

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**MIRELA ARAÚJO DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ADJUVANTES DE SECAGEM SOBRE AS  
PROPRIEDADES DE SUCO DE CAJU ATOMIZADO**

**FORTALEZA  
2008**

**MIRELA ARAÚJO DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ADJUVANTES DE SECAGEM SOBRE AS  
PROPRIEDADES DE SUCO DE CAJU ATOMIZADO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia  
Co-orientadora: Dra. Henriette M. C. de Azeredo

**FORTALEZA  
2008**

**MIRELA ARAÚJO DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ADJUVANTES DE SECAGEM SOBRE AS  
PROPRIEDADES DE SUCO DE CAJU ATOMIZADO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em    /    / 2008

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia (Orientador)**  
**Universidade Federal do Ceará - UFC**

---

**Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo**  
**Universidade Federal do Ceará - UFC**

---

**Dr. Edy Sousa de Brito**  
**Embrapa Agroindústria Tropical - CE**

Dedico

À DEUS, meus pais José Costa e  
Antônia Maria e aos meus irmãos  
Luciana Karine e Igor Araújo por  
todo apoio e incentivo.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo Dom da vida e por abençoar minha caminhada.

À meus pais por todo amor, dedicação e apoio em todos os momentos de minha vida.

Ao Prof Dr. Geraldo Arraes Maia, pela disponibilização da orientação neste curso, pelos ensinamentos, incentivo e atenção sempre dispensada.

À Dra. Henriette Azeredo (Ette), pela co-orientação ainda que fisicamente distante nos últimos meses permaneceu presente durante toda a realização desta pesquisa, pela compreensão, apoio e parceria.

Ao Dr. Edy Sousa de Brito, por ter aceito ser meu responsável na Embrapa após viagem de estudos da Dra Henriette, por toda atenção, colaboração e sugestões quando da realização desse trabalho.

Aos amigos da Embrapa Agroindústria Tropical Arthur Cláudio, Manoel de Sousa e Germano Éder pela ajuda durante processamento e colaboração intelectual na realização dos experimentos.

À Dra Janice Ribeiro Lima, minha orientadora na graduação, pela confiança, incentivo e respeito.

Ao amigo Leandro Damasceno pela amizade, carinho, incentivo e ajuda intelectual durante a realização desta dissertação.

Às amigas de Embrapa Virna Farias e Ana Paula Colares, pela amizade, apoio e pela disponibilidade constante em ajudar.

Ao amigo Paulo Henrique pelas considerações sempre bem vindas.

Às amigas de mestrado Ana Amélia Martins, Anália Pinheiro, Cristiane Rabelo, Cyntia Rafaelle, Ely Maria, Wedja Santana pela amizade e experiências vividas.

À Dra Maria Amélia Chaves Oliveira pelo cuidado, apoio e uso de suas agulhas curativas.

À Embrapa Agroindústria Tropical pelo estágio desde a graduação e por ceder as instalações para a realização dos experimentos.

À Jandaia Agroindústria Ltda, pela doação da matéria prima.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela concessão da bolsa de estudos durante o curso.

## RESUMO

As indústrias de frutas têm sofrido pressões para se adaptar aos crescentes requerimentos dos consumidores, relacionados a conveniência, segurança alimentar, e benefícios à saúde. Uma evidência de tais mudanças é o aumento da produção de sucos de frutas e produtos similares. Embora os néctares, prontos para beber, sejam produtos de conveniência, eles têm alto peso e volume, já que têm a água como principal componente. Esse é um aspecto inconveniente, e aumenta os custos de transporte. Os sucos em pó têm algumas vantagens sobre os sucos integrais, como o transporte mais fácil e barato e sua maior estabilidade microbiológica. No entanto, o consumidor parece ainda confundir sucos em pó com refrescos artificiais em pó, mais comumente encontrados, o que prejudica a consolidação dos primeiros no mercado. O caju (*Anacardium occidentale*) é uma fruta originária do Nordeste brasileiro, para o qual apresenta grande importância socioeconômica. É formado por castanha (verdadeiro fruto) e pedúnculo (pseudofruto). A alta perecibilidade do pedúnculo *in natura* tem motivado o desenvolvimento de processos que gerem produtos estáveis, disponíveis ao longo do ano, ao mesmo tempo facilitando seu transporte para longe da região produtora. A atomização é a técnica mais utilizada para secagem de alimentos líquidos. Entretanto, produtos ricos em açúcares, como sucos de frutas, são difíceis de atomizar, pois produzem pós muito higroscópicos, suscetíveis a aglomeração. Isso pode ser minimizado pela adição dos chamados adjuvantes de secagem, como as maltodextrinas, que reduzem sua higroscopicidade. O presente estudo envolveu uma tentativa de substituição (total ou parcial) de maltodextrinas (MD) por goma de cajueiro (GC), um polissacarídeo semelhante à goma arábica, muito abundante no Nordeste brasileiro, mas ainda pouco utilizada. O objetivo do trabalho foi avaliar o impacto de duas variáveis do processo de atomização - proporção adjuvante de secagem/ sólidos de caju (2:1-5:1) e grau de substituição de MD por GC (0-100%), segundo um delineamento composto central - sobre a retenção de ácido ascórbico e as propriedades físicas (higroscopicidade e fluidez) e solubilidade de suco de caju atomizado. A retenção de ácido ascórbico durante a atomização foi favorecida por maiores proporções adjuvante de secagem/sólidos de caju (AS/SC) e maior grau de substituição de MD por GC. A goma de cajueiro mostrou-se um material bastante promissor a ser utilizado como adjuvante de secagem. As condições de processo

consideradas como as mais adequadas foram as seguintes: proporção AS/SC, 5:1, com substituição de MD por GC em pelo menos 50%.

**Palavras-chave:** frutas tropicais; suco de caju; atomização; goma de cajueiro.

## ABSTRACT

The fruit industries have been compelled to adapt to the increasing consumer requirements related to convenience, food safety and health benefits. An evidence of such changes is the increasing production of fruit juices and related products. Although the ready-to-drink fruit nectars are convenience products, they have high weight and volume, since they have water as their main component. This is an inconvenient aspect, and increases transportation costs. The powder juices have some advantages over whole juices, such as easier and cheaper transportation and higher microbial stability. However, the consumers seem to confuse powder juices with the more commonly found fruit-flavored powder drinks, impairing the consolidation of the former in the market. Cashew (*Anacardium occidentale*) is a fruit from Brazilian Northeast, having great socio-economic importance for that region. It contains the cashew nut (the real fruit) and the cashew apple (pseudofruit). The low stability of the fresh cashew apple has motivated the development of processes to obtain more shelf-stable products which could be available all year long, and at the same time easy to transport to distant markets. Spray drying is the most used technique to dry liquid foods. However, sugar-rich foods such as fruit juices are difficult to dry, since they produce too hygroscopic powders, which are prone to caking and flowing problems. This can be minimized by addition of drying-aids, such as maltodextrins, which reduce their hygroscopicity. The present study involved an attempt to totally or partially replace maltodextrins (MD) by cashew tree gum (CTG), a polysaccharide similar to gum arabic, very abundant in Brazilian Northeast but under-utilized. The objective of the work was to evaluate the impact of two variables – drying aid/cashew apple solids (DA/CA) ratio (2:1-5:1) and degree of replacement of MD with CTG (0-100%), according to a central composite design – on ascorbic acid retention, physical properties (hygroscopicity and flowability) and solubility of spray dried cashew apple juice. The ascorbic acid retention was favored by higher

DA/CA ratios and higher replacements of MD. Cashew tree gum was shown as a promising drying aid material. The most adequate drying conditions were considered as being the following: DA/CA ratio, 5:1, with CTG replacing MD in at least 50%.

**Keywords:** tropical fruits; cashew apple juice; spray drying; cashew tree gum.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Desenho esquemático de um sistema de "Spray Dryer".	27
FIGURA 2	Esquema de um possível fragmento da goma de cajueiro.	29
FIGURA 3	Mini Spray Dryer Büchi B-290.	32
FIGURA 4	Curvas de contorno referentes à retenção de ácido ascórbico durante a atomização.	42
FIGURA 5	Curvas de contorno referentes ao ângulo de repouso estático resultante dos testes de fluidez dos pós obtidos por atomização.	43
FIGURA 6	Curvas de contorno referentes à absorção de umidade (higroscopicidade dos pós) obtidos por atomização.	44
FIGURA 7	Curvas de contorno referentes à solubilidade dos pós obtidos por atomização.	45

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Condições dos tratamentos, segundo o delineamento composto central.	33
TABELA 2	Respostas experimentais dos ensaios de atomização.	40
TABELA 3	Coefficientes de regressão (com base nos modelos codificados) e índices estatísticos	41

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	14
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	16
2.1 Caju ( <i>Anacardium occidentale</i> L)	16
2.2 Suco em pó x refresco em pó	17
2.3. Compostos de interesse funcional	19
2.3.1. Importância dos alimentos funcionais	19
2.3.2 Ácido ascórbico	21
2.3.3. Carotenóides	22
2.3.4 Fenólicos	24
2.4 Atomização	25
2.5 Adjuvantes de secagem	27
2.6 A Metodologia de Superfície de Resposta	30
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	31
<b>3.1 Material</b>	31
3.1.1 Matéria prima – Suco de caju integral	31
3.1.2 Preparo da Matéria-Prima e Condução do Experimento (processamento, acondicionamento e estocagem)	31
3.1.3 Obtenção da goma do cajueiro	32
3.2 Delineamento experimental e análise estatística dos resultados	32
<b>3.3 Métodos</b>	33
3.3.1 Umidade	34
3.3.2 Atividade de água	34
3.3.3 Higroscopicidade	34
3.3.4 Solubilidade	34
3.3.5 Fluidez	35
3.3.6 Teor de Ácido Ascórbico	35
3.3.7 Teor de carotenóides totais	35
3.3.8 Teor de fenóis totais	36
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	38
4.1 Caracterização do suco de caju integral	38
4.2 Avaliação da influência das condições de atomização sobre a retenção de ácido ascórbico e as propriedades físicas do pó	39

4.2 Caracterização do pó otimizado	46
<b>5 CONCLUSÃO</b>	47
<b>6 REFERÊNCIAS</b>	48

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as indústrias de frutas têm sofrido pressões para se adaptar aos crescentes requerimentos do consumidor. As exigências do consumidor atual de produtos de frutas referem-se principalmente aos seguintes aspectos: a) conveniência, requerendo o mínimo tempo possível de preparo; b) segurança alimentar; c) manutenção de características sensoriais e nutricionais bastante similares às das correspondentes frutas frescas; d) propriedades funcionais, especialmente antioxidantes, já que o consumidor tem se mostrado bastante preocupado com a prevenção de doenças. Um dos reflexos dessas preocupações dos consumidores é o aumento do consumo de sucos de frutas.

O Brasil é grande produtor e consumidor de sucos de frutas. Isso se deve, em grande parte, ao surgimento de produtos que têm o suco como ingrediente secundário, tais como, sorvetes, iogurtes e alimentos infantis. Soma-se a isso a obtenção de novos produtos, como os que combinam a utilização de duas ou mais bebidas, por exemplo, água de coco e suco clarificado de caju (cajuína) (PRATI *et al.*, 2005; CARVALHO *et al.*, 2005). No mercado de sucos, tais como as bebidas com sabor de fruta, sucos à base de soja e de sucos e néctares o crescimento foi contínuo, sem quedas em 2003, revelando um potencial de grande vigor. Outro segmento que não conhece crise é o de sucos em pó, que apresentou alta de 4,5% em 2004 (PAUSA ..., 2005).

O caju é uma cultura tropical que exerce importante papel econômico e social na região Nordeste do Brasil. É formado pela amêndoa (castanha), que é o verdadeiro fruto do cajueiro, e pedúnculo. O produto industrial mais significativo do pedúnculo é o suco de caju, extraído por desintegração e prensagem (PAIVA *et al.*, 2000).

A maioria dos métodos tradicionais utilizados pelas indústrias de sucos de frutas para obter produtos de alta estabilidade baseiam-se em um tratamento térmico. A produção de sucos em pó, com peso reduzido, alta estabilidade e conveniência, parece uma alternativa muito interessante para reduzir custos com refrigeração (no caso de polpas congeladas), transporte de produtos, e

principalmente para facilitar a exportação de sucos. A atomização (*spray-drying*) é um dos métodos mais utilizados para produção de pós.

A atomização (*spray drying*) é uma técnica muito utilizada para secagem de alimentos líquidos, produzindo pós. Entretanto, materiais ricos em açúcares e ácidos de baixo peso molecular (PM), como os sucos de frutas produzem pós muito higroscópicos, suscetíveis a aglomeração e problemas de fluidez, o que se deve à baixa temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ) desses compostos (BHANDARI et al., 1997). Por outro lado, o problema é evitado ou minimizado quando se adicionam os chamados adjuvantes de secagem, que são carboidratos de alto peso molecular, como as maltodextrinas, que, tendo uma  $T_g$  muito superior, reduzem a higroscopicidade dos pós e facilitam a secagem (BHANDARI et al, 1997; BHANDARI & HARTEL, 2005). A goma arábica, tendo valores de  $T_g$  maiores que as de maltodextrinas (RIGHETTO & NETTO, 2000; COLLARES et al., 2004), é provavelmente mais efetiva para reduzir a higroscopicidade de pós. Por outro lado, o alto custo da goma arábica tem motivado a busca por materiais substitutos (McNAMEE et al., 1998), como a goma do cajueiro (GC), de estrutura semelhante à goma arábica (PAULA et al., 2002).

Este trabalho justifica-se pelos seguintes aspectos: estudar novas possibilidades de produção de sucos de frutas no sentido de diversificar a oferta; inexistência de suco de caju em pó disponível no mercado; falta de dados a respeito da produção de suco de caju em pó; e contribuição ao agronegócio do caju em razão de inovações tecnológicas com reflexo no aumento da produção com conseqüências sociais, como geração de emprego e renda no Nordeste brasileiro.

Mediante ao exposto, o presente trabalho teve como objetivos:

- avaliar a influência da composição do adjuvante de secagem (goma de cajueiro e/ou maltodextrina) e de sua concentração (proporção adjuvante de secagem: sólidos de caju) sobre a retenção de ácido ascórbico e as propriedades físicas (higroscopicidade e fluidez) e solubilidade de um suco de caju em pó atomizado;
- estabelecer as faixas “ótimas” das variáveis para obtenção de um produto com máxima retenção de ácido ascórbico, com propriedades físicas adequadas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Caju

O cajueiro (*Anacardium Occidentale*) é uma frutífera originária do Nordeste brasileiro, hoje espalhada por toda a América Tropical e Antilhas, chegando a ser difundida em regiões da África e da Ásia (ABREU, 2006; LIMA, 1988). Mais de 98% da área ocupada com cajueiro no Brasil se encontra na região Nordeste. Deste total, 80% são cultivados nos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. A expansão da cultura nesses três estados, na segunda metade da década de 1960, deveu-se, principalmente, às condições climáticas favoráveis, ao baixo preço das terras, à maior concentração de indústrias de beneficiamento de castanhas e pedúnculos e ao grande incentivo proporcionado pelo Governo Federal, por meio da Sudene (PAULA PESSOA et al., 1995).

Em termos botânicos, o verdadeiro fruto do cajueiro é a castanha, uma amêndoa envolvida por uma casca dura; enquanto o pedúnculo (pseudofruto ou “maçã”), que é geralmente confundido com o fruto, conhecido como caju, constitui-se em um pedúnculo piriforme, amarelo, rosado ou vermelho, geralmente carnoso, fibroso, suculento e rico em vitamina C e ferro (PAIVA et al., 2000; FIGUEIREDO et al., 2002). Seu conteúdo de vitamina C é elevado, o que o coloca como grande fornecedor dessa vitamina (MUDAMBI & RAJARGORPAL, 1977). O fruto floresce a partir do mês de junho, prolongando-se até novembro. Os frutos amadurecem nos meses de setembro até janeiro (LIMA, 1988).

A cajucultura é uma atividade de destaque socioeconômico para o Nordeste. A industrialização do caju visa principalmente o processamento da castanha, para produção da amêndoa de castanha de caju, que é exportada para vários países. O pedúnculo, embora seja muito negligenciado (seu aproveitamento é estimado em apenas 12% de sua produção), tem propriedades de aroma e sabor bem peculiares e apreciadas, além de ser rico em compostos antioxidantes, como vitamina C e compostos fenólicos. Soma-se a isso o fato do pseudofruto do cajueiro ser uma importante fonte de alimento do Nordeste brasileiro, quer seja consumido “in natura”

ou em forma processada. Constitui matéria residual podendo ser industrializado sob diversas formas, tais como sucos, sorvetes, doces diversos (compota, cristalizado, ameixa, massa), licor, mel, geléias, cajuína, bem como refrigerantes gaseificados e aguardente. O produto industrial mais significativo do pedúnculo é o suco de caju, extraído por desintegração e prensagem (PAIVA et al., 2000).

Uma das grandes dificuldades enfrentada pelos produtores de caju é a vida útil extremamente curta, devido à delicada estrutura do pedúnculo associado a rápida perda de firmeza, coloração e aparência (FIGUEIREDO et al., 2002). A adstringência do caju, decorrente da presença natural de taninos, vem sendo tradicionalmente referida como um dos principais obstáculos contra o aumento das exportações dos pedúnculos de caju (AGOSTINI-COSTA et al., 2003).

Considerando a curta safra anual de caju (que abrange um período de apenas quatro meses) e a alta perecibilidade do pedúnculo in natura, é de grande importância o desenvolvimento de processos que tornem os produtos do pedúnculo disponíveis ao longo do ano, ao mesmo tempo facilitando seu transporte para longe da região produtora, que é espacialmente limitada (AGOSTINI - COSTA et al., 2003).

## **2.2. Suco de em pó x Refresco em pó**

Os sucos de frutas são consumidos e apreciados em todo o mundo, não só pelo seu sabor, mas, também por serem fontes naturais de carboidratos, carotenóides, vitaminas, minerais e outros componentes importantes (PINHEIRO et al, 2006).

As bebidas em pó no Brasil, durante muito tempo foram relegadas ao estigma de produtos de segunda linha, apesar de possuírem uma participação significativa no mercado de consumo de bebidas. A partir do final da década de 1990, a formulação dos preparados em pó para refresco foi se modificando para tornar-se mais atraente ao consumidor, com a introdução, além dos ingredientes usuais, de polpa e/ ou suco desidratado de frutas e fibras solúveis na composição dos produtos (CALEGUER, 2005).

Em um mundo que vive a “geração saúde”, onde as pessoas cada vez mais buscam produtos naturais, como frutas frescas ou sucos de frutas, os preparados sólidos, ou mais popularmente conhecido como refrescos em pó, carregam o estigma de produto artificial, sendo rejeitado por muitas pessoas. Portanto, torna-se conveniente diferenciar o suco em pó do preparado sólido para refresco.

Segundo a legislação nacional, preparado sólido para refresco é o produto à base de suco ou extrato vegetal de sua origem e açúcares, podendo ser adicionado de edulcorantes hipocalóricos e não-calóricos destinado à elaboração de bebida, para o consumo imediato, pela adição de água potável. Ao refresco, preparado sólido ou líquido para refrescos artificiais é vedado o uso da denominação “bebida de fruta ou de extrato vegetal”, em substituição à denominação “refresco”. A bebida que contiver corante e aromatizante artificial, em conjunto ou separadamente, será considerada colorida ou aromatizada artificialmente (BRASIL, 1998).

Diferentemente, o suco em pó é obtido a partir de sucos integrais de frutas, utilizando um processo de secagem. Trata-se, portanto, de um tipo de produto com potencial para ser muito bem recebido pelos consumidores, por se tratar de um produto natural, ao contrário dos preparados em pó para refresco. Em comparação com os sucos integrais, os sucos em pó têm as vantagens do volume e peso reduzidos, além do aumento da vida de prateleira do produto (CANO-CHAUCA et al., 2005).

No entanto, a obtenção de sucos em pó de alta qualidade passa por algumas dificuldades. O tratamento térmico deve ser muito brando ou muito rápido, a fim de se obterem produtos que, uma vez reconstituídos, produzam sucos similares às das correspondentes frutas in natura, sem muitas alterações nas propriedades sensoriais e antioxidantes. Uma técnica adequada é a atomização (*spray drying*), que, por ser muito rápida, minimiza a degradação dos compostos de sabor e dos antioxidantes. Além disso, os sucos de frutas têm altas concentrações de açúcares e ácidos de baixo peso molecular (PM), que têm baixa temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ). Devido ao baixo PM, a mobilidade molecular desses compostos é alta quando a temperatura está logo acima da  $T_g$ , o que faz com que sejam muito higroscópicos e percam a livre fluidez quando em ambientes de alta umidade relativa (BHANDARI et

al., 1997). Esse problema pode ser contornado pelo uso dos chamados adjuvantes de secagem.

## **2.3. Compostos de interesse funcional**

### **2.3.1. Importância dos alimentos funcionais**

A origem dos alimentos funcionais veio da observação de alguns hábitos alimentares de comunidades de todo o mundo. A baixa incidência de doenças em alguns povos chamou a atenção para a sua dieta: o baixo índice de doenças vasculares de povos como os esquimós, com alimentação baseadas em peixes e em produtos do mar ricos em ômega 3 e 6, e de franceses consumidores de vinho tinto; baixo índice de câncer de mama entre os orientais, devido ao consumo de soja, que contém fitoestrogênios; redução do risco de doenças coronarianas e de câncer, em populações que têm costume de consumir frutas e verduras (ANJO, 2004).

Alimentos funcionais são alimentos que proporcionam a quem os consome, com regularidade, além de energia para o corpo e funções nutricionais básicas, um benefício fisiológico, de maneira relevante para o bem estar e a saúde ou para a redução e prevenção de diversas doenças.

Esses alimentos podem variar de nutrientes isolados, produtos de biotecnologia, suplementos dietéticos, alimentos geneticamente construídos até alimentos processados e derivados de plantas (POLLONIO, 2000).

Três condições básicas devem ser alcançadas para que um alimento seja classificado como funcional de acordo com a legislação da maioria dos países: ser um alimento derivado de ingredientes de ocorrência natural; ser consumido em parte da dieta diária; apresentar função particular após sua ingestão, servindo para regular um processo metabólico específico, como aumento dos mecanismos de defesa biológica, prevenção de doenças, aumento da resistência, controle das condições

físicas naturais de envelhecimento e outros (KWAK & JUKES, 2001; ROBERFROID, 1999).

No Brasil, o Ministério da Saúde, através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) publicou duas resoluções, 18 e 19, relativas à alimentos funcionais, passando o Ministério da Agricultura a seguir essas normas para produtos de origem animal. Em 30 de abril de 1999, o ministério da Saúde através da portaria nº 398, considerou que a alegação de propriedade funcional é aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, no desenvolvimento, na manutenção e em outras funções normais do organismo humano.

O mercado para esse tipo de alimento movimenta cerca de US\$ 60 bilhões no mundo, responsável por mais da metade dos investimentos publicitários na área alimentícia e com perspectivas de crescimento da ordem de 5 % ao ano (SWADLING, 2001; HARDY, 2002) A perspectiva de elevado retorno financeiro, faz com que a indústria alimentícia invista em pesquisa, desenvolvimento e marketing de novos produtos.

O constante crescimento do mercado de produtos naturais, lights e enriquecidos no Brasil indica um dos caminhos das expectativas do consumidor: produtos voltados para uma vida saudável. É nesse contexto que se destacam os frutos tropicais, sobretudo em relação as suas características funcionais. O Brasil possui uma vasta biodiversidade de frutas tropicais tornando-se um dos mercados mais promissores no crescente nicho de alimentos funcionais (MONTE, 2006), que para BORGES (2001), devem exercer um efeito metabólico ou fisiológico que contribua para a saúde física e para a redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas.

Frutas têm sido altamente recomendadas pela enorme presença de substâncias fisiologicamente ativas, principalmente os antioxidantes. Estes são compostos que protegem sistemas biológicos contra os efeitos potencialmente danosos de processos ou reações que promovam a oxidação de macromoléculas ou estruturas celulares, sendo a capacidade antioxidante definida como a habilidade de um composto em reduzir espécies pró-oxidantes ou reativas de significância

patológica (ABDALLA, 2000; PRIOR & CAO, 1999). Entre os principais antioxidantes dietéticos, destacam-se o ácido ascórbico, os carotenóides e os compostos fenólicos (DIPLOCK et al., 1998).

### **2.3.2. Ácido ascórbico**

O ácido ascórbico ou vitamina C é um composto com atividade antioxidante encontrado principalmente nas frutas cítricas, hidrossolúvel, não sintetizado pelo homem e que é capaz de inibir a atividade de radicais livres e regenerar a vitamina E. É um derivado de hexose, solúvel em água e estável na forma seca. Quando em solução, é facilmente oxidável, por processos enzimáticos e não-enzimáticos, principalmente quando exposto ao oxigênio, calor, luz e na presença de certos íons metálicos, como Fe, Cu e Zn (ARAÚJO, 2004; FRANCO, 1998; MAHAN & ESCOTT-STUMP, 1998).

A vitamina C é essencial à saúde. O ácido ascórbico participa dos processos celulares de oxirredução, acelera a absorção intestinal dos íons de ferro e sua mobilização, influenciando sua distribuição dentro do organismo, como também é importante na biossíntese das catecolaminas. Previne o escorbuto, é importante na defesa do organismo contra infecções e fundamental na integridade das paredes dos vasos sanguíneos. É essencial para a formação das fibras colágenas existentes em praticamente todos os tecidos do corpo humano (derme, cartilagem e ossos) (GUILLAND & LEQUEU, 1995; MANELA-AZULAY, 2003)

Segundo MANELA-AZULAY (2003) a dose recomendada para manutenção de nível de saturação da vitamina C no organismo é de cerca de 100 mg por dia. As melhores fontes de vitamina C são frutas frescas (particularmente frutas cítricas, tomates e pimentão verde), batata assada e verduras. Algumas frutas, como camu-camu, acerola, caju, goiaba, groselha negra, também são ricas em vitamina C (BUENO et al, 2002; FIORUCCI et al, 2003).

Na indústria de alimentos o ácido ascórbico também tem sua importância como agente antioxidante na conservação de alimentos. O ácido ascórbico age diretamente com o oxigênio livre, formando o ácido deidroascórbico e eliminando o

suprimento de oxigênio disponível para reações de oxidação de constituintes sensíveis do alimento. Atua também na regeneração de antioxidantes, além de funcionar sinergicamente com os agentes complexantes, ou, na redução de produtos indesejáveis da oxidação (ARAÚJO, 2004).

DIB TAXI et al. (2003) estudaram a influência da temperatura de entrada e da concentração de adjuvantes de secagem (goma arábia e maltodextrina) sobre a retenção de vitamina C em suco de camu-camu atomizado. Os autores observaram que ambas as variáveis afetaram positivamente a retenção de vitamina C.

### **2.3.3. Carotenóides**

No Brasil, a deficiência de vitamina A é um problema sério de saúde, principalmente no nordeste brasileiro (ARAÚJO et al., 1986). Os carotenóides parecem desempenhar alguns papéis fundamentais na saúde humana, sendo essenciais para a visão (UENOJO et al, 2007). Eles têm recebido considerável atenção devido sua ampla aplicabilidade no desenvolvimento de alimentos como corantes naturais, no organismo humano como pró-vitamina A, e principalmente como antioxidantes em sistemas lipídicos (SILVA & NAVES, 2001). Recentemente, efeitos benéficos de carotenóides contra cânceres, doenças de coração e degeneração macular foram reconhecidos e estimularam intensas investigações sobre o papel desses compostos como antioxidantes e como reguladores de resposta do sistema imune (DELGADO-VARGAS, 2000).

Os carotenóides são um grande grupo de pigmentos presentes na natureza, derivados dos terpenóides, com mais de 600 estruturas caracterizadas com uma produção estimada em 100 milhões de toneladas por ano, identificados em organismos fotossintetizantes e não fotossintetizantes, plantas superiores, que apresentam membranas fotossintéticas, fotoproteção e assimilação de energia luminosa, algas, fungos, bactérias e em alguns animais (WINTHERHALTER & ROUSEFF, 2002; MALDONADO-ROBLEDO et al., 2003; BURN et al, 2003; FRASER & BRAMLEY, 2004). São responsáveis pelas cores do amarelo ao vermelho de frutas, vegetais, fungos e flores, utilizados comercialmente como

corantes alimentícios e em suplementos nutricionais (MALDONADO-ROBLEDO et al., 2003; FRASER & BRAMLEY, 2004). Estão presentes naturalmente nas frutas e vegetais, sendo que sua estrutura química é composta por ligações duplas conjugadas, que são responsáveis por sua cor e por algumas de suas funções biológicas (STAHL & SIES, 1999).

Os carotenóides têm a capacidade de seqüestrar radicais livres ou atuar como supressores do oxigênio singlete, embora esse efeito seja dependente da pressão parcial de oxigênio no sistema e da presença de outros antioxidantes (POLYAKOV et al., 2001; SUBAGIO & MORITA, 2001). Além disso, removem os radicais peróxidos, modulam o metabolismo carcinogênico, inibem a proliferação celular, estimulam a comunicação entre células, e elevam a resposta imune (OLSON, 1999).

Os principais carotenóides com potencial aplicação como ingredientes funcionais antioxidantes são:  $\beta$ -caroteno, licopeno, luteína, zeaxantina,  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -criptoxantina (VIEIRA, 2003).

Evidências epidemiológicas sugerem que a ingestão de  $\beta$ -caroteno pode inibir certos tipos de câncer e doenças mediadas por radicais livres (DELGADO-VARGAS, 2000). O licopeno, caroteno presente em produtos de tomate, previne oxidação do LDL, reduz o risco do desenvolvimento de arteriosclerose e doenças coronárias e sugere-se que pode reduzir o risco de câncer de próstata, pulmão, pele e bexiga (EDGE et al, 1997; AGARWAL & RAO, 1998). Segundo SOUTHON (2000) o maior consumo de frutas e vegetais ricos em carotenóides reduz a susceptibilidade da LDL a oxidação, observando-se também uma alta relação entre as concentrações de carotenóides no plasma humano e o menor nível de dano oxidativo ao DNA.

O índice de carotenóides no suco de caju é baixo, se comparado com outras frutas consumidas no Brasil, como a fruta e o suco de morango, a polpa de cajá, o néctar de mamão e o pêssego (ZANATA & MERCADANTE, 2007).

### 2.3.4 Fenólicos

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução dos vegetais, além de atuarem como agente antipatogênico e contribuírem na pigmentação (SHAHIDI & NACZK, 1995; NACZK & SHAHIDI, 2004). Quimicamente, são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais e geralmente apresentam propriedade antioxidante (MELO & GUERRA, 2002; LEE et al, 2005).

Em alimentos, os fenólicos são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (PELEG et al, 1998; NACZK & SHAHIDI, 2004). As principais fontes desses compostos são frutas cítricas, como limão, laranja e tangerina, além de outras frutas à exemplo da cereja, uva, ameixa, pêra, maçã e mamão, sendo encontrados em maiores quantidades na polpa que no suco da fruta. Pimenta verde, brócolis, repolho roxo, cebola, alho e tomate também são excelentes fontes destes compostos (PIMENTEL et al, 2005).

Os mais importantes metabólitos fenólicos são os ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos), os polifenóis e os flavanóides (ANJO, 2004).

Os ácidos fenólicos caracterizam-se por terem um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula, conferindo propriedades antioxidantes para os vegetais (SOARES, 2002).

Os polifenóis são descritos como substâncias adstringentes e geralmente tem como principal característica ser propensa a formar complexos com proteínas, polissacarídeos e alcalóides (por exemplo, cafeína). A presença de polifenóis em alimentos e em bebidas (por exemplo, sorgo, fruta, cacau, café, chá, cerveja e vinho) produz uma sensação de adstringência, que é percebido como uma sensação difusa de secura e aspereza não confinada a uma região particular da boca ou língua (BAXTER et al, 1997).

O principal grupo de polifenóis são os taninos, que são responsáveis pela adstringência de muitos frutos (por exemplo, o caju) e produtos vegetais, devido à

precipitação de glucoproteínas salivares, o que ocasiona a perda do poder lubrificante (MONTEIRO et al, 2005). Várias propriedades benéficas à saúde têm sido descritas para os taninos, tais como efeitos anticarcinogênico, antiinflamatório e antioxidante (ARIGA et al., 1988).

Encontra-se na literatura uma grande diversidade de trabalhos que atribuem propriedades funcionais aos taninos, propriedades essas geralmente associadas à sua atividade antioxidante. NAKAYAMA et al. (1993) relataram a inibição *in vitro* da infectividade de vírus da gripe por taninos presentes em chá, em células renais de cães. Existem vários trabalhos relatando associações entre uma dieta rica em taninos e redução da incidência de câncer (NEPKA et al., 1999; GALI-MUHTASIB et al., 2001; MAGIATIS et al., 2001; NAM et al., 2001).

Os flavonóides compõem uma ampla classe de substâncias de origem natural, cuja síntese não ocorre na espécie humana. Entretanto, tais compostos possuem uma série de propriedades farmacológicas que os fazem atuarem sobre os sistemas biológicos (LOPES, et al., 2003), por exemplo, como antioxidantes.

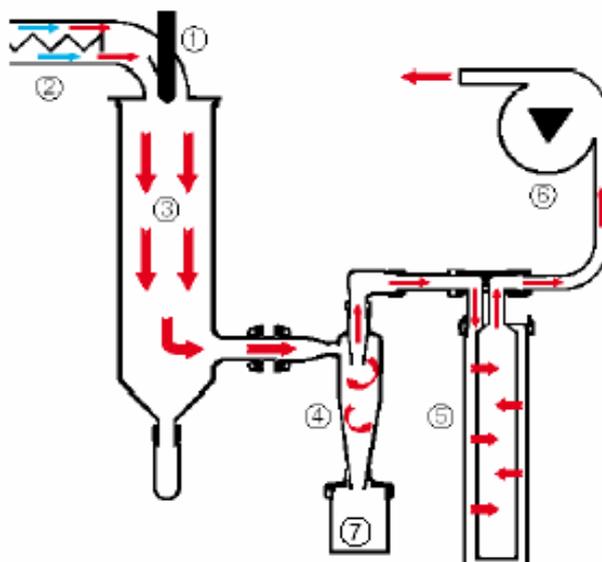
No que se refere a sucos de frutas, PEARSON et al. (1999) demonstraram que os fenólicos presentes em suco comercial e extrato fresco de maçãs (casca, polpa e fruta inteira) inibiram, *in vitro*, a oxidação de LDL humana.

#### **2.4. Atomização**

A secagem por atomização (*spray drying*) é uma técnica amplamente utilizada na indústria de alimentos, e sob condições ótimas de transformação foi provado ser um método eficaz para obter-se muitos produtos que podem apresentar diversas formas, tais como pós, grânulos ou aglomerados, dependendo das propriedades físicas e químicas do material inicial, do projeto do secador e da operação em si (CANO – CHAUCA, 2005; ANDRADE & FLORES, 2004). Essa técnica é utilizada na desidratação de alimentos líquidos, como leite ou café solúvel, ou alimentos pastosos.

O processo de secagem consiste em pulverizar um líquido para dentro de uma câmara submetida a uma corrente controlada de ar quente, que supre o calor necessário à evaporação do solvente (geralmente água), resultando na formação de um pó. A evaporação da água é muito rápida, graças à alta relação área de superfície/volume das gotículas. Com isso, o tempo de exposição das partículas ao calor é curto (geralmente poucos segundos), e a temperatura do núcleo não ultrapassa os 100°C, o que reduz a ocorrência de alterações indesejáveis em compostos termossensíveis (DZIEZAK, 1988; DEYMONAZ *et al.*, 2002), embora alguns compostos de sabor de baixo ponto de ebulição possam ser perdidos (DZIEZAK, 1988). Outra vantagem é que as partículas atomizadas são muito pequenas (geralmente menores que 100 µm), o que torna o produto altamente solúvel (DZIEZAK, 1988).

Um sistema de “Spray Dryer” pode ser explicado seguindo o desenho esquemático apresentado na Figura 1 (VALGAS, 2007). Por um sistema de bombeamento, a suspensão é aspirada até a parte superior, sendo aquecida (2) até uma temperatura (de entrada ou “INLET”), apropriada para atomização. Através de um bocal (ou bico atomizador) (1) com saída para os dois fluídos, a suspensão e o gás (ar ou N<sub>2</sub>) são injetados ao mesmo tempo na câmara de secagem (3). O processo de atomização é iniciado quando a massa líquida, sob efeito de compressão do gás, é gotejada pelo pequeno orifício do bocal e é secada pelo efeito de temperatura. Devido ao sistema de sucção (6), o pó atomizado passa por um reservatório onde o gás se movimenta de forma circular, formando um ciclone (4), que serve para separar partículas finas dos aglomerados. Os aglomerados, mais pesados, se depositam por gravidade no reservatório de produto (7), e os finos seguem o fluxo de sucção até ficarem retidos num filtro (5).



**Figura 1.** Desenho esquemático de um sistema de “Spray Dryer”, incluindo: (1) bocal para dois fluidos; (2) sistema de aquecimento da suspensão; (3) câmara de secagem; (4) ciclone para separação de partículas; (5) filtro de remoção das partículas finas; (6) aspirador para geração de fluxo; (7) reservatório do produto.

## 2.5. Adjuvantes de secagem

Materiais ricos em açúcares e ácidos de baixo PM, como os sucos de frutas, são difíceis de atomizar, pois produzem pós muito higroscópicos, suscetíveis a aglomeração e problemas de fluidez. Em temperaturas geralmente usadas em atomizadores, tais compostos de baixo PM tendem a apresentar os problemas de adesão às paredes da câmara de secagem, além de coesão (adesão das partículas entre si), podendo mesmo produzir um produto pastoso ao invés de um pó (ROOS, 1995; BHANDARI et al., 1997). Como consequências, pode haver comprometimento da estabilidade do produto, redução do rendimento do processo (devido a adesão às paredes do secador), podendo causar até mesmo problemas operacionais ao equipamento (BHANDARI et al., 1997). Essa alta higroscopicidade é explicada pelo fato de que os açúcares e ácidos de baixo PM têm baixa temperatura de transição

vítrea ( $T_g$ ), tornando-se gomosas à temperatura da câmara de secagem (DOLINSKY et al., 2000; BHANDARI & HARTEL, 2005).

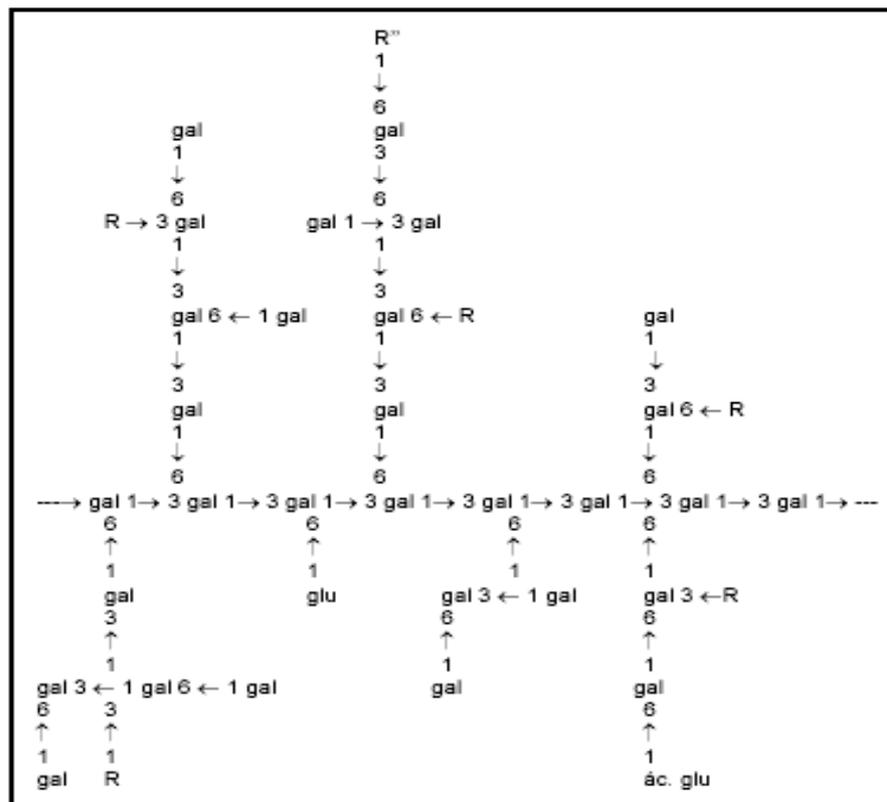
O problema pode ser evitado ou minimizado quando se adicionam adjuvantes de secagem, que são carboidratos de alto peso molecular, como as maltodextrinas, que têm alta  $T_g$ , sendo capazes de reduzir a higroscopicidade dos pós e facilitar a secagem (BHANDARI et al, 1997; BHANDARI & HARTEL, 2005).

Alguns estudos indicam que a goma arábica tem valores de  $T_g$  maiores que as de maltodextrinas (RIGHETTO & NETTO, 2000; COLLARES et al., 2004), o que sugere que a goma arábica é provavelmente mais efetiva que as maltodextrinas para reduzir a higroscopicidade de pós. Porém, o custo e a oferta limitada em decorrência de a goma arábica ser produzida em áreas sujeitas a imprevisíveis variações climáticas e turbulência política, podem interromper a oferta do produto e têm restringido seu uso. Portanto tem havido incentivo considerável para encontrar substitutos totais ou parciais para a goma arábica (McNAMEE et. al.,1998).

Nesse contexto, surge como um material interessante a goma do cajueiro (*Anacardium occidentale*) que é um heteropolissacarídeo constituído de galactose (73%), arabinose (5%), glicose (11%), ramnose (4%), manose (1%) e ácido glucurônico (6,3%) (DE PAULA & RODRIGUES, 1995). Seus teores de proteínas e lipídios são muito baixos, cerca de 0,5 e 0,06%, respectivamente (AZEEZ, 2005). Sua estrutura (um possível fragmento sendo apresentado na Figura 2), bastante similar à da goma arábica, é formada basicamente por unidades de galactose unidas por ligações  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3) e cadeias ramificadas unidas por ligações  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 6) (ZAKARIA & RAHMAN, 1996; PAULA et al., 2002), podendo, por isso, a goma arábica ser substituída pela goma do cajueiro, conforme ROSENTHAL (1951). A goma do cajueiro é obtida por exsudação natural ou através de incisões no tronco e ramos da árvore do cajueiro. Apresenta coloração amarelada, solúvel em água, apresenta grande potencial de industrialização. É um produto não tóxico, sendo utilizada como cola líquida para papel e é muito usada na encadernação de livros por apresentar ação fungicida quando misturada à água. O uso na fabricação de tintas e vernizes já vem sendo pesquisado. Na indústria farmacêutica, é utilizada em cosméticos e como aglutinante de cápsulas e comprimidos, e na indústria de alimentos, como

estabilizante de sucos, cervejas e sorvetes, bem como clarificante de sucos podendo também ser utilizada na fabricação de vinho de caju (AZEEZ, 2005).

Economicamente, a exploração da goma de cajueiro para fins de industrialização representaria uma grande vantagem já que no Brasil, o consumo da goma arábica é totalmente dependente do mercado externo, com investimentos de US\$ 1.920.000,00 ao ano somente com sua importação. (BANDEIRA, 1991) em contrapartida, a goma do cajueiro é altamente disponível na região Nordeste devido a abundância de cajueiros presentes. Além disso, a extração da goma do cajueiro representa mais uma fonte de lucros para o produtor, além da castanha e do pedúnculo, bem como uma alternativa para o aproveitamento dos cajueiros improdutivos, em fase de declínio e senescência.



**Figura 2.** Esquema de um possível fragmento da goma de cajueiro. R representa D – manose, D – xilose, L – ramnose, L – arabinose ou cadeias de arabinose com ligação 1,2; R'' representa D – glicose ou ácido D – glicurônico (ANDERSON & BELL, 1975).

## 2.6. A metodologia de superfície de resposta (MSR)

A MSR pode ser definida como um método estatístico que utiliza dados quantitativos de um desenho experimental adequado para determinar e simultaneamente solucionar equações multivariadas. Essas equações podem ser representadas graficamente como superfícies de resposta, que podem ser usadas de três formas: 1) descrever como as variáveis em teste afetam as respostas; 2) para determinar as interrelações entre as variáveis em teste; e 3) para descrever efeitos combinados de todas as variáveis em teste sobre a resposta (MONTGOMERY, 2001).

Basicamente a MSR é um processo em quatro etapas (BRITO *et al*, 2008). O primeiro passo é identificar até 5 fatores que sejam críticos ao estudo, ou seja os fatores responsáveis pela maior variação no processo. Esta etapa presume que o pesquisador conheça quais são os fatores que influenciam o processo. O segundo passo consiste em definir a faixa em que os fatores estarão contidos. Se a faixa for muito ampla corre-se o risco de não encontrarmos o ótimo. Nesse caso um segundo planejamento com uma faixa mais restrita deve ser realizado. O terceiro passo consiste em escolher o desenho experimental apropriado, os desenhos estabelecem uma ordem em como os experimentos devem ser realizados. Ao cobrir toda a faixa escolhida para o experimento enfatiza-se os pontos mais próximos ao ponto médio (ponto central), ao mesmo tempo em que são reduzidos os números de experimentos. O quarto passo é analisar os dados usando um programa computacional adequado. As conclusões desse experimento devem ser confirmadas por experimentos posteriores na condição considerada ótima.

Vários estudos na área de alimentos têm sido realizados utilizando a MSR como ferramenta, entres eles: Honorato *et al* (2007) estudaram a produção de ácido láctico e dextrana utilizando suco de caju como substrato, GRIZOTTO *et al* (2005) estudaram os parâmetros tecnológicos para produção de fruta estruturada e desidratada a partir da polpa concentrada de mamão, ASCHERI *et al*(2006) estudaram a caracterização da farinha de bagaço de jabuticaba e as propriedades funcionais dos extrusados, ABDULLAH *et al* (2007) realizou estudo com clarificação de suco de carambola.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

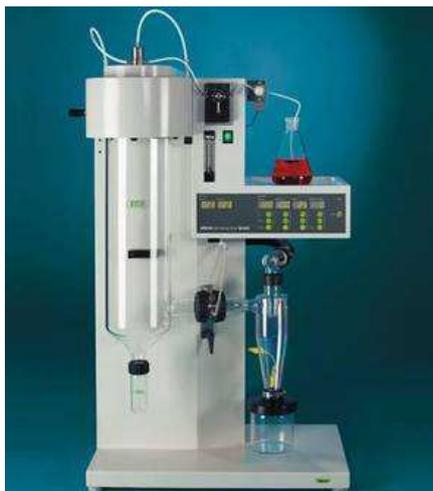
### **3.1. Material**

#### **3.1.1. Matéria prima – Suco de caju integral**

O presente trabalho foi realizado com suco de caju integral (11,4°Brix) da marca Jandaia, obtido no comércio da região, ao qual foi adicionado maltodextrina (DE10) e goma do cajueiro em diferentes proporções, seguindo um delineamento composto central.

#### **3.1.2. Preparo da Matéria-Prima e Condução do Experimento (processamento, acondicionamento e estocagem)**

O suco de caju comercial foi filtrado em malha inox de 0,3 mm para evitar obstruções do bico aspessor do atomizador durante o processo de atomização. Em seguida, adicionou-se maltodextrina (DE 10) e goma do cajueiro isoladamente e em conjunto em diferentes proporções. A dispersão foi homogeneizada por meio de um homogeneizador de tecidos (Ação Científica, modelo AC 620/2) e novamente seguiu-se uma filtração em malha inox de 0,3 mm com a mesma finalidade anteriormente descrita. A atomização foi conduzida em um Mini Spray Dryer (B-290, Büchi, apresentado na Figura 3), utilizando temperatura de entrada de 185°C e temperatura de saída de 90°C. Os pós obtidos a partir das condições consideradas “ótimas” foram acondicionados em sacos plásticos convertidos de baixa permeabilidade a umidade (PP/BOPP/Al), e estocados em temperatura ambiente.



**Figura 3.** Mini Spray Dryer Büchi B-290.

### **3.1.3. Obtenção da goma do cajueiro**

A goma do cajueiro foi obtida a partir dos métodos descritos por TORQUATO et al. (2004) e GALLÃO et al. (2005), passando por algumas modificações, como descrito a seguir. A goma bruta obtida a partir de cajueiro foi triturada com o auxílio de um martelo até que ficasse em tamanhos pequenos capazes de serem processados em processador de cozinha Máster Smart da marca Walita juntamente com água destilada numa proporção de 1:10. O processamento resultou em uma solução viscosa tendo seu volume completado para 2000 mL, sendo posteriormente filtrada a vácuo. Ao filtrado obtido foi acrescentado álcool comercial na proporção 3:1 deixando a solução em repouso até decantação. O material decantado foi drenado e distribuído em placas de petri dispostas em capela de exaustão para que todo o álcool restante fosse evaporado. O material seco obtido foi triturado em almofariz e peneirado em malha de 212  $\mu\text{m}$  para uniformizar a granulometria obtendo-se assim a goma purificada.

### **3.2. Delineamento experimental e análise estatística dos resultados**

Foram realizados 11 experimentos, segundo um delineamento composto central (Tabela 2), com 2 variáveis independentes – a saber, proporção adjuvante de secagem/sólidos de caju e percentagem de substituição de maltodextrina por goma de cajueiro como adjuvante de secagem. As faixas de valores das variáveis independentes foram determinadas a partir de resultados de testes preliminares. Os

resultados foram analisados pela Metodologia de Superfície de Resposta, a fim de se determinar quais as condições de processo que promoveram melhor retenção de antioxidantes (especialmente vitamina C), se possível combinadas a melhores propriedades físicas dos pós (menor higroscopicidade e maior fluidez) e melhor solubilidade .

**Tabela 1.** Condições dos tratamentos, segundo o delineamento composto central.

<b>Tratamento</b>	<b>AS/SC</b>	<b>GC (%)</b>
1	3,3	14,54
2	4,7	14,54
3	3,3	85,46
4	4,7	85,46
5	3,0	50
6	5,0	50
7	4,0	0
8	4,0	100
9	4,0	50
10	4,0	50
11	4,0	50

AS/SC: proporção mássica entre sólidos do adjuvante de secagem e sólidos de caju; GC (%): percentagem de substituição de maltodextrina por goma de cajueiro como adjuvante de secagem.

Após determinação das condições ótimas, o processo foi conduzido sob essas condições, e o produto final caracterizado com base no teor de compostos antioxidantes (ácido ascórbico, carotenóides totais e fenóis totais).

### 3.3. Métodos

As seguintes determinações foram feitas logo após cada tratamento, a fim de se proceder à otimização do processo: teor de umidade, higroscopicidade, solubilidade, fluidez e teor de ácido ascórbico. O produto final (otimizado) foi

submetido às seguintes determinações para caracterização: teor de umidade, atividade de água, teor de ácido ascórbico, carotenóides totais e fenóis totais.

Os métodos utilizados para as análises são descritos a seguir.

### **3.3.1. Umidade**

O teor de umidade foi determinado em estufa a vácuo a 70°C até peso constante (IAL, 1977).

### **3.3.2. Atividade de água**

Foi determinada por leitura direta em aparelho Aqualab - CX-2 – Decagon.

### **3.3.3. Higroscopicidade**

Foi obtida segundo método de Callahan et al (1982), modificado, que consistiu em determinar o teor de umidade de equilíbrio do produto após estocagem em um dessecador com 90% UR, a 25°C (dentro de câmara BOD). Foram colocados no dessecador 300 mg do produto (registrou-se peso exato) em uma placa previamente pesada. Foram feitas novas pesagens após 7 dias, depois a cada 3 dias, até peso constante. Para promover UR próxima a 90% ( $a_w \sim 0,9$ ) no interior do dessecador, utilizou-se uma solução saturada de cloreto de bário ( $BaCl_2$ ).

### **3.3.4. Solubilidade**

Foi determinada de acordo com o método descrito por Eastman & Moore (1984), modificado por Cano-Chauca et al. (2005). Consistiu em transferir 100 mL de água destilada para um blender e adicionou-se cuidadosamente 1 g do pó deixando em agitação por 5 min. Transferiu-se a solução para um tubo e centrifugar a 3000 g por 5 min. Transferiu-se uma alíquota do sobrenadante para uma placa de Petri pré-pesada, e secar a vácuo por 5 h, a 105°C. Por diferença de peso, determinou-se o peso final de pó da placa (P), calculando-se a partir daí o percentual de solubilidade.

### 3.3.5. Fluidez

A fluidez foi avaliada segundo o método descrito por BHANDARI et al. (1998), baseado na medida do ângulo de repouso estático. O material foi despejado vagarosamente de uma altura fixa através de um funil de vidro colocado em um suporte, sendo coletado em uma placa de Petri. A partir do raio da placa de Petri e da altura do cone formado pelo pó, foi determinado o ângulo de repouso. Segundo BHANDARI et al. (1998), os pós que exibem ângulos de repouso menores que 45° geralmente apresentam a propriedade de escoamento livre, enquanto ângulos acima de 50° indicam coesividade ou problemas de escoamento.

### 3.3.6 Teor de Ácido Ascórbico

Determinou-se o teor de ácido ascórbico por titulação com 2,6-dicloroindofenol com resultados expressos em mg/100 ml de suco (AOAC, 1990).

Pesou-se aproximadamente 1g da amostra em um becker e adicionou-se 40mL de ácido oxálico 0,4%, agitou-se por 5 min e, em seguida, transferiu-se o conteúdo do becker para um balão volumétrico de 100mL aferindo com ácido oxálico 0,4%. Seguiu-se filtração da solução com papel de filtro qualitativo. Para a leitura das amostras utilizou-se 2 béqueres de 30mL. Em um adicionou-se uma alíquota de 1mL da solução filtrada e 9mL de água destilada. Essa mistura corresponde ao zero da amostra. Ao outro becker adicionou-se uma alíquota de 1mL da solução filtrada e 9mL de 2,6-dicloroindofenol (DFI), sendo este adicionado somente no momento da realização da leitura. Após lido, este conteúdo retornou ao becker e adicionou-se cristais de ácido ascórbico para descorar a solução e a nova leitura foi feita. A leitura das amostras foi realizada em aparelho espectrofotômetro da marca Varian a 520nm.

### 3.3.7 Teor de carotenóides totais

A extração de carotenóides foi realizada pelo procedimento descrito por HIGBY (1962) com modificações e a quantificação por leitura em espectrofotômetro Cary50conc UV-VIS a 450 nm. Pesou-se aproximadamente 10g da amostra em um tubo de ensaio com rosca envolto em papel alumínio. Adicionou-se 15ml de álcool

isopropílico e 5mL de hexano, em seguida misturou-se vigorosamente a solução em agitador de tubos durante 1min. Posteriormente o conteúdo dos tubos foi filtrado a vácuo lavando-se com 5mL de hexano podendo, se necessário, variar a quantidade de hexano para um volume maior até que todos os pigmentos fossem removidos. Após filtração, a amostra foi transferida uniformemente para 2 tubos de centrifuga de 50ml envoltos em papel alumínio, aos quais foram acrescentados água destilada até completar o volume de 45ml. Seguiu-se centrifugação dos tubos por 2min a 3000rpm. Após centrifugação, apenas a fase hexano-carotenóides foi transferida para outro tubo de centrifuga também envolto em papel alumínio, completou-se o volume com água destilada até a marca de 45mL, seguiu-se nova centrifugação (2min/3000rpm). Esse procedimento foi repetido até que toda fase hexano-carotenóides fosse separada da amostra. Drenou-se a camada de hexano através de funil de haste longa no qual colocou-se algodão e uma pequena quantidade de sulfato de sódio anidro. Lavou-se o funil com hexano por 2 vezes com hexano sendo o volume adicionado a um balão volumétrico de 50mL, ao qual acrescentou-se 5 mL de acetona e aferiu-se com hexano.

Após homogeneização do conteúdo do balão volumétrico, este foi submetido à leitura simples em espectrofotômetro Cary50conc UV-VIS a 450nm e os resultados expressos em mg/100 g, calculados por meio da Equação 1.

$$C = \frac{A \times 100}{250 \times L \times W} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo: C = concentração de carotenóides totais (mg/100g); A = absorvância; L = comprimento de onda em nm e W = quantidade da amostra original no volume final da diluição.

### 3.3.8 Teor de fenóis totais

Determinou-se o teor de fenóis totais segundo o método Folin-Ciocalteu, descrito por McDonald et al. (2001). Em 1mL da amostra adicionou-se 4mL da solução composta de tartarato duplo de sódio e potássio 2%, sulfato de cobre 1% e carbonato de sódio 2% em hidróxido de sódio 0,1M e deixou-se reagir por 10 min no escuro. Transcorrido o tempo de reação adicionou-se 0,4mL do reagente de Folin-Ciocalteu à mistura de reação e deixou-se reagir por 30 min novamente no escuro.

Passado o tempo estabelecido, realizou-se leitura das absorvâncias das amostras em aparelho espectrofotômetro Varian a 660nm.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização do suco de caju integral

O suco de caju integral utilizado como matéria-prima no experimento apresentou as seguintes características: teor de sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix), ( $11,37 \pm 0,06$ ); teor de ácido ascórbico, ( $157,85 \pm 5,48\text{mg}/100\text{g}$ ); teor de carotenóides, ( $0,24 \pm 0,002\text{mg}/100\text{mL}$ ); teor de fenóis totais  $289,31 \pm 15,91(\text{mg}/100\text{mL})$ .

Segundo a legislação, um suco com alto teor de polpa deve apresentar no mínimo  $10^{\circ}$ Brix de teor de sólidos solúveis (BRASIL, 2005). O valor encontrado de  $11,37 \pm 0,06$  está dentro da exigência da legislação e coerente com o valores encontrados por outros autores. MAIA et al. (2001) determinaram um teor de sólidos solúveis de 10,5 a  $11^{\circ}$  Brix, SANCHO et al (2007) determinaram durante as etapas de processamento industrial de suco de caju um teor de sólidos solúveis de 10,67 a  $11,10^{\circ}$ Brix.

O teor de ácido ascórbico encontrado no suco de caju está próximo aos apresentados em outros trabalhos, como CIANCI et al (2005) encontraram o valor de 189 mg/100ml em suco de caju in natura, MAIA et al. (2001) determinaram em seu estudo de estabilidade de suco de caju alto teor de polpa uma variação de 225,0 a 91,0 mg/100g, SANCHO et al (2007) relataram nas etapas de processamento industrial de suco de caju com alto teor de polpa os valores encontrados foram de 135,63 a 147,57mg/100g.

O teor de fenólicos totais encontrado no suco de caju apresentou valores bem mais elevados que ABREU (2007) que determinou uma variação de 0,39 a 23,42 mg/100g, com média de 11,07 mg/100g em estudo com diferentes clones de pedúnculo de caju.

O teor de carotenóides de 0,24 mg/100mL encontrado em suco integral de caju está próximo aos teores encontrados por ABREU (2007) que em seu estudo com onze clones de pedúnculo de caju determinou teores de carotenóides numa faixa de 0,22 a 0,93mg/100g.

## **4.2. Avaliação da influência das condições de atomização sobre a retenção de ácido ascórbico e as propriedades físicas do pó**

As respostas experimentais relativas à atomização do suco de caju estão apresentadas na Tabela 3. A retenção de ácido ascórbico presente no suco utilizado variou entre 66,19% e 95,46%. O tratamento 6, feito com 50% de substituição de MD por GC, apresentou perdas de ácido ascórbico menores que as observadas por SANCHO (2007) durante pasteurização de suco de caju, o que era esperado, já que a atomização é uma técnica mais rápida, portanto com menos danos térmicos.

O ângulo de repouso estático dos pós microencapsulados obtidos variou entre 23,96° e 36,59°. Seguindo a classificação proposta por BHANDARI et al. (1998), todos encontram-se na faixa definida como sendo de livre escoamento, ou seja, todos apresentaram fluidez adequada.

A higroscopicidade dos pós avaliados variou entre 37,21 g e 45,86 g de água absorvida/100 g do pó. Esses resultados parecem indicar uma higroscopicidade bastante elevada, porém é preciso esclarecer que os pós durante o teste foram expostos a umidade relativa 90% (muito alta), sem que estivessem protegidos do ambiente por meio de uma embalagem; ou seja, como as condições apresentadas foram abusivas, os resultados não representam a higroscopicidade real do produto quando em condições normais de armazenamento durante a vida de prateleira. Nesse caso invariavelmente o produto estaria acondicionado em embalagem aluminizada de alta barreira a umidade. Assim, os resultados possuem apenas efeito comparativo, para que se possa entender o impacto das condições de processamento sobre a absorção de água.

Todos os pós apresentaram boa solubilidade, que variou entre 91,27% e 96,41%. Essa faixa apresenta-se coerente com os valores encontrados por CANO – CHAUCA et al (2005) em estudo com suco de manga atomizado.

**Tabela 2.** Respostas experimentais dos ensaios de atomização.

Tratamento	Respostas			
	RA <sub>AA</sub> (%)	ANG (°)	HIG (g de água absorvida/100 g do pó)	SOL (g/100 MI)
1	66,19	34,73	45,86	92.32
2	81,12	26,73	40,71	95.18
3	72,01	35,61	41,58	91.27
4	90,84	26,26	38,53	92.78
5	72,9	36,59	45,56	93.09
6	95,46	23,96	41,00	93.03
7	83,63	34,39	41,42	95.64
8	86,88	33,33	37,21	92.34
9	71,67	34,94	41,82	94.48
10	73,38	35,46	38,81	94.24
11	74,44	31,43	39,05	96.41

RA<sub>AA</sub> (%): percentual de retenção de ácido ascórbico durante a atomização; ANG: ângulo de repouso (em graus, pelo teste de fluidez); HIG: higroscopicidade (g de água absorvida/100 g do pó); SOL: solubilidade em água (g/100mL).

A Tabela 4 mostra os coeficientes de regressão (baseados nos modelos codificados) e índices estatísticos. Todos os modelos, exceto para solubilidade, foram significativos ( $p < 0,05$ ) e tiveram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) adequados (acima de 80%). No caso do modelo para retenção de ácido ascórbico, apenas o efeito linear da proporção AS/SC foi significativo. No caso das propriedades físicas, novamente apenas o parâmetro linear da proporção AS/SC foi significativo. O modelo para solubilidade, por sua vez, não foi significativo. Por outro lado, isso não foi considerado exatamente um problema, uma vez que todos os tratamentos geraram pós com boa solubilidade. Sendo assim, esse atributo não se mostrou como limitante à qualidade do produto final.

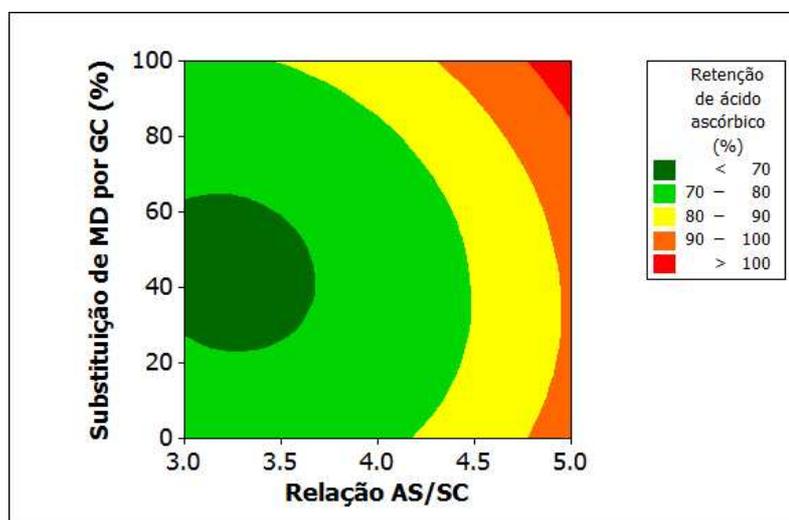
**Tabela 3.** Coeficientes de regressão (com base nos modelos codificados) e índices estatísticos.

Fator	Retenção de ácido ascórbico		Ângulo de repouso		Absorção de umidade		Solubilidade	
	Coef	P	Coef	P	Coef	p	Coef	P
Média	73,20	<0,01	33,94	<0,01	39,89	<0,01	95,05	<0,01
AS/SC(L)	8,23	<0,01	-4,40	<0,01	-1,83	<0,01	0,54	0,23
GC(L)	2,52	0,21	-0,14	0,82	-1,55	0,01	-1,02	0,05
AS/SC(Q)	3,70	0,14	-2,14	0,03	1,79	0,01	-1,16	0,06
GC(Q)	4,24	0,10	-0,35	0,63	-0,20	0,69	-0,69	0,21
AS/SC(L)*GC(L)	0,97	0,71	-0,34	0,69	0,52	0,39	-0,34	0,57
<b>R<sup>2</sup></b>	85,53%		93,26%		91,58%		75,44%	
<b>F<sub>regressão</sub></b>	5,91		13,84		10,88		3,07	
<b>p</b>	0,04		<0,01		0,01		0,12	

AS/SC: relação mássica adjuvante de secagem/sólidos de caju; GC: percentagem de substituição de maltodextrina por goma de cajueiro; (L): parâmetros lineares; (Q): parâmetros quadráticos; E/C(L)\*GC(L): interação das variáveis.

A Figura 4 apresenta as curvas de contorno referentes ao modelo que representa a retenção do ácido ascórbico durante a atomização. A retenção de ácido ascórbico é afetada positivamente pela concentração do adjuvante de secagem, ou seja, o aumento da proporção AS/SC favoreceu a retenção do ácido ascórbico. Esse resultado é coerente com o observado por MOREIRA et al. (2008) para extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola. Por outro lado, o aumento

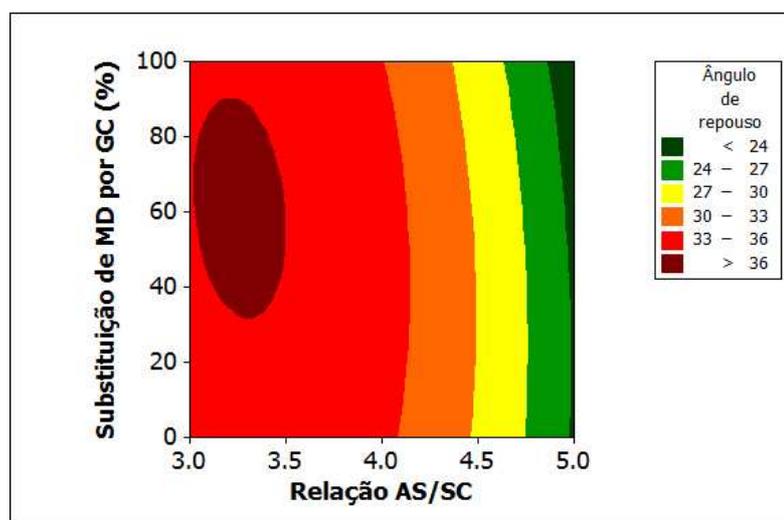
do grau de substituição de MD por GC não resultou em maior percentagem de retenção de ácido ascórbico.



**Figura 4.** Curvas de contorno referentes à retenção de ácido ascórbico durante a atomização. GC (%): Goma de Cajueiro (%); Relação AS/SC: Proporção mássica adjuvante de secagem: sólidos de caju.

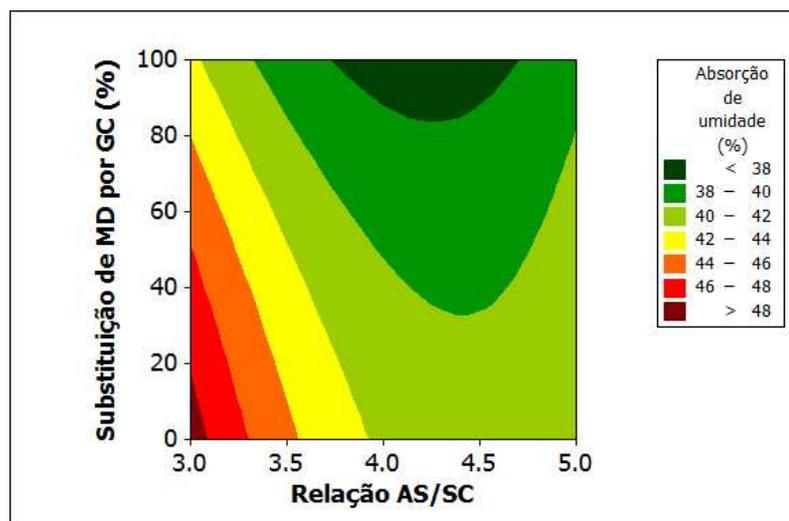
Na Figura 5 observam-se as curvas de contorno referentes aos modelos para a fluidez. Os ângulos de repouso (Tabela 5) sofreram efeito negativo bastante significativo ( $p < 0,01$ ) para o parâmetro linear da proporção AS/SC, o que fica claro quando se examina a Figura 6. Podemos observar menores ângulos de repouso (maior fluidez) nos pós com maior proporção de adjuvante de secagem. Comportamento semelhante foi observado por ANSELMO et al. (2006), em estudo com suco de cajá atomizado com maltodextrina, e por QUEK et al. (2006), com suco de melancia também atomizado com maltodextrina. As variações dos ângulos de repouso provavelmente estão associadas a variações dos teores de umidade dos pós, já que o aumento dos teores de umidade prejudica a fluidez de pós (Fitzpatrick, 2005). Segundo Scoville & Peleg (1981), isso se deve ao aumento de “pontes” líquidas e de forças capilares atuando sobre as partículas. De fato, observou-se que os pós produzidos com menores proporções de adjuvante de secagem apresentavam nítida tendência a aglomeração e adesão às paredes do atomizador, o que sugeria um maior teor de umidade. Um teor de umidade inadequadamente

alto não apenas prejudica a fluidez dos pós, como também afeta o rendimento do processo (já que dificulta a saída do produto) e, o mais importante, pode até mesmo comprometer a estabilidade microbiológica do produto final, permitindo o desenvolvimento de fungos.



**Figura 5.** Curvas de contorno referentes ao ângulo de repouso estático resultante dos testes de fluidez dos pós obtidos por atomização. GC (%): Goma de Cajueiro (%); Proporção AS/SC: Proporção mássica adjuvante de secagem: sólidos de caju.

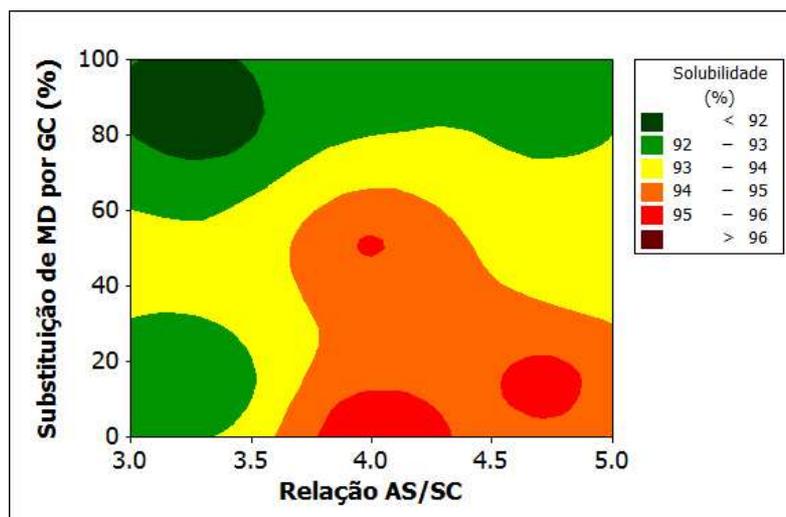
Na Figura 6 são apresentadas as curvas de contorno referentes aos modelos para a absorção de umidade relacionada com a higroscopicidade do produto. A absorção de umidade pelos pós (Tabela 5, Figura 6) foi afetada negativamente tanto pela proporção AS/SC quanto pelo grau de substituição de MD por GC. Portanto, percebe-se que a substituição de MD por GC, apesar de não ter afetado significativamente a fluidez dos pós logo após a atomização, exerceu um efeito importante no sentido de reduzir sua higroscopicidade, o que, obviamente, compromete sua fluidez ao longo do período de estocagem.



**Figura 6.** Curvas de contorno referentes à absorção de umidade (higroscopicidade dos pós) obtidos por atomização. GC (%): Goma de Cajueiro (%); Proporção AS/SC: Proporção mássica adjuvante de secagem: sólidos de caju.

A redução da higroscopicidade dos pós alcançada com o aumento dos níveis de adjuvante de secagem está de acordo com o relatado por outros autores (BHANDARI et al., 1997, em trabalho com atomização de sucos concentrados de frutas; PEREIRA, 2000, com suco de maracujá; QUEK et al., 2006, com suco de melancia).

A Figura 7 mostra as curvas de contorno referentes ao modelo para solubilidade do produto. O modelo não se mostrou significativo, além de apresentar um valor de  $R^2$  relativamente baixo (Tabela 5). Em função disso, o gráfico correspondente (Figura 7) foi apresentado apenas como indicador geral de tendência. Nesse sentido, parece haver uma tendência de redução da solubilidade à medida em que aumenta a concentração de adjuvante de secagem o que confirma os resultados apresentados por ABADIO et al. (2004) em estudo com atomização de suco de abacaxi e CANO-CHAUCA et al. (2005), em trabalho com atomização de suco de manga. A redução da solubilidade é observada também quando do aumento do grau de substituição de MD por GC. Ainda assim, a solubilidade pode ser considerada satisfatória (acima de 90%) em toda a região experimental, ou seja, a solubilidade não deve ser considerada como fator determinante das condições do processo.



**Figura 7.** Curvas de contorno referentes à solubilidade dos pós obtidos por atomização. GC (%): Goma de Cajueiro (%); Proporção AS/SC: Proporção mássica adjuvante de secagem: sólidos de caju.

Considerando-se todas as respostas simultaneamente (com exceção da solubilidade, que não se mostrou um fator determinante do processo), pode-se tomar as seguintes condições como as mais adequadas para o processo de atomização de suco de caju: proporção adjuvante de secagem/sólidos de caju, 5:1, tendo o adjuvante de secagem pelo menos 50% de goma de cajueiro em substituição à maltodextrina. Considera-se que o ideal seria a total substituição de maltodextrina por goma de cajueiro, porém, como a goma de cajueiro ainda é um material de difícil disponibilidade comercial, considera-se que a substituição deva ser ao menos parcial. Os gráficos das Figuras 4 a 6 indicam que, tomando-se uma relação AS/SC de 5,0 (5:1), não há muita diferença entre um pó com 50% ou 100% de goma de cajueiro. Portanto, estabeleceram-se como condições otimizadas as seguintes: relação AS/SC, 5:1, com 50% de substituição de maltodextrina por goma de cajueiro.

### 4.3. Caracterização do pó otimizado

O pó otimizado obtido por processo de atomização, segundo as condições consideradas ótimas (50% de substituição de MD por GC e relação AS/SC de 5:1) apresentou as seguintes características: teor de sólidos totais,  $(1,16 \pm 0,02)$  g/100g; teor de ácido ascórbico,  $(224,24 \pm 5,87)$  mg/100g; teor de carotenóides totais,  $(0,33 \pm 0,02)$  mg/100g; teor de fenóis totais,  $(498,43 \pm 9,59)$  mg/100g.

O pó otimizado obtido com as características descritas acima oferece grande potencial de utilização por apresentar boa retenção de ácido ascórbico, propriedades físicas (fluidez e higroscopicidade) desejadas e boa solubilidade, além de ser um produto de peso reduzido, o que facilita o transporte e sua exportação.

## 5. CONCLUSÕES

A retenção de ácido ascórbico durante a atomização foi favorecida por maiores proporções adjuvantes de secagem/sólidos de caju. Já o aumento do grau de substituição de maltodextrina por goma de cajueiro não favoreceu a retenção desse composto.

As propriedades físicas (fluidez, higroscopicidade) dos pós foram favorecidas por maiores concentrações de encapsulante e maiores teores de goma de cajueiro.

Apesar do modelo estatístico para solubilidade não ter sido significativo, todos os tratamentos apresentaram solubilidade satisfatória (acima de 90%), ou seja, esse atributo não se mostrou como limitante à qualidade do processo.

As condições mais adequadas de atomização, definidas com base na retenção de ácido ascórbico e nas propriedades físicas dos pós obtidos, foram definidas como sendo: proporção adjuvante de secagem/sólidos de caju, 5,0:1,0, tendo o adjuvante de secagem pelo menos 50% de goma de cajueiro. Considera-se que o ideal seria a total substituição de maltodextrina por goma de cajueiro, porém, como a goma de cajueiro ainda é um material de difícil disponibilidade comercial, considera-se que a substituição deva ser ao menos parcial.

A goma do cajueiro apresentou-se como um material muito promissor a ser utilizado como adjuvante de secagem, precisando seu estudo ser mais aprofundado.

O suco de caju em pó obtido por atomização a partir das condições consideradas ótimas (50% de substituição de MD por GC e relação AS/SC de 5:1) apresenta grande potencial de utilização devido boa retenção de ácido ascórbico, boas propriedades físicas e solubilidade, e por ser de fácil transporte o que facilita sua exportação.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIO, F. D. B.; DOMINGUES, A. M.; BORGES, S. V.; OLIVEIRA, V. M. Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice – effect of malt dextrin concentration and atomization speed. **Journal of Food Engineering**, v. 64, n. 3, p. 285-87, 2004.

ABDALLA, D. S. P. Estresse oxidativo e alimentação. In: Tirapegui J. (Ed.). **Nutrição: Fundamentos e aspectos atuais**. São Paulo: Atheneu, 2000. p. 179-200.

ABDULLAH, A. G. L.; SULAIMAN, N. M.; AROUA, M. K.; NOOR, M. J. M. N. Response surface optimization of conditions for Clarification of carambola fruit juice using a commercial enzyme. **Journal of Food Engineering**, v. 81, p. 65-71, 2007.

ABREU, C.R.A.; **Qualidade e capacidade antioxidante total de pedúnculos de clones comerciais de cajueiro anão precoce.(*Anacardium occidentale* L.)**2007  
Dissertação de mestrado (Tecnologia de alimentos) Universidade Federal do Ceará Fortaleza 2007 96p.

ABREU, F. A. P. Cajuína. In: Venturini Filho, W.G. (Org.) **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação, mercado**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2006. cap. 8, p. 169-184.

AGOSTINI- COSTA, T. S.; LIMA, A.; LIMA, M. V. Determinação de tanino em pedúnculo de caju: método da vanilina versus método do butanol ácido. **Química Nova**, v. 26, n. 2, p. 763-765, 2003.

AOAC. **Official Method of Analysis**. 15. ed. Washington: The Association of Official Analytical Chemists, 1990. 1298 p.

ANDERSON, DMW; BELL, PC. Structural Analysis of the gum polysaccharide from *Anacardium occidentale*. *Analytica Chimica Acta*, n. 79, p. 185-197, 1975.

ANDRADE, I.; FLORES, H. Optimization of spray drying of roselle extract (*Hibiscus sabdariffa* L.). In: **Drying 2004** – Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Drying Symposium (IDS 2004). São Paulo, 2004. v. A, p. 597-604.

ANJO, D. F. A. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 3, n. 2, 145-154, 2004.

ANSELMO, G. C. S.; MATA, M. E. R. M. C.; ARRUDA, P. C.; SOUSA, M. C. Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 58-65, 2006.

ARAÚJO, R.; ARAUJO, M.; SIEIRO, R.; MACHADO, R.; LEITE, B. Diagnóstico de hipovitaminose A e anemia nutricional. **Revista Brasileira de Medicina**, v. 43, p. 225–228, 1986.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 3<sup>a</sup> ed. ver. ampl. Viçosa: UFV, 2004.

ARIGA, T.; KOSHIAMA, I.; FUKUSHIMA, D. Antioxidative Properties of Procyanidins B-1 and B-3 from Azuki Beans in Aqueous Systems. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 52, p. 2717-2722, 1988.

ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L.; CARVALHO, C. W. P. Caracterização da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, 2006.

AZEEZ, O. S. Production of gum from cashew tree latex. **Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies**, v. 7, p. 17-22, 2005

BANDEIRA, C. T. **Métodos de extração da goma de cajueiro**. Fortaleza: EMBRAPA - CNPCa, 1991. 2p.

BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; D'ARCY, B. R.; RINTOUL, G. B. Co-crystallization of honey with sucrose. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 31, n. 2, p. 138-142, 1998.

BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; HOWES, T. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. **Drying Technology**, v. 15, n. 2, p. 671–684, 1997.

BHANDARI, B. R.; HARTEL, R. W. Phase transitions during food powder production and powder stability. In: ONWULATA, C. **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton: Taylor & Francis, p. 261-292, 2005.

BAXTER, N. J.; LILLEY, T. H.; HASLAM, E.; WILLIAMSON, M. P. Multiple interactions between polyphenols and a salivary proline-rich protein repeat result in complexation and precipitation. **Biochemistry**, v. 36, p. 5566-5577, 1997.

BORGES, V. C. Alimentos funcionais: prebióticos, probióticos, fitoquímicos e simbióticos. In: Waitzberg, D. L. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. São Paulo: Atheneu; 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria n. 544, de 16 de novembro de 1998, que aprova os Padrões de Identidade e Qualidade, para refresco, refrigerante, preparado ou concentrado líquido para refresco ou refrigerante, preparado sólido para refresco, xarope e chá pronto para o consumo. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 nov. 1998. p. 23-30.

BRITO, E. S.; PINTO, G. A. S.; BRUNO, L. M.; AZEREDO, H. M. C. **A Metodologia de superfície de resposta (MSR) na otimização de processos biológicos: a determinação dos valores de pH e temperatura ótimos para a atividade enzimática**. Disponível em: <<http://sbbq.iq.usp.br/arquivos/regional/2002/cdresumo/Estendido/001.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2008.

BUENO, S. M.; LOPES, M. do R. V.; GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B.; CRUZ, C. H. G. Avaliação da qualidade de Polpas de Frutas Congeladas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 62, n. 2, p. 121-126, 2002.

CALEGUER, V. F. Busca de Informação: Avaliação sensorial de preparados sólidos para refresco sabor laranja: análise descritiva, aceitabilidade e impactos da embalagem na intenção de compra. 2005. 159 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

CALLAHAN, J. C.; CLEARY, G. W.; ELEFANT M.; KAPLAN G.; KENSLER T.; NASH R. A. Equilibrium moisture content of pharmaceutical excipients. **Drug Development Industrial Pharmacy**, v. 8, n.3, p. 355-369, 1982.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

CARVALHO, J. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; BRITO, E. S.; GARRUTI, D. S. Bebida mista com propriedade estimulante à base de água de coco e suco de caju clarificado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 813 -818, 2005.

CIANCI, F.C.; SILVA, L.F.M.;CABRAL, L.M.C.; MATTA, V.M. Clarification and concentration of cashew apple juice by membrane processes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.25, n. 3, 2005.

COLLARES, F. P.; FINZER, J. R.; KIECKBUSCH, T. G. Glass transition control of the detachment of food pastes dried over glass plates. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 2, p. 261-267, 2004.

DELGADO-VARGAS, F.; JIMÉNEZ, A. R.; PAREDES-LÓPES, O. Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains - Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability **Critical Reviews in Food Science Nutrition**, v, 40, n. 3 p. 173- 289, 2000.

DE PAULA, R. C. M.; RODRIGUES, J. F. Composition and rheological properties of cashew tree gum, the exudate polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. **Carbohydrate Polymers**, n. 26, p. 177-181, 1995.

DEYMONAZ, C.; HOBSON, M.; DIAZ, D.; GUIDINGER, N. **Spray drying**. Disponível em: <[http://www.wsu.edu/~gmhyde/433\\_web\\_pages/drying-web-pages98/spray-dry/Spray-Drying-intro.htm](http://www.wsu.edu/~gmhyde/433_web_pages/drying-web-pages98/spray-dry/Spray-Drying-intro.htm)>. Acesso em: 22 abr. 2002.

DIB TAXI, C. M. A.; MENEZES, H. C.; SANTOS, A. B.; GROSSO, C. R. F. Study of the microencapsulation of camu-camu (*Myrciaria dubia*) juice. **Journal of Microencapsulation**, v. 20, n. 4, p. 443-448, 2003.

DIPLOCK, A. T.; CHARLEUX, J. L.; CROZIER-WILLI, G.; KOK, F. J.; RICE-EVANS, C.; ROBERFROID, M.; STAHL, W.; VIÑA-RIBES, J. Functional food science and defence against reactive oxidative species. **British Journal of Nutrition**, v. 80, supl.1, p. S77-S112, 1998.

DOLINSKY, A.; MALETSKAYA, K.; SNEZHKIN, Y. Fruit and vegetable powders production technology on the bases of spray and convective drying methods. **Drying Technology**, v. 18, n. 3, p. 747–758, 2000.

EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. Cold water soluble granular starch for gelled food composition. U.S. Patent 4465702, 1984.

EDGE, R.; MCGARVEY, D. J.; TRUSCOTT, T. G. The carotenoids as anti-oxidants-- a review. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 41, n. 3, p. 189-200, 1997.

FIGUEIREDO, R. W.; LAJOLO, F. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Physical - chemical changes in early dwarf cashew pseudofruits during developments and maturation. **Food Chemistry**, v. 77, n. 3, p. 343-347, 2002.

FITZPATRICK, J. J. Food powder flowability. In: ONWULATA, C. **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2005. p. 247-260, 2005.

FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. 9 ed. São Paulo: Atheneu, 1999. p. 53-58.

GALI-MUHTASIB, H. U.; YOUNES, I. H.; KARCHESY, J. J.; EL-SABBAN, M. E. Plant tannins inhibit the induction of aberrant crypt foci and colonic tumors by 1,2-dimethylhydrazine in mice. **Nutrition and Cancer**, v. 39, n. 1, p. 108-116, 2001.

GALLÃO, M. I.; FURTADO, R. S.; BRITO, E. S. Cytochemical characterization and structural approach to *Prosopis juliflora* (Sw) D.C. seed gum extraction. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 2321-2324, 2005.

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

GUILLAND, J. C., LEQUEU, B. **As vitaminas do nutriente ao medicamento**. São Paulo: Santos, 1995. 375p.

HARDY, G. **Nutraceuticals and Functional Foods**: Introduction and meaning. *Nutrition*, v. 16, p. 688-689, 2000.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, v. 27, p. 42-49, 1962.

HONORATO, T. L.; RABELO, M. C.; PINTO, G. A. S.; RODRIGUES, S. Produção de ácido láctico e dextrana utilizando suco de caju como substrato **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, 2007

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas**: métodos físicos e químicos para análise de alimentos. IAL: São Paulo, 1977. 2. ed. 317p.

LEE, S. J.; UMANO, K.; SHIBAMOTO, T.; LEE, K. G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 91, n. 1, p. 131-7, 2005.

LIMA, V. P. M. S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1988.

LOPES, R. M., Oliveira, T. T; Nagem, T. J; Pinto, A. S. Flavonóides. **Biociência e Desenvolvimento**, n.3, p. 18-22, 2003.

MAGIATIS, P.; PRATSINIS, H.; KALPOUTZAKIS, E.; KONSTANTINIDOU A.; DAVARIS P.; SKALTSOUNIS A. Hydrolyzable tannins, the active constituents of three Greek *Cytinus* taxa against several tumor cell lines. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, v. 24, n. 6, p. 707-709, 2001.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. Krause: Alimentos, Nutrição e Dietoterapia. 9. ed. São Paulo: Roca, 1998.

MAIA, G.A.; MONTEIRO, J.C.S.; GUIMARÃES, A.C.L. Estudo da estabilidade físico-química e química do suco de caju com alto teor de polpa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p.43-46, 2001.

MALDONADO-ROBLEDO, G.; RODRIGUEZ-BUSTAMANTE, E.; SANCHEZ-CONTRERAS, A.; RODRIGUEZ-SONOJA, R.; SANCHEZ, S.; Production of tobacco aroma from lutein. Specific role of the microorganisms involved in the process. **Applied Microbiology e Biotechnology**, v. 62, p. 484-488, 2003.

MANELA-AZULAY, M.; LACERDA, C. A. M.; PEREZ, M. A.; FILGUEIRA, A. L.; CUZZI, T. Vitamina C. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 3, p. 265-274, 2003.

McDONALD, S.; PRENZLER, P. D.; AUTOLOVICH, M.; ROBARDS, K. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. **Food Chemistry**, v. 73, p. 73-84, 2001.

McNAMEE, B. F.; O'RIORDAN, E. D.; O'SULLIVAN, M. Emulsification and microencapsulation properties of gum arabic. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4551-4555, 1998.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim SBCTA**. v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E, L.; AMORIM, E. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.

MONTGOMERY, D. G. **Design and analysis of experiments**. In: John Wiley & Sons (eds), New York, 2001.

MOREIRA, G. E. G.; AZEREDO, H. M. C.; SOUZA, A. C. R.; MEDEIROS, M. F. D. Ascorbic acid and anthocyanin retention levels during spray drying of acerola pomace extracts. **Journal of Food Processing and Preservation**, 2008 (submetido a publicação).

MUDAMBI, S. R.; RAJAGORPAL, M. V. Vitamina C content of fruits grown in Nigéria. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 12, n. 5, p. 189-191, 1977.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, vol.1054, p. 95 -111, 2004.

NAKAYAMA, M.; SUZUKI, K.; TODA, M.; OKUBO, S.; HARA, Y.; SHIMAMURA, T. Inhibition of the infectivity of influenza virus by tea polyphenols. **Antiviral Research**, v. 21, p. 289–299, 1993.

NAM, S.; SMITH, D. M.; DOU, Q. P. Tannic acid potently inhibits tumor cell proteasome activity, increases p27 and bax expression, and induces G(1) arrest and apoptosis. **Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention**, v. 10, n. 10, p. 1083-1088, 2001.

NEPKA, C.; SIVRIDIS, E.; ANTONOGLU, O.; KORTSARIS, A.; GEORGELLIS, A.; TAITZOGLU, I.; HYTIROGLOU, P.; PAPADIMITRIOU, C.; ZINTZARAS, I.; KOURETAS, D. Chemopreventive activity of very low dose dietary tannic acid administration in hepatoma bearing C3H male mice. **Cancer Letters**, v. 141, n. 1, 57-62, 1999.

OLSON, J. A. Carotenoids and human health. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 49 (3 Suppl 1), p. 7-11, 1999.

PAIVA, F. F. A.; GARRUTI, D. S.; SILVA NETO, R. M. **Aproveitamento industrial do caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/SEBRAE, 2000. 88p.

PAULA, H. C. B.; GOMES, F. J. S.; PAULA, R. C. M. Swelling studies of chitosan/cashew gum physical gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 48, n. 3, p. 313-318, 2002.

PAULA PESSOA, P. F. A. de; LEITE, L. A. de S.; PIMENTEL, C. R. M. Situação atual e perspectiva da agroindústria do caju. In: ARAUJO. J. P. de; SILVA, V. V. da (Org.) **Cajucultura**: modernas técnicas de produção. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p. 23-42.

PAUSA para um refresco movimenta milhões. **Embanews**, Ano XVI, n. 185, p. 32-34, 2005.

PEARSON, D. A.; TAN, C. H.; GERMAN, J. B.; DAVIS, P. A.; GERSHWIN, M. E. Apple juice inhibits human low density lipoprotein oxidation. **Life Sciences**, v. 64, p. 1913-1920, 1999.

PELEG, H.; BODINE, K. K.; NOBLE, A. C. The influence of acid on adstringency of alum and phenolic compounds. **Chemical Senses**, v. 23, n. 3, p. 371-8, 1998.

PEREIRA, A. **Avaliação microestrutural de pós de suco de maracujá obtidos por spray drying**. 2000. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, 2000.

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais**: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos. São Paulo: Varela; 2005.

PINHEIRO, A.M.; FERNANDES, A.G.; FAI, A.E.C.; PRADO, G.M.; SOUSA, P.H.M.; MAIA, G.A. avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 98-103, 2006.

POLLONIO, M. A. R. Alimentos funcionais: as recentes tendências e os envolvidos no consumo. **Higiene Alimentar**, v. 14, p. 26-31, 2000.

POLYAKOV, N. E.; LESHINA, T. V.; KONOVALOVA, T. A.; KISPERT, L. D. Carotenoids as scavengers of free radicals in a Fenton reaction: antioxidants or pro-oxidants? **Free Radical Biology & Medicine**, v. 31, p. 398-404, 2001.

PRATI, P.; MORETTI, R. H.; CARDELLO, H. M. A. B. Elaboração de bebida composta por mistura de garapa parcialmente clarificada-estabilizada e sucos de frutas ácidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 147-152, 2005.

PRIOR, R. L.; CAO, G. In vivo total antioxidant capacity: Comparison of different analytical methods. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 27, p. 1173-1181, 1999.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K. SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, vol. 46 n. 5 p.367- 504, 2007.

RIGHETTO, A. M.; NETTO, F. M. Sorption isotherms of encapsulated unripe West Indian cherry (*Malpighia glabra* L) juice. In: **ISOPOW, 2000** - International Symposium on the properties of water, 8<sup>th</sup>. Zichron Yaakov, 2000, 98p.

ROOS, Y.H. Glass transition-related physicochemical changes in foods. **Food Technology**, v. 49, n. 10, p. 97–102, 1995.

ROSENTHAL, F.R.T. **Goma do cajueiro**: estudo químico e tecnológico. Rio de Janeiro: Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, Instituto Nacional de Tecnologia, 1951. 35p.

SANCHO, S.O.; MAIA, G.A.; FIGUEIREDO, R.W.; RODRIGUES, S.; SOUSA, P.H.M. Physicochemical changes in cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) Juice processing, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, 2007.

SCOVILLE, E.; PELEG, M. Evaluation of the effect of liquid bridges on the bulk properties of model powders. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 174-177, 1981.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics**, sources, chemistry, effects, applications. Lancaster: Technomic Publishing Co., 1995, 331 p.

SILVA, C. R. de M.; NAVES, M. M. V. Suplementação de vitaminas na prevenção de câncer. **Revista de Nutrição**, v.14, n. 2, p.135-143, 2001.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes **Revista de Nutrição**, 15 (1): 71-81, 2002.

SOUTHON, S. Increased fruit and vegetable consumption within the EU: potential health benefits. **Food Research International**, 33, 211-217, 2000.

STAHL, W; SIES, H. Carotenoids: occurrence, biochemical activities, and bioavailability. In: Packer L, Hiramatsu M, Yoshikawa T. **Antioxidant food supplements in human health**. San Diego: Academic Press, p.183-98, 1999.

SUBAGIO, A.; MORITA, N. Instability of carotenoids is a reason for their promotion on lipid oxidation. **Food Research International**, v. 34, p. 183-188, 2001.

SWADLING, I. The regulation and marketing of functional foods worldwide. **Food Info**, p. 4-5, 2001.

TORQUATO, D. S.; FERREIRA, M. L.; SÁ, G. C.; BRITO, E. S.; PINTO, G. A. S.; AZEVEDO, E. H. F. Evaluation of antimicrobial activity of cashew tree gum. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 20, p. 505-507, 2004.

UENOJO, M.; MARÓSTICA JR., M. R.; PASTORE, G. M. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 616-622, 2007.

VALGAS, L. **Influência de variáveis de processamento sobre as propriedades elétricas de varistores de SnO<sub>2</sub> atomizados via “spray dryer”**. 2007. 68 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

ZAKARIA, M. B.; RAHMAN, Z. A. Rheological properties of cashew gum. **Carbohydrate Polymers**, v.29, n.1, p.25-27, 1996.

ZANATTA, C. F.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu–camu (*Myrciaria dubia*). **Food Chemistry**, v. 101, p. 1526–1532, 2007.