendo desta forma um perfil granulométrico deste material, sendo representados graficamente pelas Figuras 3 e 4.

## Material *in natura* seco

Tabela 2. Distribuição granulométrica do resíduo seco *in natura* do pó maracujá amarelo

mesh Tyler	% em Retidos
20	42,86
42	50,30
60	5,02
80	0,66
115	0,16
Panela	0,06

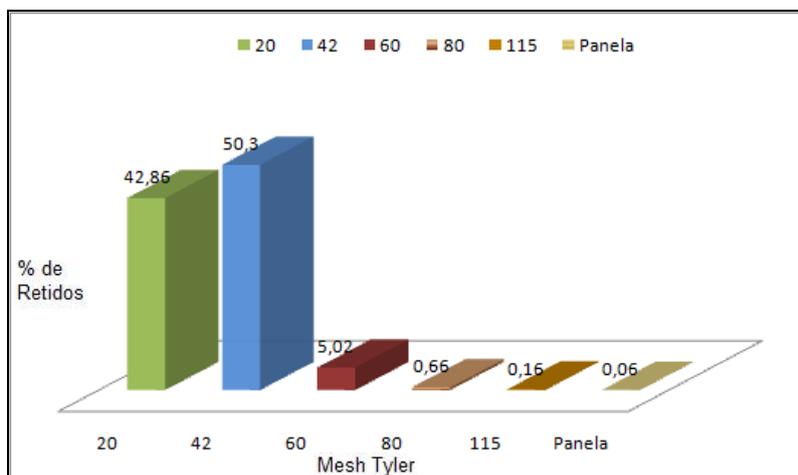


Figura 3. Distribuição granulométrica do resíduo seco do maracujá

É observado na Figura 3 que a maioria das partículas possuem tamanho variando entre 20 e 42 mesh o que corresponde a partículas com tamanho entre 0,85 e 0,355 mm.

### Material enriquecido

Tabela 3. Porcentagem de retidos do material enriquecido nas respectivas peneiras

mesh Tyler	% em Retidos
20	23,8
42	59,4
60	11,0
80	2,8
115	1,5
Panela	1,5

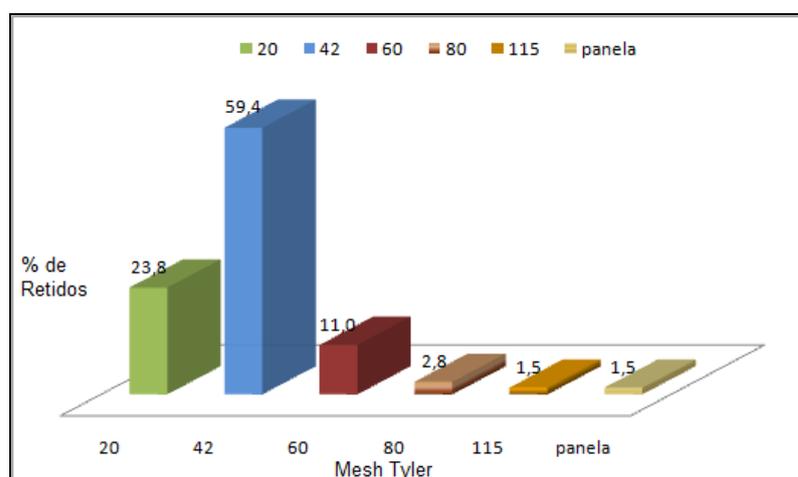


Figura 4. Representação gráfica da granulométrica do pó da casca do maracujá seco e enriquecido

Na Figura 4 é observado que os grânulos do material estão, em sua maioria, entre 0,833mm de diâmetro (20 mesh) e 0,351mm de diâmetro (42 mesh).

### Atividade de água

Através dos dados obtidos através das isotermas de dessorção é possível predir a faixa de atividade de água na qual esse resíduo pode ficar armazenado sem que haja ações deteriorantes por microrganismos.

## Material *in natura*

Na Tabela 4 são mostrados os valores das atividades de água ( $a_w$ ) e das umidades de equilíbrio ( $X_e$ ) para as diferentes temperaturas estudadas para o pó do maracujá amarelo seco *in natura*. É possível observar que as umidades de equilíbrio do resíduo seco aumentam com o aumento da atividade de água.

Tabela 4. Valores das atividades de água ( $a_w$ ) e das umidades de equilíbrio ( $X_e$ ) para o material *in natura*

30 °C		40 °C		48 °C	
$a_w$	$X_e$ (b.s.)	$a_w$	$X_e$ (b.s.)	$a_w$	$X_e$ (b.s.)
0,943	0,850	0,943	0,800	0,946	1,185
0,937	0,650	0,918	0,580	0,931	1,047
0,915	0,530	0,857	0,370	0,916	0,560
0,839	0,330	0,792	0,220	0,800	0,312
0,663	0,170	0,599	0,113	0,703	0,287
0,516	0,120	0,533	0,109	0,613	0,190
0,325	0,090	0,573	0,105	0,499	0,121
0,340	0,080	0,471	0,098	0,448	0,115
0,132	0,080	0,509	0,095	0,419	0,103
0,118	0,077	0,456	0,082	0,370	0,086
0,168	0,073	0,433	0,081	0,370	0,092
0,138	0,066	0,306	0,080	0,307	0,085
		0,295	0,076	0,301	0,087
		0,282	0,074	0,204	0,073
		0,324	0,071	0,131	0,071
		0,235	0,070	0,113	0,072
		0,142	0,069	0,097	0,070
		0,151	0,061		
		0,180	0,047		
		0,186	0,046		
		0,172	0,044		

Com os dados da Tabela 4 foram construídas as isotermas da casca de maracujá *in natura* para as temperaturas estudadas (Figuras 5, 6 e 7) bem como o ajuste matemático usando a equação de GAB. O ajuste foi feito utilizando o método numérico dos mínimos quadrados não lineares.

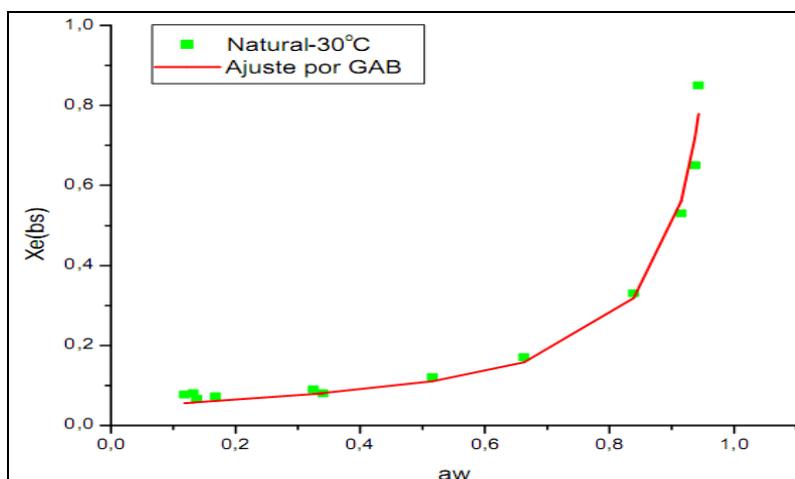


Figura 5. Isotherma de desorção a 30°C para o material *in natura* e ajuste usando equação de GAB

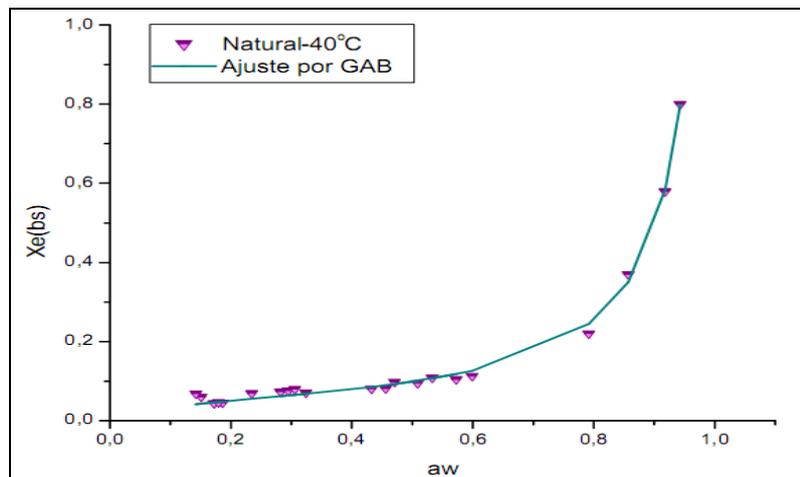


Figura 6. Isoterma de desorção a 40°C para o material *in natura* e ajuste usando equação de GAB

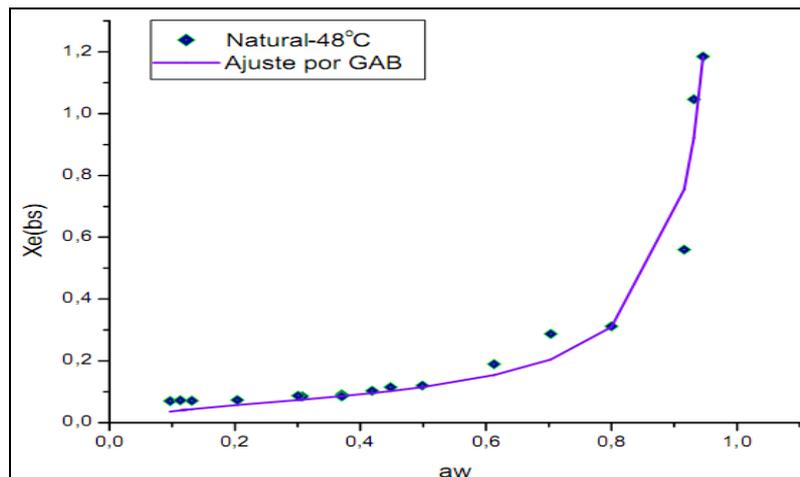


Figura 7. Isoterma de desorção a 48°C para o material *in natura* e ajuste usando equação de GAB

Os parâmetros da equação de GAB para o material *in natura* são mostrados Tabela 5 para as temperaturas de 30, 40 e 48 °C.

Tabela 5. Dados do ajuste usando a equação de GAB para o material <i>in natura</i>				
Temperatura (°C)	Parâmetros do ajuste de GAB (Material <i>in natura</i> )			
	X <sub>m</sub>	C	K	R
30	0,055479	57,61254	0,98498	0,992239
40	0,054354	12,03698	0,98875	0,997832
48	0,063293	9,966	1,000959	0,982700

Na Tabela 6 são apresentados os dados obtidos por SOUZA (2008) para o mesmo material.

Tabela 6. Dados do ajuste usando a equação de GAB para o material <i>in natura</i> obtidos por SOUZA (2008)				
Temperatura (°C)	Parâmetros do ajuste de GAB (Material <i>in natura</i> )			
	X <sub>m</sub>	C	K	R
30	0,098	6,507	0,981	0,9995
40	0,064	4,856	0,952	0,998499
48	-	-	-	-

Comparando os dados obtidos neste trabalho com os dados obtidos por SOUZA (2008) observa-se que: os valores para a umidade da monocamada (X<sub>m</sub>) têm a mesma ordem de grandeza; os valores de K são aproximadamente os mesmos; os valores do fator de correlação são muito próximos da unidade. Apenas a constante relacionada ao calor de sorção da camada molecular (C) apresentou valores maiores dos que os obtidos por SOUZA (2008).

Na Figura 8 são apresentadas as isotermas de dessorção para o pó do maracujá *in natura*.

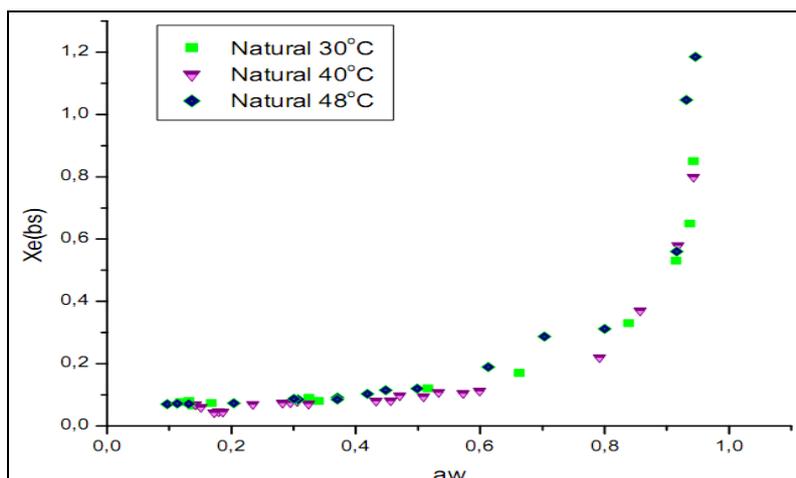


Figura 8. Representação gráfica das isotermas nas temperaturas estudadas para o material *in natura*

Observa-se na Figura 8 que as isotermas para o pó do maracujá *in natura* apresentaram o mesmo comportamento para as temperaturas estudadas e que a umidade de monocamada está em torno de 0,10.

### Material Enriquecido

Na Tabela 7 são encontrados os valores das atividades de água ( $a_w$ ) e das umidades de equilíbrio ( $X_e$ ) para as diferentes temperaturas estudadas para o pó do maracujá amarelo seco enriquecido pelo microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*.

Tabela 7. Valores das atividades de água ( $a_w$ ) e das umidades de equilíbrio ( $X_e$ ) para o material enriquecido

30 °C		40 °C		48 °C	
$a_w$	$X_e$ (b.s.)	$a_w$	$X_e$ (b.s.)	$a_w$	$X_e$ (b.s.)
0,966	4,877	0,958	2,310	0,977	3,141
0,962	3,331	0,950	1,673	0,962	2,461
0,956	2,733	0,947	1,268	0,933	1,505
0,956	2,367	0,874	0,646	0,931	0,982
0,956	1,703	0,721	0,273	0,851	0,467
0,887	0,894	0,570	0,122	0,721	0,228
0,824	0,734	0,287	0,070	0,730	0,296
0,746	0,610	0,267	0,066	0,654	0,166
0,714	0,412	0,238	0,071	0,451	0,102
0,613	0,263	0,229	0,065	0,276	0,074
0,615	0,163	0,216	0,064	0,264	0,074
0,515	0,067	0,212	0,070	0,255	0,081
0,356	0,053	0,212	0,064	0,253	0,078
0,245	0,053	0,211	0,067	0,206	0,063
0,217	0,064	0,210	0,063	0,211	0,08
0,204	0,054				
0,193	0,051				

Com os dados da Tabela 7 foram construídas as isotermas da casca de maracujá enriquecida para as temperaturas estudadas (Figuras 9, 10 e 11) bem como o ajuste matemático usando a equação de GAB. O ajuste foi feito utilizando o método numérico dos mínimos quadrados não lineares.

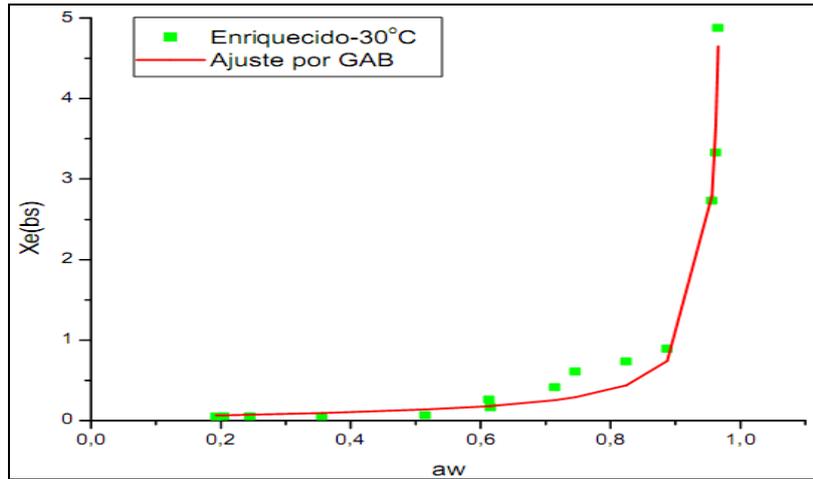


Figura 9. Isoterma de equilíbrio higroscópico do material enriquecido a 30 °C com ajuste pela equação de GAB

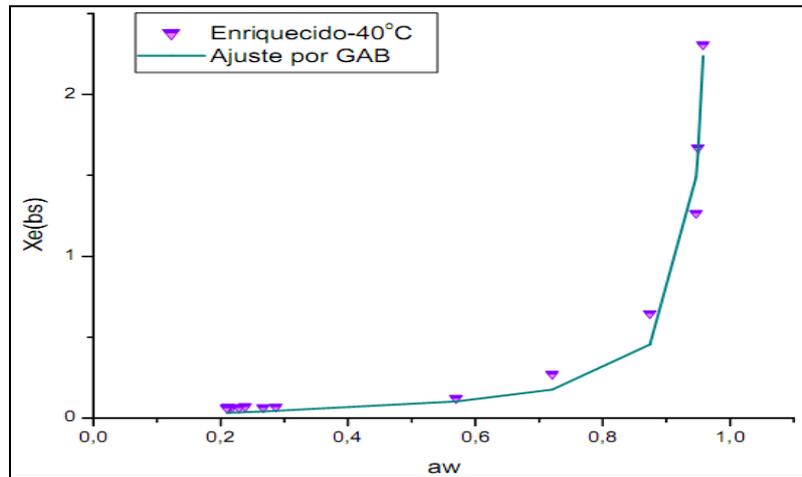


Figura 10. Isoterma de equilíbrio higroscópico do material enriquecido a 40 °C com ajuste pela equação de GAB

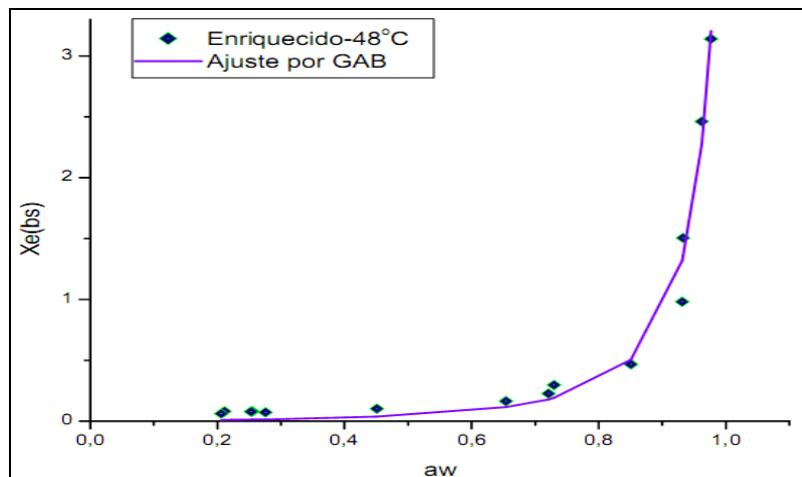


Figura 11. Isoterma de equilíbrio higroscópico do material enriquecido a 48 °C com ajuste pela equação de GAB

Os parâmetros da equação de GAB para o material enriquecido são mostrados Tabela 8 para as temperaturas de 30, 40 e 48 °C.

Tabela 8. Dados do ajuste usando a equação de GAB para o material enriquecido

Temperatura (°C)	Parâmetros do ajuste de GAB (Material enriquecido)			
	Xm	C	K	R
30	0,071661	10,29133	1,019264	0,992812
40	0,050851	3,829283	1,020263	0,992211
48	0,211583	0,143609	0,973715	0,991584

Através dos dados da Tabela 8 é possível perceber que a umidade de monocamada tem a mesma ordem de grandeza, diminuindo com o aumento da temperatura, exceto para a temperatura de 48 °C. Os valores de C diminuíram com o aumento da temperatura; o parâmetro K não variou com a temperatura. O fator de correlação esteve muito próximo da unidade para as três temperaturas.

Na Figura 12 são apresentadas as isotermas de dessorção para material enriquecido.

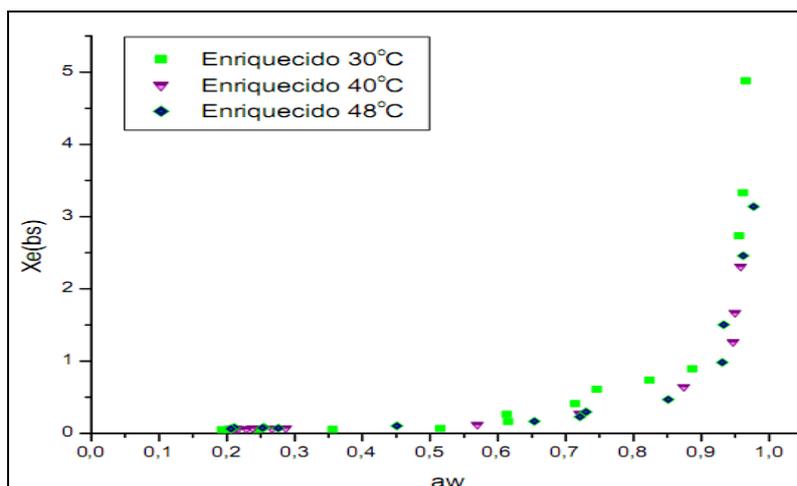


Figura 12. Representação gráfica das isotermas nas temperaturas estudadas para o material enriquecido

Observa-se na Figura 12 que as isotermas apresentaram também com o mesmo comportamento para as temperaturas estudadas, pouco variando entre si, e que a umidade de monocamada está em torno de 0,06 bs.

## CONCLUSÕES

O pó da casca de maracujá seco não apresentou variações significativas das suas propriedades físico-químicas após um ano de armazenamento em condições ambientes. Para o material enriquecido ocorreu alterações nas propriedades físico-químicas do material, sendo possível observar um consumo de aproximadamente 90% dos açúcares redutores (glicose e sacarose). Para o material *in natura* foi observada que a umidade de monocamada ficou em torno de 0,10 bs e os demais parâmetros de GAB têm a mesma ordem de grandeza; e os fatores de correlação próximos da unidade. Para o material enriquecido, os parâmetros de GAB são aproximadamente os mesmos obtidos para o material *in natura*, com exceção da umidade da monocamada, em torno de 0,06 bs. Os fatores de correlação também foram próximos da unidade.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L.F.; OLIVEIRA, L.S.C.; PERAZZO NETO, A.; ALSINA, O.L.S.; SILVA, F.L. H.. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: relação com a umidade ótima para fermentação sólida. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 379-384, 2005.

ARAÚJO, L.F.; MEDEIROS, A.N.; PERAZZO NETO, A.; OLIVEIRA, L.S.C.; SILVA, F.L. H. Protein Enrichment of Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica* Mill) Using *Saccharomyces cerevisiae* in Solid-State Fermentation. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v. 48, p. 161-168, 2005.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Editora MS, 2005, 1017 p.

CAMPOS, A.R.N.; SANTANA, R.A.C.; DANTAS, J.P.; OLIVEIRA, L.S.C.; SILVA, F.L. H. Enriquecimento Protéico do Bagaço do Pedúnculo de Caju por Cultivo Semi-Sólido. Revista de Biologia e Ciência da Terra, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 72-82, 2005.

CORREIA, R.T.P. Estudo do cultivo semi-sólido de *Saccharomyces cerevisiae* e *Rhizopus oligosporus* em resíduo de abacaxi. Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 151, 2004 (Tese de Doutorado).

Curso Básico de Fruticultura - Engº. Agroº. Marco Moro - Escritório Regional da EMATER - Pelotas/RS - 2006.

HOLANDA, J.S.; OLIVEIRA, A.J.E.; FERREIRA, A. C. Enriquecimento protéico de pedúnculos de caju com emprego de leveduras, para alimentação animal. Pesquisa Agropecuária Brasileira., v.33, n.5, p.79, 1998.

KEEY, R.B. Drying of loose and particulate materials. New York: Hemisphere, 1991, 57 p.

MATSUURA, F. C. A. U. Estudo do albedo do maracujá e de seu aproveitamento em barra de cereais. 2005. 138f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry, v.31, n.3, p. 426-428, 1959.

MORGADO, I. F., AQUINO, C. N. P., TERRA, D. C. T. Aspectos econômicos da cultura do abacaxi: sazonalidade de preços no Estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 26, n. 1, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br> . Acesso em: 05/06/2007.

NP: Normas Portuguesas. Inertes para argamassas e betões. Análise granulométrica **NP-1379**. Edição 1, 1976. Disponível na internet.

<http://portal.doc.ua.pt/Bibonline/normas/NP.pdf>. Arquivo capturado em 20 de janeiro de 2007.

OLIVEIRA, M. M.; CAMPOS, A. R. N.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, F. L. H.. Isotermas de sorção do resíduo agroindustrial de casca do abacaxi (*Ananás comosus* L. Mer). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 565-569, 2005.

OLIVEIRA, M. M. Enriquecimento nutricional por bioconversão de resíduos agroindustriais para utilização na alimentação animal. Campina Grande: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, 2007, 185p. Tese (Doutorado).

RUIZ, M.E., THIAGO, L.R.L.S., COSTA, F.P. Alimentação de bovinos na estação seca: princípios e procedimentos. EMBRAPA, Campo Grande, MS, 1999.

SOUZA, R.L.A. Produção de pectinases por fermentação semi-sólida utilizando resíduo do maracujá como substrato. Campina Grande, 2008.