

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MAYRA CONCEIÇÃO PEIXOTO MARTINS

**EFEITO DO TEMPO, TEMPERATURA E CONCENTRAÇÃO
DA SOLUÇÃO OSMÓTICA NO PROCESSAMENTO DE
PASSAS DE CAJU-DO-CERRADO**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª Mara Reis Silva

Goiânia
2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MAYRA CONCEIÇÃO PEIXOTO MARTINS

**EFEITO DO TEMPO, TEMPERATURA E CONCENTRAÇÃO
DA SOLUÇÃO OSMÓTICA NO PROCESSAMENTO DE
PASSAS DE CAJU-DO-CERRADO**

Dissertação defendida e aprovada em 20 de junho de 2007, pela
Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Dr. Márcio Caliarí – UFG

Dr^a Priscila Zaczuk Bassinello – EMBRAPA Arroz e Feijão

Prof^a. Dr^a Mara Reis Silva – UFG
(orientadora)

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à minha mãe,
exemplo de amor, força e perseverança
sempre!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, motivo de minha existência, de minha força e sucesso.

A minha mãe, que é minha inspiração de guerreira, de raça e de amor incondicional.

Ao meu pai Jairo e à Antonia, grandes incentivadores em toda a minha trajetória.

Mara, pela belíssima orientação, pelos conselhos e sugestões sempre competentes.

A Thays Regina, amiga, companheira de laboratório, de risadas e de sufoco.

Aos amigos Vanessa, Dagoberto e Amauri Júnior, pela ajuda às pesquisas de campo e ao carinho de sempre.

Aos meus queridos Daniela e Benigno, irmãos, amigos e parceiros de todas as horas!

A tio Ademir Costa e ao Giovanni Gondim, pela disposição sempre sincera em me ajudar na busca incansável aos cajus.

Ao Márcio Caliari, meu amigo e meu mestre, sempre disposto e presente em mais de quatro anos de convivência e amizade.

Ao pastor Eudes, pela orientação, pelo amor e cuidado sempre.

Aos colegas de pós-graduação, pelo companheirismo e amizade.

Aos meus queridos amigos que, mesmo à distância, me apoiaram e torceram por mim.

E ao George pelo amor, pela amizade, pela força, pelo incentivo, pelo colo e por estar sempre perto. Você tem grande contribuição em tudo isso. Obrigada por tudo!

RESUMO

Pseudofrutos de caju-do-cerrado foram submetidos à desidratação osmótica seguida de secagem convectiva em secador de bandejas durante sete horas para a elaboração de passas de caju. As variáveis tempo (2 a 4 horas) e temperatura do tratamento osmótico (30°C a 50°C), bem como concentração da solução osmótica (40° Brix a 60° Brix) foram as variáveis investigadas para as respostas: perda de peso (PP), perda de umidade (PU), incorporação de sólidos (IS), atividade de água (Aa) e concentração de vitamina C no produto final. Os experimentos foram conduzidos conforme Delineamento Central Composto Rotacional com 19 tratamentos incluindo pontos axiais e centrais. Para cada resposta, modelos de segunda ordem polinomial foram desenvolvidos usando-se análise de regressão múltipla linear. A metodologia de superfície de resposta foi utilizada para analisar os efeitos das variáveis independentes (tempo, temperatura e concentração da solução osmótica do processo nas respostas. A seleção dos tratamentos foi realizada considerando-se máxima perda de peso e de umidade, mínimo valor de atividade de água, baixa incorporação de sólidos e alta concentração de vitamina C. Os tratamentos selecionados foram submetidos ao teste de aceitação em laboratório com 33 provadores potenciais. As melhores condições do processo determinadas matematicamente, conforme os critérios previamente estabelecidos, foram os tratamentos: 2 (4 horas, 30 °C e 40° Brix), 3 (2 horas, 50 °C e 40 °Brix), 4 (4 horas, 50 °C e 40 °Brix) e 9 (1,3 hora, 40 °C e 50 °Brix). Passas de caju-do-cerrado obtidas a partir do tratamento 4 foram aquelas que obtiveram os maiores escores de aceitação para degustação e aparência. Assim o produto elaborado com solução osmótica de 40 °Brix, temperatura de imersão de 50 °C durante quatro horas pode ser considerado de melhor qualidade tecnológica e maior nível de aceitação.

Palavras-chave: desidratação osmótica, caju-do-cerrado, secagem, metodologia de superfície de resposta

ABSTRACT

Cashew apple from Cerrado were processed using osmotic dehydration and convective dehydration during seven hours to obtain a dried product. Processing time (2 h – 4 h), temperature (30° C – 50°C) and sucrose concentration (40° Brix – 60° Brix) were the factors investigated with respect to weight loss, water loss, solid gain, water activity and vitamin C value in the final products. Experiments were designed according to Central Composite Rotatable Design with 19 treatments including central and axial points. For each response, second order polynomial models were developed using multiple linear regression analysis. The response surface showed the interaction of independent process variables (time, temperature and sucrose concentration) of the process in the responses. The best processing conditions were determinate of maximum weight and water loss reduction, minimum water activity, low solid gain and high vitamin C value. A total of 33 panellists ranked the final product selected for overall acceptability in a sensory laboratory. The treatments accepted are: 2 (4 hours, 30° C and 40° Brix), 3 (2 hours, 50° C and 40° Brix) 4 (4 hours, 50° C and 40° Brix) and 9 (1,3 hour, 40° C and 50° Brix). Dried cashew apple from cerrado obtained from treatment 4 was the best values and is considered the product with best technological quality and higher hedonic ratings for overall acceptability.

Keywords: *osmotic dehydration, cashew apple, drying, response surface methodology*

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR) com três variáveis independentes: X_1 (tempo), X_2 (temperatura) e X_3 (concentração da solução osmótica) 27
- Tabela 2.** Valores codificados e valores reais do delineamento experimental 27
- Tabela 3.** Dados experimentais para perda de peso (PP), perda de umidade (PU), incorporação de sólidos (IS) e atividade de água (Aa) em diferentes condições de tempo, temperatura e concentração da solução osmótica 31
- Tabela 4.** Análise de variância do modelo aplicado para perda de peso (PP), perda de umidade (PU), incorporação de sólidos (IS) e atividade de água (Aa) 32
- Tabela 5.** Modelos matemáticos e coeficientes de determinação (R^2) dos modelos ajustados para perda de peso (PP), perda de umidade (PU), incorporação de sólidos (IS) e atividade de água (Aa)..... 32
- Tabela 6.** Teores de vitamina C (mg/100g) e acidez titulável (mL/g) das passas de caju-do-cerrado 39
- Tabela 7.** Modelos matemáticos e coeficientes de determinação (R^2) dos modelos ajustados para vitamina C e acidez titulável 40
- Tabela 8.** Análise de variância do modelo aplicado para vitamina C e acidez titulável 42
- Tabela 9.** Teores de umidade (g/100g), pH e açúcares redutores (mg/100g) das passas de caju 43
- Tabela 10.** Escores de aceitação do teste sensorial das passas de caju-do-cerrado 44

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Superfície de resposta para o efeito do tempo e da concentração da solução na perda de peso (PP) das passas de caju-do-cerrado 34
- Figura 2.** Superfície de resposta para o efeito do tempo e da concentração da solução na incorporação de sólidos (IS) das passas de caju-do-cerrado 36
- Figura 3.** Superfície de resposta para o efeito do tempo e da temperatura na atividade de água (Aa) das passas de caju-do-cerrado 37
- Figura 4.** Superfície de resposta para o efeito da temperatura e da concentração da solução na atividade de água (Aa) das passas de caju-do-cerrado 38
- Figura 5.** Superfície de resposta para o efeito do tempo e da temperatura na vitamina C das passas de caju-do-cerrado 40
- Figura 6.** Superfície de resposta para o efeito do tempo e da concentração da solução na acidez titulável das passas de caju-do-cerrado 41
- Figura 7.** Histograma de frequência dos escores de degustação das passas de caju-do-cerrado 45
- Figura 8.** Histograma de frequência dos escores de aparência das passas de caju-do-cerrado 45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	CAJU	12
2.1.1	Características gerais	12
2.1.2	Produção e consumo	13
2.1.3	Processamento industrial	13
2.2	DESIDRATAÇÃO DE ALIMENTOS	15
2.2.1	Características gerais	15
2.2.2	Desidratação artificial de alimentos	16
2.2.3	Desidratação osmótica	17
2.2.3.1	<i>Agentes osmóticos</i>	18
2.2.3.2	<i>Temperatura e concentração da solução osmótica</i>	19
2.2.3.3	<i>Tempo de imersão</i>	20
3	OBJETIVOS	22
3.1	OBJETIVO GERAL	22
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4	MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1	MATÉRIA-PRIMA	23
4.2	PROCESSAMENTO	23
4.2.1	Preparo da solução osmótica	23
4.2.2	Processamento de passas de caju-do-cerrado	23
4.3	ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS	24
4.3.1	Umidade	24
4.3.2	pH	24
4.3.3	Acidez titulável	24
4.3.4	Açúcares redutores	25
4.3.5	Vitamina C	25
4.3.6	Perda de peso (PP)	25
4.2.7	Perda de umidade (PU)	25
4.3.8	Incorporação de solutos da solução osmótica (IS)	26

4.3.9	Atividade de água (Aa)	26
4.4	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	26
4.5	ANÁLISE SENSORIAL	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS	30
5.1.1	Caju-do-cerrado <i>in natura</i>	30
5.1.2	Passas de caju-do-cerrado	30
5.1.2.1	<i>Perda de peso (PP)</i>	33
5.1.2.2	<i>Perda de umidade (PU)</i>	34
5.1.2.3	<i>Incorporação de solutos da solução osmótica (IS)</i>	35
5.1.2.4	<i>Atividade de água (Aa)</i>	36
5.1.2.5	<i>Vitamina C</i>	38
5.1.2.6	<i>Acidez titulável</i>	40
5.1.2.7	<i>Umidade, pH e açúcares redutores</i>	42
5.2	ACEITAÇÃO DO PRODUTO	44
6	CONCLUSÕES	46
	REFERÊNCIAS	47
	APÊNDICES	51
	ANEXOS	53

1 INTRODUÇÃO

O caju (*Anacardium occidentale* L.) é amplamente comercializado no Brasil e no mundo, com destaque para a castanha, que é caracterizada como o fruto verdadeiro. No mercado interno a polpa carnosa (pseudofruto ou pedúnculo), considera um subproduto na indústria de alimentos, é utilizada para elaboração, principalmente, de suco, doces e geléias. No Cerrado brasileiro, existe uma espécie conhecida como caju-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.), ainda pouco explorada, que possui potencial de aproveitamento industrial.

A maioria das frutas tropicais tem uma perda considerável da produção em razão da tecnologia pós-colheita inadequada, o que limita o consumo de frutas com grande aceitação popular como o caju. O emprego de técnicas de conservação que auxiliem o aproveitamento e a comercialização de frutas com características similares às frutas frescas pode aumentar a utilização do pseudofruto do caju. Além disso, a demanda crescente por produtos saudáveis e naturais estimula o desenvolvimento de técnicas adequadas para a conservação de frutas.

A desidratação de frutas é um método de conservação bastante conhecido e utilizado pela diminuição da atividade de água e conseqüente redução do risco de desenvolvimento microbiano. Além disso, frutas desidratadas podem ser estocadas e transportadas com um custo relativamente baixo. Entretanto, a remoção de água com o uso de altas temperaturas durante longo tempo pode causar prejuízos no valor nutricional e nas características sensoriais do produto.

O uso da desidratação osmótica como pré-tratamento é uma alternativa para a produção de frutas desidratadas, que reduz o consumo de energia e melhora a qualidade do alimento. A desidratação osmótica remove parcialmente a água do tecido vegetal pela imersão em uma solução hipertônica. Neste processo, além da saída de água, observa-se também a passagem de nutrientes do alimento para a solução e a entrada de solutos da solução para o alimento.

Aliada à desidratação osmótica e ao baixo pH intrínseco da fruta, a tecnologia de métodos combinados que associa a desidratação artificial e a adição de conservante aumenta a vida-de-prateleira, garante a estabilidade e a segurança dos alimentos.

Considerando-se o potencial de industrialização do pseudofruto de caju-do-cerrado e a disponibilidade de tecnologia de baixo custo, que permite a obtenção de produto similar à fruta *in natura*, é justificável o estudo do efeito do tempo, temperatura e concentração da solução osmótica na qualidade de passas de caju.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CAJU

2.1.1 Características gerais

O cajueiro pertence à família Anacardiaceae, constituída por árvores e arbustos tropicais e subtropicais, que apresentam ramos providos de canais resiníferos e folhas alternadas, coriáceas e sem estípulas. A árvore pode atingir 20 metros de altura, com a copa arredondada. O caju é nativo dos campos e das dunas da costa norte do Brasil, espalhado por toda a América Tropical, Antilhas e em várias zonas da África (Angola, Moçambique, Tanzânia) e da Ásia (Índia, Ceilão) (MELO, 2002).

O fruto verdadeiro é a parte que usualmente se denomina de semente de caju ou castanha, pendente do pseudofruto ou pedúnculo carnosos. A amêndoa da castanha é comestível e apreciada, principalmente depois de torrada (ANDERSEN; ANDERSEN, 1988). A produção de uma planta adulta oscila entre 100 e 150 kg de caju, o que corresponde a um rendimento médio de 90 a 135 kg de pseudofruto (LUNA, 1984).

O fruto do cajueiro tem um pseudofruto de coloração amarela, vermelha ou de cor intermediária, consumido tanto ao natural quanto processado, sendo utilizado na fabricação de sucos, compotas, doces e outros produtos (LUNA, 1984; ANDERSEN; ANDERSEN, 1988). Estes pseudofrutos contêm 85% de água, 10% a 12% de carboidratos, minerais e uma concentração elevada de vitamina C (FALADE; AKINWALE; ADEDOKUN, 2003).

Além da espécie mais comercial, *Anarcadium occidentale* L., existem outros tipos de frutos, caju alongados, redondos, ovais ou piriformes (ANDERSEN; ANDERSEN, 1988). No Estado de Goiás ocorrem principalmente três espécies de caju arbóreo e duas de caju herbáceo. Dentre as espécies arbóreas, destacam-se *A. amilcarianum* O. March., arbusto de aproximadamente cinco metros de altura, habitando a Ilha do Bananal; *A. curatellifolium* St. Hil., que forma troncos grossos, curtos e tortuosos e é característico de solos lateríticos; e *A. othonianum* Rizz., árvore mediana de 3 a 6 metros de altura e tronco de 20 a 40 cm de diâmetro. Quanto aos herbáceos, destacam-se *A. humile* St. Hil., arbusto de tronco subterrâneo e *A. nanum* St. Hil., com caule tortuoso, rasteiro e subterrâneo (NAVES, 1999).

2.1.2 Produção e consumo

A fruticultura destaca-se como uma das atividades que apresentam maior retorno econômico e social (ALVES, 2002). No ano de 2000, a fruticultura mundial ocupou uma área de 47,67 milhões de hectares, com uma produção de 459,21 milhões de toneladas de frutas. A produção da maioria dos frutos tropicais de importância econômica encontra-se quase que totalmente distribuída nas zonas tropicais e subtropicais dos países em desenvolvimento. Nessas regiões, os frutos apresentam-se como importantes componentes da dieta, contribuindo como fonte de vitaminas, especialmente pró-vitamina A, vitamina C, minerais e carboidratos (SOUZA FILHO et al., 1999).

O Brasil é o terceiro produtor mundial de frutas, sendo responsável por aproximadamente 5,2% da área colhida e 8,35% da quantidade produzida (ALVES, 2002). Dentre as principais fruteiras cultivadas no Brasil, pode ser citado o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), encontrado em diversos países ocidentais (MELO, 2002).

O cajueiro é uma planta cultivada em diversas partes do mundo tropical, sendo utilizado principalmente para produção de castanha, que é comercializada no mercado internacional de nozes comestíveis. A comercialização de aproximadamente 125 mil toneladas de castanha gerou em torno de 2,4 bilhões de dólares no mercado varejista no ano de 2000 (BARROS, 2002).

Os maiores produtores de castanha de caju são: Índia, Brasil, Vietnã, Tanzânia, Quênia e Moçambique, dos quais, a Índia (66%) e o Brasil (25%) são os principais exportadores. A agroindústria do caju no Brasil, voltada para a produção da castanha, teve início na década de 1960 e exerce importante papel econômico e social, devido ao significativo número de oportunidades de empregos e expressiva participação na geração de divisas externas. As exportações brasileiras de castanha no ano de 2000 variaram de 140 a 160 milhões de dólares, sendo que cerca de 94% da produção e 100% das exportações ocorreram nos Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (MELO, 2002). Os outros produtos derivados do caju, especialmente o suco, ainda são exportados em pequena escala, por causa de aspectos relativos ao desenvolvimento tecnológico e falta de esforços conjugados de *marketing* (BARROS, 2002).

2.1.3 Processamento industrial

A demanda crescente por frutas processadas saudáveis e naturais está relacionada com o aproveitamento destes alimentos como produtos finais ou como ingredientes de sorvetes,

cereais matinais, produtos lácteos, de confeitaria e de padaria (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001).

O Brasil diferencia-se dos demais países produtores de caju pelo aproveitamento industrial do pseudofruto, cujo potencial econômico é surpreendente, em razão de inúmeras possibilidades de utilização (suco, polpa, aguardente, rapadura e doces). O principal produto desta indústria é o suco concentrado, o mais vendido no país, seguido de diferentes variedades de doces e bebidas refrigerantes. Além disso, o emergente mercado de frutas para mesa (aproximadamente de 1,3 a 1,8 milhão de toneladas/ano em 2000), embora ainda pouco expressivo em relação ao volume total produzido, aumentou as perspectivas de lucratividade do negócio (BARROS, 2002).

A importância da industrialização do pseudofruto de caju, em termos de alcance social e produto interno bruto (PIB) local, pode superar rapidamente à da castanha, em decorrência do enorme potencial do pseudofruto e do acelerado crescimento dos mercados de diversos produtos derivados (BARROS, 2002).

A maioria das frutas tropicais tem uma perda de cerca de 30% da produção (ANDRADE et al., 2007). Esta perda pode ser atribuída à adstringência característica destes alimentos e por práticas inadequadas de manuseio pós-colheita, o que limita o consumo de frutas frescas, como o caju. O processamento de derivados de fruta com maior vida-de-prateleira pode auxiliar na redução do gasto de energia e de capital investido em tecnologias para conservação dos alimentos (FALADE; AKINWALE; ADEDOKUN, 2003).

Considerando-se a relação conservadora de 1:10, ou seja, para cada quilo de castanha, dez quilos do pseudofruto, pode-se estimar que a produção mundial do pseudofruto é de 12 milhões de toneladas. Entretanto, apesar do potencial de uso na alimentação humana, apenas 5% da produção é aproveitada industrialmente (ALVES, 2002). A alta perecibilidade, a dificuldade na armazenagem durante os meses de pico de processamento industrial e a falta de conhecimento para o emprego de técnicas de conservação contribuem para uma grande perda física, e conseqüente baixa utilização deste pseudofruto. Portanto, existe grande expectativa para o desenvolvimento de processos destinados a conservação local (junto ao produtor) de frutas por métodos combinados (MESQUITA et al., 2003).

2.2 DESIDRATAÇÃO DE ALIMENTOS

2.2.1 Características gerais

A água é o componente mais importante dos produtos alimentícios, pois exerce influência considerável sobre as variáveis de um processo, as características do produto e os atributos de estabilidade. A deterioração dos alimentos está associada ao teor de água disponível necessário para desencadear alterações físico-químicas, bioquímicas e microbiológicas (MOLINA FILHO et al., 2006). A redução da água livre do alimento eleva a pressão osmótica do meio e, conseqüentemente, reduz as condições de desenvolvimento microbiano. Nessas condições, as enzimas responsáveis por determinadas alterações nos alimentos têm suas atividades reduzidas (SILVA, 2000). O processamento de alimentos é utilizado para evitar as deteriorações que afetariam a aceitação do alimento pelo consumidor (MOLINA FILHO et al., 2006).

O teor de água livre dos alimentos é expresso pela atividade de água (Aa), que é estimada pela relação entre a pressão de vapor de água em equilíbrio no alimento, e a pressão de vapor de água pura, à mesma temperatura. A atividade de água pode ser definida como a umidade relativa em equilíbrio com o produto na temperatura considerada. A determinação da Aa é uma das medidas mais importantes no processamento e na análise dos materiais biológicos, por causa da influência na multiplicação, atividade metabólica, resistência e sobrevivência dos microrganismos (PARK; BIN; BROD, 2001). A estabilidade e a segurança dos alimentos são inversamente proporcionais à atividade de água (SOUZA FILHO et al., 1999).

Processos que incluem a remoção de água são comumente empregados para conservar alimentos, permitindo seu consumo por longos períodos. A operação de secagem é o método mais antigo e mais importante de conservação de alimentos, mas apresenta várias desvantagens, como alto consumo de energia e temperaturas elevadas (MANDALA; ANAGNOSTARAS; OIKONOMOU, 2005; FERNANDES et al., 2006a). Nessas condições térmicas, e especialmente nas primeiras horas de secagem, quando a atividade de água é normalmente muito alta, podem ocorrer reações físicas e químicas promovidas pela temperatura. Estes fenômenos geralmente diminuem a qualidade do alimento pela perda de cor e aparecimento de *flavors* estranhos (MANDALA; ANAGNOSTARAS; OIKONOMOU, 2005; KHOYI; HESARI, 2007; CHENLO et al., 2007), além de provocar a degradação e a oxidação de alguns nutrientes (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006).

A retirada de água de um alimento pode ser natural, pela exposição do alimento ao sol, ou artificial, pela utilização de calor ou outros meios capazes de retirar a umidade. O sistema a ser utilizado vai depender de diversos fatores: as condições climáticas da região, a natureza da matéria-prima, as exigências do mercado, os custos de produção e a mão-de-obra especializada. Dentre estes fatores, o custo de produção é o de maior relevância a ser considerado na escolha do método de desidratação de alimentos (SILVA, 2000).

A fruta desidratada é o produto obtido pela perda parcial da água da fruta madura inteira ou em pedaços, atingindo-se um teor de umidade final que varia de 15% a 25%. Neste processo, podem ocorrer mudanças significativas na cor, no sabor e na textura do produto desidratado, comparado com a fruta fresca da qual se originou (MOTA, 2005). Assim, a desidratação de frutas deve ser realizada com critérios que possibilitem a melhor combinação de tempo e temperatura para a obtenção de um produto de qualidade adequada.

2.2.2 Desidratação artificial de alimentos

Pode ser definida como a extração deliberada e em condições controladas da água contida nos alimentos e tradicionalmente tem como princípio o aumento da temperatura do alimento para evaporação da água. A indústria de alimentos utiliza a secagem com o propósito de aumentar o período de conservação dos alimentos, reduzir custos de transporte e de armazenamento, facilitar o uso e diversificar a oferta dos produtos (ORDÓÑEZ, 2005).

A maioria dos métodos de desidratação envolve a passagem de ar aquecido com umidade relativa controlada sobre o alimento a ser desidratado, que pode estar parado ou em movimento. Túneis, sistemas de leito fluidizado, atomizadores e estufa com circulação forçada de ar são os equipamentos mais usados na desidratação artificial de alimentos (BARUFFALDI; OLIVEIRA, 1998).

Entre os equipamentos com circulação forçada de ar existem vários tipos de secadores, que são selecionados de acordo com as características do alimento, os fatores de origem econômica, a forma que se deseja dar ao produto, a facilidade de processamento, volume, quantidade, estado e condições do produto. O sistema dos secadores baseia-se na circulação de ar aquecido, combinando transferência de calor (aquecimento do produto) e de massa (remoção de umidade) (AZEREDO, 2004).

Os secadores de cabine destinados à desidratação, em pequena escala, de frutas e hortaliças são bastante flexíveis e econômicos em operações descontínuas. Podem ter tamanho variado e consistem em uma câmara que recebe, em bandejas, os produtos a serem desidratados (ORDÓÑEZ, 2005). Esses secadores são construídos em forma de câmara para

receber o alimento que será desidratado. Nos grandes secadores, as bandejas são colocadas sobre vagonetes, o que facilita o manejo. O ar impulsionado por ventiladores passa por um sistema de aquecimento e, posteriormente, entra na câmara, passando pelo alimento que está sendo desidratado (SILVA, 2000).

Na desidratação de frutas utilizando-se ar quente, a vaporização ocorre pela diferença de temperatura entre o ar quente e o alimento, o que provoca uma diferença de pressão de vapor facilitando a transferência de massa de água para o ar, na forma de vapor d'água (PARK; BIN; BROD, 2001). Este tipo de desidratação, se não for bem controlada, pode resultar em prejuízo da aparência, degradação de nutrientes, pigmentos e compostos de sabor, comprometendo a qualidade sensorial e nutricional do produto (AZEREDO, 2004; SHIGEMATSU et al., 2005).

2.2.3 Desidratação osmótica

A desidratação osmótica é um processo de remoção parcial de água de alimentos muito úmidos, na maioria das vezes frutas e vegetais, em soluções hipertônicas (JOKIC et al., 2007; EL-AQUAR et al., 2006). Este tipo de desidratação, em geral, é utilizado como pré-tratamento de alimentos submetidos à desidratação artificial com o propósito de reduzir o gasto de energia e melhorar a qualidade sensorial do produto final (AZEREDO, 2004).

Durante o processo osmótico de desidratação observam-se três tipos básicos de transferência de massa que ocorrem simultaneamente: a saída de água do produto para a solução hipertônica, a saída de alguns solutos do produto e a saída de soluto da solução para o produto. A partir desta transferência é possível introduzir uma quantidade desejada de princípio ativo, agente conservante, qualquer soluto de interesse nutricional ou outro capaz de conferir ao produto uma melhor qualidade sensorial (EL-AQUAR; MURR, 2003).

A transferência de massa na desidratação osmótica ocorre por causa de numerosos interstícios relativamente grandes na parede celulósica das células vegetais. O conteúdo celular, conhecido como protoplasto, é separado da parede celular pelo plasmalema ou membrana plasmática. Em condições normais, a pressão interna da célula empurra a membrana plasmática contra a parede celular e o tecido vegetal em equilíbrio com a água pura apresenta máxima turgidez. No entanto, se for adicionada ao meio uma solução de sacarose, a pressão hidrostática dentro da célula diminuirá à medida que a concentração da solução for aumentada. Isto ocorre devido ao fluxo de água para fora da célula e conseqüente encolhimento, até perder a turgidez e atingir o ponto de plasmólise incipiente. A partir daí, aumentando-se a concentração do soluto, haverá um fluxo de água para fora da célula e um

fluxo do soluto no sentido contrário. A célula irá plasmolisar, ou seja, ocorrerá a separação do protoplasto da parede celular e se formará um espaço ocupado pela solução osmótica (SHIGEMATSU et al., 2005).

A perda de água durante a desidratação osmótica está associada à incorporação de solutos e é influenciada por características do tecido vegetal, tipo e concentração do agente desidratante, temperatura, tempo de imersão, proporção fruta:solução e agitação (EL-AQUAR; MURR, 2003). A incorporação de solutos pode ser desejável, como é o caso de frutas com elevada acidez, uma vez que mascara a acidez natural das frutas, melhorando o sabor do produto final (MOTA, 2005; SHIGEMATSU et al., 2005). No entanto, a incorporação excessiva de sólidos é considerada uma desvantagem do processo, especialmente quando o propósito é obter um produto com características similares a fruta ao natural (MOTA, 2005).

A desidratação osmótica usada como método alternativo para a produção de passas de frutas permite a obtenção de produtos com textura, cor e sabor adequados, além de possibilitar a redução de perda pós-colheita (SOUSA et al., 2003), a diminuição de custos com o transporte, a embalagem e o armazenamento dos alimentos com alto teor de água (PARK; BIN; BROD, 2001).

No Brasil, o interesse crescente pelo uso da desidratação osmótica para a conservação de alimentos se deve a grande variedade de frutas e disponibilidade de açúcar de cana (SOUSA et al., 2003). Entretanto, a utilização apenas da desidratação osmótica não é capaz de reduzir a atividade de água de um alimento em valores suficientemente baixos que garantam sua estabilidade (SHIGEMATSU et al., 2005). Assim, esta técnica tem sido utilizada como etapa preliminar ou adicional aos processos de secagem e congelamento, obtendo-se produtos de alta qualidade sensorial e nutricional e mais estáveis à contaminação microbiológica e à deterioração química (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001; FERRARI et al., 2005; ALAKALI; ARIAHU; NKPA, 2006). Além disso, diminui o tempo total de secagem do alimento e retém a cor natural e os aromas voláteis (FERNANDES et al., 2006a).

2.2.3.1 Agentes osmóticos

A seleção do agente desidratante deve ser realizada conforme as alterações desejadas no valor nutritivo e nas propriedades sensoriais do produto final e o custo do processo (CHENLO et al., 2007; FERRARI et al., 2005). No caso de frutas e vegetais, é comum o uso de soluções aquosas de açúcar, glicose ou cloreto de sódio (CHENLO et al., 2007); sendo que

em geral o açúcar é utilizado para frutas e cloreto de sódio para hortaliças (ALAKALI; ARIAHU; NKPA, 2006).

O açúcar, com larga escala de utilização na indústria de alimentos, apresenta vantagens como: baixo custo, *flavour* desejado, e peso molecular adequado. A passagem da solução preparada com açúcar, através da membrana celular, é limitada pelo peso molecular, tamanho relativamente alto da molécula e solubilidade da sacarose em comparação a outras soluções osmóticas comuns. Desse modo, a desidratação osmótica com soluções de sacarose produz menor perda de água e ganho de sólidos quando comparado a soluções de glicose em vários alimentos. Isto permite maior efetividade ao processo, uma vez que não é vantajoso obter um produto excessivamente desidratado e com incorporação elevada de sólidos (CHENLO, 2007). Assim, a sacarose é o soluto mais utilizado para frutas em virtude de sua eficiência, conveniência, custo e aroma desejável conferido à fruta (FERRARI et al., 2005).

O cloreto de sódio também é considerado um ótimo agente desidratante, por apresentar uma alta capacidade de redução da atividade de água, resultando em maior força motriz de saída de água do produto. No entanto, os produtos submetidos a solução com cloreto de sódio, em geral, apresentam elevado ganho de sólidos, decorrente de seu baixo peso molecular, o que torna seu uso limitado a alguns frutos e hortaliças, devido ao sabor salgado (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006).

A perda de água e ganho de sólidos depende tanto da concentração do soluto quanto de seu peso molecular. Uma perda de água considerável pode ser obtida com baixo ganho de sólidos, utilizando-se soluções com alta concentração. Ao contrário, em soluções de baixa concentração, o ganho de sólidos é favorecido. O uso de solutos de alto peso molecular favorece a perda de água em relação ao ganho de sólidos (EREN; KAYMAK-ERTEKIN, 2007).

A penetração de solutos combinada com o efeito de desidratação em frutas submetidas ao pré-tratamento osmótico e secagem convectiva pode modificar a composição da fruta e melhorar a retenção de pigmento, cor, vitamina e aroma (TORREGIANNI; BERTOLO, 2001).

2.2.3.2 Temperatura e concentração da solução osmótica

A temperatura influencia as transferências de massa, a composição química e as propriedades do produto final (ALVES, 2002), enquanto a concentração da solução afeta, principalmente, a perda de peso e incorporação de sólidos. Portanto, no processo de

desidratação osmótica a temperatura e a concentração da solução usados influenciam a aceitação do produto final (CHENLO et al., 2007).

Os resultados de algumas pesquisas de desidratação osmótica de frutas atestam os efeitos da temperatura e concentração da solução osmótica na perda de água e ganho de solutos. Khoiyi e Hesari (2007) estudaram a desidratação osmótica de damasco com solução de açúcar, utilizando as temperaturas 30, 40, 50 e 60°C e observaram que o aumento da temperatura foi diretamente proporcional à perda de água e ao ganho de sólidos devido ao aumento do coeficiente de difusão e a diminuição da viscosidade da solução de açúcar.

Ferrari et al. (2005) constataram que durante a desidratação osmótica de melão com solução de sacarose a 40, 50 e 60° Brix e níveis de temperatura de 30 e 40°C, o aumento da concentração da solução e da temperatura favoreceu a perda de água no produto, proporcionando uma maior taxa de transferência de massa.

Sousa et al. (2003) avaliaram a influência da concentração e da proporção fruto:xarope na desidratação osmótica de bananas processadas e verificaram que as diferentes proporções não tiveram diferença significativa na perda de água, mas esta perda foi mais acentuada a 65° Brix que a 45 ou 55° Brix. Ao contrário, Andrade et al. (2007) utilizaram soluções de 50, 60 e 70° Brix na desidratação osmótica do jenipapo (*Genipa americana* L.), e observaram que o aumento da concentração exerceu efeito significativo para o ganho de sólidos.

Mandala, Anagnostaras e Oikonomou (2005) estudaram a influência das condições da desidratação osmótica na cinética de secagem de maçã e suas características qualitativas e observaram que os melhores resultados sobre a eficiência da osmose foram obtidos nas concentrações mais altas de açúcar.

2.2.3.3 Tempo de imersão

Na desidratação osmótica, o tempo de imersão pode influenciar a perda de água, perda de peso e incorporação de sólidos do produto final em níveis variados, conforme as características do processo e tipo de alimento.

Azoubel e Murr (2003) observaram que o tempo teve influência positiva sobre as respostas de perda de peso, perda de água e ganho de sólidos durante o processo de desidratação osmótica como pré-tratamento para obtenção de produto seco do pseudofruto de caju nos tempos de 90 a 240 minutos.

Ferrari et al. (2005) testaram a cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose e verificaram uma maior redução da umidade da fruta nas duas primeiras horas de tratamento. Resultados similares foram

relatados por El-Aquar e Murr (2003) e Lima et al. (2004) que constataram perda de água e ganho de sólidos mais intensa nas primeiras horas de desidratação de mamão formosa e melões, respectivamente. Já Alves et al. (2005) pesquisaram a desidratação osmótica da acerola com 30 e 90 minutos de imersão e concluíram que o aumento do tempo de imersão nas mesmas condições de temperatura e concentração da solução osmótica aumentou consideravelmente a perda de água.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar o efeito do tempo, temperatura e concentração da solução osmótica no processamento de passas de caju-do-cerrado, utilizando-se desidratação osmótica seguida de secagem convectiva e investigar a aceitação dos produtos em teste afetivo laboratorial.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar as características físicas e químicas (umidade, pH, acidez titulável, vitamina C e açúcar redutor) do caju-do-cerrado *in natura*;

- analisar combinações de tempo, temperatura, concentração da solução osmótica na desidratação osmótica do pseudofruto do caju;

- determinar as características físicas e químicas (perda de peso, perda de umidade, incorporação de sólidos, atividade de água, umidade, pH, acidez titulável, vitamina C e açúcar redutos) das passas de caju-do-cerrado;

- avaliar as respostas dos tratamentos utilizados conforme o delineamento experimental;

- avaliar a aceitação de passas de caju processadas a partir das melhores respostas da combinação concentração da solução osmótica, tempo e temperatura, acompanhada de secagem em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATÉRIA-PRIMA

O caju-do-cerrado maduro e em bom estado de conservação foi adquirido entre outubro e novembro de 2006, no comércio local dos municípios de Faina e Hidrolândia, situados no Estado de Goiás. A sacarose (açúcar refinado) utilizada na solução osmótica foi adquirida no comércio varejista de Goiânia – GO.

Os frutos foram transportados em caixa de isopor dispostos em camadas de gelo até o Laboratório de Nutrição e Análise de Alimentos da Faculdade de Nutrição da UFG, onde foram lavados em água corrente de boa qualidade higiênico-sanitária, drenados com auxílio de peneira e separados conforme a cor. Os cajus de cor avermelhada foram utilizados do experimento (Apêndice A) e os demais foram descartados. Os frutos selecionados foram acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade e, em seguida, armazenados em freezer a - 18°C.

4.2 PROCESSAMENTO

4.2.1 Preparo da solução osmótica

A solução osmótica utilizada no experimento foi preparada no dia anterior ao processamento dos pseudofrutos, utilizando-se açúcar refinado comercial e água destilada de acordo com Andrade et al. (2007), além da adição de benzoato de sódio 0,1% (MOTA, 2005), para inibir o crescimento microbiano. As concentrações das soluções foram definidas de acordo com o delineamento experimental (Tabela 1) e ajustadas com o auxílio de um refratômetro manual, da marca Atago, modelos N-50E e N-3E.

4.2.2 Processamento de passas de caju-do-cerrado

O caju-do-cerrado foi retirado do congelador cerca de dez horas antes do processamento e descongelado sob refrigeração em aproximadamente 4 °C, com variação de 2 - 6 °C. O pseudofruto foi separado da castanha, lavado em água corrente e higienizado em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 20 minutos. A solução foi drenada com uma peneira por aproximadamente dez minutos. Os pseudofrutos foram divididos ao meio, com o

auxílio de uma faca, e submetidos à solução osmótica em banho-maria na proporção de 2:1 solução/fruto (Apêndice B), a temperatura e tempo definidos previamente no delineamento experimental (Tabela 1).

Após a desidratação osmótica, a solução foi descartada com o auxílio de uma peneira. A seguir, os pseudofrutos foram acondicionados em formas de alumínio para a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por sete horas (SOUSA et al., 2003).

4.3 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

O caju-do-cerrado *in natura* e as passas de caju-do-cerrado foram submetidas às análises de umidade, pH, acidez titulável, açúcares redutores e vitamina C. Além destas análises, foram realizadas as determinações de perda de peso, perda de umidade, incorporação de sólidos da solução osmótica e atividade de água para avaliação da qualidade tecnológica das passas de caju. Todas as análises foram realizadas em duplicata.

4.3.1 Umidade

Para determinação da umidade do caju *in natura* e do produto final foi utilizado o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2005) com modificações. Três gramas de amostra foram pesadas em placas de Petri e pérolas de vidro previamente taradas. A desidratação foi realizada em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até peso constante. As pérolas de vidro foram utilizadas para aumentar a superfície de contato das amostras e diminuir o tempo de análise.

4.3.2 pH

Para determinação do pH, dez gramas de caju *in natura* ou de passas de caju foram diluídas em 100 mL de água destilada previamente fervida. O pH foi estimado eletrometricamente após agitação e repouso da amostra (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005). O valor do pH foi corrigido conforme diluição da amostra.

4.3.3 Acidez titulável

A acidez titulável foi estimada por meio de titulação com solução de hidróxido de sódio (NAOH) 0,1N conforme o Instituto Adolfo Lutz (2005). Tanto o caju *in natura*, quanto o produto final foram submetidos a esta análise.

4.3.4 Açúcares redutores

A análise de açúcares redutores foi feita pelo método do Ácido 3,5 – dinitrossalicílico - ADNS (MILLER, 1959). Para a realização da análise, cinco gramas de amostra foi aquecida (70°C), filtrada em papel de filtro de 400 mm, clarificada com solução saturada de acetato neutro de chumbo, e novamente filtrada a vácuo. Alíquotas de 0,2; 0,5; 0,8 e 1,0 mL da amostra foram homogeneizadas com 2,0 mL de ADNS e água destilada e em seguida submetidas à fervura por cinco minutos em banho-maria. A leitura foi feita no espectrofotômetro UV-Vis.a 540 nm.

4.3.5 Vitamina C

O teor de ácido ascórbico do caju *in natura* e do produto final foi determinado segundo o método padrão da AOAC (1984), modificado por Benassi e Antunes (1988). O ácido ascórbico foi extraído de 20 gramas da amostra com solução de ácido oxálico (1:2) a 2% à temperatura ambiente por 2 minutos. Após a extração, a amostra foi diluída (1:5) em ácido oxálico a 2% e o teor de ácido ascórbico determinado quantitativamente por meio de titulação oxidativa com 2,6-diclorofenolindofenol a 0,01%.

4.3.6 Perda de peso (PP)

A perda de peso foi calculada de acordo com a equação:

$$PP (\%) = 100 \times \left(1 - \frac{m_f}{m_i} \right)$$

Sendo:

PP(%) = perda percentual de peso do material desidratado;

m_i = massa total inicial do material;

m_f = massa total final do material.

4.3.7 Perda de umidade (PU)

A perda de umidade foi calculada em termos percentuais, com base no peso inicial do material antes da desidratação.

$$PU (\%) = 100 \times \frac{U_i m_i - U_f m_f}{m_i}$$

Sendo:

PU (%) = perda de umidade com base na massa inicial do material;

U_i = teor inicial de umidade do material (%);

U_f = teor final de umidade do material (%).

4.3.8 Incorporação de solutos da solução osmótica (IS)

O efeito da incorporação de sólidos foi observado conforme a equação descrita a seguir.

$$IS (\%) = 100 \times \frac{ST_f m_f - ST_i m_i}{m_i}$$

Sendo:

IS (%) = incorporação de sólidos com base na massa inicial do material;

ST_i = teor inicial de sólidos totais do material (%);

ST_f = teor final de sólidos totais do material (%).

4.3.9 Atividade de água (Aa)

A atividade de água (Aa) do caju *in natura* e do produto final foi medida diretamente, em aparelho AquaLab, modelo D-409X ADTI, com potência de 400 W e frequência de 40 KHz e temperatura de 25 °C.

4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento de desidratação osmótica de pseudofrutos de caju-do-cerrado foi conduzido conforme Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR) com três fatores ou variáveis independentes: tempo de tratamento osmótico, temperatura do tratamento osmótico e concentração da solução osmótica. Este delineamento, para três variáveis, contém um mínimo de $2^N + 2N + 1$ pontos ou ensaios, onde N é o número de variáveis.

Os ensaios definidos por estes pontos compreendem: 2^N pontos para um modelo fatorial completo (combinam níveis +1 e -1), 2N pontos axiais em cada eixo, com distância do centro igual à distância de cada vértice, um nível em α e os outros em zero (valores de máximo e mínimo), mais um ou mais pontos no centro do modelo (nível zero). O valor de α depende do número de pontos do modelo fatorial (F) e do número de fatores (N), sendo calculado pela equação:

$$\alpha = (F)^{1/4} = (2^N)^{1/4}$$

Neste caso, com três variáveis, então: $\alpha = (2^3)^{1/4} = \sqrt[4]{8} = 1,682$.

No presente trabalho, o número mínimo de ensaios seria 15 ($2^3 + 2.3 + 1$), sendo oito fatoriais, seis axiais e um central. Entretanto, foram realizados 19 ensaios, sendo cinco

repetições no ponto central. O ponto central fornece uma média para estimar o erro experimental e a falta de ajuste e os pontos axiais foram adicionados para estimar a curvatura do modelo. As faixas de variação entre o limite inferior e o superior de cada variável foram determinadas por meio de testes preliminares. O delineamento estatístico e os níveis das variáveis estudadas estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR) com três variáveis independentes: X_1 (tempo), X_2 (temperatura) e X_3 (concentração da solução osmótica)

tratamento	Variáveis Codificadas			Variáveis Reais		
	X_1	X_2	X_3	tempo (h)	temperatura (°C)	concentração sol. osmótica (°Brix)
1	-1	-1	-1	2	30	40
2	1	-1	-1	4	30	40
3	-1	1	-1	2	50	40
4	1	1	-1	4	50	40
5	-1	-1	1	2	30	60
6	1	-1	1	4	30	60
7	-1	1	1	2	50	60
8	1	1	1	4	50	60
9	-1,682	0	0	1,3	40	50
10	1,682	0	0	4,7	40	50
11	0	-1,682	0	3	23	50
12	0	1,682	0	3	57	50
13	0	0	-1,682	3	40	33
14	0	0	1,682	3	40	67
15	0	0	0	3	40	50
16	0	0	0	3	40	50
17	0	0	0	3	40	50
18	0	0	0	3	40	50
19	0	0	0	3	40	50

Tabela 2. Valores codificados e valores reais do delineamento experimental

Variáveis	Níveis				
	- α	-1	0	+1	+ α
X_1 = tempo de tratamento osmótico (h)	1,3	2	3	4	4,7
X_2 = temperatura do tratamento osmótico (°C)	23	30	40	50	57
X_3 = concentração da solução osmótica (°Brix)	33	40	50	60	67

Para cada tratamento (Tabela 1) foram avaliadas as variáveis dependentes: perda de peso, perda de umidade, incorporação de sólidos, atividade de água, teor de vitamina C, acidez titulável, pH, umidade e açúcares redutores. Os dados foram submetidos à análise de regressão multivariada, cujos modelos continham termos lineares, quadráticos e de interação para as três variáveis independentes (tempo, temperatura e concentração da solução osmótica). A fórmula geral deste modelo preditivo é expressa pela equação apresentada a seguir.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + \beta_{33}x_3^2 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3 + \varepsilon$$

Onde: y_i : variável dependente

x_1, x_2, x_3 : variáveis independentes

β_0 : ponto central do sistema ou ponto estacionário

β 's: coeficientes estimados pelo método dos mínimos quadrados

ε : erro experimental

A significância do modelo foi testada por análise de variância (ANOVA) e teste F ($p \leq 0,05$). O teste t *Student* foi usado para determinação da significância dos efeitos individuais de cada um dos coeficientes estimados. O programa SAS (1998) for Windows, na versão 8.2 foi utilizado para tratamento dos dados.

A metodologia de superfície de resposta (MSR) foi usada para analisar os efeitos das variáveis independentes (x_1, x_2, x_3) do processo nas respostas (y_i). A MSR baseia-se na variação simultânea de vários fatores (variáveis independentes), previamente selecionados por sua influência nas propriedades do processo (variáveis dependentes ou respostas). Utilizando-se técnicas matemáticas e estatísticas, os resultados experimentais indicam uma combinação de níveis dos fatores dentro de uma região ótima (GRIZOTTO et al., 2005). As curvas da análise de superfície de resposta foram elaboradas conforme níveis estudados utilizando-se as equações de regressão múltipla. A resposta pode ser escrita como sendo função (f) de x: $y_i = f(x_1, x_2, x_3)$.

Quando não houve ajuste dos dados experimentais ao modelo preditivo foi empregado análise de variância (teste F, $p < 0,05$) e teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias (SILVA et al., 2004).

Dentre as variáveis dependentes estudadas, os resultados da PP, PU, IS, Aa e teor de vitamina C dos 19 tratamentos foram utilizados para a seleção das condições de processo mais favoráveis para a obtenção de passas de caju de qualidade tecnológica adequada. A escolha destas variáveis foi em razão da grande influência das características físicas, químicas e

sensoriais na qualidade do produto final. Após a seleção dos tratamentos que forneceram as melhores respostas foi realizado teste de aceitação em laboratório.

4.5 ANÁLISE SENSORIAL

A aceitação das passas de caju do Cerrado foi avaliada por 33 consumidores potenciais não-treinados adultos (alunos, professores e funcionários da Faculdade de Nutrição e da Faculdade de Enfermagem da UFG), conforme os atributos sabor, odor, textura e aparência dos produtos utilizando-se escala hedônica de 9 pontos, ancorada nos seus extremos com termos “gostei muitíssimo” e “desgostei muitíssimo”, conforme Anexos 1 e 2 (STONE; SIDEL, 1985). As amostras servidas aleatoriamente para degustação foram avaliadas no Laboratório de Nutrição e Dietética da Faculdade de Nutrição da UFG. O produto foi servido em temperatura ambiente, apresentado de forma monádica em copos plásticos descartáveis com capacidade de 60 mL contendo aproximadamente oito gramas de amostra. Os copos foram codificados com números de três dígitos.

A aparência dos produtos foi julgada em blocos completos de forma independente das características de aroma, sabor e textura. Os provadores avaliaram a aparência dos produtos dispostos em pratos de fundo branco, codificados com números de três dígitos, iluminados por luz natural do dia. A análise sensorial (degustação e aparência) foi realizada após dois dias da elaboração das passas de caju.

Os resultados do teste de aceitação foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e teste de média de Tukey com 5% de probabilidade, além de histograma de frequência (escore de aceitação versus percentagem de provadores).

O escore seis (“gostei levemente”) da escala hedônica foi utilizado como ponto de corte para avaliar a aceitação. Passas de caju que obtiveram médias de aceitação para degustação e aparência inferiores a seis foram consideradas não-aceitas no teste sensorial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS

5.1.1 Caju-do-cerrado *in natura*

O pseudofruto do caju-do-cerrado *in natura* apresentou, em base seca, média de 84,99 g/100g \pm 0,22 de umidade, pH de 3,12 \pm 0,43, acidez titulável de 11,83 mL/g \pm 0,01, açúcar redutor de 10,16 mg/100g \pm 0,75, e 43,25 mg/100g \pm 0,02 de vitamina C. Os valores de umidade e pH estão de acordo com os resultados de Silva, Silva e Oliveira (2004) de caju-do-cerrado *in natura* adquirido nos municípios de Goiás e Hidrolândia, no Estado de Goiás, de 82,29 mg/100g e 3,11, respectivamente. Entretanto, estes autores relataram teores mais elevados de acidez titulável (19,22 mL/g) e menor concentração de vitamina C (36,92 mg/100g).

Assunção e Mercadante (2003) avaliaram o teor de vitamina C de diferentes variedades de caju (*Anacardium occidentale*) provenientes dos Estados do Piauí e São Paulo e observaram teores variando de 104 a 121 mg/100g. Diferenças significativas foram encontradas na concentração de vitamina C dos dois Estados, sendo que os cajus amarelo e vermelho do Piauí apresentaram valores mais altos. Provavelmente, a variedade e a região geográfica influenciaram a determinação do conteúdo de vitamina C do caju-do-cerrado, uma vez que os teores obtidos foram inferiores àqueles relatados por Assunção e Mercadante (2003).

5.1.2 Passas de caju-do-cerrado

As variáveis decodificadas e os resultados da perda de peso, perda de umidade, incorporação de sólidos e atividade de água para cada um dos 19 tratamentos estudados estão apresentados na Tabela 3.

Os critérios utilizados para seleção dos tratamentos que apresentaram melhor qualidade tecnológica foram a máxima perda de peso e umidade, baixa atividade de água e baixa incorporação de sólidos, além de maiores concentrações de vitamina C.

Tabela 3. Dados experimentais para perda de peso (PP), perda de umidade (PU), incorporação de sólidos (IS) e atividade de água (Aa) em diferentes condições de tempo, temperatura e concentração da solução osmótica

tratamento	X ₁	X ₂	X ₃	PP (%)	PU (%)	IS (%)	Aa
1	2	30	40	68,54	80,84	12,06	0,506
2	4	30	40	70,47	80,73	10,37	0,568
3	2	50	40	73,27	81,50	8,25	0,505
4	4	50	40	70,58	81,12	9,97	0,527
5	2	30	60	69,60	80,09	11,83	0,579
6	4	30	60	53,58	78,48	24,83	0,571
7	2	50	60	66,80	80,39	13,73	0,554
8	4	50	60	66,57	80,08	13,62	0,526
9	1,3	40	50	76,21	81,77	5,85	0,523
10	4,7	40	50	64,18	79,82	16,10	0,526
11	3	23	50	69,90	80,49	10,92	0,549
12	3	57	50	69,36	81,49	12,03	0,512
13	3	40	33	69,22	81,32	12,02	0,528
14	3	40	67	44,96	76,40	31,76	0,551
15	3	40	50	64,98	81,08	15,97	0,484
16	3	40	50	66,26	79,91	13,69	0,562
17	3	40	50	66,64	80,62	13,57	0,548
18	3	40	50	62,06	79,04	16,75	0,561
19	3	40	50	60,20	78,75	18,30	0,555

X₁ = tempo de imersão (h); X₂ = temperatura do tratamento osmótico (°C).

X₃ = concentração da solução osmótica (° Brix).

Verificou-se que os modelos completos para PP, PU, IS e Aa podem ser considerados satisfatórios para expressar a variação nas respostas, conforme os resultados da análise de variância (Tabela 4). Os modelos de regressão e coeficientes de determinação (R²) das respostas de PP, PU, IS e Aa estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 4. Análise de variância do modelo aplicado para perda de peso (PP), perda de umidade (PU), incorporação de sólidos (IS) e atividade de água (Aa)

	PP				PU			IS			Aa			
	GL	SQ.	QM	p	SQ.	QM	p	SQ.	QM	p	GL	SQ.	QM	p
Regressão														
Linear	3	445,96		0,0062	15,27		0,0129	310,78		0,0052		121,72		0,0057
Quadrática	3	246,9		0,0341	6,20		0,1156	165,70		0,0327		149,99		0,0047
Interação	3	49,17		0,4789	1,62		0,5854	35,68		0,4412		81,05		0,0086
Regressão total	9	742,02		0,0174	23,09		0,0474	512,17		0,0151		352,76		0,0059
Resíduo														
Falta de ajuste	5	132,95	26,59	0,1293	3,15	0,63	0,6879	91,87	18,37	0,0864	2			0,47
Erro puro	4	31,24	7,81		3,97	0,99		16,50	4,12		0			0
Erro total	9	164,19	18,24		7,12	0,79		108,38	12,04		2			0,47
<hr/>														
R ²		0,82			0,76							0,9987		
C.V.		6,47			1,1							13,645		

p < 0,05 é significativo para x = 0,05.

GL: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; C.V.: coeficiente de variação

Tabela 5. Modelos matemáticos e coeficientes de determinação (R²) dos modelos ajustados para perda de peso (PP), perda de umidade (PU), incorporação de sólidos (IS) e atividade de água (Aa)

Resposta	Modelo completo	R ² (%)
Perda de Peso (%)	$63,96 - 2,73^{0,0426} X_1 + 1,03^{n.s.} X_2 - 4,91^{0,0021} X_3 + 2,54^{n.s.} X_1^2 + 1,40^{n.s.} X_1 X_2 + 2,34^{n.s.} X_2^2 - 1,94^{n.s.} X_1 X_3 + 0,67^{n.s.} X_2 X_3 - 2,09^{n.s.} X_3^2$	82
Perda de Umidade (%)	$79,88 - 0,33^{n.s.} X_1 + 0,31^{n.s.} X_2 - 0,95^{0,0033} X_3 + 0,35^{n.s.} X_1^2 + 0,27^{n.s.} X_1 X_2 + 0,42^{n.s.} X_2^2 - 0,32^{n.s.} X_1 X_3 - 0,16^{n.s.} X_2 X_3 - 0,34^{n.s.} X_3^2$	76
Incorporação de Sólidos (%)	$15,72 + 2,21^{0,0432} X_1 - 0,85^{n.s.} X_2 + 4,14^{0,0017} X_3 - 2,00^{n.s.} X_1^2 - 1,21^{n.s.} X_1 X_2 - 1,83^{n.s.} X_2^2 + 1,61^{n.s.} X_1 X_3 - 0,64^{n.s.} X_2 X_3 + 1,85^{n.s.} X_3^2$	83
Atividade de água	$- 9,26 + 2,14^{0,0043} X_1 - 0,47^{n.s.} X_2 - 0,27^{n.s.} X_3 - 0,02^{0,0038} X_1^2 - 0,11^{0,0083} X_1 X_2 + 0,08^{0,0367} X_2^2 - 0,16^{0,0037} X_1 X_3 - 0,18^{0,006} X_2 X_3 + 0,10^{0,013} X_3^2$	99

p < 0,05 é significativo; n.s. = não significativo.

X1 = tempo de imersão (h); X2 = temperatura do tratamento osmótico (°C); X3 = concentração da solução osmótica (°Brix)

Para visualizar o efeito combinado de dois fatores para cada resposta, a superfície de resposta foi gerada de acordo com cada modelo em função de duas variáveis, enquanto a terceira variável, que apresentou menor influência na resposta, permaneceu no ponto central.

5.1.2.1 Perda de peso (PP)

Para perda de peso, o R^2 mostra que 82% da resposta foi explicado pelo modelo completo. Os efeitos lineares do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica foram os mais importantes para explicar esta resposta (Tabela 5 e Figura 1).

A perda de peso das passas de caju foi inversamente proporcional ao tempo de imersão e concentração da solução osmótica (Figura 1). Os valores mais elevados para perda de peso ocorreram com maior frequência nas duas primeiras horas de imersão e em soluções com até 50° Brix. Os tratamentos que obtiveram melhores resultados quanto a essa resposta foram 2, 3, 4 e 9.

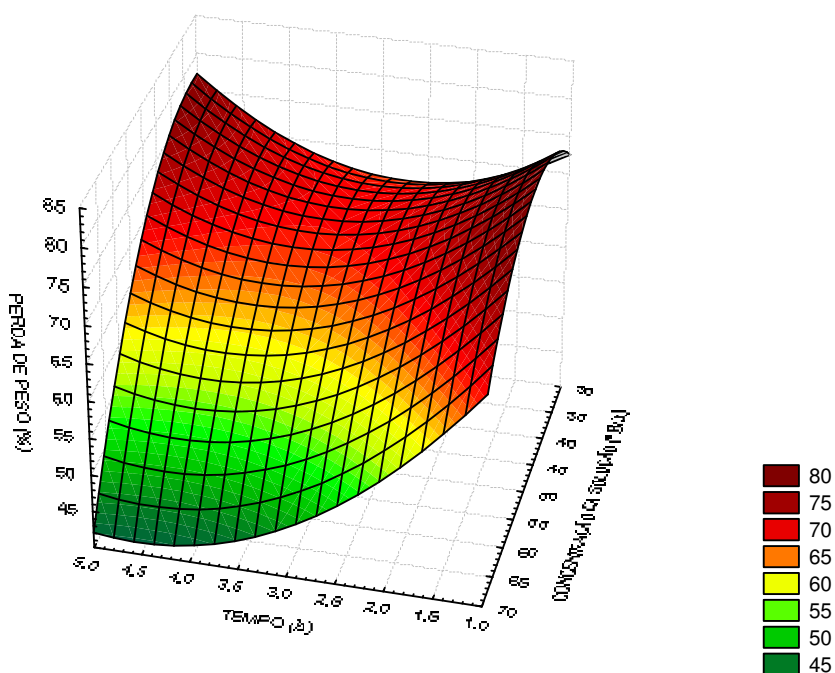


Figura 1. Superfície de resposta para o efeito do tempo e da concentração da solução na perda de peso (PP) das passas de caju-do-cerrado.

5.1.2.2 Perda de umidade (PU)

A perda de umidade foi afetada significativamente ($p \leq 0,05$) somente pela concentração da solução osmótica. O modelo completo explicou 76% da variação observada na variável dependente e apenas o termo linear negativo foi significativo nesta variável (Tabela 5). Observou-se que houve uma tendência na redução da perda de umidade em passas de caju elaboradas com concentrações a partir de 60° Brix.

A elevação da concentração da solução osmótica induz a um aumento na transferência de água da fruta para a solução osmótica, devido ao aumento do gradiente de pressão (TELES et al., 2006; FERNANDES et al., 2006b). Entretanto, a sacarose em excesso pode atuar como uma resistência adicional à transferência de água entre fruta e solução, em razão do tamanho da molécula de sacarose (TELES et al., 2006). Este efeito da sacarose pode explicar a tendência na redução da transferência de água do pseudofruto de caju em solução acima de 50°Brix.

Ao contrário da perda de umidade, a perda de peso foi afetada também pelo tempo de imersão das amostras, o que possivelmente pode ser explicado por alterações da concentração de sólidos com o transcorrer do tempo de processo, independente do teor de umidade.

Resultados diferentes foram obtidos por Azoubel e Murr (2003) na otimização da desidratação osmótica de caju em solução de sacarose, visto que esses pesquisadores constataram o efeito da temperatura como o mais importante. No entanto, Khoyi e Hesari (2007) observaram que além da temperatura a concentração da solução osmótica foram as variáveis com maior influência na desidratação osmótica de damasco, comparando-se com os efeitos do tempo e concentração da solução osmótica.

Os tratamentos que obtiveram melhores resultados de perda de umidade das passas de caju foram: 3, 4, 9, 12, 13 e 15.

5.1.2.3 Incorporação de sólidos da solução osmótica (IS)

A incorporação de sólidos foi afetada significativamente ($p \leq 0,05$) pelo tempo de imersão e pela concentração da solução osmótica, sendo os efeitos lineares os mais importantes para esta resposta (Tabela 5 e Figura 2). Para a IS o R^2 de 83% foi considerado bastante satisfatório, indicando a adequação do modelo.

As menores incorporações ocorreram até 50° Brix com até duas horas de imersão, e os valores mais elevados de incorporação de sólidos foram observados a partir de três horas de imersão e 60° Brix. Azoubel e Murr (2003) também verificaram que além do tempo de imersão (90 a 240 min), a temperatura (30°C a 50°C) influenciou a incorporação de sólidos (sacarose e xarope de milho) em pseudofrutos de caju.

Fernandes et al (2006a) observaram que quanto maior o tempo de desidratação osmótica de banana, maior a transferência de sacarose ao produto final até o limite de duas horas e 67° Brix. Após duas horas houve interrupção da difusão da sacarose da solução para a fruta, embora a remoção de água da banana tenha continuado.

Os tratamentos com melhor desempenho para esta resposta foram aqueles que apresentaram baixa incorporação de sólidos (3, 4 e 9), uma vez que a incorporação elevada de sacarose pode alterar o sabor característico da fruta.

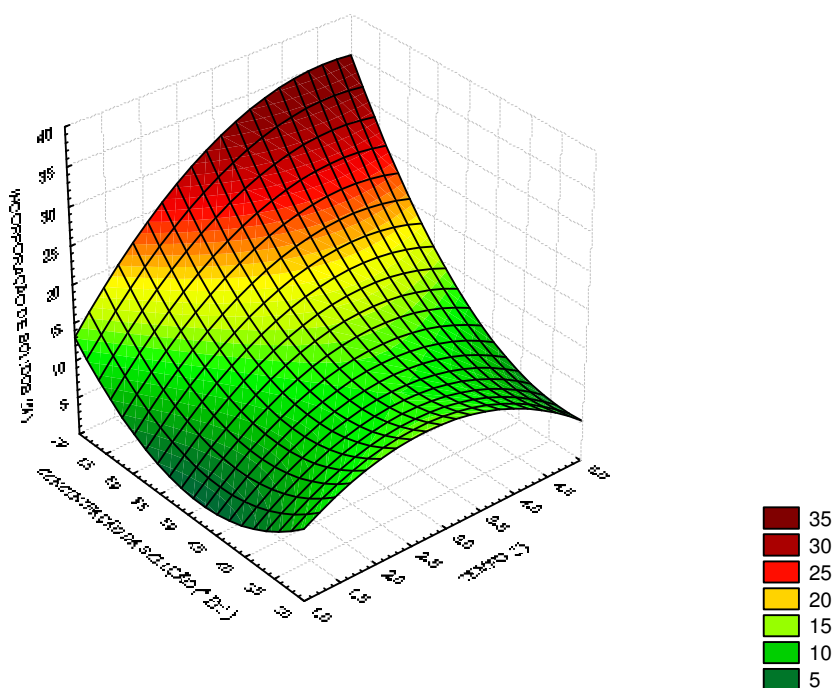


Figura 2. Superfície de resposta para o efeito do tempo e da concentração da solução na incorporação de solutos (IS) das passas de caju-do-cerrado.

5.1.2.4 Atividade de água (*Aa*)

A atividade de água foi afetada significativamente ($p < 0,05$) pelos efeitos lineares e quadráticos de tempo, temperatura e concentração da solução osmótica e pelas interações entre tempo e temperatura, tempo e concentração e temperatura e concentração da solução (Tabela 5 e Figuras 3 e 4). O modelo completo explicou 99% da variação total observada na variável dependente, o que caracteriza um bom ajuste do modelo (Tabela 5). Os menores valores foram observados nas três primeiras horas e em temperaturas maiores que 45°C .

Apesar de ter sido estabelecido previamente que os valores mais baixos de *Aa* corresponderiam as condições mais adequadas de tratamento para esta resposta, os resultados obtidos nos 19 tratamentos estão abaixo do máximo recomendado ($< 0,60$) por Silva (2000), para inibir o crescimento de qualquer tipo de microrganismo.

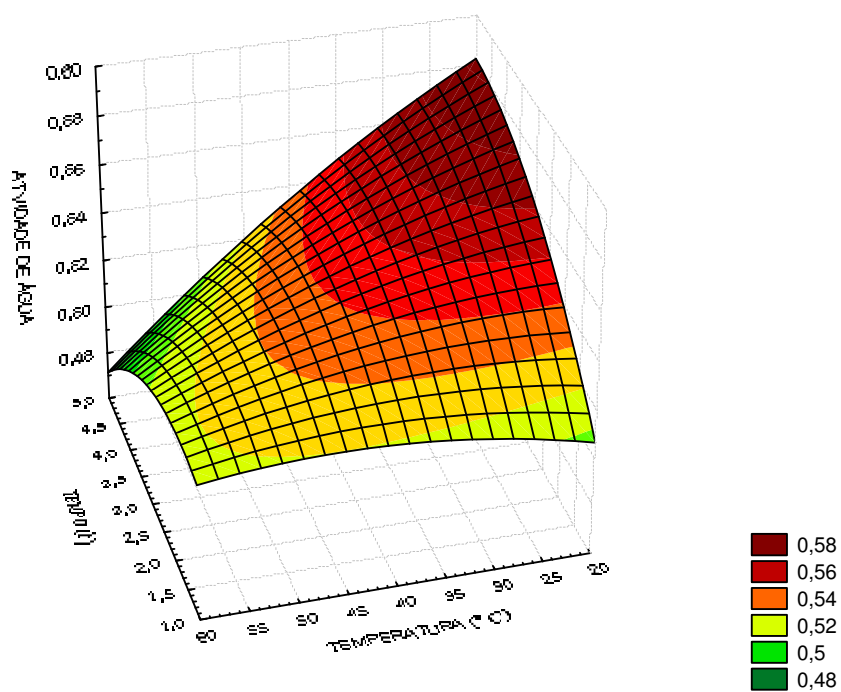


Figura 3. Superfície de resposta para o efeito do tempo e da temperatura na atividade de água (Aa) das passas de caju-do-cerrado.

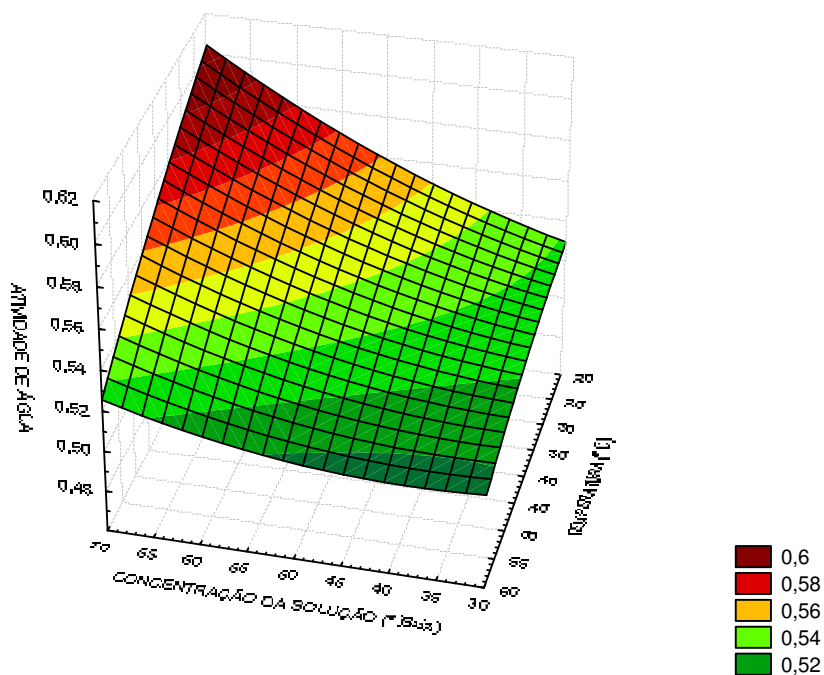


Figura 4. Superfície de resposta para o efeito da temperatura e da concentração da solução na atividade de água (Aa) das passas de caju-do-cerrado.

5.1.2.5 Vitamina C

Os dados obtidos para vitamina C dos 19 tratamentos estão apresentados na Tabela 6. A vitamina C foi afetada significativamente ($p \leq 0,05$) pelo efeito quadrático do tempo de imersão e pelas interações entre tempo e temperatura, e tempo e concentração da solução. O modelo explicou 78% da variação (Tabela 7), entretanto, a falta de ajuste foi significativa. Esta significância foi considerada irrelevante, pois o quadrado médio para o erro experimental (erro puro) foi baixo (2,28) e o coeficiente de variação 9,94% (Tabela 8).

Os maiores teores de vitamina C foram observados com maior frequência em passas de caju elaboradas com três horas de imersão na solução osmótica até 50° Brix e 40° C (Figura 5), que correspondem aos tratamentos 2, 7, 10, 11, 13, 16 e 17. Entretanto, as perdas de vitamina C das passas de caju foram elevadas (86 a 95%) quando comparadas ao teor de vitamina C do pseudofruto *in natura* em base seca (288,14 mg/100g). Ressalta-se que para o processamento das passas, os frutos foram cortados ao meio, imersos em solução aquosa e submetidos à temperatura de até 65°C (secagem), o que provavelmente contribuiu para a redução da estabilidade da vitamina C.

Azoubel e Murr (2003) constataram perdas menores de vitamina C (34 - 44%) em pseudofrutos de caju submetidos a desidratação osmótica preparada com 44% a 60% de sacarose ou xarope de milho e temperatura de 34°C a 50°C durante 90 a 240 minutos.

Por outro lado, os teores de vitamina C obtidos (11,5 a 32,0 mg/100 g) foram consideráveis em comparação com a recomendação da FAO/WHO (2002) de 45 mg por dia para adultos de ambos os sexos, o que corresponde aproximadamente 25 a 70% do valor de referência.

Tabela 6. Teores de vitamina C (mg/100g) e acidez titulável (mL/g) das passas de caju-do-cerrado

Tratamento	X ₁	X ₂	X ₃	Vitamina C	Acidez titulável
1	2	30	40	11,54	32,17
2	4	30	40	20,81	37,84
3	2	50	40	17,70	16,42
4	4	50	40	13,68	54,62
5	2	30	60	17,71	37,00
6	4	30	60	16,32	18,38
7	2	50	60	19,89	42,85
8	4	50	60	11,92	12,23
9	1,3	40	50	14,74	34,71
10	4,7	40	50	19,23	27,61
11	3	23	50	32,07	45,81
12	3	57	50	18,64	23,37
13	3	40	33	24,97	39,20
14	3	40	67	16,82	14,29
15	3	40	50	17,17	30,86
16	3	40	50	19,50	31,43
17	3	40	50	19,46	31,89
18	3	40	50	16,46	29,08
19	3	40	50	15,86	30,29

X₁ = tempo de imersão (h); X₂ = temperatura do tratamento osmótico (°C).

X₃ = concentração da solução osmótica (° Brix).

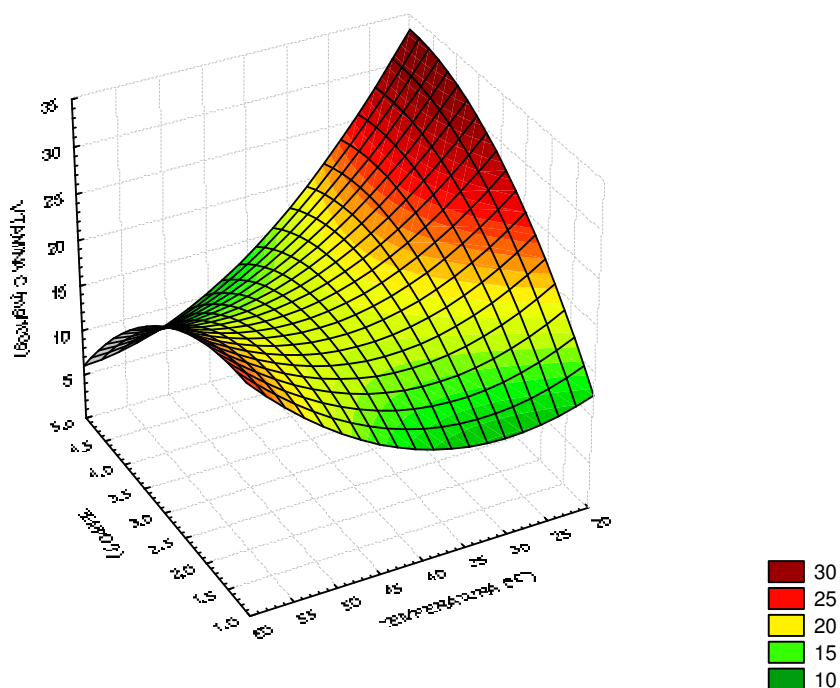


Figura 5. Superfície de resposta para o efeito do tempo e da temperatura na concentração de vitamina C das passas de caju-do-cerrado.

Tabela 7. Modelos matemáticos e coeficientes de determinação (R^2) dos modelos ajustados para vitamina C e acidez titulável

Resposta	Modelo completo	R^2 (%)
Vitamina C	$17,69 - 0,51^{n.s.} X_1 - 0,40^{n.s.} X_2 + 0,26^{n.s.} X_3 - 1,50^{0,0393} X_1^2 - 2,48^{0,0001} X_1X_2 - 1,83^{0,0004} X_1X_3 - 0,16^{n.s.} X_2X_3$	78
Acidez titulável	$30,71 - 0,67^{n.s.} X_1 + 0,09^{n.s.} X_2 - 3,82^{0,0112} X_3 + 0,73^{n.s.} X_1^2 + 2,57^{n.s.} X_1X_2 - 11,64^{0,0001} X_1X_3 - 0,16^{n.s.} X_2X_3$	83

5.1.2.6 Acidez titulável

Os dados obtidos para acidez titulável dos 19 tratamentos estão apresentados na Tabela 5. A acidez titulável foi afetada significativamente ($p \leq 0,05$) pela concentração da solução osmótica e pelas interações entre concentração versus tempo e concentração (Tabela 7). A acidez titulável aumentou conforme a diminuição da concentração da solução osmótica e houve uma tendência de redução dos valores de acidez a medida em que o tempo de imersão se elevou (Figura 6).

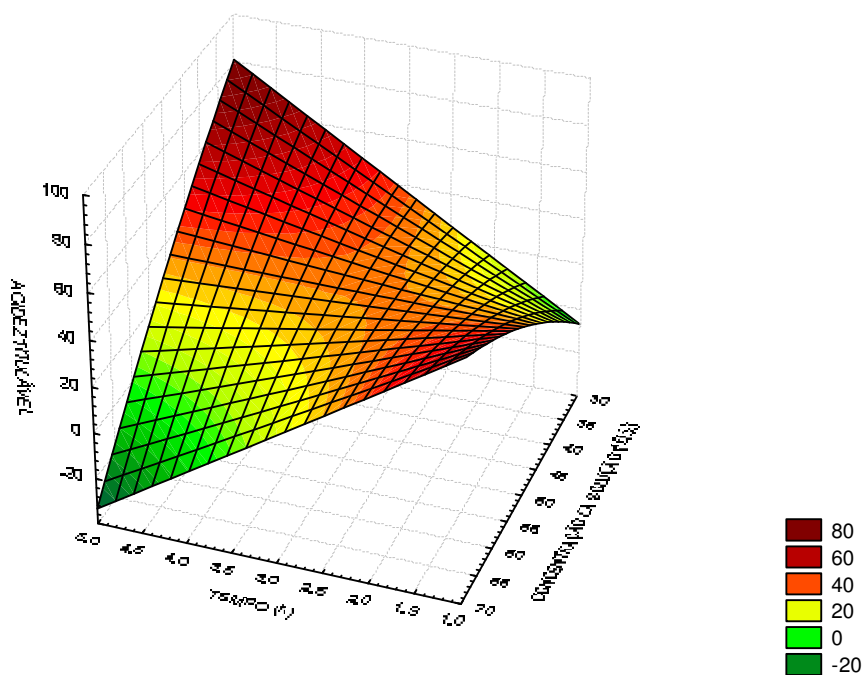


Figura 6. Superfície de resposta para o efeito do tempo e da concentração da solução na acidez titulável das passas de caju-do-cerrado.

O R^2 mostra que 83% da resposta pode ser explicada pelo modelo completo (Tabela 7). O coeficiente de variação de 17,37% (Tabela 8) ainda pode ser considerado aceitável. Embora a falta de ajuste tenha sido significativa, o quadrado médio do erro experimental foi baixo (1,83).

Tabela 8. Análise de variância do modelo aplicado para vitamina C e acidez titulável

	Vitamina C				Acidez titulável		
	Grau de liberdade	Soma dos quadrados.	Quadrado médio	p	Soma dos quadrados	Soma dos quadrados	p
Regressão							
Linear	3	7,85		0,4413	241,13		0,0733
Quadrática	1	13,74		0,393	3,26		0,7424
Interação	3	152,46		< 0,0001	2273,64		< 0,0001
Regressão total	7	174,05		< 0,0001	2518,03		< 0,0001
Residual							
Falta de ajuste	1	11,22	11,22	0,0406	495,51	495,51	< 0,0001
Erro puro	17	38,83	2,28		31,76	1,87	
Erro total	18	50,05	2,78		527,27	29,29	
R²							
		0,78			0,83		
C.V.							
		9,94			17,37		

p < 0,05 é significante para x = 0,05.

Falta de ajuste não é significante para p > 0,05.

5.1.2.7 Umidade, pH e Açúcaesr redutores

Para umidade, pH e açúcar redutor o modelo proposto não foi adequado para expressar a variação na resposta. Assim, foi utilizado teste de Tukey para análise dos dados. Os resultados dos 19 tratamentos apresentaram pequenas variações. No entanto, houve diferença significativa para a maioria dos tratamentos (Tabela 9). Os baixos teores de umidade das passas de caju (11,17 a 16,11 g/100g) estão de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação federal vigente (BRASIL, 2005) que determina que a umidade deve ser de, no máximo, 25 g/100g.

Tabela 9. Teores de umidade (g/100g), pH e açúcares redutores (mg/100g) das passas de caju-do-cerrado

Tratamento	Umidade	pH	Açúcares. Redutores
1	13,190 f	3,47 ab	66,67 j
2	14,410 cde	3,51 a	70,00 g
3	13,055 f	3,40 cdef	63,16 m
4	13,160 f	3,33 g	69,56 h
5	16,110 a	3,45 abc	65,88 k
6	14,030 cdef	3,19 i	53,33 p
7	13,855 def	3,22 hi	73,68 c
8	14,680 bcd	3,44 bcd	66,67 j
9	13,535 ef	3,25 h	58,95 o
10	14,435 cde	3,39 defg	71,58 f
11	14,940 bc	3,34 fg	68,89 i
12	11,435 g	3,21 hi	74,00 b
13	11,925 g	3,25 hi	73,33 d
14	15,610 ab	3,40 cdef	72,00 e
15	11,17 g	3,34 fg	74,00 b
16	15,070 abc	3,34 fg	75,79 a
17	13,105 f	3,37 efg	62,00 n
18	15,695 ab	3,36 efg	69,47 h
19	15,690 ab	3,42 bcde	65,26 l

Valores de seguidos da mesma letra em uma mesma coluna não diferem entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Os maiores valores de pH foram verificados em passas de caju preparadas com 30°C e solução osmótica com 40° Brix (pH de 3,40 a 3,51). Embora a variação tenha sido pequena considerando todos os tratamentos (Tabela 8). O pH ácido auxilia a conservação de frutas, uma vez que o valor mínimo para permitir o crescimento de bactérias é 4,5 (BARUFFALDI; OLIVEIRA, 1998).

Quanto aos açúcares redutores, os teores mais elevados foram obtidos em tempos de imersão superiores a três horas e temperaturas acima de 40 °C, independente da concentração da solução osmótica.

5.2 ACEITAÇÃO DO PRODUTO

As respostas dos 19 tratamentos foram muito variadas em função das condições de processamento. Vale lembrar que após a desidratação osmótica todos os tratamentos foram submetidos a desidratação com circulação forçada de ar a 65 °C por sete horas. Optou-se por selecionar aqueles tratamentos que apresentaram com maior frequência os melhores resultados conforme os critérios previamente estabelecidos (perda de peso, perda de umidade, incorporação de sólidos, atividade de água e vitamina C). Os tratamentos escolhidos para análise sensorial foram: 2, 3, 4 e 9, de acordo com as respostas desejadas. O tratamento 2 obteve bons resultados para perda de peso e vitamina C; os tratamentos 3, 4 e 9 apresentaram alta perda de peso, perda de umidade e baixa incorporação de sólidos. Observou-se para todos os tratamentos baixos valores de atividade de água.

Os tratamentos aceitos foram os que obtiveram média igual ou superior a seis (“gostei levemente”). Portanto, em relação à degustação, os tratamentos aceitos foram 2 (4 horas, 30° C e 40° Brix) e 4 (4 horas, 50° C e 40° Brix); e para aparência os tratamentos 2, 3 (2 horas, 50° C e 40° Brix) e 4, cujas médias de aceitação foram superiores a 6,0 (Tabela 10). No entanto, o tratamento 4 apresentou a maior média de aceitação para degustação e aparência, e diferiu significativamente dos demais (Apêndice C).

Tabela 10. Escores de aceitação do teste sensorial das passas de caju-do-cerrado

Tratamento	Degustação	Aparência
4	7,67 a	7,82 a
2	6,06 b	6,27 b
3	5,30 b	6,18 b
9	5,30 b	4,73 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar dos tratamentos 2 e 4 terem sido aceitos, o histograma de frequência (Figura 7) confirma a superioridade do tratamento 4, uma vez que um maior número de provadores (84,84%) atribuiu notas superiores ao 6,0 a este tratamento. Também para aparência, a maioria dos provadores (90,9%) avaliou o tratamento 4 com escores do que 6,0 (Figura 8), o que está de acordo com os resultados do teste de médias.

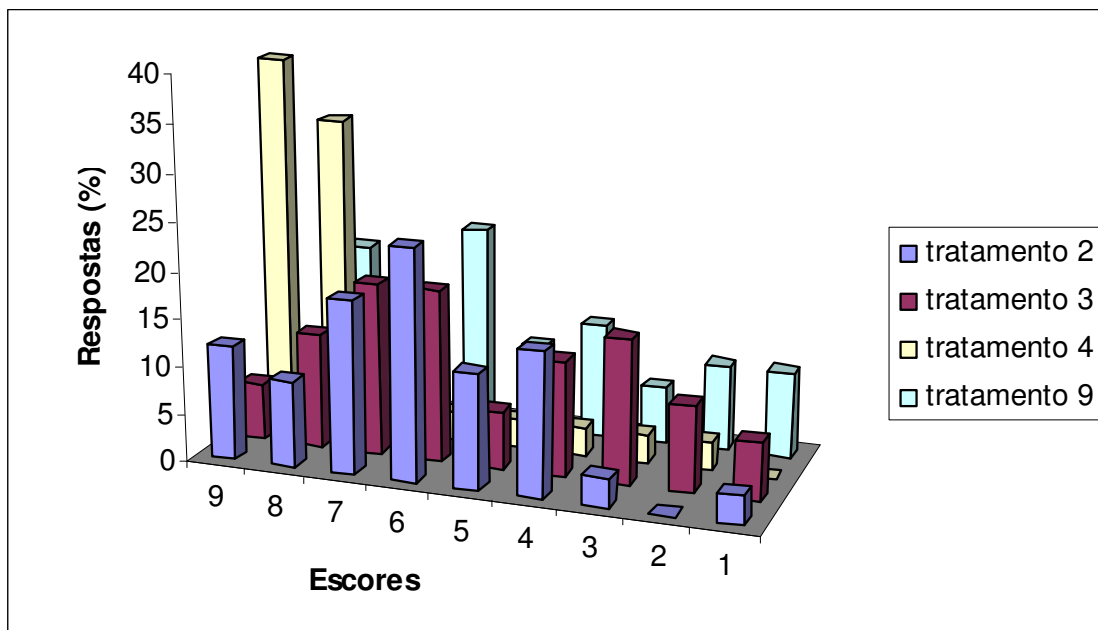


Figura 7. Histograma de frequência dos escores de degustação das passas de caju-do-cerrado.

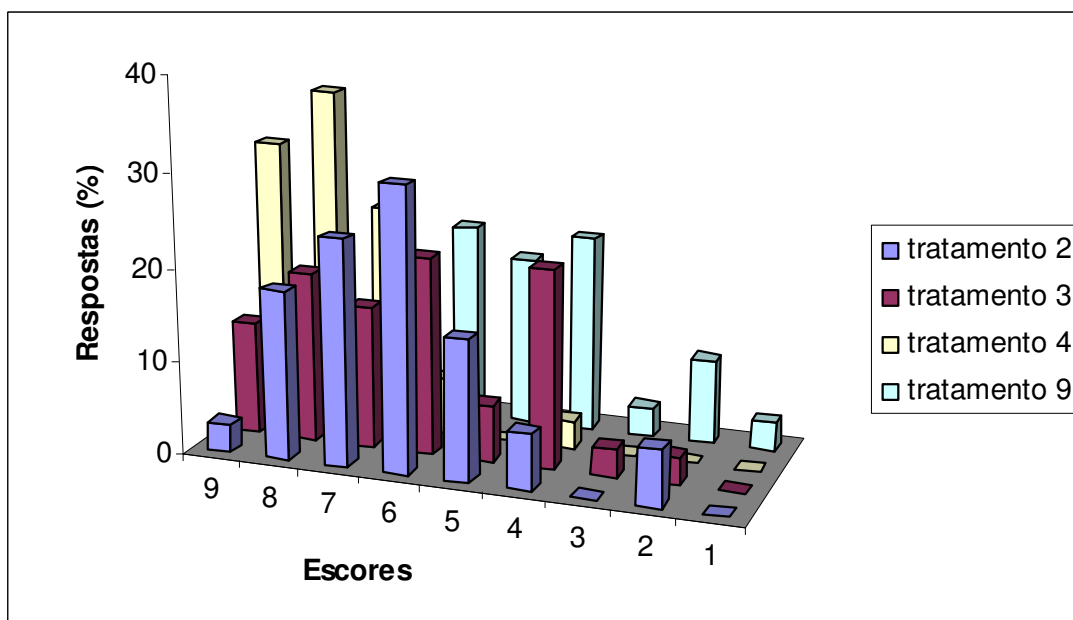


Figura 8. Histograma de frequência dos escores de aparência das passas de caju-do-cerrado.

6 CONCLUSÕES

O processo de desidratação osmótica do caju-do-cerrado foi influenciado pelo tempo de imersão, a temperatura de processamento e a concentração da solução osmótica em diferentes níveis. Os modelos matemáticos obtidos para as variáveis estudadas foram adequados para a investigação do processo de acordo com o delineamento experimental utilizado.

As melhores condições do processo de desidratação osmótica do caju-do-cerrado determinadas matematicamente conforme os critérios de máxima perda de peso e de água, baixa incorporação de sólidos e atividade de água e maior concentração de vitamina C foram os seguintes tratamentos: 2 (4 horas, 30° C e 40° Brix), 3 (2 horas, 50° C e 40° Brix), 4 (4 horas, 50° C, 40° Brix) e 9 (1,3 hora, 40° C e 50° Brix).

Os produtos considerados aceitos no teste sensorial para degustação e aparência foram obtidos a partir dos tratamentos 2 e 4, sendo que o tratamento 4 apresentou os maiores escores de aceitação. Assim, passas de caju-do-cerrado elaboradas com solução osmótica de 40° Brix, temperatura de imersão de 50° C durante quatro horas, seguido de secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, podem ser consideradas de melhor qualidade tecnológica e bem aceitas em teste sensorial em laboratório.

O processo estudado é uma alternativa interessante para a conservação do caju-do-cerrado, visto que pode ser utilizada uma tecnologia simples e de baixo custo, que permite a obtenção de um produto com características sensoriais próximas ao *in natura*

REFERÊNCIAS

- ALAKALI, J. S.; ARIAHU, C. C.; NKPA, N. N. Kinetics of osmotic dehydration of mango. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 30, n. 5, p. 597-607, 2006.
- ALVES, D. G.; BARBOSA JR, J. L.; ANTONIO, G. C.; MURR, F. E. X. Osmotic dehydration of acerola fruit *Malpighia puniceifolia* L.). **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 68, n. 2, p. 99-103, 2005.
- ALVES, R. E. **Frutas do Brasil: caju, pós-colheita**. Brasília: Embrapa, Agroindústria tropical, 2002. 36 p.
- ANDERSEN, O.; ANDERSEN, V. U. **As frutas silvestres brasileiras**. Rio de Janeiro: Publicações Globo Rural, 1988. 203 p.
- ANDRADE, S. A. C.; BARROS NETO, B.; NÓBREGA, A. C.; AZOUBEL, P.M.; GUERRA, N. B. Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of jenipapo (*Genipa americana* L.). **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 78, n. 2, p. 551-555, 2007.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analyses**. Washington, 1984. p 844-845.
- ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, A. D. Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): variety and geographic effects. **Food Chemistry**, London, v. 81, n.4, p. 495-502, 2003.
- AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 195 p.
- AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. X. Optimisations os osmotic dehydration of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) in sugar solutions. **Food Science and Technology International**, London, v. 9, n. 6, p. 427-433, 2003.
- BARROS, L. M. **Frutas do Brasil: caju, produção**. Brasília: Embrapa, Agroindústria tropical, 2002. 148 p.
- BARUFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v.3.
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A, J. A comparision of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) Resolução RDC nº272, de 22 de setembro de 2005. Fixa a identidade e as características mínimas de qualidade a que devem obedecer os produtos vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. Disponível em: <[http:// www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)>. Acesso em 25 de abr. de 2007.

CHENLO, F.; MOREIRA, R.; FERNANDÉZ-HERRERO, C.; VÁZQUEZ, G. Osmotic dehydration of chestnut with sucrose: mass transfer process and global kinetics modelling. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 78, n. 3, p. 765-774, 2007.

EL-AQUAR, Â. A.; MURR, F. E. X. Estudo e modelagem da cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 69-75, 2003.

EL-AQUAR, Â.A.; AZOUBEL, P.M.; BARBOSA JUNIOR, J. L.; MURR, F. E. X. Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.). **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 75, n. 2, p. 267-274, 2006.

EREN, I.; KAYMAK-ERTEKIN, F. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 79, n. 1, p. 344-352, 2007.

FALADE, K. O.; AKINWALE, T. O.; ADEDOKUN, O.O. Effect of drying methods on osmotically dehydrated cashew apples. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 216, n.6, p. 500-504, 2003.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Report of a joint FAO/WHO expert consultation Bangkok, Thailand. **Human vitamin and mineral requirements**. Rome, 2002. 286 p.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O. C. P.; OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 77, n. 1, p. 188-193, 2006a.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O. C. P.; OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. **Food Research International**, Barking, v. 39, n. 4, p. 492-498, 2006b.

FERRARI, C. C.; RODRIGUES, L. K.; TONON, R. V.; HUBINGER, M. D. Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 564-570, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005. 1018 p. (Série A - Normas e Manuais Técnicos).

GRIZOTTO, R. K., BRUNS, R. E., AGUIRRE, J. M., BATISTA, G. Otimização via metodologia de superfície de respostas dos parâmetros tecnológicos para produção de fruta estruturada e desidratada a partir de polpa concentrada de mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 158-164, 2005.

JOKIC, A.; GYURA, J.; LEVIC, L.; ZAVARGÓ, Z. Osmotic dehydration of sugar beet in combined aqueous solutions of sucrose and sodium chloride. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 78, n.1, p. 47-51, 2007.

- KHOYI, M. R.; HESARI, J. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 78, n. 4, p. 1355-1360, 2007.
- LIMA, A. S.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; SOUSA, P. H. M. Estudo da estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 107-109, 2004.
- LUNA, J. V. U. **Instruções práticas para o cultivo de frutas tropicais**. Salvador: Empresa de pesquisa agropecuária da Bahia, 1984. 55 p.
- MANDALA, I. G.; ANAGNOSTARAS, E. F.; OIKONOMOU, C. K. Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 69, n. 3 p. 307-316, 2005.
- MELO, Q. M. S. **Frutas do Brasil: caju, fitossanidade**. Brasília: Embrapa, Agroindústria tropical, 2002. 36 p.
- MESQUITA, P. C.; MAIA, G. A.; SOUZA FILHO, M. S. M.; NASSU, R. T. Estabilidade microbiológica, físico-química e sensorial de pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale* L.) processados por métodos combinados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 366-369, 2003.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.
- MOLINA-FILHO, L.; PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; BARBOZA, S. H. R. Influência da temperatura e da concentração do cloreto de sódio (NaCl) nas isotermas de sorção da carne de Tambaqui (*Colossoma macroparum*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 453-458, 2006.
- MOTA, R. V. Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêsego submetidas à desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 789-794, 2005.
- NAVES, R. N. **Espécies frutíferas dos cerrados de Goiás: caracterização e influências do clima e dos solos**. 1999. 202 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1999.
- ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Atmed, 2005. v.1.
- PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra barlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.
- SAS Institute Inc. System for Windows (Release 8.2). SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA, 1998.

SHIGEMATSU, E.; EIK, N. M.; KIMURA, M.; MAURO, M. A. Influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 536-545, 2005.

SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 227 p.

SILVA, M. R.; SILVA, M. S.; OLIVEIRA, J. S. Estabilidade de ácido ascórbico em pseudofrutos de caju-do-cerrado refrigerados e congelados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 1, p. 9-14, 2004.

SILVA, M. R.; MIRANDA, M. Z.; SILVA, P. R. M.; XAVIER, S. C. Absorção de óleo de soja e sódio em arroz e feijão preparados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.04, n.1, p. 21-27, 2004.

SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA, A. C. R. Goiabas desidratadas osmoticamente seguidas de secagem em estufa. **Revista Brasileira de Friticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 414-416, 2003.

SOUZA FILHO, M. S. M.; LIMA, J. R.; SOUZA, A. C. R.; SOUZA NETO, M. A.; COSTA, M. C. Efeito do branqueamento, processamento osmótico, tratamento térmico e armazenamento na estabilidade da vitamina C de pedúnculos de caju processados por métodos combinados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n.2, p. 211-213, 1999.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Affective testing. In: _____. **Sensory evaluation practices**. Flórida: Academic Press, 1985. chap. 7, p. 227-252.

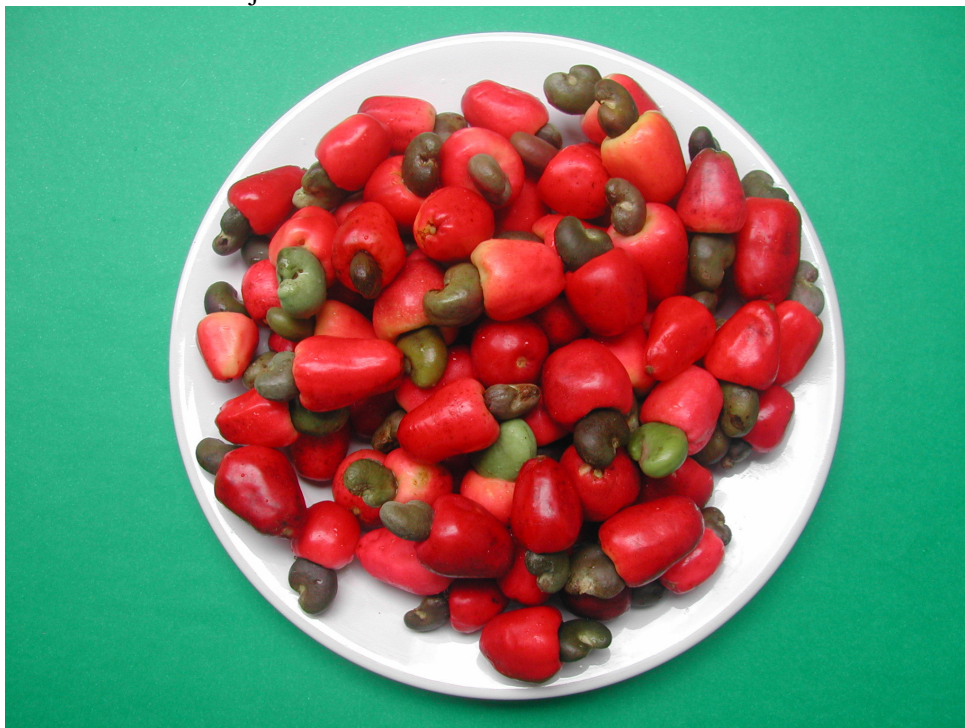
TELES, U. M.; FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; LIMA, A. S.; MAIA, G. A. Optimization of osmotic dehydration of melons followed by air-drying. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 41, n. 6, p. 674-680, 2006.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 715-723, 2006.

TORREGGIANI D.; BERTOLO, G. Osmotic pré-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 49, n. 2-3, p. 247-253, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Caju-do-cerrado *in natura*



APÊNDICE B - Desidratação osmótica do caju-do-cerrado



APÊNDICE C - Passas de caju-do-cerrado (tratamento 4)

ANEXOS**ANEXO A - Ficha de avaliação da análise sensorial de degustação (escala hedônica)**

Nome: _____		Data: ___ / ___ / ___	
Prove as amostras codificadas de caju-passa e avalie o quanto você gostou ou desgostou das mesmas, utilizando a escala abaixo:			
		9 - Gostei muitíssimo	
		8 - Gostei muito	
		7 - Gostei moderadamente	
		6 - Gostei levemente	
		5 - Indiferente	
		4 - Desgostei levemente	
		3 - Desgostei moderadamente	
		2 - Desgostei muito	
		1 - Desgostei muitíssimo	
Número amostras:	_____	Valor:	_____
	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
Comentário:			

Fonte: Stone e Sidel (1985).

ANEXO B - Ficha de avaliação da análise sensorial de aparência (escala hedônica)

Nome: _____		Data: ___ / ___ / ___	
Olhe as amostras codificadas de caju-passa e avalie o quanto você gostou ou desgostou das mesmas, utilizando a escala abaixo:			
		9 - Gostei muitíssimo	
		8 - Gostei muito	
		7 - Gostei moderadamente	
		6 - Gostei levemente	
		5 - Indiferente	
		4 - Desgostei levemente	
		3 - Desgostei moderadamente	
		2 - Desgostei muito	
		1 - Desgostei muitíssimo	
Número amostras:	_____	Valor:	_____
	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
Comentário:			

Fonte: Stone e Sidel (1985).

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)