



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**NATÁLIA DUARTE DE LIMA**

**BEBIDA COMPOSTA EM PÓ CONTENDO POLPA DE ACEROLA (*Malpighia*  
*emarginata D.C.*) E SORO DE LÁCTEO: PRODUÇÃO E ESTABILIDADE**

**FORTALEZA**

**2015**

**NATÁLIA DUARTE DE LIMA**

**BEBIDA COMPOSTA EM PÓ CONTENDO POLPA DE ACEROLA (*Malpighia emarginata D.C.*) E SORO DE LÁCTEO: PRODUÇÃO E ESTABILIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de produtos de origem vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso.

Co-orientador: Prof. Dr. Juliane Doering Gasparin Carvalho.

**FORTALEZA**

**2015**

---

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- L699b Lima, Natália Duarte de.  
Bebida composta em pó contendo polpa de acerola (*Malpighia Emarginata D. C.*) e soro de lacteo :  
produção e estabilidade / Natália Duarte de Lima. – 2015.  
126 f. : il.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,  
Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos,  
Fortaleza, 2015.  
Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal.  
Orientação: Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso.  
Coorientação: Prof. Dr. Juliane Doering Gasparin Carvalho.
1. Acerola. 2. Alimentos - desidratação. 3. Polpa de frutas. I. Título.

NATÁLIA DUARTE DE LIMA

**BEBIDA COMPOSTA EM PÓ CONTENDO POLPA DE ACEROLA (*MALPIGHIA  
EMARGINATA D.C.*) E SORO DE LÁCTEO: PRODUÇÃO E ESTABILIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de produtos de origem vegetal.

Aprovada em:   1  /  1  /  

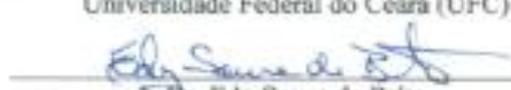
**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

  
Profa. Dra. Juliane Doering Gasparin Carvalho (Co-Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

  
Prof. Dr. José Maria Correia da Costa  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

  
Prof. Dra. Andréa Cardoso de Aquino  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

  
Dr. Edy Sousa de Brito  
(EMBRAPA Agroindústria Tropical)

A Deus,

A minha família, meus alicerces. Dedico!

## AGRADECIMENTO

São tantas as pessoas que fazem parte de nossa jornada e colaboram conosco para a obtenção das nossas conquistas, mas pouco é o espaço físico para poder agradecê-las. Mesmo que eu não consiga citar o nome de todas as pessoas importantes, saibam que agradeço profundamente a contribuição de cada uma. Por não ser possível citar todas, destaco:

A CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso, pela excelente orientação.

A Prof. Dra. Juliane Doering pela contribuição como co-orientadora para este trabalho.

Ao Prof. Dr. José Maria Correia Costa pela presença e condições proporcionadas dentro do Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem – LACONSA, durante todo o período da pesquisa.

A professora Dra. Andréa Cardoso de Aquino e Dr. Edy Sousa de Brito (EMBRAPA Agroindústria Tropical) participantes da banca examinadora pelo tempo, pelas valiosas reforços e correções, tornando o presente trabalho mais rico.

A minha querida professora de graduação Érica Milô de Freitas Felipe Rocha, que participou da banca de qualificação. Seus ensinamentos sempre me incentivaram, muito obrigada pelas contribuições neste trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem pelos bons momentos, conhecimentos, dúvidas e sugestões compartilhadas, durante as análises, secagens e escrita desta pesquisa.

Aos meus pais, Antônio Alves e Maria Euza (*in memoriam*) e meu irmão querido Cicero (*in memoriam*). Minhas conquistas só são possíveis hoje, devido à dedicação, ao trabalho e o esforço de vocês! Por mais que eu procure palavras, elas jamais seriam suficientes para definir o meu amor e saudade que sinto por vocês!

Aos meus irmãos Neuza Helena, Neizenir (Mir), Neurimar, Neirilene, João, Natalicia, Natalina, Nataliene e Expedito, por todo apoio, dedicação, por estar sempre ao meu lado nas horas boas e ruins, sempre torcendo e se alegrando com minhas conquistas, sem vocês nada seria. Obrigada por existirem e serem minha família.

A querida Francilda (Cildinha) sua amizade me enche de paz, pessoa que acolhi no coração para torna-se família, pelo seu carinho e amparo meu muito obrigada.

Ao Helder Felix, obrigada por todo carinho, amizade e compreensão nos momentos difíceis, incentivando-me durante esse período, te amo muito!

Estes foram alguns nomes, mas, não daria concluir este passo sem as inúmeras ajudas e estímulos recebidos de muitas pessoas, a todos, enfim que me auxiliaram, de uma forma ou de outra...

Que não lhes falte saúde, esperança, alegria e muita paz!

“É graça divina começar bem.

Graça maior é persistir na caminhada certa.

Mas a graça das graças é não desistir nunca”

(Dom Helder Câmara)

## RESUMO

A ideia de unir polpa de acerola, produto tropical, com soro lácteo subproduto da indústria de laticínios, conduziu a este experimento a desenvolver um novo produto com propriedades diferenciadas, rico em ácido ascórbico, proteínas e sais minerais. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo a obtenção de bebida composta em pó contendo polpa de acerola e soro lácteo por meio da secagem em *spray-dryer*. Primeiramente, avaliou-se a influência das condições de processo (temperaturas: 115 a 186 °C e vazão de ar de 3,57 a 4,43 m<sup>3</sup> / min.) sobre a higroscopicidade, grau de *caking*, umidade, cor (L\*, a\*, b\*) solubilidade, ácido ascórbico e proteínas totais dos pós através de um planejamento experimental do tipo composto central rotacional (DCCR). A partir das melhores condições de secagem estabelecida (175 °C e 3,7 m<sup>3</sup> / min.), foi feito um delineamento de misturas Simplex Centróide para obtenção da melhor formulação da mistura em pó contendo três componentes: polpa de acerola, soro de leite e maltodextrina. Os pós produzidos foram analisados nos seguintes parâmetros: acidez titulável, pH, sólidos solúveis, umidade, atividade de água, ácido ascórbico, açúcares redutores e totais, lipídeos, proteínas, cinzas, parâmetros de cor (L\*, a\*, b\*), solubilidade, higroscopicidade, grau de *caking* e carotenoides. Os produtos produzidos pelo processo de aspersão mostraram-se com qualidade e condições físicas e físico-químicas satisfatórias, a melhor formulação foi da amostra com 50:25:25% (m/m) de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, respectivamente. Em seguida, avaliou-se a estabilidade destes pós, durante 75 dias de armazenamento em embalagem laminada e selada a vácuo. Concluiu-se que o armazenamento manteve a bebida com boas características físicas e físico-químicas, além de fonte de ácido ascórbico (1 146,13 mg / 100g) e proteínas (0,49% m/m).

**Palavras-chave:** desidratação; fruto tropical; *spray-dryer*; alimento em pó.

## ABSTRACT

The idea of uniting acerola pulp, tropical product, whey by-product of the dairy industry, led to this experiment to develop a new product with different properties, rich in ascorbic acid, proteins and minerals out. Thus, this study aimed to obtain drink made in containing acerola pulp powder and whey through drying spray-dryer. First, we evaluated the influence of process conditions (temperature: 115-186 ° C and air flow rate from 3.57 to 4.43 m<sup>3</sup> / min) on the hygroscopicity, degree of caking, moisture, color (L \*, a \*, b \*) solubility, ascorbic acid and total protein powders using an experimental design type central composite (CCRD). The established from the best drying conditions (175 ° C and 3.7 m<sup>3</sup> / min), an outline Simplex centroid mixtures for obtaining the best formulation of the powder mix was made containing three components: acerola pulp, whey, maltodextrin. Powders produced were analyzed the following parameters: acidity, pH, soluble solids, humidity, water activity, ascorbic acid, reducing and total sugars, lipids, protein, ash, color parameters (L \*, a \*, b \*) , solubility, hygroscopicity, caking grade and carotenoids. The products produced by the spraying process proved to be of high quality and physical condition and satisfactory physico-chemical, the best formulation was the sample with 50: 25: 25% (m / m) of acerola pulp, whey and maltodextrin, respectively. Next, we assessed the stability of these powders during 75 days of storage laminated packaging and vacuum sealed. It was concluded that the storage kept drinking with good physical and physical-chemical characteristics, as well as ascorbic acid source (146.13 mg / 100g) and proteins (0.49% m / m).

**Keywords:** dehydration; tropical fruit; spray-dryer; powdered food .

## LISTA DE GRÁFICOS

Pag.

Gráfico 1 – Diagrama de pareto do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável higroscopicidade.....	85
Gráfico 2 – Diagrama de pareto do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável umidade .....	88
Gráfico 3 – Diagrama de pareto do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável ácido ascórbico .....	90
Gráfico 4 – Diagrama de pareto do pó da polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável rendimento .....	87
Gráfico 5 – Diagrama de pareto do pó da polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para coordenada a* (intensidade do vermelho) .....	90
Gráfico 6 – Comportamento da higroscopicidade da bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento .....	100
Gráfico 7 – Comportamento da umidade na bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento .....	102
Gráfico 8 – Comportamento do ácido ascórbico da bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento .....	104
Gráfico 9 – Comportamento do teor de proteínas totais na bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento .....	106
Gráfico 10 – Comportamento da acidez total titulável na bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento .....	107
Gráfico 11 – Comportamento do teor de sólidos solúveis totais na bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento .....	109
Gráfico 12 – Comportamento da coordenada L* da bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento .....	111
Gráfico 13 – Comportamento da coordenada a* da bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento .....	112
Gráfico 14 – Comportamento da coordenada b* da bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento .....	113

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1 -Esquema do sistema de desidratação por <i>spray-dryer</i> .....	29
Figura 2 – Diagrama gerado pelo delineamento experimental simplex centróide para 3 componentes .....	39
Figura 3 – Curva de contorno para as variáveis vazão de ar e temperatura de secagem em relação a variável dependente higroscopicidade .....	54
Figura 4 - Curvas de contornos para as variáveis vazão de ar e temperatura de secagem em relação a variável dependente umidade .....	56
Figura 5 - Curvas de contornos para as variáveis vazão de ar e temperatura de secagem em relação a variável dependente grau de <i>caking</i> .....	60
Figura 6 - Curva de contorno para as variáveis vazão de ar e temperatura de secagem em relação a variável resposta ácido ascórbico .....	62
Figura 7 - Curva de contorno para as variáveis vazão de ar e temperatura de secagem em relação a resposta para o parâmetro luminosidade (L*) .....	78
Figura 8 - Diagrama ternário do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável higroscopicidade .....	86
Figura 9 - Diagrama ternário do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável resposta umidade.....	89
Figura 10 - Diagrama ternário do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável resposta ácido ascórbico .....	84
Figura 11 - Diagrama ternário do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável resposta rendimento .....	88
Figura 12 - Diagrama ternário do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para coordenada a* (intensidade do vermelho) .....	92

## LISTA DE TABELAS

	Pag.
Tabela 1- Composição da acerola em diferentes estádios de maturação.....	21
Tabela 2 – Padrão de Identidade e Qualidade para polpa de acerola .....	22
Tabela 3 – Composição do leite integral, soro doce e soro ácido .....	24
Tabela 4 – Composição do soro doce e de suas proteínas.....	25
Tabela 5 – Padrões de Identidade e Qualidade para soro de leite utilizado na alimentação humana .....	26
Tabela 6 - Níveis do planejamento utilizado para secagem para secagem para definição dos parâmetros temperatura e vazão de ar de secagem.....	36
Tabela 7 - Ensaios do planejamento experimental para definição dos parâmetros temperatura e vazão de ar de secagem .....	37
Tabela 8 – Delineamento experimental da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	39
Tabela 9 – Características da polpa de acerola e do soro lácteo.....	46
Tabela 10 - Resultados do planejamento experimental para bebida composta em pó de polpa de acerola e soro lácteo.....	51
Tabela 11 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a variável dependente higroscopicidade .....	52
Tabela 12 - Análise de variância do modelo de regressão para a higroscopicidade .....	53
Tabela 13 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a variável umidade.....	55
Tabela 14 - Análise de variância do modelo de regressão para a umidade.....	55
Tabela 15 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a variável dependente grau de <i>caking</i> .....	58
Tabela 16 - Análise de variância do modelo de regressão para variável grau de <i>caking</i> .....	58
Tabela 17 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a variável dependente ácido ascórbico.....	60
Tabela 18 - Análise de variância do modelo de regressão para ácido ascórbico.....	61
Tabela 19 - Resultados do planejamento experimental para bebida composta em pó de polpa de acerola e soro lácteo.....	63

Tabela 20 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a variável dependente rendimento.....	64
Tabela 21 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a variável dependente solubilidade.....	65
Tabela 22 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a coordenada luminosidade (L*) .....	66
Tabela 23 - Análise de variância do modelo de regressão para a coordenada luminosidade (L*) .....	67
Tabela 24 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre coordenada de cor intensidade do vermelho (a*) .....	68
Tabela 25 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a coordenada de cor intensidade do amarelo (b*) .....	69
Tabela 26 – Efeito estimado das variáveis independentes sobre as proteínas totais.....	70
Tabela 27 – Condições adotadas para temperatura e vazão de ar de entrada no processo de aspersão em <i>spray-dryer</i> .....	71
Tabela 28 - Resultados do delineamento de mistura para variáveis dependentes da bebida composta em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	73
Tabela 29 - Análise de variância para o modelo linear da higroscopicidade do pó da mistura entre polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	74
Tabela 30 - Análise de variância para modelo linear da umidade do pó da mistura entre polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina .....	76
Tabela 31 - Análise de variância para modelo linear de ácido ascórbico do pó da mistura para pó da mistura entre polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	79
Tabela 32 - Análise de variância para modelo quadrático de rendimento para da bebida composta em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	82
Tabela 33 - Resultados do delineamento de mistura para variáveis dependentes da bebida composta em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	83
Tabela 34 - Análise de variância para modelo linear da solubilidade da bebida composta em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	86
Tabela 35 - Análise de variância para variável cor, coordenada L* (luminosidade) da bebida composta em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	86
Tabela 36 - Análise de variância para modelo linear de cor, coordenada a* da bebida composta em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	87

Tabela 37 - Análise de variância para modelo linear de cor, coordenada $b^*$ da bebida composta em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	87
Tabela 38 - Análise de variância para modelo linear de proteínas totais do pó da mistura para pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	90
Tabela 39 – Melhor formulação da bebida composta escolhida para estudo da estabilidade .	91
Tabela 40 - Características da bebida composta em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina na formulação escolhida.....	92
Tabela 41 - Higroscopicidade do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	97
Tabela 42 - Umidade do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina ....	99
Tabela 43 - Ácido ascórbico do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	101
Tabela 44 - Proteínas do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina....	103
Tabela 45 - Acidez total titulável do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	105
Tabela 46 - Sólidos solúveis do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina .....	106
Tabela 47 - Coordenadas de cor $L^*$ $a^*$ $b^*$ do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.....	108

## SUMÁRIO

	Pag.
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
2.1 Objetivo geral.....	19
2.2 Objetivos Específicos.....	19
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
3.1 Fruticultura Brasileira .....	20
3.1.2 <i>Acerola</i> .....	21
3.1.3 <i>Polpa de Acerola</i> .....	22
3.2 Soro de Leite .....	23
3.2.1 <i>Características e produção do soro</i> .....	23
3.2.2 <i>Aplicações na indústria de alimentos</i> .....	26
3.3 Processos de desidratação .....	28
3.3.1 <i>Secagem por aspersão</i> .....	28
3.4 Parâmetros de qualidade de alimentos em pó .....	32
3.5 Bebida Composta.....	34
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
4.1 Obtenção e armazenamento da matéria-prima .....	35
4.2 Definição dos parâmetros de secagem em <i>Spray-dryer</i> .....	35
4.3 Delineamento de misturas para formulação da bebida composta .....	37
4.4 Estudo da estabilidade da bebida composta em pó .....	39
4.5 Análises de caracterização físico e físico-químicas realizadas nas matérias-primas e na bebida composta em pó.....	40
4.5.1 <i>Análises realizadas na polpa de acerola</i> .....	40
4.5.2 <i>Análises realizadas no soro de leite</i> .....	40
4.5.3 <i>Análises realizadas na bebida composta em pó</i> .....	40
4.6 Descrição metodológica das análises.....	40
4.6.1 <i>Umidade</i> .....	40
4.6.2 <i>Atividade de água (<math>a_w</math>)</i> .....	41
4.6.3 <i>Sólidos solúveis totais</i> .....	41

4.6.4	<i>Potencial hidrogênionico</i>	41
4.6.5	<i>Acidez total titulável</i>	41
4.6.6	<i>Açúcares totais e redutores</i>	42
4.6.7	<i>Proteínas totais</i>	42
4.6.8	<i>Ácido Ascórbico</i>	43
4.6.9	<i>Cor instrumental</i>	43
4.6.10	<i>Higroscopicidade</i>	43
4.6.11	<i>Grau de Caking</i>	44
4.6.12	<i>Solubilidade</i>	44
4.6.13	<i>Cinzas</i>	44
4.6.14	<i>Lipídeos</i>	45
4.6.15	<i>Carotenóides Totais</i>	45
4.6.16	<i>Rendimento</i>	45
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	45
5.1	<b>Caracterização da polpa de acerola e soro lácteo líquido</b>	46
5.2	<b>Análise do planejamento experimental</b>	50
5.2.1	<i>Resultados para higroscopicidade, umidade, grau de caking e ácido ascórbico</i>	50
5.2.2	<i>Resultados do rendimento, solubilidade, coordenadas de cor L* a* b* e Proteínas Totais</i>	62
5.3	<b>Condições adotadas nas secagens no delineamento de misturas</b>	70
5.4	<b>Resultados do delineamento de misturas</b>	71
5.4.1	<i>Resultados do delineamento de misturas para higroscopicidade, umidade e ácido ascórbico</i>	71
5.4.2	<i>Resultados do delineamento de misturas para rendimento, solubilidade e coordenadas de cor L* a* b*</i>	81
5.5	<b>Definição do ponto para estudo da estabilidade</b>	90
5.5.1	<i>Caracterização do pó no ponto escolhido</i>	91
6	<b>RESULTADOS DA ESTABILIDADE DA BEBIDA COMPOSTA EM PÓ</b>	97
6.1	<b>Higroscopicidade</b>	97
6.2	<b>Umidade</b>	99
6.3	<b>Ácido Ascórbico</b>	100
6.4	<b>Proteínas Totais</b>	102
6.5	<b>Acidez Total Titulável</b>	102

<b>6.6 Sólidos solúveis (°Brix) .....</b>	<b>106</b>
<b>6.7 Coordenadas de cor L* a* b* .....</b>	<b>107</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>112</b>
<b>8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>113</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>114</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutos in natura, mas por serem perecíveis, grande parte desses frutos sofrem deterioração em poucos dias, dificultando sua comercialização, especialmente quando é transportado a longas distâncias.

A acerola (*Malpighia emarginata D.C.*) é conhecida por seu alto teor de vitamina C e outros compostos com propriedades antioxidantes. Quando madura, é consumida na forma de suco e, como outros frutos climatéricos tropicais, tem uma vida útil pós-colheita curta de no máximo quatro dias (perda estimada em 40%).

A produção de polpas congeladas e suco (integral, concentrado ou em pó), néctares, licor, bombons, sorvetes, refrigerantes, entre outros, tem se destacado como uma importante alternativa para o aproveitamento dos frutos durante a safra, permitindo o consumo fora da época de produção e evitando as perdas pós-colheita (YAMASHITA *et al.*, 2003).

As polpas de acerola podem ser submetidas a processos de desidratação para a obtenção de pós, favorecendo o armazenamento por períodos prolongados, além da oferta de um novo produto no mercado.

Atualmente existem aplicações de diversos processos tecnológicos, visando, principalmente, a utilização integral de subprodutos dos laticínios e diminuição dos custos de produção. O soro de leite, resultante da fabricação de queijos, vem sendo utilizado para elaboração de diversos alimentos, constituindo um meio para o enriquecimento de novos produtos, além de estimular a implantação de outras microempresas e o desenvolvimento de agroindústrias já existentes, com melhor uso da infraestrutura disponível (PERRONE, PERREIRA e CARVALHO, 2011; MENEZES, 2011).

O soro possui uma reserva protéica de excelente qualidade (aproximadamente 20 % do total protéico do leite integral), o teor de aminoácidos essenciais é maior do que os de quaisquer outras fontes, contendo níveis elevados de leucina e lisina, além de constituir uma boa fonte de cisteína e metionina (ANTUNES, 2003; SGABIERE, 2004). O elevado conteúdo de substâncias orgânicas presentes no soro de leite, associado principalmente à presença de lactose e proteínas, o seu poder

poluente é considerado alto, com uma demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sendo necessário repensar o seu descarte.

O soro em pó é uma das diversas formas de processamento do soro na indústria, segundo Codex Alimentarium (2005), ele é obtido através da desidratação do soro líquido, por processo tecnologicamente adequado, sendo apto para a alimentação humana, agregando valor comercial, nutricional e ainda além de atendendo as inúmeras preferências dos consumidores.

A desidratação em *spray dryer* consiste basicamente na eliminação da água em condições controladas de temperatura e pressão, resultando na obtenção de produto em pó, forma que favorece o armazenamento, transporte e diversifica o seu uso. O alto conteúdo de açúcares das polpas, sucos de frutos e o próprio soro, pode promover a obtenção de produtos com alta pegajosidade e higroscopicidade, diminuindo o rendimento do processo e alterando o produto. Portanto, é fundamental a utilização de adjuvantes, tais como, polímeros e gomas, antes do processo de desidratação por aspersão, visando facilitar o processo de secagem, as operações de transporte e armazenamento.

As crescentes exigências do consumidor por novos gêneros alimentícios que apresentem, além da qualidade sensorial e nutricional, benefícios associados à saúde e comodidade, aumentam a demanda de novos alimentos. Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi estudar os aspectos de produção e estabilidade de bebida composta em pó contendo polpa de acerola (*Malpighia emarginata D.C.*) e soro de leite por meio de secagem em *spray-dryer*.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa foi estudar os aspectos de produção e estabilidade de bebida composta em pó contendo polpa de acerola (*Malpighia emarginata D.C.*) e soro de leite por meio de secagem em *spray-dryer*.

### 2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa foram:

- Realizar estudo das melhores condições operacionais do processo de secagem em relação à temperatura de secagem e vazão do ar, através de um Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR);
- Definir a melhor formulação da mistura por meio de delineamento de misturas Simplex Centroide: soro de leite, polpa e maltodextrina e
- Avaliar a estabilidade do pó sob armazenamento a vácuo e a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C).

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Fruticultura Brasileira

A produção mundial de alimentos é marcada pela enorme diversidade de frutos, porém apenas uma pequena parcela é comercializada internacionalmente em grande escala. De acordo com a ADECE (2013), o Brasil é o 15º exportador de frutas e mantém-se como terceiro maior produtor mundial, atrás apenas de China e Índia.

No Brasil foram colhidas no ano de 2011, 45,1 milhões de toneladas, em uma área plantada de 2 240 milhões de hectares (ANUÁRIO, 2013). No entanto, apresenta altos índices de perdas pós-colheita, em torno de 40%, incluindo o não aproveitamento de excedentes de safra, particularmente de frutos sazonais. O tema exige ampla discussão e decisões urgentes, a fim de aperfeiçoar o processo, diminuir perdas, viabilizar o transporte e a distribuição durante todo o ano, visto que a agricultura moderna exige maior produtividade e qualidade dos frutos, minimização dos custos e ganhos de competitividade, principalmente, em relação a produtos de exportação (ALMEIDA *et al.*, 2006).

As frutas são de grande importância mundial no que se refere aos aspectos social, econômico e alimentar. Atualmente, a fruticultura tropical vem se destacando como uma das alternativas para o desenvolvimento regional, o que requer pesquisas para o conhecimento das práticas de cultivo e da fisiologia pós-colheita dos frutos. Segundo Maia *et. al.*, (2007), elas desempenham papel de grande importância na dieta humana, pois fornecem vitaminas, carboidratos, minerais, além de características sensoriais agradáveis como cor, sabor e aroma. Além disso, a presença de componentes bioativos nos frutos contribui de forma significativa para sua inserção como parte de uma dieta saudável.

##### 3.1.2 Acerola

A acerola (*Malpighia emarginata D.C*) pertence à família *Malpighaceae* e seus frutos apresentam-se como uma drupa de superfície lisa ou dividida em três gomos, com tamanhos que podem variar de 3 a 6 cm de diâmetro. A coloração externa varia do

alaranjado ao vermelho intenso quando maduros, possuem polpa carnosa e suculenta (JUNQUEIRA, VALE e RAMOS, 2014).

É um fruto climatérico altamente perecível, nativo das ilhas do Caribe. No Brasil, essa planta foi introduzida em 1955, no Estado de Pernambuco, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), por meio de sementes oriundas de Porto Rico, de onde se espalhou para o Nordeste e para outras regiões do País (RITSINGER, RITSINGER, 2011). Atualmente, é cultivada em todos os Estados brasileiros, com limitações na Região Sul por suas temperaturas extremamente baixas no inverno.

Segundo Franco (2008), o Brasil concentra grande parte da safra nacional de acerola na região Nordeste devido às condições favoráveis de clima e de solo. Entre os estados que se destacam na produção desta fruta são Bahia, Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte, que juntos processam cerca de 35 mil toneladas de acerola por ano, quantidade que rende algo em torno de 18 mil litros de suco e polpa destinados em especial para o Japão, Europa e Estados Unidos. Segundo dados divulgados pela ADECE (2013), o Ceará apresentou em 2011 produção de 10.492 toneladas de acerola, com área plantada de 2.854 hectares e rendimento médio de 5.811 kg/ha.

A acerola é conhecida pelo seu alto teor de ácido ascórbico, varia entre 2164 mg/100g a 1074 mg/100g em função do estágio de maturação (VENDRAMINI e TRUGO, 2000). Na Tabela 1 está apresentada a composição da acerola em diferentes estágios de maturação.

Tabela 1- Composição da acerola em diferentes estágios de maturação

Constituintes	Imatura (Verde)	Intermediária (Amarela)	Madura (Vermelha)
Vitamina C mg/100g	2164	1065	1074
Proteínas (%)	1,2	0,9	0,9
Cinzas (%)	0,4	0,4	0,4
Umidade (%)	9,1	92,4	92,4
Sólidos Solúveis	7,8	7,7	9,2
Açúcares Redutores (%)	3,3	4,2	4,4
Açúcares não redutor (%)	1,1	0,1	-

Fonte: Vendramini; Trugo, 2000.

No mercado, encontram-se vários produtos alimentícios a base de acerola. As formas mais comuns de comercialização são acerola in natura, polpa congelada, sucos (integral, concentrado e desidratado), refrigerante, bombons, gomas de mascar, geléias, cápsulas, néctares, compotas, misturas de sucos de frutos, bebidas esportivas, pílulas vitamínicas e sorvetes contendo vitamina C (TANAKA, 2007; YAMASHITA et al., 2003). A possibilidade de aplicações é ilimitada essa matéria-prima está disponível a custos favoráveis.

### 3.1.3 Polpa de Acerola

Polpa ou purê de acerola é o produto não fermentado e não diluído, obtido da parte comestível da acerola (*Malpighia emarginata D.C*) através de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos solúveis totais, proveniente da parte comestível do fruto, com cor variando do amarelo ao vermelho, sabor ácido e aroma próprio (BRASIL, 2000).

Segundo Cortez; Honório e Moretti (2002), a polpa não exige uma seleção e classificação dos frutos, em relação ao quesito uniformidade, uma vez a matéria-prima será triturada ou desintegrada, podendo haver adição de sacarose desde que a proporção seja especificada no rótulo. Na Tabela abaixo estão descritos os padrões de identidade e qualidade para polpa de acerola de acordo com a Instrução Normativa nº 01 de 07 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

Tabela 2 – Padrão de Identidade e Qualidade para polpa de acerola

<b>Composição</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Sólidos solúveis em brix a 20° C	5,5	-
pH	2,80	-
Acidez total em ácido cítrico (g/100g)	0,80	-
Ácido ascórbico (mg/100g)	800,00	-
Açúcares totais naturais da acerola (g/100g)	4,00	9,50
Sólidos totais (g/100g)	6,50	-

Fonte: Brasil, 2000.

Durante o processamento e armazenamento dos produtos de acerola ocorrem perdas de ácido ascórbico, variando de acordo com o processo e equipamentos utilizados (MAIA *et al.*, 2007). No entanto, segundo Freitas *et al.*, (2006), mesmo após o processamento da acerola os produtos, ainda retêm um alto conteúdo de vitamina C, desde que a matéria-prima utilizada seja rica nesta vitamina.

O aumento da produção e consumo da acerola e seus produtos, aliado ao fato de se tratar de um fruto muito perecível, torna premente a necessidade de se desenvolver alternativas para seu processamento, visando tanto a conservação, como a obtenção de novos produtos com valor agregado, satisfazendo os requisitos exigidos nos padrões de identidade e qualidade destes produtos e anseios do consumidor.

## **3.2 Soro de Leite**

### ***3.2.1 Características e produção do soro***

O soro de leite foi descoberto a cerca de 3000 anos atrás, quando estômagos de bezerras foram usados para armazenar e transportar leite, resultando na transformação do leite em coalhada que liberava soro por meio da ação natural da enzima quimiosina (coalho) localizada no estomago dos vitelos (SMITHERS, 2008).

Atualmente o soro é um subproduto obtido do processamento de queijos nos laticínios e pode ser definido como a parte líquida do leite, remanescente da coagulação e da caseína por acidificação (“soro ácido”), ou por adição de enzima (“soro doce”). Possui cor amarelo-esverdeado ou eventualmente com uma tonalidade azulada, dependendo da qualidade e da espécie do leite utilizado (SGARBIERI, 1996; PENNA, ALMEIDA; OLIVEIRA, 2009). O soro pode ser obtido de qualquer espécie de leite; embora o de vaca seja o mais utilizado. Em algumas regiões, o leite de cabra, ovelha, búfala e até de camela são também utilizados na fabricação de produtos lácteos, resultando na obtenção de soro (SMITHERS, 2008).

No mediterrâneo, a produção de soro de leite aumentou acentuadamente nas últimas décadas, estimando-se uma faixa de 160 milhões de toneladas por ano (DERMIKI, *et al.*, 2008; MAGALHÃES *et al.*, 2010). Em média, em todo o mundo, o volume de soro de leite cresce concomitantemente ao aumento de volumes de leite,

cerca de 42% ao ano de soro são produzidos (FAO, 2006). Acredita-se que aproximadamente 50% de todo o soro líquido produzido não é aproveitado, sendo este número ainda maior se consideradas micros e pequenas empresas. No Brasil, segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior foram produzidos mais de 24 milhões de quilos de soro de leite em 2012.

A composição química do soro depende da composição química do leite que varia de acordo com a alimentação, reprodução, diferença individual do animal e do clima (LING, 2008). Além disso, a composição e o tipo de soro produzido variam em função dos processos tecnológicos aplicados pelo tratamento térmico envolvido na produção do queijo, manipulação e outros fatores (MIZUBUTI, 1994; MENEZES, 2011).

Industrialmente podem-se obter dois tipos de soro: ácido e doce. O soro ácido é um subproduto da fabricação do Caseinato, Requeijão, queijo *quark* e queijo *cottage*, apresenta um pH de 4,6 a 4,7. O soro doce é produzido pela coagulação enzimática (normalmente renina) do leite, no qual o pH se apresenta em torno de 6,3 a 6,7. É obtido na produção da maioria dos queijos, por exemplo Minas Frescal, Mussarela, Prato, Colonial, Coalho Parmesão e outros; é o mais comum. O soro doce contém menos ácido láctico e apresenta percentuais de lactose e de cálcio mais elevados em comparação ao soro ácido (ALESSI, 2005; ANTUNES, 2003; TRINDADE, 2002). Na Tabela 3 está apresentada a comparação dos componentes presentes no leite, no soro doce e no soro ácido.

Tabela 3 – Composição do leite integral, soro doce e soro ácido.

<b>Determinações (%)</b>	<b>Leite integral</b>	<b>Soro doce</b>	<b>Soro ácido</b>
Umidade	87,4	93,7	93,5
Sólidos totais	12,6	6,4	6,5
Proteínas	3,5	0,8	0,7
Gordura	3,5	0,5	0,04
Lactose	4,8	4,5	3,8
Cinza	0,7	0,5	0,8
Ácido láctico	-	0,05	0,08

Fonte: Adaptado de Alessi, 2005.

O soro doce, apresenta cerca de 85-95% do volume de leite. Dentre os nutrientes, proteínas solúveis totais (0,6 - 0,8% m/v), o que representa 20% das proteínas solúveis do leite, sais minerais (8 - 10% de extrato seco), compostos de nitrogênio não protéicos (uréia e ácido úrico), vitaminas hidrossolúveis, que passaram do leite para o soro, sendo elas: tiamina, riboflavina, ácido pantotênico, vitamina B6 e B12 e sais minerais, como cálcio, magnésio, zinco, potássio e fósforo (VENTURINI FILHO, 2010; MENEZES, 2011).

Em relação à quantidade de aminoácidos essenciais, as proteínas presentes no soro apresentam concentrações em excesso às recomendações dos aminoácidos triptofano, cisteína, leucina, isoleucina e lisina, exceto pelos aminoácidos aromáticos (fenilalanina e tirosina), que atendem às recomendações para todas as idades, caracterizando-as assim como proteínas de alto valor biológico e de boa digestibilidade. (SGARBIERI, 2004; VENTURINI FILHO, 2010). A composição do soro doce e de suas proteínas pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 – Composição das proteínas no soro doce.

<b>Proteínas</b>	<b>(%)</b>
$\beta$ -Lactoglobulina	0,29
$\alpha$ -Lactalbumina	0,13
Caseína do soro	0,21
Imunoglobulina	0,06
Lipoproteínas	0,06
Soralbumina (BSA)	0,06
Lactoferrina	0,02
Lactoperoxidase	0,04
Total	0,08

Fonte: Antunes, 2003.

Cada proteína presente no soro apresenta uma funcionalidade específicas. A  $\beta$ -lactoglobulina possui propriedade gelatinizante, a  $\alpha$ -lactoglobulina possui capacidade de formação de espuma similar à clara do ovo, enquanto que a lactoferrina e a lactoperoxidase apresentam propriedades bacteriostáticas (ANTUNES, 2003). Segundo

Sgarbieri (2004), as diferenças fundamentais no metabolismo e na ação fisiológica das caseínas e das proteínas do soro de leite baseiam-se na capacidade das mesmas de não sofrerem alterações conformacionais pelos ácidos estomacais.

Na Tabela 5, estão descritos os padrões de identidade e qualidade para o soro de leite de acordo com a Portaria nº 53 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2013). Nesta, verifica-se que os valores máximos e mínimos são especificados apenas para os parâmetros de pH, acidez total titulável e sólidos totais.

Tabela 5 – Padrões de Identidade e Qualidade para soro de leite utilizado na alimentação humana.

Critérios	Conteúdo	
	Soro de Leite doce	Soro de Leite Ácido
pH	min. 6,0; máx 6,8	
Acidez total titulável (ácido láctico g/100g)	min. 0,10; máx. 0,14	
Sólidos Totais (g/100mL)	min. 5,5; max menor que 6,0	5,0
Proteína láctea (g/100mL)	0,5	0,5

Fonte: Brasil, 2013.

### 3.2.2 Aplicações na indústria de alimentos

Tem-se observado que, enquanto nos países desenvolvidos cerca de 95 % do total do soro é utilizado na indústria de alimentos, no Brasil, apenas 50 % da produção é utilizada (SMITHERS, 2008). É possível o aproveitamento do soro para extração de lactose, na forma de soro em pó, concentrados protéicos com elevados teores de proteínas (próximos a 89 %), isolados protéicos enriquecidos com  $\beta$ -lactoglobulina ou  $\alpha$ -lactoalbumina, ou ainda na forma de componentes isolados como glicomacropéptideo e lactoferrina (JOHNSON; LUCEY, 2006).

O Brasil caracteriza-se como um importador de soro em pó, entre os meses de janeiro e setembro de 2010 importou 23.993 mil toneladas do produto, ao contrário, na França e Estados Unidos a produção foi aproximadamente 285 e 3,9 milhões de

toneladas, respectivamente (MILKPOINT, 2013; SCHUCK; JEANTET; CARVALHO, 2010; HENNING *et al.*, 2006).

O soro lácteo apresenta flexibilidade e adaptabilidade a diversas aplicações, diretamente sob a forma líquida, como matéria-prima na elaboração de ricota e bebidas lácteas, até a utilização de outras tecnologias para obtenção de produtos específicos e/ou novos produtos.

O soro, na forma de concentrados protéicos, vem sendo aplicado pela indústria de alimentos na elaboração de dietéticos, nos quais age como substituto das gorduras, em produtos de panificação, confeitaria, cárneos, sopas, molhos para saladas, alimentos infantis, bebidas para atletas, dietas enterais e produtos lácteos (ANTUNES; CAZETTO; BOLINI, 2004).

Cassanego *et al.*, (2012) aponta que a crescente demanda por alimentos cada vez mais nutritivos, acessíveis e com menor custo de produção, tornam o soro uma importante fonte de nutrientes nobres, passíveis de serem recuperados e empregados na elaboração de uma grande quantidade de produtos alimentícios. Desta maneira, o uso do soro de leite pela indústria resulta em diminuição nos custos de fabricação e aproveitamento racional deste subproduto que apresenta excelente valor nutritivo.

As bebidas contendo soro lácteo são uma realidade no mercado brasileiro, sendo processadas de diversas formas como UHT (ultra-high-temperature), pasteurizadas, fermentadas, soft-drinks, carbonadas ou não e em diversos sabores, como morango, chocolate, frutos cítricos, entre outras, com um mercado consumidor promissor (MENEZES, 2011).

### **3.3 Processos de desidratação**

A secagem é uma das operações unitárias mais relevantes e desafiadoras no processamento de alimentos, é definida como o processo combinado de transferência de calor e massa na qual se reduz a disponibilidade de água em um alimento (FELLOWS, 2006), apresentando como principais vantagens: conservação do produto e redução de peso, com conseqüente redução dos custos de transporte e armazenamento (ORDOÑEZ, 2005; OETTERER, 2006). É considerado um dos processos mais econômicos de conservação, que pela remoção da água, inibi os microrganismos bem como a

ocorrência de reações químicas, além de facilitar o uso e diversificar a oferta de produtos, permitindo a obtenção de produtos de fácil utilização e com características sensoriais distintas (MAIA *et. al.*, 2007).

Em relação aos aspectos nutricionais, a retirada do teor de umidade, torna o produto final com maiores proporções dos seus outros componentes em unidade de massa do produto seco. Porém, há perdas de vitaminas, pois as partes solúveis em água, como o ácido ascórbico e os carotenóides, são parcialmente oxidados (FELLOWS, 2006).

Os produtos submetidos à secagem, embora sejam favorecidos com o retardo das alterações, necessitam de embalagem, transporte e armazenamento adequados, que iram prolongar ao máximo as características do produto.

### **3.3.1 Secagem por aspersão**

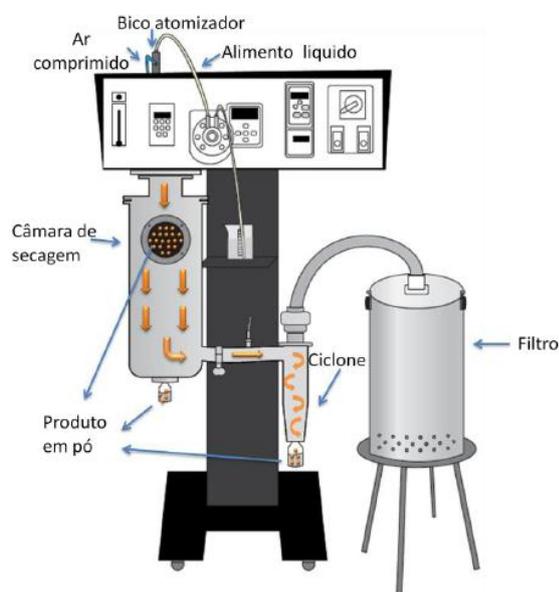
Gava (2008) classifica os tipos de desidratadores em adiabáticos e de transferência de calor por superfície sólida. Os equipamentos do tipo *spray-dryer* ou atomizadores são do primeiro tipo, no qual o calor é conduzido por meio de ar quente. Estes atomizadores são equipamentos nos quais a secagem se faz por pulverização em processo contínuo e líquido e pastas são transformados em produtos secos, caracterizando-se pelo tempo de secagem relativamente mais curto que nos outros secadores.

A secagem por aspersão (*spray dryer*) é uma técnica amplamente utilizada na indústria de alimentos, sendo eficaz para obtenção de muitos produtos de várias 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 (OLIVEIRA, 2008). Essa técnica é comumente utilizada na desidratação de alimentos líquidos, como ovo em pó, leite, café solúvel ou alimentos pastosos.

No *spray-dryer* a secagem se faz por aspersão, no qual um líquido é transformado em produto em pó seco, a um tempo de secagem mais curto que nos outros secadores, cerca de 1 a 10 s (FELLOWS, 2006). A rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas, de maneira que a alta temperatura do ar de secagem não afete demasiadamente o produto (TANAKA, 2007).

A secagem “*spray dryer*” pode ser explicado seguindo o desenho esquemático apresentado na Figura 1. O processo de aspersão é iniciado quando o alimento líquido, sob efeito de compressão do ar, é gotejado pelo pequeno orifício do bico, ao entrar em contato com o ar quente na câmara é seco quase que instantaneamente pelo ar quente. Os pós, mais pesados, se depositam por gravidade no reservatório de produto, e as partículas finas seguem o fluxo de sucção e serão coletados nos ciclones.

Figura 1 - Esquema do sistema de desidratação por *spray-dryer*.



Fonte: Ribeiro (2014).

O princípio da técnica consiste em dispersar o produto líquido em pequenas gotículas no interior da câmara, onde elas entram em contato com o ar quente (ORDÓÑEZ, 2005). Quando um alimento é colocado em corrente de ar com baixa umidade relativa e elevada temperatura, é formada espontaneamente uma diferença de temperatura e pressão parcial de água entre o alimento e o ar, resultando em uma transferência de energia na forma de calor do ar para o produto e uma transferência de água do produto para o ar, sendo que o ar em contato com a partícula aspergida possui temperatura inferior às submetidas inicialmente (SCHUCK, JEANET; CARVALHO, 2010). De acordo com Schuck (2009), as pequenas gotículas formadas e a grande área superficial das mesmas resultam em uma rápida evaporação da água a temperatura relativamente baixa, minimizando os danos térmicos ao produto.

Um dos aspectos mais críticos neste tipo de sistema é a aspersão do produto. Para que a desidratação seja rápida e uniforme é fundamental obter a formação de gotas com tamanho pequeno e homogêneo. O que determinará o tamanho das partículas secas finais (ORDOÑEZ, 2005). Segundo Fellows (2006) a secagem é rápida (1 a 10 segundos) devido à área superficial das gotículas, que é muito grande e a temperatura controlada, produzindo poucos danos pelo calor no alimento.

As propriedades físico-químicas do pó produzido em *spray-dryer* dependem de algumas variáveis do processo como as características do líquido de alimentação (viscosidade, tamanho da partícula e vazão) e do ar de secagem (temperatura, pressão) bem como o tipo de atomizador. Portanto, essas variáveis são importantes para otimizar o processo de secagem para a obtenção de produtos com boas características nutricionais e sensoriais, bem como de um bom rendimento no processo (TONON, BRANBET; HUBINGER, 2008).

Vale ressaltar que a secagem em um *spray-dryer* pode ser dividida em fases que irão interferir nas características do produto final, sendo elas: atomização do líquido, contato do líquido atomizado com o ar quente, evaporação da água e separação do produto em pó do ar de secagem (TONON *et al.*, 2009).

Os pós obtidos por aspersão, devido à redução da atividade de água, apresentam boa estabilidade microbológica, aumento da vida útil, rápida produção de partículas secas, redução de risco de degradação química e/ou microbológica, redução de custos com transporte, redução de peso e facilidade de armazenamento (GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; OBÓN *et al.*, 2009; GOULA; ADAMOPOULOS, 2010).

Segundo TANAKA (2007), a desidratação pelo processo de aspersão é uma alternativa para a preservação da acerola que permite a obtenção de polpa de acerola desidratada (acerola em pó) com elevado teor de vitamina C. É também uma das diversas tecnologias para a obtenção de soro em pó (THOMSEN, 2005).

A desidratação por *spray-dryer* em produtos com alto teor de açúcares e ácidos de baixo peso molecular, como os sucos de frutos e o próprio soro de leite, produzem pós muito higroscópicos, suscetíveis a aglomeração e problemas de fluidez (MIZUBUTI, 1994; ROOS, 1995; BHANDARI; DATTA; HOWES, 1997). Essas propriedades provocam elevado custo de operação e, conseqüentemente, baixo

rendimento do produto final (BARBOSA, 2010). Uma alternativa que vem sendo utilizada para secar estes tipos de produtos tem sido a adição de aditivos de alto peso molecular, como polímeros e gomas, antes da secagem do produto, para aumentar a temperatura de transição vítrea, impedindo a aderência do produto nas paredes do equipamento, e facilitando as operações de transporte e armazenamento (SHRESTHA, *et al.*, 2007).

Os adjuvantes de secagem, denominados agentes carreadores ou material de parede, podem ser carboidratos (amidos, maltodextrinas, xaropes de milho, dextranas, sacarose e ciclodextrinas), celulose (carboximetilcelulose, metilcelulose, entre outros), gomas (goma acácia, carragena, arábica, etc.) e proteínas (glúten, caseínas, gelatinas, albuminas, hemoglobinas e peptídeos), sendo comumente mais usados as maltodextrinas e a goma arábica (BARBOSA, 2010; GABAS *et al.*, 2007).

Segundo Barbosa (2010), os produtos à base de amido parcialmente hidrolisados têm sido bastante utilizados como agente carreador de secagem na obtenção de produtos em pó. Esses polímeros de sacarídeos de D-glicose possuem sabor neutro, ausência de odor e são facilmente digeríveis e bem tolerados. Eles são usualmente classificados de acordo com seu grau de hidrólise, expressado como dextrose equivalente (DE).

Existe alta correlação entre o valor de equivalente dextrose (DE) de um amido hidrolisado e a estabilidade aos pós. Com o aumento do DE, aumenta a barreira ao oxigênio e, portanto, a estabilidade (AZEREDO, 2005). De fato, Wagner e Warthesen (1995), observaram que, quanto maior o DE de um amido hidrolisado, maior a eficiência da cápsula em proteger  $\beta$ -caroteno contra oxidação. Por outro lado, quanto maior o DE, menor a temperatura de transição vítrea, aumentando a probabilidade de aglomeração (*caking*) do pó obtido (QI; XU, 1999).

Dentre os processos de secagem com a utilização de ar quente, a secagem em *spray-dryer* é a mais amplamente utilizada na indústria de alimentos. E, sob condições ótimas de transformação, foi provado ser um método eficaz para obter 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 *et al.*, 2005; ANDRADE; FLORES, 2004).

### 3.4 Parâmetros de qualidade de alimentos em pó

A estabilidade de um alimento pode ser mantida por um determinado período através do controle das interações químicas, ações enzimáticas e microrganismos capazes de reduzir a qualidade do produto, por causarem alterações sensoriais, microbiológicas e nutricionais indesejáveis (MOURA, 2010). De acordo com Fellows (2006), a qualidade dos alimentos desidratados depende em parte das mudanças que ocorrem durante o processamento e o armazenamento, sendo as principais alterações na textura e perdas de sabor ou aroma, no entanto, mudanças na cor e valor nutricional são também significativas em alguns alimentos, implicando na redução do tempo de vida útil.

As características de textura dos pós estão relacionadas com sua densidade e facilidade de reidratação. Estas por sua vez, são dependentes do tamanho das partículas secas, que é determinado pela natureza e composição do alimento e condições de secagem, como a uniformidade do tamanho das gotículas, temperatura, teor de sólidos e grau de aeração do líquido de alimentação (FELLOWS, 2006).

A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, sendo, portanto, o fator individual que mais influi no estudo da vida útil de alimentos (ORDOÑEZ, 2005). Encontra-se na forma de água livre e água ligada.

A água ligada é definida como a água que estar fortemente unida com solutos os constituintes não aquosos, através de ligações iônicas, a água livre no alimento é a água que representa as mesmas propriedades da água pura, e que está disponível para o crescimento de microrganismos e reações enzimáticas (RIBEIRO e SERAVALLI, 2004). Mesmo em produtos desidratados, onde corre em baixas proporções, influencia diretamente a estabilidade e período de armazenamento (ARGADOÑA, 2005). A disponibilidade de água para diversas reações em alimentos é expressa através da atividade de água ( $a_w$ ), que representa a pressão de vapor de água do alimento em relação à pressão da água pura ( $p/p_o$ ), sob a mesma condição de temperatura. As interações entre água-alimento constituem importantes aspectos a serem analisados, pois estão diretamente implicadas nas modificações das propriedades dos alimentos (auto aglomeração ou *caking*, transição do estado amorfo dos açúcares, reações deteriorativas, etc.).

A higroscopicidade está relacionada com as características intrínsecas do produto e condições ambientais em que o mesmo está exposto, consiste em uma característica importante nos alimentos em pó, por estar relacionada à mudanças físicas facilmente perceptíveis. Esta propriedade é influenciada pelo conteúdo de umidade do próprio produto, composição química e umidade relativa do ambiente, ou seja, a expressa o quanto o alimento é capaz de absorver água (PEREIRA, 2000). Através de isotermas de sorção é possível determinar as condições de armazenamento de alimentos higroscópicos, estes atingem a umidade de equilíbrio ao entrar em contato com uma atmosfera sob condições de temperatura e umidade relativa constante (SABLANI, KASAPIS; RAHMAN, 2007).

Alimentos ricos em açúcares, como produtos derivados de frutos, apresentam uma baixa temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ) desses compostos, o que facilita a absorção de água, promovendo formação de aglomerados, dissolução de açúcares amorfos e recristalização dos mesmos, dificultando a reconstituição e as condições de escoamento do produto, além de acelerar outras reações de deterioração que depreciam a qualidade do produto (JULIANO e BARBOSA-CÁNOVAS, 2010; KASAPIS, 2012).

A aglomeração (*caking*) em pó de polpa de frutos pode ser considerado como um fenômeno espontâneo de aglomeração. É geralmente causado pela umectação na superfície das partículas que faz com que ocorra sua plastificação e às vezes a dissolução (MATTHLOUTHI e ROGE, 2003). No caso de pós de frutas, os açúcares (sacarose, glicose e frutose) são responsáveis por fortes interações com a molécula de água em razão dos terminais polares presentes nessas moléculas (JAYA e DAS, 2004).

Segundo Masters (2002), o soro em pó quando obtido sem prévia cristalização, é um pó muito fino, higroscópico e com grande tendência a agregação de partículas coloidais, o que se deve a presença de lactose em um estado vítreo ou amorfo. Ainda segundo o autor, a secagem do soro sem o pré-tratamento pode ser realizada por meio de bicos de aspersão operando com compressão de 20 MPa (200 bar), sendo alimentados por soro concentrado entre 42 % e 45 % m/m de sólidos totais, utilizando temperatura do ar de entrada entre 170 °C e 180 °C e de saída entre 85 °C e 90 °C, no intuito de obter um pó entre 3 % m/m e 4 % m/m de umidade final.

### 3.5 Bebida Composta

A Presidência da República do Brasil regulamentou a Lei nº 8 918, de 14 de julho de 1999, que dispõe sobre o registro, padronização, classificação, inspeção e fiscalização da produção e do comércio de bebidas, por meio do Decreto nº 6 871, de 04 de junho de 2009. Este último, define bebida composta de fruta, polpa ou extrato vegetal como produto obtido pela mistura de sucos, polpas ou extratos vegetais em conjunto ou separadamente, com produto de origem animal, tendo predominância em sua composição de produto de origem vegetal, adicionada ou não de açúcares. Estabelece também que a bebida composta poderá ser comercializada na forma de preparado sólido ou líquido, sendo denominada de preparado sólido ou líquido para bebida composta (BRASIL, 2009).

Várias pesquisas têm sido feitas elaborando diferentes formulações de bebida composta líquida contendo soro de leite e suco ou polpas de frutos (PELEGRINE e CARRASQUEIRA, 2008; TROMBETE, CARVALHO; CARDOSO, 2008; CRUZ *et al.*, 2009; PELEGRINE e CARRASQUEIRA, 2010, TALMA *et al.*, 2010). Estas bebidas apresentaram grande aceitabilidade e segundo os autores, a combinação do soro de leite e suco ou polpas proporcionam ao produto sabores exóticos e propriedades nutritivas únicas.

Cruz *et al.*, (2009) sugerem que é possível produzir bebida a partir de soro e suco de acerola, mostrando bom desempenho sensorial, fonte de vitamina C e baixo valor calórico. Os autores desenvolveram três formulações de bebida contendo 50 %, 70 % e 30 % de soro e concluíram que as formulações com as menores proporções de soro apresentaram, valores menores de proteínas e carboidratos, sendo todas consideradas fontes de vitamina C.

Os mesmos autores sugeriram estudos adicionais para verificar o comportamento das formulações durante o armazenamento (estabilidade) além da utilização de estabilizantes para otimizar o processo.

Para Moura, Santos e Regis (2012), o desenvolvimento de bebidas e refrescos a partir do soro em diversos países, envolve tecnologias inovadoras que objetivam valorizar um subproduto que até a pouco tempo era rejeitado.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Obtenção e armazenamento da matéria-prima

A polpa de acerola, sem adição de conservantes, foi obtida em uma empresa de processamento de polpas de frutos localizada no município de Fortaleza - CE. Após sua aquisição, as mesmas foram transportadas na própria embalagem de comercialização (100 g) em caixas isotérmicas para manutenção da temperatura de congelamento até o Laboratório de Refrigeração da Universidade Federal do Ceará, onde permaneceram armazenadas em freezer vertical a -18 °C.

O soro lácteo líquido foi obtido em um laticínio localizado na região metropolitana de Fortaleza – CE. O mesmo foi transportado em recipientes de 5 litros, em caixas isotérmicas até o laboratório de Refrigeração da Universidade Federal do Ceará, onde foi transferido para embalagens de 150 ml e armazenado em freezer vertical a -18 °C.

As amostras de polpa e soro foram descongeladas, previamente ao uso em suas embalagens originais, em refrigerador (5 °C) por 18 horas.

Foi utilizado, como adjuvante de secagem a maltodextrina de milho contendo dextrose equivalente (DE) 20, marca Maltogill, adquirido de Cargill Ingredientes Alimentícios (Uberlândia, Minas Gerais - Brasil).

### 4.2 Definição dos parâmetros de secagem no *Spray-dryer*

O processo de secagem foi realizado em equipamento desidratador *spray-dryer* modelo LM MSD 1.0 marca Labmaq do Brasil com a utilização de bico aspensor de 1,2 mm de abertura de diâmetro.

Para estudar as melhores condições operacionais de secagem do *spray-dryer* em relação à temperatura e vazão do ar (Tabela 6), foi realizado planejamento experimental Composto Central Rotacional (DCCR) 2<sup>2</sup> (RODRIGUES e IEMMA, 2009). As outras condições do secador foram fixadas: vazão do ar comprimido (3,0 L/min) e velocidade de alimentação (0,5 L/h). Como variáveis de interesse, higroscopicidade, umidade, grau de *caking*, cor (L\*, a\* e b\*), solubilidade, ácido

ascórbico, proteínas totais, foram estudadas.

Para cada ensaio foi utilizado 400 g de amostra, contendo (40 % de polpa de fruta, 40 % de soro e 20 % de maltodextrina), estas quantidades foram determinadas para que na definição das melhores condições do processo de secagem, apresentassem equilíbrio, para não serem consideradas fatores influenciadores. As variáveis independentes foram estudadas em cinco níveis no planejamento experimental, de acordo com a Tabela 6.

Após a secagem, os pós foram pesados, para se conhecer o efeito de rendimento, e acondicionados em sacos de filme laminados composta de Alumínio / PET (180 cm x 80 cm), selados a vácuo e mantidos a temperatura ambiente.

Tabela 6 - Níveis do planejamento utilizado para definição dos parâmetros de temperatura e vazão do ar de secagem.

Variáveis independentes	Níveis				
	-1,42	-1	0	+1	+1,42
Temperatura (°C)	115	125	150	175	186
Vazão do ar de secagem (m <sup>3</sup> /min)	3,57	3,7	4,0	4,3	4,43

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

As faixas de variação entre os limites inferior e superior, para variáveis independentes, foram estabelecidas a partir das condições do equipamento e de pesquisas realizadas preliminarmente por Ribeiro *et al.* (2013); Araujo (2013); Rocha (2013) e Rocha *et al.* (2014). O planejamento experimental, nas condições estabelecidas neste estudo, foi efetivado com 11 ensaios em condições distintas conforme descrito na Tabela 7, distribuindo-se em quatro ensaios fatoriais (combinações entre os níveis -1 e +1), três ensaios centrais (duas variáveis independentes no nível 0) e quatro axiais (uma variável independente no nível  $\pm \alpha$  e a outra, em 0).

Tabela 7 - Ensaios do planejamento experimental para definição dos parâmetros temperatura e vazão de ar de secagem.

Variáveis				
Codificadas			Reais	
Ensaio	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Temperatura (°C)	Vazão do ar de secagem (m <sup>3</sup> /min.)
1	1	-1	175	3,7
2	-1	-1	125	3,7
3	1	1	175	4,3
4	-1	1	125	4,3
5	0	-1,42	150	3,57
6	0	1,42	150	4,43
7	-1,42	0	115	4
8	1,42	0	186	4
9	0	0	150	4
10	0	0	150	4
11	0	0	150	4

Códigos: X<sub>1</sub> e X<sub>2</sub> – Limites inferior e superior, respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Análises do efeito foram realizadas e a análise de variância (ANOVA) aplicada com o intuito de testar a adequação dos modelos gerados através da avaliação do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do teste  $F$ . Definidos os modelos, foi possível avaliar as variáveis independentes em função dos valores de higroscopicidade, grau de *caking*, umidade, cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) solubilidade, ácido ascórbico, proteínas totais nos pós.

Foram construídos os gráficos de superfície de resposta para as variáveis na qual a ANOVA apresentou-se significativa. Os dados foram tratados estatisticamente com o auxílio do software Statistica 7.0 (STATSOFT, 2007), de forma a assegurar a validade dos coeficientes dentro do intervalo de confiança de 95 %.

#### 4.3 Delineamento de misturas para formulação

Após definidas as melhores condições para o processo de secagem no

*Spray-dryer*, foi feito um delineamento de misturas tipo Simplex Centróide Aumentado. Adotou-se como restrição para os limites mínimos e máximos de polpa e soro valores correspondentes a 20 e 75 %, respectivamente, e 5 a 50 % para as concentrações de maltodextrina, gerando 10 tratamentos como explicitado na Tabela 8. Cada ensaio possui um percentual final de 100 % da soma dos componentes. Adotou-se um total de 400 g (polpa, soro de leite e maltodextrina). Foram avaliadas como variáveis resposta higroscopicidade, umidade, cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) solubilidade, ácido ascórbico e proteínas totais.

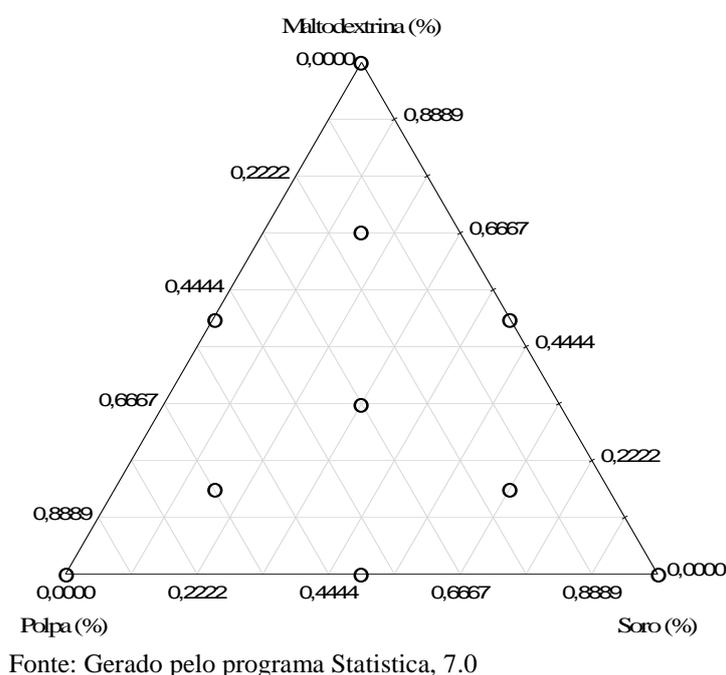
Tabela 8 – Delineamento experimental da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Variáveis independentes			
Ensaio	Polpa de Acerola (%)	Soro de Leite (%)	Maltodextrina (%)
1	75,00	20,00	5,00
2	20,00	75,00	5,00
3	25,00	25,00	50,00
4	47,5,00	47,50	5,00
5	50,00	25,00	25,00
6	25,00	50,00	25,00
7	41,67	41,67	16,67
8	58,33	33,33	8,33
9	33,33	58,33	8,33
10	33,33	33,33	33,33

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Na Figura 2 é apresentado o diagrama ternário utilizado para interpretação dos dados gerados pelo delineamento experimental da mistura dos três componentes, onde cada eixo varia de 0 a 10. Na interpretação da interação dos três componentes interpretou-se a melhor condição para as variáveis dependentes.

Figura 2 – Diagrama gerado pelo delineamento experimental simplex centróide para 3 componentes.



Em cada vértice do diagrama está representado um componente, sendo valores codificados, variando de 0 a 1%. Através do diagrama pode-se interpretar pontos em que a interação dos três componentes irá proporcionar uma resposta significativa, ou seja “ótima”.

#### 4.4 Estudo da estabilidade da bebida composta em pó

Após determinação da melhor formulação da bebida composta em pó, esta foi secada para o estudo da estabilidade, sendo acondicionada em embalagens de filme laminados composta de Alumínio / PET (180 cm x 80 cm), seladas a vácuo e armazenadas em temperatura ambiente por 75 dias. Foi avaliado no produto o comportamento da higroscopicidade, umidade, cor instrumental ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), sólidos solúveis totais ( $^{\circ}$ Brix), acidez total titulável (ATT), relação SST/ATT, ácido ascórbico e proteínas totais a cada 15 dias de acordo com a metodologia usual descrita no item 4.6 deste trabalho.

## **4.5 Análises de caracterização físico e físico-químicas realizadas nas matérias-primas e no produto em pó**

As análises físicas e físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem da Universidade Federal do Ceará. Para isso, a polpa de acerola e o soro de leite foram previamente descongeladas em temperatura de refrigeração ( $8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). As análises foram realizadas em triplicata de acordo com o especificado individualmente para polpa de acerola, soro lácteo e bebida composta em pó.

### ***4.5.1 Análises realizadas na polpa de acerola***

Umidade, sólidos solúveis totais, potencial hidrogênionico, acidez total titulável, açúcares redutores e totais, cinzas, ácido ascórbico, carotenoides e cor instrumental  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

### ***4.5.2 Análises realizadas no soro de leite***

Umidade, sólidos solúveis totais, potencial hidrogênionico, acidez total titulável, açúcares redutores, cinzas, lipídeos, proteínas totais.

### ***4.5.3 Análises realizadas na bebida composta em pó***

Umidade, sólidos solúveis totais, potencial hidrogênionico, acidez total titulável, açúcares redutores e totais, proteínas totais, atividade de água; higroscopicidade, grau de *caking*, solubilidade e cor instrumental  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

## **4.6 Descrição metodológica das análises**

### ***4.6.1 Umidade***

Foi determinada através de uma balança de precisão da marca Marte modela

ID50, com sensibilidade de 0,001g que utiliza como padrão o especificado pela AOAC, 105 °C / 30 min. O ponto final é avisado por meio de sinal sonoro e a umidade expresso em porcentagem de umidade.

#### **4.6.2 Atividade de água ( $a_w$ )**

A determinação da atividade de água do pó foi realizada utilizando um medidor de atividade de água, modelo AQUALab 4TEV 25 °C, conforme indicações do fabricante. Colocou-se em torno de 2 g de amostra em capsula, logo após travou-se a tampa superior do equipamento. Realizaram-se as leituras em triplicatas.

#### **4.6.3 Sólidos solúveis totais (STT)**

A análise de sólidos solúveis foi realizada por refratometria medida em ° Brix a 20 °C, previamente calibrado com água destilada. Para determinação dos sólidos solúveis da polpa e bebida composta em pó, foram diluídos aproximadamente 1,0 g para 10,0 ml de água destilada (1:10). No soro de leite e na polpa foi determinado diretamente. Os resultados foram expressos em ° Brix conforme o método 315/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Sendo feita as devidas correções aos valores finais de acordo com a diluição utilizada.

#### **4.6.4 Potencial hidrogênionico**

Para a determinação do pH nas polpas, a leitura foi realizada diretamente na amostra em potenciômetro, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e pH 7,0 conforme o método 017/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Na determinação do potencial hidrogênionico da bebida composta em pó, foi realizada diluição 1:10 (pó : água destilada).

#### **4.6.5 Acidez total titulável (ATT)**

A acidez titulável foi determinada pela diluição de 1 g da polpa ou da

bebida composta em pó, em 50 mL de água destilada, titulando-se a amostra com solução de hidróxido de sódio 0,1 N, recentemente padronizada, com utilização do indicador fenolftaleína 1 % até a coloração levemente rósea conforme descrito no método 310/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em acidez total titulável.

A relação Sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT) foi calculada pela razão dos valores obtidos nas análises individualmente.

#### ***4.6.6 Açúcares totais e redutores***

A determinação dos açúcares redutores e totais foi feita por espectrofotometria (540 nm), utilizando-se curva padrão de glicose segundo Miller (1959). Utilizou-se 1 g de polpa de acerola e 0,5 g de pó. Na determinação dos açúcares totais, uma alíquota proveniente dos açúcares redutores foi previamente hidrolisada com ácido clorídrico concentrado e neutralizada com hidróxido de sódio (2 N). Os resultados foram expressos em %.

#### ***4.6.7 Proteínas totais***

As proteínas totais foram determinadas de acordo com o método de Bradford (1976). O reagente de Bradford a 0,01 % foi preparado pela diluição de 100 mg do corante Coomassie Brilliant Blue BG-250 em 50 ml de etanol, em seguida foram adicionados 100 ml de ácido fosfórico 85 % (m/v) e a mistura foi diluída até 1 L, filtrada e armazenada a 4 °C.

Em tubos de ensaio, porções de 2,5 mL do reagente de Bradford, foram misturadas a porções de 1 mL da solução da amostra (1 a 2 g do pó diluído em 10 ml de água destilada). Em seguida, as respectivas absorbâncias a 595 nm foram determinadas em espectrofotômetro, utilizando-se água e reagente de Bradford para o branco. A concentração das proteínas foi determinada plotando os valores de leitura da curva padrão de soro albumina bovina (concentração 0,1 a 0,9 mg/100g) e expresso em percentagem.

#### **4.6.8 Ácido Ascórbico**

A quantificação do ácido ascórbico foi determinada através de método titulométrico utilizando-se solução de DFI (2,6 dicloro-fenol-indofenol (0,02 %) até a coloração róseo claro permanente conforme Strohecker e Henning (1967). Pesou-se inicialmente cerca de 2 g da polpa (0,5 g de pó) e posteriormente, transferindo-as para balão volumétrico, onde foi adicionada solução de ácido oxálico. Em seguida, transferiu-se desta solução, uma alíquota de 5 mL para um erlenmeyer 45 mL de água destilada, titulou-se com DFI até coloração róseo claro persistente. Para determinação dos produtos em pó foi realizada diluição 1:10 (pó : água destilada). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de amostra.

#### **4.6.9 Cor instrumental**

A cor das amostras foi determinada pela média das leituras efetuadas no leitor para pó do calorímetro Konica Minolta. Utilizando o sistema de leitura dos parâmetros, CIEL  $a^*$   $b^*$ , proposto pela Comissão Internationale de l'Eclairage (CIE) em 1971. Os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foram avaliados usando colorímetro Konica Minolta Spectrophotometer modelo CR410, onde  $L^*$  define a luminosidade ( $L^* = 0$  preto e  $L^* = 100$  branco) e  $a^*$  e  $b^*$  são responsáveis pela cromaticidade (+  $a^*$  vermelho e -  $a^*$  verde, +  $b^*$  amarelo e -  $b^*$  azul). Os valores apresentados pelo colorímetro foram anotados diretamente, sendo realizadas leituras em triplicata.

#### **4.6.10 Higroscopicidade**

A higroscopicidade foi determinada segundo Goula e Adamopoulos (2008), com modificações. Cerca de 1 g de pó foi peneirada em peneira de 500  $\mu\text{m}$ , uniformemente sobre uma placa de Petri e colocada em dessecadores sob condições de 23 °C e 76 % de umidade relativa utilizando solução saturada de NaCl, ao invés de solução saturada de  $\text{HNO}_3$ , durante 90 minutos com pesagens em intervalos de 10 minutos. Os valores foram expressos em gramas de água absorvida por 100 gramas de amostra.

#### **4.6.11 Grau de Caking**

Após a determinação de higroscopicidade, a mesma amostra foi levada à estufa a  $102 \pm 2$  °C por 1 hora. Após o resfriamento em dessecador, a amostra foi pesada e transferida para peneira de 500  $\mu\text{m}$  e agitada por 5 minutos em agitador de peneiras eletromagnético da marca Bertel, sob agitação média. O peso do pó restante na peneira foi medido e o grau de *caking* calculado segundo Jayas e Das (2004).

#### **4.6.12 Solubilidade**

A solubilidade foi determinada segundo o método de Eastman e Moore (1984), com modificações Cano-Chauca (2005). Em 100 mL de H<sub>2</sub>O destilada foi adicionado 1 g da bebida composta em pó, sendo homogeneizada a 2 500 rpm em agitador magnético da marca IKA modelo White por um período de 5 minutos. Em seguida, essa solução foi centrifugada a 3000 rpm durante 5 minutos em centrífuga da marca CELL modelo LS 3 plus, utilizando tubos próprios com capacidade para 50 ml. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi colocada em placas de Petri, previamente taradas, e estas foram submetidas à secagem em estufa à 105 °C por 5 horas. A porcentagem de solubilização foi calculada através da razão entre a amostra solubilizada e seca pela amostra inicial, multiplicado por 100.

#### **4.6.13 Cinzas**

Pesou-se 5 a 10 g da amostra em uma capsula, previamente aquecida em mufla a 550°C, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. Para o soro líquido, a amostra foi inicialmente evaporada em banho-maria e depois seca em chapa elétrica, carbonizada em temperatura baixa e incinerada em mufla a 550 °C, até eliminação completa do carvão, quando as cinzas apresentaram-se brancas ou ligeiramente acinzentadas. Depois foram resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e pesadas. Repetiu-se as operações de aquecimento e resfriamento até peso constante. O resultado foi expresso em cinzas por cento (m/m), conforme descrito no método 018/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008).

#### **4.6.14 Lipídeos**

Foi determinado conforme descrito no método 486/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Após a desnaturação das proteínas e carboidratos, utilizando ácido clorídrico sob aquecimento, o resíduo contendo a gordura e separado por filtração seco, extraído com éter de petróleo. Cerca de 5 a 10 g de resíduo foi envolvido em papel de filtro e transferido para o aparelho extrator de Soxhlet com éter de petróleo onde permaneceu 4 horas. Após a extração, o balão contendo a gordura foi seco em estufa a ( $103 \pm 2$  °C) por uma hora. Pesou-o e repetiu-se as operações de aquecimento e resfriamento até peso constante. A percentagem de cinzas foi calculada multiplicando o resultado da diferença entre o peso final e peso inicial do cadinho, dividido pelo peso da amostra.

#### **4.6.15 Carotenóides totais**

Os carotenoides totais foram determinados pelo método de Higby (1962) com adaptações. Em recipiente plástico, foram colocados 5,0 g de polpa ou de pó, 15 mL de álcool iso-propílico e 5 mL de hexano, seguido de agitação por 5 minutos. O conteúdo foi transferido para um funil de separação de 125 mL envolvido em papel alumínio, completando o volume com água destilada. Após repouso de 45 minutos, procedeu-se a lavagem do material. Essa operação foi repetida por 3 a 6 vezes. O conteúdo separado foi filtrado com algodão pulverizado com sulfato de sódio anidro para um balão volumétrico de 25 mL envolto em papel alumínio, onde foram adicionados 2,5 mL de acetona, aferindo o volume do balão com hexano. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro no comprimento de onda igual a 450 nm e os resultados expressos em mg / 100 g.

#### **4.6.16 Rendimento**

O rendimento do produto após o processo foi calculado considerando os sólidos da mistura (g) que entraram no processo de secagem e os sólidos secos do pó após o processo de secagem (g).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização da polpa de acerola e soro lácteo

Observa-se abaixo a caracterização da polpa de acerola e do soro lácteo (Tabela 9). Os parâmetros pH, acidez e ácido ascórbico, para polpa de acerola, apresentaram-se superiores aos valores mínimos recomendado pelo Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade, Tabela 2, de 2,80, 0,80 g/100g e 800 mg/100g, respectivamente.

Tabela 9 – Características físicas e físico-químicas da polpa de acerola e do soro lácteo.

Parâmetros	Polpa de acerola	Soro lácteo
Acidez	0,96±0,06 <sup>1</sup>	0,13±0,00 <sup>2</sup>
pH	3,19±0,00	6,76±0,04
Sólidos Solúveis (°Brix)	4,9±0,05	6,9±0,10
Umidade (%)	93,43±0,09	93,68±0,26
Ácido Ascórbico (mg/100g)	1287,26±0,98	-
Ácido Ascórbico (mg/100g) <sup>3</sup>	20368,04±0,98	-
Açúcares Redutores (%)	1,30±0,11	3,21±0,15
Açúcares Totais (%)	1,51±0,11	3,85±0,16
Lipídeos (%)	-	0,04±0,02
Proteínas (%)	-	1,36±0,00
Cinzas (%)	0,36±0,20	0,49±0,20
L*	52,22±0,30	69,94±0,68
a*	14,65±0,13	-3,66±0,01
b*	40,07±0,91	6,16±0,03
Carotenóides Totais (mg/ 100g) <sup>3</sup>	15,43±0,00	-

<sup>1</sup> Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100g); <sup>2</sup> Acidez titulável em ácido láctico (g/100g); <sup>3</sup> valores expressos em base seca.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Os valores de acidez (0,96 g/100g) e pH (3,19) encontrados para polpa de acerola deste trabalho, foram inferiores aos descritos por Aquino Canelossi e Castro (2011) respectivamente, 1,03 g de ácido cítrico/100g e 3,27, respectivamente. Silva *et al.* (2012) encontraram 0,81 g de ácido cítrico/100g e 3,73 e Araujo (2013) 1,59 g de ácido cítrico/100g e 3,83, todos em polpa de acerola in natura. A determinação de

acidez e pH pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Segundo IAL (2008), processos de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, alteram quase sempre a concentração dos íons de hidrogênio, por isso a legislação determina valores mínimos, acidez (0,9579) e pH (3,19) são adequados para contribuir à boa conservação do produto.

Neste trabalho, o teor de sólidos solúveis e açúcares totais apresentaram valores abaixo do especificado pela legislação, que estabelece o mínimo de 5,5 °Brix (Tabela 2). Esta condição pode ser explicada pela alta quantidade de água na polpa, sendo um diluidor destes componentes. Aquino, Canelossi; Castro (2011), obteve 7,42 °Brix em polpa de acerola in natura, valor superior ao descrito nesta pesquisa. Este parâmetro, medidos por refratometria, são usados como índice dos açúcares totais em frutos, sendo variáveis com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima. São constituídos por compostos solúveis em água, que representam substâncias além dos açúcares, ácidos, vitamina C e algumas pectinas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Através da Tabela 9, pode-se verificar que os valores de pH, acidez, sólidos solúveis, estão de acordo com as especificações definidas como requisitos físico-químicos para o soro de leite a serem submetidos à alimentação humana, conforme Instrução Normativa para os padrões de identidade e qualidade de soro de leite (Tabela 5), os seguintes requisitos são pH entre 6,0 e 6,8; acidez titulável (g / 100 g) entre 0,08 e 0,14; e o mínimo de 5,0 g de sólidos totais (g / 100 ml) (BRASIL, 2013). Em relação ao pH o soro lácteo caracterizado neste trabalho classifica-se como soro doce.

Para pH e acidez do soro de leite, os valores foram superiores aos relatados por Paula *et al.* (2012) e Bosi *et al.* (2013), com valores de 6,59; 6,46 e acidez de 0,10 e 0,103 %, respectivamente. A elevada acidez do soro pode ser explicada pelo fato de que para o processo de obtenção do soro de leite, pode ter ocorrido agregação de partículas, principalmente caseínas, com consequente mudança de acidez. Além disso, os valores de acidez apresentam relação direta com a produção de ácido láctico, proveniente da metabolização da lactose por microrganismos (LIMA *et al.* 2010; TEIXEIRA e FONSECA, 2008).

Observa-se, na Tabela 9, que a umidade da polpa (93,43 %) foi superior ao encontrado por Aquino, Canelossi e Castro (2011) em polpa de acerola in natura (91,64 %) e de 93,67 % por Teixeira e Fonseca (2008) em soro de queijo mozzarella no estado

de Minas Gerais. A umidade nos alimentos é uma característica que determina sua perecibilidade, seja por meio de reações químicas e bioquímicas ou ação de microrganismos, sendo assim, um indicador útil quanto a estabilidade de um produto (SERAVALLI, 2007).

Na Tabela 9 observa-se que o valor de ácido ascórbico na polpa de acerola em base seca (1287,26 mg/100g). Este valor é inferior ao descrito por Aquino, Canelossi; Castro (2011) em polpa in natura de acerola 1946,46 mg/100g e base seca, mas superior aos valores apresentados para os frutos de acerola por Vendramini e Trugo (2000), entre 1065,00 e 1074,00 mg/100g em base seca. Ressalta-se ainda que o valor encontrado está de acordo com o especificado pelo padrão de identidade e qualidade para polpa de acerola mínimo de 800 mg/100g (Tabela 2).

Os conteúdos de açúcares redutores e totais na polpa de acerola foram respectivamente de 1,30 e 1,51 %, sendo inferiores aos descritos por Araujo (2013) em polpa de acerola in natura 1,42 e 1,88 %, respectivamente e Silva *et al.* (2012) 2,86 e 12,13% em polpa de acerola pasteurizada e congelada. O valor de açúcares totais obtido nesta pesquisa apresentou-se inferior ao que estabelece a legislação pertinente a polpa de acerola que é mínimo de 4 g/100g.

Em relação aos açúcares totais no soro, o valor descrito na Tabela 9 de 3,85 % pode ser considerado significativo e um pouco inferior aos valores descritos na literatura. Teixeira e Fonseca (2011) descreveram valores em soro de queijo mozzarella (4,42 %), utilizando a metodologia por diferença, entre sólidos totais e a soma dos teores de gordura, cinzas e proteína total. Neste valor está incluído o teor de lactose presente no soro, esta diferença pode ser devida a vários fatores como: tipo de leite utilizado, raça do animal, estágio de lactação, tratamento sofrido pelo leite para obtenção do soro e metodologia empregada na quantificação. Os valores desta pesquisa para açúcares redutores (3,21 %) refere-se à quantidade de lactose presente no soro, valor levemente inferior ao descrito por Venturini Filho (2010) com valores de lactose entre 4,5 e 5 % (m/v). Este valor deve-se às características do processamento realizado para obtenção do soro, qualidade nutricional do leite, alimentação do animal, etc.

Em relação aos lipídeos do soro lácteo, o valor encontrado (0,04 %) foi menor que o descrito por Teixeira e Fonseca (2008) de 0,77 %, em soro de queijo mozzarella em Minas Gerais e média de 0,54 % em soro proveniente de laticínios da Zona

da Mata. Este valor pode ser devido a forma de obtenção do soro, qualidade nutricional do leite

Neste estudo o soro apresentou valor de proteínas de 1,36 %, semelhante ao descrito por Borba (2013) de 1,31 % em soro de leite bovino, mas superior ao valor relatado por Paula *et al.* (2012) de 1,07 % (m/m) em soro proveniente de queijo coalho determinado pelo método de Kjeldahl e Cunha *et al.* (2008) de 0,16 % (m/m) em soro obtido de queijo Minas Frescal. Neste contexto, verifica-se que tal composição está ligada ao processo de fabricação empregado na obtenção do soro, bem como o método utilizado para a quantificação, onde neste trabalho empregou-se o método de Bradford, que se baseia na interação entre o corante e o grupamento  $\text{NH}_3^+$  da proteína presente na amostra. Segundo Prazeres, Carvalho e Rivas (2012), as proteínas presentes no soro lácteo apresentam alto valor biológico, e conseqüentemente, importante composição de aminoácidos essenciais. Os valores obtidos nesta pesquisa estão de acordo com o especificado pela legislação (Tabela 5) com mínimo de proteínas totais de 0,5 % (BRASIL, 2013).

Neste trabalho o soro lácteo apresentou 1,36 % para proteínas, as diferenças são devido ao fato que as quantidades de proteínas no soro variam de maneira substancial, dependendo da variedade de queijo produzido, dos processos tecnológicos empregados e do tipo de leite utilizado na produção de queijo (ANTUNES, 2003; SGARBIERI, 2004)

O valor de cinzas totais na polpa (0,36 %) foi superior ao encontrado por Gadelha *et al.* (2009) em polpa de acerola (0,32 %) e caju (0,27 %) e inferiores aos valores para abacaxi (0,45 %) e cajá (0,46 %). No soro de leite, o valor (0,49 %) foi semelhante aos descritos por Smithers (2008) e Antunes (2003) de 0,5 %. A determinação das cinzas é considerada uma medida geral de qualidade, frequentemente é relacionada com a quantidade de substâncias minerais presentes nos alimentos, ou seja, ao resíduo inorgânico remanescente da queima da matéria orgânica, sem resíduo de carvão (IAL, 2008).

O soro é considerado uma boa fonte de minerais, principalmente cálcio e fósforo, o que pode ter favorecido o valor encontrado de cinzas na bebida composta em pó. No soro de leite em pó o valor mínimo estabelecido para cinzas é de 6 g/100g (BRASIL, 2013).

Para os parâmetros de cor luminosidade ( $L^*$ ), intensidade do vermelho ( $a^*$ ) e intensidade do amarelo ( $b^*$ ) da polpa, obteve-se valores superiores ao encontrado por Silva *et al.* (2012), em polpa de acerola congelada de 37,63, 2,93 e 10,44, respectivamente. Os valores deste trabalho demonstraram que a polpa caracteriza-se com alta luminosidade e coloração mais próxima das cores vermelha alaranjada ( $a^*$ ) e amarela ( $b^*$ ). Enquanto que Aquino, Canelossi e Castro (2011), obtiveram, para polpa in natura de acerola valor superior apenas no  $a^*$  de 27,00, apresentando uma polpa de coloração voltada para o vermelho.

Para o soro lácteo, valores dos parâmetros de cor luminosidade ( $L^*$ ), intensidade do vermelho ( $a^*$ ) e intensidade do amarelo ( $b^*$ ) do soro, foram de 69,94; -3,66 e 6,16, respectivamente. Isso caracteriza o soro com alta luminosidade e coloração mais próxima da cor verde ( $a^*$ ) e amarela ( $b^*$ ). Isso comprova o que cita Caldeira *et al.* (2010) e Sgarbieri (1996), que o soro de leite é um líquido de cor amarelo-esverdeada ou eventualmente com uma tonalidade azulada ou branco, dependendo da qualidade nutricional e da espécie do leite utilizado.

O valor de carotenóides encontrado na polpa de acerola (15,43 mg/100g, em base seca) foi inferior ao descrito por Araujo (2013) de 21,85 mg/100g, em base seca, para polpa de acerola in natura utilizando a mesma metodologia, mas superior a 0,9617 mg/100g, em base seca, descrito por Aquino, Canelossi e Castro (2011) em polpa da acerola in natura. O baixo valor observado nesta pesquisa pode ser devido as características da polpa utilizada.

## **5.2 Resultados do Planejamento Experimental**

### ***5.2.1 Resultados para higroscopicidade, umidade, grau de caking e ácido ascórbico***

Os resultados experimentais de cada ensaio estão apresentados na Tabela 10, os valores das variáveis dependentes avaliadas (higroscopicidade, umidade, grau de *caking*, ácido ascórbico) se referem as médias e desvio padrão, em função das variáveis independentes (temperatura e vazão de ar de secagem).

Tabela 10 - Resultados do planejamento experimental para bebida composta em pó de polpa de acerola e soro lácteo.

Variáveis independentes			Variáveis dependentes			
Ensaio	Vazão de Ar de Secagem (m <sup>3</sup> / min)	Temperatura (°C)	Higroscopicidade e (g/ 100g)	Umidade (%)	Grau de <i>caking</i> (%)	Ácido Ascórbico (mg/ 100g) b.s
1	3,7	175	9,45±0,54	1,73±0,03	40,85±7,78	1438,42±88,88
2	3,7	125	8,13±0,39	2,31±0,05	43,40±1,24	1001,97±79,28
3	4,3	175	8,10±1,53	2,09±0,07	51,06±2,01	621,27±8,22
4	4,3	125	17,06±1,58	2,48±0,06	35,50±4,26	916,79±1,46
5	3,57	150	10,39±0,89	2,08±0,06	32,06±3,82	1236,57±22,82
6	4,43	150	11,38±1,41	2,14±0,06	34,94±7,00	885,55±16,14
7	4	115	7,00±1,21	2,74±0,03	63,73±1,28	1235,42±66,93
8	4	186	11,38±1,41	2,48±0,06	63,88±1,26	1133,56±81,92
9	4	150	7,01±0,55	2,05±0,02	85,52±3,82	971,51±79,66
10	4	150	7,69±0,26	1,87±0,02	74,60±3,38	766,72±55,83
11	4	150	7,71±1,21	2,35±0,04	61,47±2,68	904,75±15,85

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

### ***Higroscopicidade***

Observa-se que os valores de higroscopicidade na tabela 10, oscilaram entre 7,00 (ensaio 7) a 17,06 g/ 100g (ensaio 4). Ferrari, Ribeiro e Aguirre (2012) encontraram valores superiores no parâmetro higroscopicidade para polpa em pó de amora-preta obtido por aspersão, oscilando entre 18,77 e 29,51 g/ 100g. Esta diferença deve-se às características quanto aos açúcares e ácidos presentes na polpa e do soro utilizados neste trabalho.

A Tabela 11 apresenta os valores correspondentes aos efeitos estimados para o parâmetro de higroscopicidade.

Tabela 11 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a variável dependente higroscopicidade.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito Estimado</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>p - valor</b>
Vazão (L)	2,220	1,707	0,250
Vazão (Q)	3,679	2,006	0,126
Temperatura (L)	-0,400	1,716	0,824
Temperatura (Q)	2,145	2,037	0,340
Vazão X Temperatura	-5,135*	2,431*	0,088*

\* Valores significativos a  $p < 0,1$ ; (L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

De acordo com a análise dos efeitos das variáveis utilizadas, descritos na Tabela 11, para a higroscopicidade, apenas o efeito da interação vazão de ar e temperatura (negativo).

Mishra, Mishra e Mahanta (2013) em estudo dos efeitos das temperaturas de entrada (125, 150, 175 e 200 °C) e níveis de maltodextrina (3, 5, 7 e 9 %) sobre as propriedades físico-químicas de suco em pó de amla (*Emblica officinalis*), observaram efeitos lineares da temperatura e maltodextrina, no entanto a vazão do ar de secagem não demonstrou efeitos significativo sobre este fator.

Segundo Tonon, Brabet e Huginber (2009) citam em seu estudo sobre a influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó que as temperaturas utilizadas no processo de aspersão (138, 170 e 202 °C) não exerceram grande influência sobre a

capacidade de adsorção de água pelo pó, os valores encontrados por estes autores não diferiram entre si ( $p \leq 0,05$ ).

O modelo estatístico, ajustado aos dados experimentais testados para a higroscopicidade da bebida composta em pó, está representado pela equação 1.

$$H = 154,1179 - 108,4920x + 20,4436x^2 + 0,8466y + 0,0017y^2 - 0,3424xy \quad [\text{Equação 1}]$$

Onde:  $H$  = higroscopicidade (g / 100g);  $x$  = temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ );  $y$  = vazão de ar ( $\text{m}^3/\text{min}$ ).

De acordo com a Tabela 12, a análise de variância (ANOVA) ao nível de confiança de 90 % para o modelo de regressão para higroscopicidade apresentou valor de  $F_{\text{calculado}}$  ligeiramente maior que o  $F_{\text{tabelado}}$ .

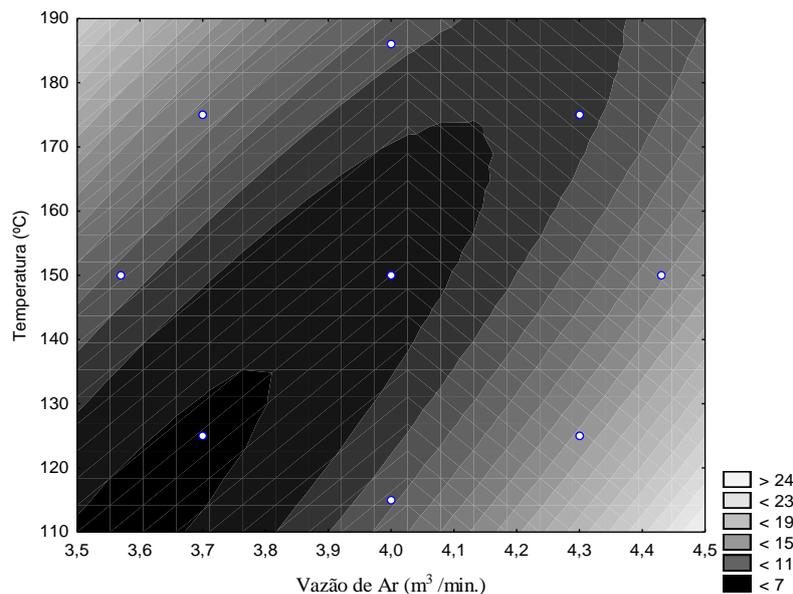
Tabela 12 - Análise de variância do modelo de regressão para higroscopicidade.

<b>Fonte de variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>Grau de Liberdade</b>	<b>Média Quadrática</b>	<b><math>F_{\text{calculado}}</math></b>	<b><math>F_{\text{tabelado}}</math></b>
Regressão	26,37	1	26,37	3,87	3,18
Resíduos	61,32	9	6,81		
Falta Ajuste	61,00	7	8,71	54,61	9,24
Erro Puro	0,31	2	0,16		
Total	87,70	10			

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Foi possível verificar também que houve falta de ajuste ( $F_{\text{calculado}}$  da falta de ajuste maior que o  $F_{\text{tabelado}}$ ), no entanto optou-se por fazer uma análise qualitativa e apresentar a figura das curvas de contorno, baseando-se na existência do efeito demonstrado, observado também na Figura 3.

Figura 3 – Curvas de contorno para as variáveis vazão de ar e temperatura de secagem em relação a variável dependente higroscopicidade.



Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Através da Figura 3 constata-se que os menores valores de higroscopicidade foram na região de interação entre as menores temperaturas e vazões de ar de secagem, já que o efeito apresentado foi negativo, ou seja, ao elevar as variáveis independentes diminui-se, conseqüentemente a variável resposta higroscopicidade.

### **Umidade**

A umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, podendo afetar o armazenamento, embalagens e processamento. Os valores de umidade encontram-se entre 1,73 % (ensaio 1) e 2,74 % (ensaio 7), como mostra a Tabela 10. Araujo (2013) obteve valores de umidade variando entre 0,83 % a 4,23 % para polpa de acerola liofilizada e Moura (2010) obteve valores médio de 3,80 % para pó de acerola verde.

Na Tabela 13 estão apresentados os valores com efeito significativos ( $p < 0,1$ ), que foram a temperatura linear (L) e quadrática (Q). Comportamento esperado e descrito com frequência na literatura. Rocha *et al.* (2014) em suco de caju em pó obtido por aspersão, descreveram que foram significativos ( $p < 0,05$ ) a temperatura (termo linear negativo e quadrático) bem como a interação temperatura e vazão. Não foi

observado, neste trabalho, efeitos significativos da vazão do ar de secagem, nas faixas estudadas.

Tabela 13 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a variável dependente umidade.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito Estimado</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>p - valor</b>
Vazão (L)	0,151	0,162	0,395
Vazão (Q)	-0,079	0,190	0,694
Temperatura (L)	-0,342*	0,163*	0,090*
Temperatura (Q)	0,417*	0,194*	0,083*
Vazão X Temperatura	0,095	0,231	0,698

\* Valores significativos a  $p < 0,1$ ; (L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Su *et al.* (2012) em observação sobre a influência das variáveis temperatura (na faixa de 90 a 160 °C) na obtenção de polpa de cupuaçu em pó, em *spray dryer*, destacaram o efeito inverso da temperatura sobre os valores de umidade, fato similar a este trabalho.

O modelo estatístico, ajustado aos dados experimentais testados para a umidade do pó da mistura de polpa de acerola, soro e maltodextrina, está representado pela equação 2.

$$U = 6,3559 + 2,8351x - 0,4417x^2 - 0,1324y + 0,0004y^2 + 0,0063xy \quad [\text{Equação 2}]$$

Onde:  $U$  = umidade (%);  $x$  = Temperatura (°C);  $y$  = Vazão de ar ( $\text{m}^3/\text{min}$ ).

Na Tabela 14 observa-se que o modelo de regressão apresenta significativa ao nível de 90 % de confiança ( $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ ).

Tabela 14 - Análise de variância do modelo de regressão para a umidade.

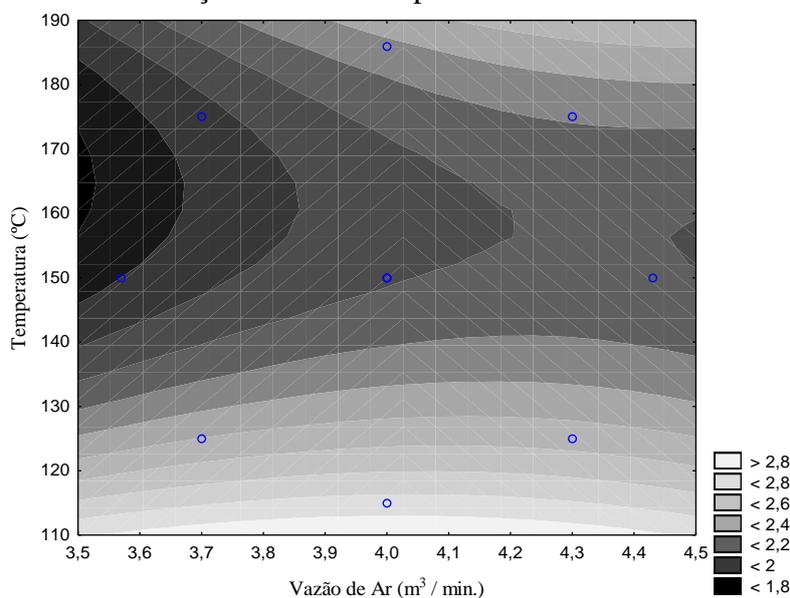
<b>Fonte de variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>Grau de Liberdade</b>	<b>Média Quadrática</b>	<b><math>F_{\text{calculado}}</math></b>	<b><math>F_{\text{tabelado}}</math></b>
Regressão	0,482	2	0,241	5,164	3,11
Resíduos	0,374	8	0,046		
Falta Ajuste	0,256	6	0,043	0,726	9,33
Erro Puro	0,117	2	0,058		
Total	0,856	10			

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Na visualização dos efeitos das variáveis independentes e das interações sobre a variável resposta umidade. Na Figura 4 observa-se claramente o que a Tabela 13

demonstrou, que a temperatura linear (negativo) apresentou efeito sobre a umidade, logo observa-se que os menores valores de umidade encontram-se em temperaturas maiores que 150 °C.

Figura 4 - Curvas de contorno para as variáveis vazão de ar e temperatura de entrada em relação a variável dependente umidade.



Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Essa tendência observada, na Figura 4 já era esperada, pois segundo Syamaladevi e Andrews (2012), o aumento da temperatura durante a secagem em *spray-dryer*, promove maior perda de água do pó devido a uma maior taxa de transferência de calor sobre as partículas. Este comportamento também foi observado por Karaaslan e Dalgiç (2012) em extrato de alcaçuz em pó, utilizando maltodextrina como agente carreador, em que o conteúdo de água do pó reduziu significativamente com o aumento da temperatura do ar de entrada no secador de 110 °C para 130 °C e Tonon, Brabet e Hubinger (2009) em estudo da temperatura do ar de entrada e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó.

### ***Grau de Caking***

Em relação aos valores de grau de *caking*, a Tabela 10 apresenta os valores entre 32,06 % (ensaio 5) e 85,52 % (ensaio 9), ambos com temperaturas de 150 °C e vazões de 3,57 e 4 m<sup>3</sup> / min, respectivamente. Goula e Adamopoulos (2010), atribuem a

aglutinação dos alimentos em pó ricos em açúcares à absorção de umidade. Estes autores em estudo com suco de laranja e diferentes concentrações de maltodextrina DE 20, encontraram valores de grau de *caking* oscilando entre 5,9 a 24, 8%, utilizando *spray-dryer* nas temperaturas de 110, 120, 130 e 140 °C, sendo então inferiores aos encontrados neste experimento.

Segundo Goula e Adamopoulos (2008) e Jaya e Das (2004), o grau de *caking* ou aglutinação é uma característica física dos pós pouco estudada e seus resultados são muitas vezes ambíguos. Jaya e Das (2004) consideraram que os valores de grau de *caking* ideais para que o produto em forma de pó seja considerado estável, devem estar entre 8,0 e 34 %. De acordo com essa classificação, a bebida composta em pó apresenta tendência à aglomeração superior ao desejado para produtos em pó.

A aglomeração em alimentos em pó relaciona-se com a temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ) que é a transição de fase de materiais amorfo (alta mobilidade de água) para um estado vítreo (baixa mobilidade de água). Segundo Netto; Desobry e Labuza (1998) esta característica é de extrema importância para materiais em pó, pois caso a temperatura ambiente exceda a  $T_g$ , mudanças nas propriedades físicas podem ocorrer em função do estabelecimento do estado gomoso, tais como pegajosidade, cristalização e colapso da estrutura, ou seja, produtos com elevado grau de *caking*. Os elevados valores para esta variável podem ter ocorrido devido as características da lactose presente no soro lácteo, este açúcar é na sua maioria termodinamicamente instável e amorfo, podendo absorver umidade desencadeando o *caking*.

O alto conteúdo de ácidos orgânicos de baixo peso molecular e teores significativos de açúcares na polpa de acerola e no soro, podem ter favorecido a diminuição da  $T_g$  abaixo da temperatura do produto, levando à existência do *caking*, que é responsável pela coesão ou adesão entre partículas.

Os efeitos observados para a variável grau de *caking* são mostrados na Tabela 15. Observa-se que apenas a vazão do ar de secagem foi significativa sobre esta variável. Isso comprova o que citam Hartmann e Palzer (2011), que a aglomeração em pós está relacionada com a troca de umidade entre as partículas, que ao absorverem água, formam aglomerados ou partículas maiores, podendo levar ao colapso da estrutura.

Tabela 15 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a variável dependente grau de *caking*.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	p – valor
Vazão (L)	1,585	6,234	0,809
Vazão (Q)	-42,38*	7,324*	0,002*
Temperatura (L)	3,59	6,266	0,592
Temperatura (Q)	-13,27	7,437	0,134
Vazão X Temperatura	9,056	8,876	0,354

\* Valores significativos a  $p < 0,1$ ; (L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Para Goula e Adamopoulos (2010), o efeito das variáveis de processo sobre o *caking* ou aglomeração em pós alimentícios ricos em açúcar pode ser atribuído a absorção de umidade e ainda ao aumento da temperatura utilizada na secagem e da concentração de maltodextrina. Neste estudo a temperatura não apresentou efeito sobre a variável resposta grau de *caking*, mas somente a vazão (quadrática). Neste sentido, baseando-se no fato que as matérias-primas utilizadas para a obtenção da bebida composta em pó apresentaram quantidades significativas de açúcares totais e redutores (polpa de acerola: 1,30 e 1,51 % e soro: 3,21 e 3,85 %, respectivamente), podem ter possibilitado a aglomeração do produto.

O modelo estatístico, ajustado aos dados experimentais testados para o grau de *caking* da bebida composta em pó, está representada pela equação 3:

$$C = -3591,4670 + 1795,6948x - 235,4514x^2 + 0,84311y - 0,0106y^2 + 0,6037xy \quad [\text{Equação 3}]$$

Onde:  $C$  = Grau de *caking* (%);  $x$  = Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ );  $y$  = Vazão de ar ( $\text{m}^3/\text{min}$ ).

Verificou-se a significância da regressão ( $p < 0,1$ ), através do teste F, sendo o  $F_{\text{calculado}}$  maior que o  $F_{\text{tabelado}}$  (Tabela 16) e ajuste dos dados ao modelo.

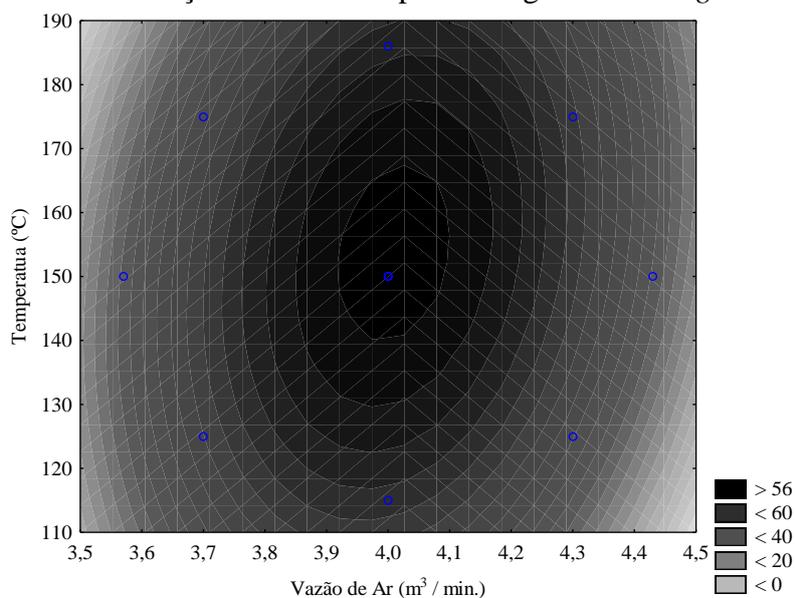
Tabela 16 - Análise de variância do modelo de regressão para variável grau de *caking*.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado}}$
Regressão	2638	1	2638	47,07	3,36
Resíduos	504,3	9	56,04		
Falta Ajuste	214,2	7	30,61	0,21	9,35
Erro Puro	290,0	2	145,0		
Total	3142	10			

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Através da curva de contorno (Figura 5) percebe-se a relação quadrática que a vazão estabelece sobre a variável em estudo, deixando em evidencia que os menores valores de *caking* são obtidos quando se adotam os limites superiores aos utilizados para a variável vazão de ar de secagem.

Figura 5 - Curvas de contornos para as variáveis vazão de ar e temperatura de entrada em relação a variável dependente grau de *caking*.



Fonte: Elaborada pela autora (2015).

### Ácido Ascórbico

Os valores de ácido ascórbico deste planejamento (Tabela 10) oscilaram entre valor mínimo de 621,27 e máximo de 1 438, 42 mg/100 g de pó em base seca, nos ensaios 3 e 1, respectivamente. Semelhante ao encontrado neste planejamento experimental, Moreira *et al.* (2009) utilizando uma faixa de temperatura de 170 a 200 °C e 3,75 m<sup>3</sup>/ min, variando a concentração de maltodextrina e goma do cajueiro (0 -100 %) como adjuvantes na secagem por aspersão de extrato de resíduo de acerola (com proporção de água de 2:1; 5:1), observaram que a temperatura de 170 °C obtiveram menores perdas de vitamina C. Assim como Angel *et al.* (2009), utilizando temperaturas de 180 a 190 °C na desidratação por aspersão de suco de maracujá, concluíram que a 180 °C encontrou-se maiores quantidades de ácido ascórbico.

Os valores médios para ácido ascórbico (Tabela 10) mostra que as menores quantidades foram encontradas para os ensaios com maiores vazões de ar de secagem e baixas temperaturas. Em altas temperaturas e baixas vazões encontram-se maiores

quantidades de ácido ascórbico. Isso pode ser explicado pelo fato que o processo de secagem em *spray-dryer* a rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas, de maneira que em altas temperaturas do ar de secagem não afeta demasiadamente o produto (FELLOWS, 2006).

Na Tabela 17 apresentam-se os valores correspondentes aos efeitos estimados para o parâmetro de ácido ascórbico e grau de significância, ao nível de confiança estudado. Apresentar diferença significativa, a vazão de ar de secagem em termo linear e temperatura em termo quadrático, bem como a interação vazão e temperatura. Neste contexto, individualmente, a vazão de ar de secagem com efeito negativo age inversamente proporcional à quantidade de ácido ascórbico na bebida composta em pó. Shaw e Moshonas (1991) explicam que a exposição de produtos ao oxigênio dentro ou fora da embalagem é responsável pela rápida degradação inicial da vitamina C.

Tabela 17 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a variável dependente ácido ascórbico.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito Estimado</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>p – valor</b>
Vazão (L)	-346,6*	92,37*	0,0132*
Vazão (Q)	116,1	108,53	0,3338
Temperatura (L)	-5,066	92,8527	0,9586
Temperatura (Q)	238,1*	110,21*	0,0832*
Vazão X Temperatura	-365,9*	131,5*	0,0388*

\* Valores significativos a  $p < 0,10$ ; (L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Martin (2013), em secagem de polpa de cupuaçu, utilizando vazão de ar constante de  $1,9 \text{ m}^3/\text{min}$  e faixas de temperaturas de  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $160 \text{ }^\circ\text{C}$ , observou, efeitos ( $p < 0,1$ ) somente da concentração de maltodextrina 10 DE (26,4 a 30 %), mas ressaltou que em maiores temperaturas apresentavam-se os maiores teores de ácido ascórbico. Esse autor cita ainda que, se esse fenômeno tiver recorrência, resultará em algo desejável, pois tal fato possibilitará aumentar a faixa de temperatura de entrada do ar, aumentando o rendimento de processo e possibilitando testar a encapsulação (coesão da maltodextrina com a polpa) em níveis maiores de temperatura do ar de entrada.

Nesta pesquisa a altas temperaturas e baixas vazões apresentaram influência sobre a variável resposta, favorecendo a manutenção do ácido ascórbico no produto.

Angel *et al.* (2009), ao estudarem a secagem em *spray-dryer* de suco de maracujá com uma mistura de lactose e maltodextrina, nos quais a vitamina C dos pós manteve-se em maior quantidade quanto menor foi a temperatura de entrada. Ressalta-se que estes autores utilizaram temperaturas de 180 e 190 °C, sendo a menor temperatura empregada, superior a utilizada nesta pesquisa.

O modelo estatístico ajustado aos dados experimentais testados para o ácido ascórbico da bebida composta em pó, está representada pela equação 4:

$$A = 3167,2213 - 2075,6909x + 644,7262x^2 + 40,3707y + 0,1904y^2 - 24,3991xy \text{ [Equação 4]}$$

Onde: A = Ácido ascórbico (g / 100g); x = Temperatura (°C); y = Vazão de ar (m<sup>3</sup>/ min).

Verificou-se a significância da regressão e do ajuste a um intervalo de 90 % de confiança, através do teste F, com valores de  $F_{\text{calculado}}$  maior que  $F_{\text{tabelado}}$ , análise de variância (Tabela 18). Isso indica que o modelo foi significativo.

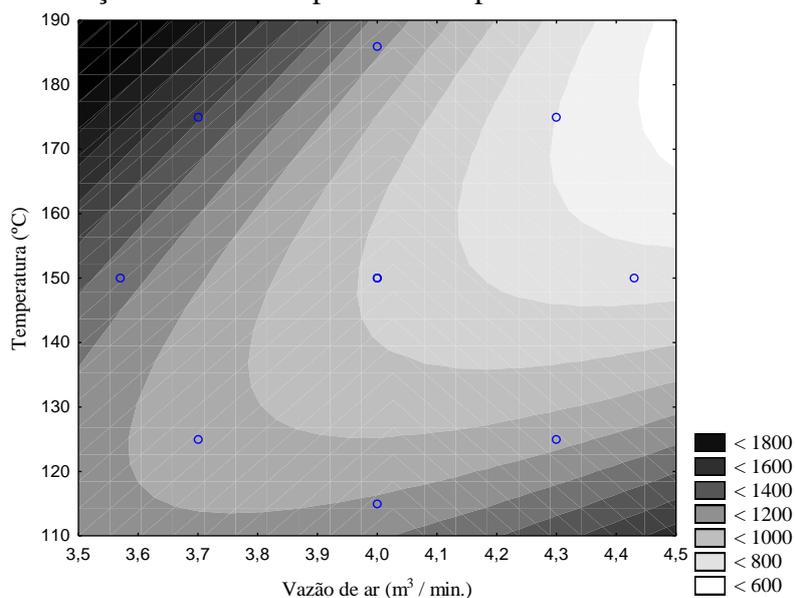
Tabela 18 - Análise de variância do modelo de regressão para ácido ascórbico.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado}}$
Regressão	458242	3	152747	11,90	3,07
Resíduos	89814	7	12830		
Falta Ajuste	67997	5	13599	1,25	9,29
Erro Puro	21817	2	10908		
Total	548056	10			

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Com o ajuste dos dados ao modelo procedeu-se a construção do gráfico de curvas de contorno (Figura 6). Nesta observou-se que somente a temperatura e vazão de ar de secagem não são suficientes para explicar variável ácido ascórbico, mas a interação entre temperatura e vazão. Pois, considerando a região de interação das variáveis independentes (negativo), obteve-se padrões elevados de ácido ascórbico.

Figura 6 - Curva de contorno para as variáveis vazão de ar e temperatura de entrada em relação a variável dependente resposta ácido ascórbico.



Fonte: Elaborada pela autora (2015).

### 5.2.2 Resultados do rendimento, solubilidade e coordenadas de cor $L^*$ $a^*$ $b^*$ e proteínas totais

Na Tabela 19 estão apresentados os valores médios e desvio padrão das variáveis dependentes avaliadas (rendimento, solubilidade e cor instrumental  $L^*$   $a^*$  e  $b^*$ ) em função das variáveis independentes (temperatura e vazão de ar de secagem).

#### **Rendimento**

O rendimento é um dos parâmetros da eficiência da secagem responsável por viabilizar o aumento da escala laboratorial para industrial de um produto. Pode-se considerar que a aplicação da secagem por aspersão da mistura polpa de acerola e soro lácteo líquido foi rentável, de acordo com a faixa de rendimento apresentada neste estudo. Os valores de rendimento (Tabela 19) obtidos no planejamento experimental oscilaram entre 58,74 e 76,77 % para os ensaios 2 e 3, respectivamente.

Tabela 19 - Resultados do planejamento experimental para bebida composta em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Variáveis independentes			Variáveis dependentes					
Ensaio	Vazão do Ar (m <sup>3</sup> / min)	Temperatura (°C)	Rendimento (%)	Solubilidade (%)	Cor			Proteínas Totais (%)
					L*	a*	b*	
1	3,7	175	75,89±0,00	97,53±0,61	63,80±0,00	-0,69±0,00	9,94±0,00	1,38±0,18
2	3,7	125	58,74±0,00	96,96±0,44	65,44±0,00	-1,44±0,00	9,02±0,00	2,02±2,01
3	4,3	175	76,77±0,00	97,48±0,78	63,95±0,00	-0,94±0,00	10,12±0,00	0,70±0,03
4	4,3	125	70,94±0,00	96,85±0,93	64,69±0,00	-1,65±0,00	8,01±0,00	0,97±0,13
5	3,57	150	72,14±0,00	96,13±0,94	63,98±0,00	-1,12±0,00	9,65±0,00	2,64±0,01
6	4,43	150	66,53±0,00	98,43±0,00	65,88±0,00	-1,61±0,00	8,06±0,00	0,44±0,01
7	4	115	61,98±0,00	96,51±0,28	82,35±0,00	1,70±0,00	18,71±0,00	2,30±0,03
8	4	186	63,20±0,00	96,07±0,88	63,98±0,00	-1,12±0,00	9,35±0,00	3,20±0,54
9	4	150	63,89±0,00	97,36±0,72	63,57±0,00	-1,20±0,00	9,96±0,00	2,40±0,19
10	4	150	68,47±0,00	95,98±0,27	65,17±0,00	-1,45±0,00	9,27±0,00	2,70±0,12
11	4	150	68,38±0,00	96,12±0,23	64,98±0,00	-1,22±0,01	9,35±0,00	1,25±0,05

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Valores superiores aos deste trabalho foram descritos por Rocha *et al.* (2014), utilizando o processo de secagem por aspersão para obtenção de suco de caju em pó com faixas de temperaturas de 130 a 178 °C e vazões entre 3,04 a 4,46 m<sup>3</sup>/ min, encontrando rendimentos com valores mínimos de 73,98 % e máximos de 99,30 %.

Para esta variável resposta não observou-se influência significativa ( $p < 0,1$ ) dentro dos limites utilizados de temperatura e vazão de ar avaliadas (Tabela 20). Enquanto Rocha *et al.* (2014) observaram efeitos significativos da vazão de ar quente e temperatura sobre o rendimento na secagem por aspersão de suco de caju com faixas de temperaturas de 130 °C a 178 °C e vazões de ar quente de 3,04 e 4,46 L/ min.

Tabela 20 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a variável dependente rendimento.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	$p$ – valor
Vazão (L)	1,245	4,086	0,773
Vazão (Q)	4,508	4,800	0,3907
Temperatura (L)	6,174	4,107	0,1930
Temperatura (Q)	-2,215	4,874	0,6686
Vazão X Temperatura	-5,665	5,817	0,3750

(L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Goula e Adamopoulos (2005) estudaram o efeito da temperatura do ar de entrada (110, 120, 130 e 140 °C) e vazão de ar (entre 17,50 e 22,75 m<sup>3</sup>/h) nas características da aspersão de tomate em pó. Concluíram que o rendimento de secagem aumentou com aumento da temperatura de ar de entrada e vazão de ar.

Uma vez que não houve efeitos significativos, não foram expressos análise de variância (ANOVA) e superfície resposta.

### **Solubilidade**

A solubilidade é um critério que pode ser utilizado para avaliar o comportamento do pó em solução aquosa. Para esta variável resposta obteve-se valores de 95,98 e 98,4 % nos 10 e 6, respectivamente (Tabela 19). Estes valores são semelhantes aos encontrados por Ceballos *et al.* (2012), em estudo da polpa de graviola liofilizada, que revelaram valores entre 81,51 e 85,75 % e por Dantas (2010), que

obtiveram 98 e 91 % de solubilidade em pós de abacaxi e manga desidratados em camada de espuma, respectivamente.

Não foi verificado efeitos, em intervalo de 90% de confiança, por nenhuma das variáveis independentes (vazão de ar de secagem e temperatura) (Tabela 21).

Tabela 21 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a variável dependente solubilidade.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito Estimado</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>p – valor</b>
Vazão (L)	0,7733	0,5775	0,2381
Vazão (Q)	0,978	0,6784	0,2088
Temperatura (L)	0,1409	0,5804	0,8178
Temperatura (Q)	0,00177	0,6889	0,9980
Vazão X Temperatura	0,0323	0,8222	0,9701

(L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Contrariamente ao presente trabalho, Fazaeli *et al.* (2012), utilizando temperaturas de 110, 130 e 150 °C, relataram que com o aumento da temperatura do ar de entrada, houve aumento da solubilidade do suco em pó de amora preta obtida por aspersão. Lembrando que no presente estudo, a presença do soro proporcionou valores maiores para esta variável. Pelegrine e Gaspareto (2003) e Perrone, Pereira e Carvalho (2011), as características do soro e suas proteínas, em relação a solubilidade apresentam-se influenciadas pelo pH ácido (característica não avaliada neste planejamento) ou em extremos alcalinos, bem como a presença de sais.

### **Coordenadas de cor L\***

Na análise de cor, encontrou-se para a coordenada luminosidade (L\*) os valores máximos de 82,35 (ensaio 7) e mínimo de 63,80 (ensaio 1) com temperaturas de 175 °C e 150 °C, e vazões de 4,0 e 3,7 m<sup>3</sup> /min, respectivamente demonstrados na Tabela 10. Santos (2011), cita que este parâmetro em que descreve a relação entre a luz refletida ou absorvida, caracteriza-o com a cor mais clara ou mais escura (variando de 0 para o preto a 100 para o branco).

A coordenada luminosidade (L\*) do pó da mistura de polpa de acerola e soro lácteo líquido, foi influenciado significativamente ( $p < 0,1$ ) nas faixas estudadas pela temperatura em termos linear.

Tabela 22 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a coordenada luminisidade ( $L^*$ ).

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	$p$ – valor
Vazão (L)	0,5268	3,4063	0,8831
Vazão (Q)	-1,8559	4,0019	0,6623
Temperatura (L)	-7,1884*	3,4238*	0,0898*
Temperatura (Q)	6,1836	4,0637	0,1886
Vazão X Temperatura	0,4549	4,8499	0,9289

\* Valores significativos a  $p < 0,1$ ; (L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Verificou-se que a temperatura influenciou a luminosidade de forma inversa, isso implica que à medida que eleva-se a temperatura a luminosidade diminui. Isso pode estar relacionado com a maior retirada de água do produto (umidades menores) e um possível escurecimento provocado pelos açúcares, resultando em produtos mais concentrados e escuros (TONON, BRABET e HUBINGER 2009). Ainda, segundo esses, estudando a influência da temperatura do ar de secagem (138 a 202 °C) e da concentração de maltodextrina 10 DE (10 a 30 %) sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó produzido por *spray dryer*, observaram que a luminosidade das amostras foi influenciada tanto pela temperatura de secagem quanto pela concentração de maltodextrina. Comprovando isto, Figueirêdo, Queiroz; Martucci (2005), estudando a evolução da cor de polpa de acerola em pó produzida em secador do tipo *spray-dryer* durante 30 dias com temperaturas de 15, 25 e 35 °C, observaram que a luminosidade diminuiu, significativamente, com o aumento da temperatura em todos os tempos de armazenamento.

O modelo de regressão ajustado aos dados experimentais testados para coordenada  $L^*$  da bebida composta em pó, está representada pela equação 5:

$$L^* = 47,1832 + 78,8157x - 10,3108x^2 - 1,7492y + 0,0049y^2 + 0,0303xy \quad [\text{Equação 5}]$$

Onde:  $L^*$  = coordenada  $L^*$ ;  $x$  = temperatura (°C);  $y$  = vazão de ar ( $\text{m}^3/\text{min}$ ).

Verificou-se a significância da regressão e do ajuste a um intervalo de 90 % de confiança, através do teste F, na análise de variância (Tabela 23).

Tabela 23 - Análise de variância do modelo de regressão para a coordenada luminisidade ( $L^*$ ).

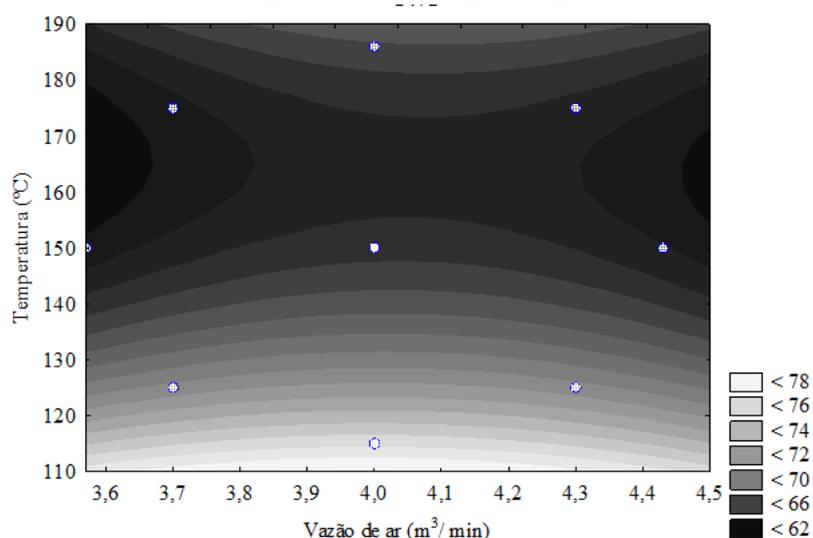
Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado}}$
Regressão	103,6	1	103,7	4,91	3,36
Resíduos	190,12	9	21,12		
Falta Ajuste	188,6	7	27,16	0,28	3,26
Erro Puro	1,524	2	95,06		
Total	293,8	10	21,12		

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Pode-se observar que o valor de  $F_{\text{calculado}}$  foi ligeiramente maior que  $F_{\text{tabelado}}$  e ajuste dos dados para o modelo testado. O gráfico de curvas de contorno (Figura 7) demonstrou que temperaturas inferiores a 150 °C apresentam maiores valores de  $L^*$ , ou seja, menor a luminosidade, comprovando o demonstrado na Tabela 22.

Considerando a temperatura do processo, um comportamento semelhante foi relatado por Quek; Chok e Swedlund (2007), onde a luminosidade em suco de melancia em pó produzido em *spray-dryer* foi reduzida com o aumento da temperatura de ar de secagem.

Figura 7 - Curva de contorno para a resposta para o parâmetro luminisidade ( $L^*$ ).



Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Ao trabalharem com melão em pó obtido por *spray-dryer* com temperatura de ar de entrada de 170, 180 e 190 °C e diferentes concentrações de maltodextrina, Solval *et al.* (2012) observaram que a cor dos pós não foi afetada pelas temperaturas

utilizadas, sendo descritos valores de L\* variando de 89,06 a 94,56, superiores aos descritos no presente trabalho.

### **Coordenadas de cor a\***

Quanto ao parâmetro intensidade de vermelho (a\*), que representa a variação de cor do vermelho (positivo) ao verde (negativo), observou-se os valores obtidos (Tabela 19) foram todos negativos, exceto o ensaio 7 (1,70). Caracterizando os pós com coloração voltada para o verde. Isso pode ser explicado pela cor característica do soro lácteo líquido (40 % na solução a ser seca), que segundo Prazeres *et al.* (2012) apresenta coloração levemente verde-amarelada resultante da precipitação e remoção da caseína do leite na fabricação de queijos e pela presença de riboflavina (vitamina B2), além do uso da maltodextrina DE 20 (20 % na mistura).

Através da Tabela 24 observa-se que a coordenada de cor (a\*) não sofreu influência significativa ( $p < 0,1$ ), das variáveis independentes nos limites estudados, assim, a ANOVA o gráfico de curva de contorno não foram elaborados.

Tabela 24 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre coordenada de cor intensidade do vermelho (a\*).

<b>Fatores</b>	<b>Efeito Estimado</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>p – valor</b>
Vazão (L)	-0,2895	0,6817	-0,4246
Vazão (Q)	-0,3847	0,8009	-0,4803
Temperatura (L)	-0,6551	0,6853	-0,9559
Temperatura (Q)	1,223	0,8133	1,503
Vazão X Temperatura	-0,0167	0,9707	-0,0172

(L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

### **Coordenadas de cor b\***

O parâmetro (b\*) quando positivo é uma medida do amarelo e quando negativo do azul, observou-se que os valores obtidos no planejamento foram todos positivos, variando entre 8,01 (ensaio 4) e 18,71 (ensaio 7) (Tabela 19), caracterizando o pó com coloração voltada para o amarelo. Na caracterização da cor na polpa de acerola e do soro (Tabela 9), observou-se que ambos apresentaram coloração na faixa

voltada para o amarelo. Ressaltando ainda que as características de coloração branca da maltodextrina constituiu influência para a cor no pó.

Na Tabela 25 são apresentados o estudo dos efeitos para a coordenada  $b^*$ , demonstrando que não houve influência significativa ( $p < 0,1$ ) nos limites estudados, logo, a ANOVA e o gráfico de curva de contorno não foram elaborados.

Tabela 25 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre a coordenada de cor intensidade do amarelo ( $b^*$ ).

<b>Fatores</b>	<b>Efeito Estimado</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b><math>p</math> – valor</b>
Vazão (L)	-0,7663	2,089	-0,3667
Vazão (Q)	-1,712	2,455	-0,6972
Temperatura (L)	-2,608	2,100	-1,242
Temperatura (Q)	3,317	2,493	1,330
Vazão X Temperatura	0,5950	2,975	0,199

(L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Lisboa, Figueirêdo e Queiroz (2012) ao estudarem figo-da-índia em pó obtido em camada de espuma seco em estufa com circulação de ar a 90 °C, concluíram que na temperatura de armazenamento a 40 °C todos os índices de cor foram alterados, havendo diminuição da luminosidade (escurecimento), aumento de intensidade de vermelho e redução do amarelo.

### **Proteínas Totais**

Os valores médios obtidos para proteínas totais apresentados na Tabela 19, foram máximo de 3,20 e mínimo de 0,44. Segundo Oliveira, Bravo e Tonial (2012) o teor de proteínas no soro lácteo líquido encontra-se na faixa de 0,7 e 0,9 %. Em soro lácteo em pó, obtido em *spray-dryer* por Perrone *et al.* (2011) o valor foi de 8,75 %. No soro de leite desidratado há um aumento deste componente, o que era esperado devido à concentração dos nutrientes por efeito da operação de secagem (ZAVAREZE *et al.*, 2013).

Através da Tabela 26 observa-se o estudo dos efeitos para a variável resposta proteínas totais, revelando que não houve influência significativa ( $p < 0,1$ ) das

variáveis independentes nos limites estudados, assim, a ANOVA e superfície resposta não foram elaborados.

Tabela 26 - Efeito estimado das variáveis independentes sobre as proteínas totais.

<b>Fatores</b>	<b>Efeito Estimado</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>p – valor</b>
Vazão (L)	-1,205	0,592	-2,035
Vazão (Q)	-0,973	0,695	-1,399
Temperatura (L)	0,097	0,5951	0,1623
Temperatura (Q)	0,209	0,7062	0,2954
Vazão X Temperatura	0,1851	0,8428	0,2197

(L): termo linear; (Q): termo quadrático.

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Segundo Demodaran, Parkin e Fennema (2010), a maioria das proteínas apresentam desnaturação térmica de forma irreversível em temperaturas de 90 a 100 °C por longo tempo. Porém as faixas de temperatura e vazão de ar de secagem utilizadas no presente trabalho, não foram capazes de explicar a variação dos teores de proteínas.

A desnaturação das proteínas do soro desempenha um importante papel no desenvolvimento do aroma de cozido. Segundo Venturini Filho (2010), este aroma não é perceptível no leite pasteurizado HTST, porém forma parte do sabor característico do leite esterilizado. No soro as imunoglobulinas são as proteínas mais lábeis e em ordem crescente de estabilidade, a albumina sérica,  $\beta$ - lactoglobulina e  $\alpha$ -lactoalbumina (ANTUNES, 2003).

### 5.3 Condições adotadas para secagens no delineamento de misturas

A partir da observação dos efeitos gerados pelas variáveis independentes sobre as variáveis dependentes apresentadas, foi possível definir qualitativamente a melhor condição do processo, isto é, a melhor temperatura de ar de entrada e vazão de ar de secagem. Ressalta-se que o planejamento utilizado (DCCR), nos limites estudados de temperatura e vazão de ar de secagem não demonstraram um ponto ótimo para nenhuma das variáveis dependentes. Assim, optou-se por tentar atender simultaneamente as melhores condições das variáveis dependentes estudadas. Na Tabela

27 estão apresentadas condições definidas para uso no delineamento de mistura simplex centroide.

Tabela 27 – Condições adotadas para temperatura e vazão de ar de entrada no processo de aspersão em *spray-dryer*.

<b>Condições adotadas</b>	
Temperatura (°C)	175
Vazão de ar (m <sup>3</sup> /min)	3,7

Fonte: Elaborada pela autora

As condições apresentadas na Tabela 27, correspondem ao ensaio 1, com valores de higroscopicidade (9,45 %), critério utilizado por se tratar da resposta que influenciou diretamente na pegajosidade durante o armazenamento, sendo necessário menores valores possíveis. A umidade (1,73 %), pois em menores valores de teor de água há evidência de maior eficiência de secagem e subsídio para maior vida útil do produto. O ácido ascórbico nesta condição foi de 1438,42 mg/ 100g base seca, foi o maior valor observado. Além das demais variáveis dependentes: rendimento (75,89 %), solubilidade (97,53 %) e cor instrumental com coordenadas L\* (63,80), a\* (-0,69), b\* (9,94), que neste ensaio também obtiveram valores adequados.

## **5.4 Resultados do delineamento de mistura**

### ***5.4.1 Resultados do delineamento de misturas para higroscopicidade, umidade e ácido ascórbico***

As bebidas compostas em pó foram formuladas a partir da mistura ternária entre a polpa de acerola, soro lácteo líquido e maltodextrina conforme ensaios previstos pelo planejamento simplex centroide aumentado Tabela 7.

As variáveis respostas do delineamento de misturas foram definidas com a finalidade de avaliar a melhor formulação, baseado na proporção de cada componente na mistura em função da melhor resposta: higroscopicidade, umidade, ácido ascórbico e rendimento.

Na Tabela 28 estão apresentados os valores médios e desvios padrão das variáveis resposta higroscopicidade, umidade e ácido ascórbico obtidos na avaliação dos

pós da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina no Delineamento de Mistura Simplex Centróide.

### ***Higroscopicidade***

Na Tabela 28 estão apresentados os valores médios e desvio padrão para a variável resposta higroscopicidade. O valor máximo para esta variável foi obtido no ensaio 2 (13,69), onde continha a quantidade máxima de soro líquido entre os ensaios estudados. O valor mínimo para higroscopicidade foi de 6,21 no ensaio 3, onde as proporções dos três componentes foram: 25:25:50%, respectivamente para polpa de acerola, soro de leite e maltodextrina.

Araujo (2013), ao avaliar a higroscopicidade no delineamento de misturas entre a polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina, obteve valores mínimos de (6,14), semelhantes ao encontrado neste delineamento, utilizando proporções de 25:50:25% para polpa de acerola, mamão e maltodextrina. Este mesmo autor cita valores máximos de 15,92 (50:50:0%), sendo superiores do presente trabalho.

Tabela 28 – Resultados do delineamento de mistura para variáveis dependentes da bebida composta em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Variáveis independentes				Variável dependentes		
Ensaio	Polpa de Acerola (%)	Soro de Leite (%)	Maltodextrina (%)	Higroscopicidade (g / 100g)	Umidade (%)	Ácido Ascórbico (mg / 100 g)*
1	75,00	20,00	5,00	10,31±0,34	1,86±0,01	3299,96±5,78
2	20,00	75,00	5,00	13,69±0,28	2,21±0,07	1176,43±0,66
3	25,00	25,00	50,00	6,21±0,16	1,65±0,02	401,77±0,04
4	47,50	47,50	5,00	10,32±0,21	2,08±0,07	2533,18±5,70
5	50,00	25,00	25,00	7,61±0,63	1,65±0,05	1238,62±2,82
6	25,00	50,00	25,00	7,44±0,12	1,74±0,03	760,32±0,83
7	41,67	41,67	16,67	6,60±0,53	1,88±0,06	1337,09±2,69
8	58,33	33,33	8,33	10,25±0,20	1,82±0,04	2628,56±5,45
9	33,33	58,33	8,33	8,60±0,02	1,80±0,01	1350,43±1,60
10	33,33	33,33	33,33	7,48±0,15	1,56±0,05	850,41±0,50

\*Valores expressos em base seca

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

A análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão para higroscopicidade está descrita na Tabela 29. Os valores demonstram que o modelo foi estatisticamente significativo ao nível de 5 % de significância ( $F_{calculado} > F_{tabelado}$ ).

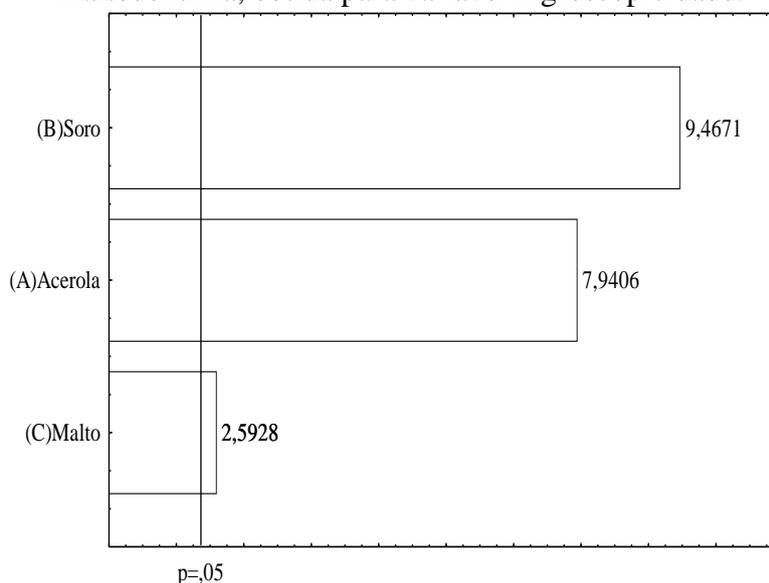
Tabela 29 - Análise de variância para o modelo linear da higroscopicidade do pó da mistura entre polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{calculado}$	$F_{tabelado}$
Regressão	28,79	2	14,39	5,48	3,25
Resíduos	18,37	7	2,624		
Total	47,16	9	5,241		

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

No Gráfico 1 observam-se os efeitos dos três componentes em relação à variável resposta higroscopicidade. Percebeu-se que o soro foi o componente que mais influenciou, aumentando os valores de higroscopicidade, seguida pela polpa de acerola e, por último, pela maltodextrina.

Gráfico 1 – Diagrama de Pareto do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável higroscopicidade.



Fonte: Elaborada pela autora (2015).

A equação do modelo estatístico, ajustado aos dados experimentais testados para a higroscopicidade do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina está representada pela equação 6, com os componentes reais da mistura:

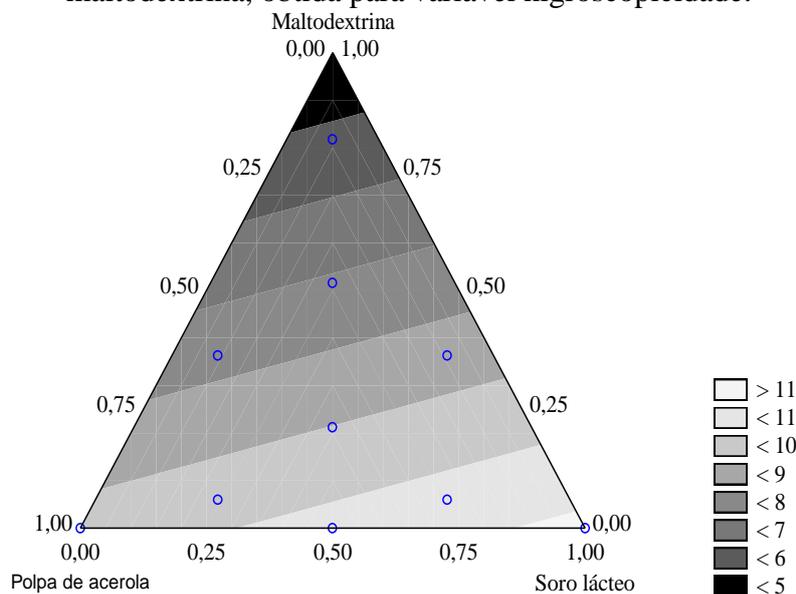
$$H = 0,023161a + 0,031408b - 0,001105c \quad [\text{Equação 6}]$$

Onde:  $H$  = higroscopicidade (g / 100 g);  $a$  = Polpa de acerola (g);  $y$  = soro lácteo (g);  $c$  = maltodextrina (g).

O diagrama ternário para a variável higroscopicidade, gerado pelo planejamento de misturas através do modelo linear (Figura 8), demonstrou que menores valores de higroscopicidade nos pós são obtidos à medida que se aumentam as concentrações de maltodextrina. Este comportamento já era esperado, pois confirmou a eficiência do uso da maltodextrina como agente carreador, no sentido de reduzir a higroscopicidade em produtos na forma de pós.

Através da Figura 8 observou-se também que os maiores valores de higroscopicidade foram obtidos nos ensaios em que estavam as maiores proporções de soro de leite. Isso pode ser explicado de acordo com Perrone, Pereira e Carvalho (2011), o que afirmaram que processo de secagem de lácteos implica na formação de lactose no estado amorfo que é altamente higroscópica.

Figura 8 - Diagrama ternário do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável higroscopicidade.



Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Na Figura 8 pode ser observado que quanto maior a quantidade de soro e polpa de acerola agregados na mistura, maior foi o aumento nos valores da higroscopicidade. Este fato está de acordo com o explicado por Jaya e Das (2004) que relataram que alimentos ricos em açúcares, tais como sacarose, glicose e frutose são, geralmente, muito higroscópicos. Esses açúcares são responsáveis por fortes interações

com moléculas de água principalmente quando se apresentam no estado amorfo.

### **Umidade**

Os valores médios encontrados para umidade (Tabela 28), foram mínimo de 1,56 %, onde as proporções de polpa de acerola, soro lácteo líquido e maltodextrina foram iguais (33,33 %) e máximo de 2,21 %, onde as proporções dos componentes foram: 20:75:5% para polpa, soro e maltodextrina, respectivamente. Estes valores foram inferiores aos encontrados por Moreira *et al.* (2013), em polpa de manga liofilizada, Alexandre *et al.* (2014), em pitanga em pó, produzida por meio de secagem em estufa em camada de espuma e por Santos *et al.* (2014), em polpa de goiaba em pó obtido em *spray dryer*.

Catelam (2010), em estudo da influência da proporção de um “mix” de leite desnatado e polpa de maracujá na produção de pó obtido por três diferentes métodos de secagem, obteve umidade de 1,40 % utilizando uma proporção de 1:4:4, polpa de maracujá, maltodextrina e leite desnatado por aspersão.

Perrone *et al.* (2013), em estudo com leite em pó integral em *spray-dryer* piloto, encontrou valores de umidade semelhantes ao desta pesquisa, utilizando temperatura do ar de secagem de 140 a 170 °C e vazão de ar de secagem entre 2,80 a 3,10 L / min, com valores variando entre 1,60 e 2,20 % (m/m).

O valor de  $F_{calculado}$  (8,59) foi significativamente maior que o  $F_{tabelado}$  (3,25), logo o modelo foi estatisticamente significativo a intervalo de confiança de 95 %. A análise de variância (ANOVA) está apresentada na Tabela 30.

Tabela 30 - Análise de variância para modelo linear da umidade do pó da mistura entre polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

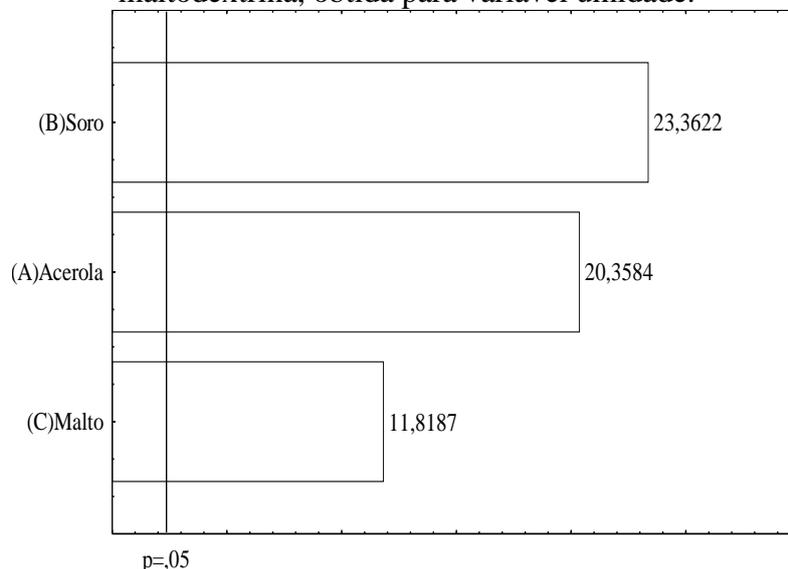
<b>Fonte de variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>Grau de Liberdade</b>	<b>Média Quadrática</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>F<sub>tabelado</sub></b>
Regressão	0,255	2	0,127	8,59	3,25
Resíduos	0,104	7	0,014		
Total	0,360	9	0,040		

Fonte: Elaborada pelo autor.

No Gráfico 2 estão demonstrados os efeitos dos três componentes sobre a variável resposta umidade. A quantidade de soro e polpa na mistura apresentaram grande influência sobre a variável resposta ao nível de significância de 5 % de

probabilidade. Isso pode ser explicado pelo fato de ambos apresentarem umidade elevada (em torno de 93 %).

Gráfico 2 – Diagrama de Pareto do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável umidade.



Fonte: Elaborada pela autora (2015).

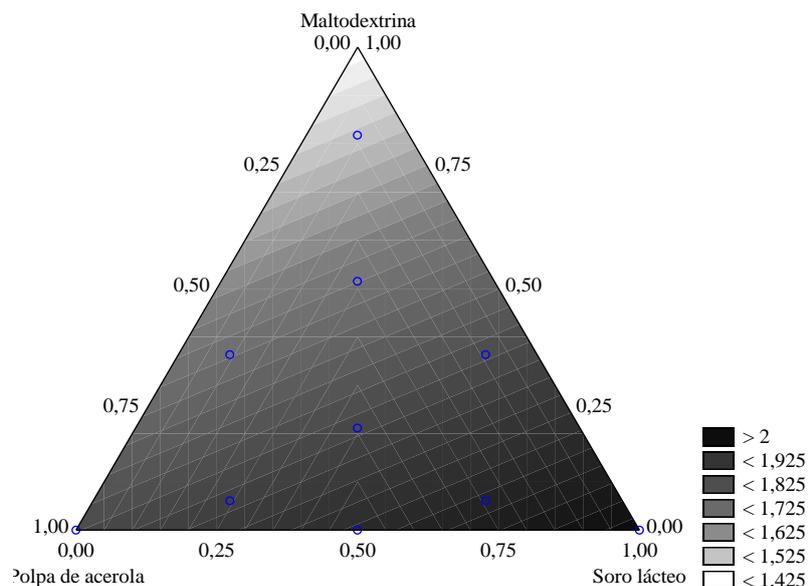
Para umidade dos pós, o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais. A equação do modelo estatístico ajustado aos dados experimentais testado para a umidade do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina está representada pela equação 7, utilizando os componentes reais da mistura.

$$U = 0,004406a + 0,005628b + 0,002520c \quad [\text{Equação 7}]$$

Onde:  $U$  = umidade (%);  $a$  = Polpa de acerola (g);  $b$  = soro lácteo (g);  $c$  = maltodextrina (g).

A interação entre os três componentes evidenciou uma região onde apresentam menores umidade. Analisando as variáveis de forma independente, isto é, cada vértice separadamente, evidenciou-se (Figura 9) que quanto maior a concentração de soro e de polpa de acerola, maiores foram os valores de umidade. Ocorrendo o inverso com as proporções de maltodextrina nas misturas. Fato que também foi evidenciado na análise da variável higroscopicidade.

Figura 9 - Diagrama ternário do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável resposta umidade.



Fonte: Elaborada pela autora (2015).

### ***Ácido Ascórbico***

Os valores médios de ácido ascórbico (Tabela 28) oscilaram entre máximo de 3299,96 mg/ 100 g (base seca) em uma proporção de 75:20:5 % de polpa de acerola, soro e maltodextrina, respectivamente. Os valores mínimos 401,77 mg/ 100 g de pó (base seca) foram determinados no ensaio com proporção de 25:25:50 % dos três componentes. O valor máximo obtido pode ser explicado pelo fato da alta concentração deste composto na polpa, que neste caso, encontrou-se em proporção máxima, definida no delineamento. A concentração de ácido ascórbico na polpa foi de 20368,04 mg/100g (b.s), em relação aos pós analisados, observou-se redução de mais de 80 % deste composto no ensaio 1 (com 75 % de polpa) e 93 % de redução no ensaio 5 (com 50 % de polpa). Segundo Souza (2011) observou redução de 37,96 % no pó da polpa de cupuaçu desidratado em leito de espuma e de 18,82 % no liofilizado, valores inferiores ao descrito no presente trabalho. O mesmo autor explica que a redução no teor de ácido ascórbico ocorreu, provavelmente, devido à oxidação do ácido ascórbico, que é acelerada pelo aquecimento. No presente trabalho associa-se a perda com pelo fato de haver contato intenso da mistura com ar de secagem durante o processo de desidratação, na câmara de secagem.

Cruz *et al.* (2009), encontraram 110 mg /100 ml em formulação de bebida pasteurizada, contendo 30 % de soro de leite e 70 % suco de acerola. Proporção

semelhante ao utilizado no presente trabalho, mesmo sendo formulações no estado sólido.

A quantidade máxima de maltodextrina utilizada no delineamento produziu ao ensaio a característica de quantidade mínima determinada de ácido ascórbico, apresentando efeito diluidor.

Ao realizar a análise de variância, observou-se (Tabela 31) que o modelo foi estatisticamente significativo ao nível de 5 % de significância  $F_{calculado}$  maior que  $F_{tabelado}$ .

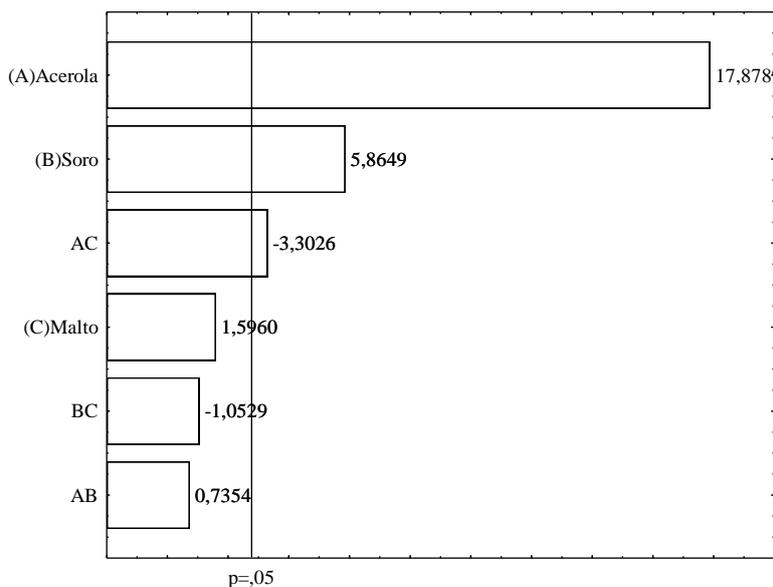
Tabela 31 - Análise de variância para modelo quadrático de ácido ascórbico do pó da mistura para pó da mistura entre polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{calculado}$	$F_{tabelado}$
Regressão	7792049	5	1558410	40,80	4,05
Resíduos	152773	4	38193		
Total	7944822	9	882758		

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Através do Gráfico 3, verificou-se os efeitos das variáveis independentes sobre o ácido ascórbico.

Gráfico 3 – Diagrama de pareto do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável ácido ascórbico.



Fonte: Elaborada pela autora (2015).

O efeito apresentado no gráfico 10 pode ser explicado pelo fato da polpa de

acerola ter sido a única fonte de ácido ascórbico na mistura. Resultados semelhantes foram encontrados por Rocha (2013), na obtenção de suco misto de açaí, morango e acerola em pó por diferentes processos de secagem, Matsuura e Rolin (2002), ao avaliarem a adição de suco de acerola em suco de abacaxi, Maciel *et al.* (2009), ao produzirem geleias mistas de acerola e manga, Faraoni *et al.* (2012), que desenvolveram um suco misto de manga, goiaba e acerola e Pereira *et al.* (2009), que adicionaram polpa de abacaxi e acerola em água de coco. Os resultados do presente estudo e autores citados confirmaram a utilização da polpa de acerola como fonte natural de vitamina C a fim de aumentar o teor deste nutriente em bebidas à base de frutas.

O efeito demonstrado pelo soro (Gráfico 10), pode ser explicado por este componente agir com efeito protetor do ácido ascórbico na bebida composta. Segundo Sgarbieri (2004) os peptídeos bioativos presente no soro lácteo apresentam efeito antioxidante, que neste caso inibi as perdas ou aumenta a biodisponibilidade do nutriente em discussão.

A equação 8 apresenta a função gerada pelo modelo quadrático testado para avaliação do ácido ascórbico com os componentes reais da mistura na bebida composta em pó.

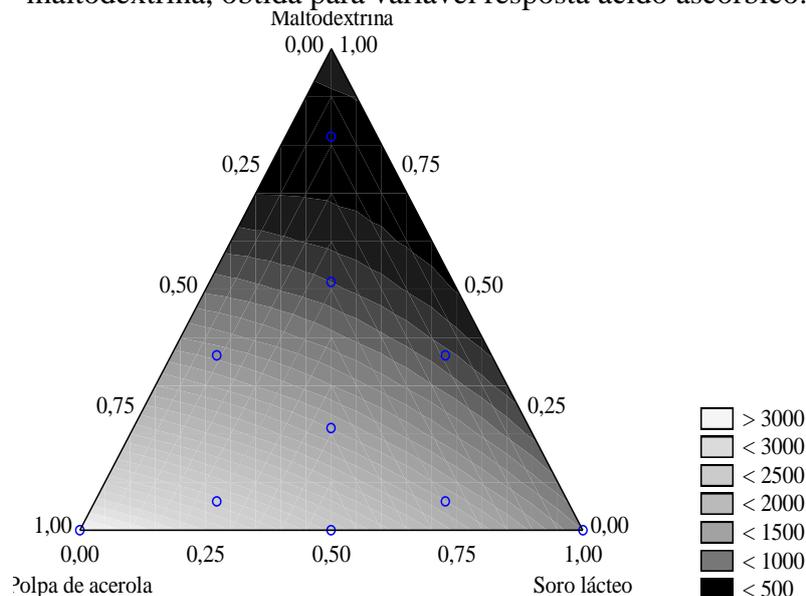
$$A=11,57261a +0,118898b +7,63267c +0,01249ab -0,08969ac -0,02860bc \text{ [Equação 8]}$$

Onde: A = ácido ascórbico (g / 100g); a = Polpa de acerola (g); b = soro lácteo (g); c = maltodextrina (g).

Na Figura 10 é demonstrado o diagrama ternário para ácido ascórbico, obtida pelo planejamento de misturas gerado pelo modelo quadrático.

A interação entre os componentes da mistura resultou em uma região com altos valores de ácido ascórbico. Nesta região, a polpa de acerola encontrou-se em altas concentrações. Enquanto que proporções elevadas de soro e de maltodextrina apresentaram efeito diminuidor. Este fato já era esperado, uma vez que entre os três componentes utilizados no delineamento, a polpa de acerola é a única que possui este nutriente em sua composição.

Figura 10 - Diagrama ternário do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável resposta ácido ascórbico.



Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Faraoni *et al.* (2012), verificaram que os maiores teores de vitamina C foram encontrados nas formulações que continham maiores proporções de polpa de acerola. Segundo estes autores, isso indica que a acerola pode ser utilizada como um componente enriquecedor de bebidas à base de frutas e deficientes em vitamina C.

#### 5.4.2 Resultados do delineamento de misturas para rendimento, solubilidade, coordenadas de cor ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) e proteínas totais

Na Tabela 32 são apresentados os valores médios e desvios padrão das variáveis resposta rendimento, solubilidade, cor  $L^*$   $a^*$  e  $b^*$  e proteínas totais, obtidos na avaliação dos pós da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina no Delineamento de Mistura Simplex Centróide

##### **Rendimento**

Através da análise dos resultados apresentados na Tabela 32 pode-se verificar que o rendimento variou de 31,41 a 71,11 %. O ensaio 5 apresentou o melhor resultado de rendimento, enquanto que o ensaio 1 obteve menor rendimento. No entanto, este último apresentou como vantagem a utilização de alto teor de polpa e baixo teor de maltodextrina na solução (5 %), o que representa menores custos.

Ao analisar a Tabela 33 do rendimento, verificou-se que o  $F_{\text{calculado}}$  foi maior que o  $F_{\text{tabelado}}$  e a porcentagem de variação explicada pelo modelo foi significativamente elevada (91,20 %). Portanto, o modelo ajustou-se bem aos dados experimentais.

Tabela 33 - Análise de variância para modelo quadrático de rendimento do pó da mistura para pó da mistura entre polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

<b>Fonte de variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>Grau de Liberdade</b>	<b>Média Quadrática</b>	<b><math>F_{\text{calculado}}</math></b>	<b><math>F_{\text{tabelado}}</math></b>
<b>Regressão</b>	1547,826	5	309,5651	8,29	4,05
<b>Resíduos</b>	149,227	4	37,3068		
<b>Total</b>	1697,053	9	188,5614		

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A análise das variáveis independentes (Gráfico 4) revelou que o soro, seguido pela polpa e maltodextrina, exerceram influência sobre o rendimento na secagem da mistura. Sendo o soro, o componente que em todas as proporções apresentou efeito positivo no rendimento, em todas as proporções estudadas.

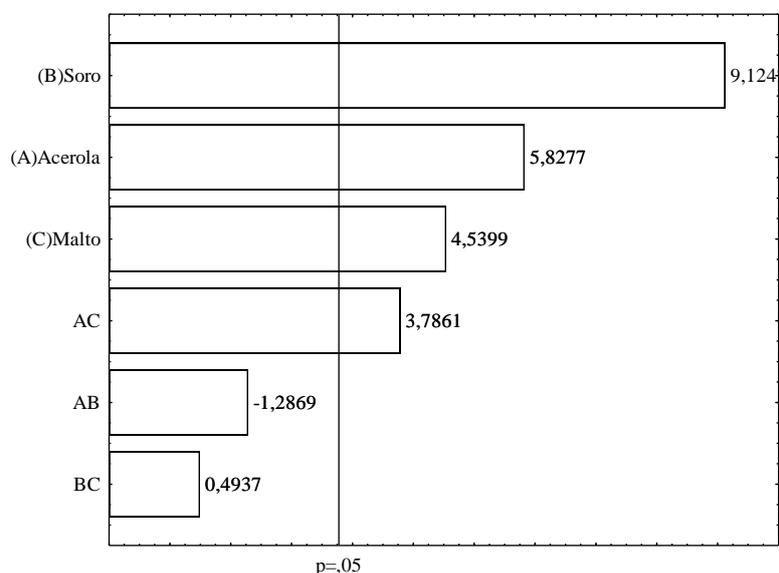
Ressaltou-se que a interação polpa de acerola e maltodextrina – AC (Gráfico 4), foi também significativa, isto pelo fato de terem sido os componentes que contribuíram, de forma conjunta em maior proporção para os sólidos da mistura final. A maltodextrina aumentou o conteúdo de sólidos totais na mistura a ser alimentada no *spray-dryer*, reduzindo a quantidade de água evaporada, o que acarretou na diminuição da umidade dos pós produzidos.

Tabela 32 – Resultados do delineamento de mistura para variáveis dependentes da bebida composta em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina

Variáveis independentes				Variáveis dependentes					
Ensaio	Polpa de Acerola (%)	Soro de Leite (%)	Maltodextrina (%)	Rendimento (%)	Solubilidade (%)	Cor			Proteínas Totais (%)
						L*	a*	b*	
1	75,00	20,00	5,00	31,41±0,00	91,12±0,67	64,71±0,04	5,61±0,05	26,89±0,05	0,46±0,04
2	20,00	75,00	5,00	56,32±0,00	94,72±0,33	64,47±0,01	-2,08±0,01	11,78±0,01	1,77±0,02
3	25,00	25,00	50,00	63,06±0,00	96,67±0,77	64,26±0,01	-2,29±0,01	9,67±0,01	0,42±0,02
4	47,50	47,50	5,00	37,50±0,00	92,38±0,87	70,04±0,01	3,82±0,03	23,30±0,06	1,60±0,06
5	50,00	25,00	25,00	72,11±0,00	98,38±0,79	64,83±0,01	-1,37±0,01	9,93±0,01	1,34±0,10
6	25,00	50,00	25,00	60,99±0,00	94,69±0,73	65,49±0,01	-2,21±0,01	9,05±0,01	2,00±0,02
7	41,67	41,67	16,67	55,68±0,00	94,84±0,26	64,72±0,01	-1,61±0,11	9,80±0,01	1,03±0,05
8	58,33	33,33	8,33	46,71±0,00	98,58±0,18	62,80±0,01	-0,62±0,01	12,07±0,01	1,17±0,01
9	33,33	58,33	8,33	36,96±0,00	98,91±0,44	64,31±0,01	-1,80±0,01	10,92±0,01	0,34±0,03
10	33,33	33,33	33,33	65,15±0,00	95,83±0,86	64,68±0,01	-1,85±0,00	10,29±0,00	1,13±0,08

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

Gráfico 4 – Diagrama de pareto do pó da polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável rendimento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

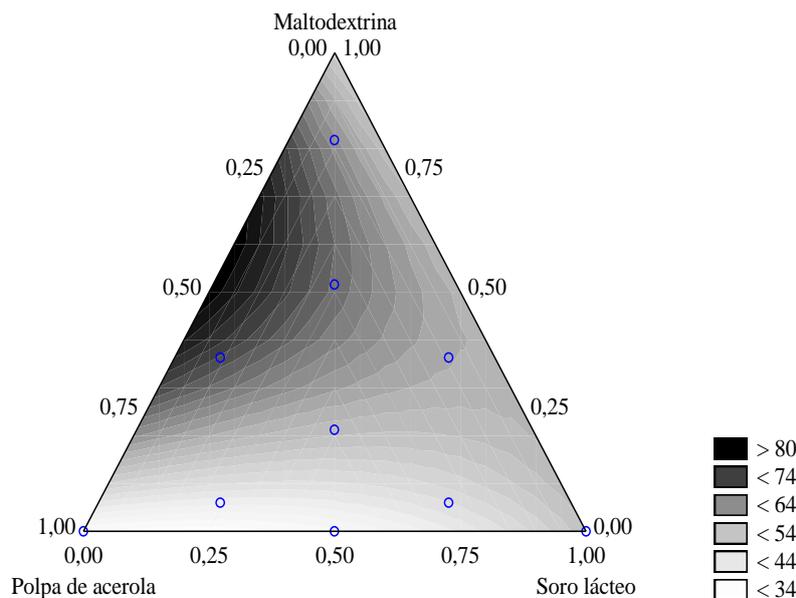
A equação 9 apresenta a função gerada pelo modelo quadrático testado para avaliação do rendimento com os componentes reais da mistura.

$$R=0,0579a +0,2015b -0,1455c-0,0007ab+0,0032ac+0,0004bc \quad [\text{Equação 9}]$$

Onde:  $R$  = rendimento (%);  $a$  = Polpa de acerola (g);  $b$  = soro lácteo (g);  $c$  = maltodextrina (g).

Pela análise do diagrama ternário (Figura 11), notou-se que a interação entre os três componentes gerou uma região de maior valor de rendimento fora dos limites experimentais.

Figura 11 - Diagrama ternário do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável resposta rendimento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Observa-se (Figura 11) que em maiores proporções de polpa de acerola, quantidades elevadas de soro e baixas quantidades de maltodextrina obtive-se menor rendimento. Em contrapartida, a medida que se eleva a quantidade de maltodextrina, os valores de rendimento aumentam, comprovando a ação da maltodextrina como adjuvante de secagem, aumentando a disponibilidade de sólidos na mistura, consequentemente o rendimento.

### ***Solubilidade***

Através da análise dos resultados apresentados na Tabela 32 pode-se verificar que a solubilidade variou de 91,12 a 98,91 %. O ensaio 1 e 9 apresentaram o menor e maior valor médio, respectivamente.

Vale ressaltar que os ensaios 8 e 5 também apresentaram valores muito próximos ao valor máximo obtido. Nestes, as maiores proporções foram de polpa de acerola, com 58,33 e 50 %, respectivamente, além de teores baixos de maltodextrina.

A solubilidade é um dos critérios mais confiáveis para avaliar o comportamento do pó em solução aquosa. Oliveira *et al*, (2013), citam que a alta solubilidade dos pós obtidos revela seu potencial como ingrediente em produtos alimentícios, como bebidas e preparados de sobremesas instantâneos.

Os modelos testados (linear, quadrático, cubico e cubico especial) para variável resposta solubilidade não foram significativos. Na Tabela 34 verificou-se que

$F_{\text{calculado}}$  é menor que o  $F_{\text{tabelado}}$  para o modelo linear.

Tabela 34 - Análise de variância para modelo linear da solubilidade do pó da mistura para pó da mistura entre polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado}}$
Regressão	6,681	2	3,3404	0,4269	3,257
Resíduos	54,76	7	7,823		
Total	61,44	9	6,827		

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O fato de não se chegar um ajuste não pode ser considerado um problema, uma vez que todos os ensaios geraram pós com boa solubilidade. Sendo assim, esse atributo não deve ser considerado como fator determinante do processo, sendo utilizado como indicador geral de tendência.

#### *Coordenada de cor $L^*$*

As médias e desvio padrão para a coordenadas de cor podem ser observadas na Tabela 31. Em relação a coordenada luminosidade ( $L^*$ ), observou-se valores máximos de 70,04 (ensaio 4) e mínimos de 62,80 (ensaio 8). A análise de variância (Tabela 35) para coordenada luminosidade ( $L^*$ ) revelou que não houve ajuste para todos os modelos testados,  $F_{\text{calculado}}$  apresentou-se menor que o  $F_{\text{tabelado}}$ , em intervalo de confiança de 95 %. Logo, não foram apresentados o diagrama ternário e o gráfico de pareto.

Tabela 35 - Análise de variância do modelo linear para coordenada  $L^*$  (luminosidade) na mistura em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado}}$
Regressão	1,568	2	0,7843	0,179	3,25
Resíduos	30,50	7	4,357		
Total	32,07	9	3,5635		

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

### **Coordenada de cor a\***

Em relação a coordenada a\* (intensidade do vermelho) (Tabela 32), demonstrou-se que em todos os ensaios, com exceção dos ensaios 1 (5,61) e 4 (3,82), os valores apresentaram-se negativos, isso implica que os pós apresentaram tendência a coloração voltada para verde, característica singular do soro lácteo líquido utilizado na mistura.

A análise de variância do modelo de regressão para coordenada a\* (intensidade do vermelho) está descrita na Tabela 36.

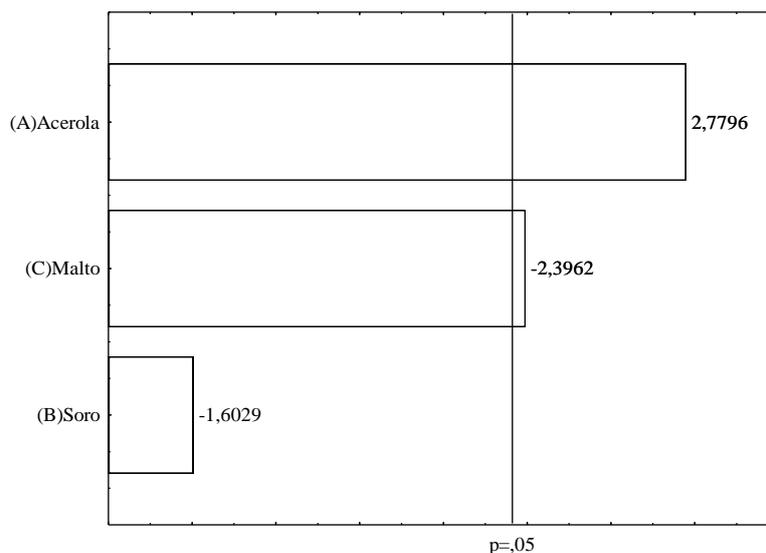
Tabela 36 - Análise de variância para modelo linear de cor, coordenada a\* do pó da mistura para pó da mistura entre polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

<b>Fonte de variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>Grau de Liberdade</b>	<b>Média Quadrática</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>F<sub>tabelado</sub></b>
Regressão	44,90	2	22,45	6,25	3,25
Resíduos	25,12	7	3,588		
Total	70,02	9	7,781		

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Através do Gráfico 5, verificou-se o diagrama de pareto para coordenada a\* (intensidade do vermelho). Neste gráfico observou-se que a polpa de acerola foi a que mais contribuiu significativamente para esta coordenada da mistura em pó. Ou seja, quanto maior a quantidade de polpa a ser utilizada para a mistura, maior a intensificação do a\* (coloração amarela). Em relação a maltodextrina, a coordenada a\* apresentou efeito contrário (negativo), ou seja, ao elevar as proporções de maltodextrina nas formulações, diminui-se conseqüentemente o valor de a\*, isso ocorreu por causa da coloração branca do agente de secagem.

Gráfico 5 – Diagrama de pareto do pó da polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para coordenada a\* (intensidade do vermelho).



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

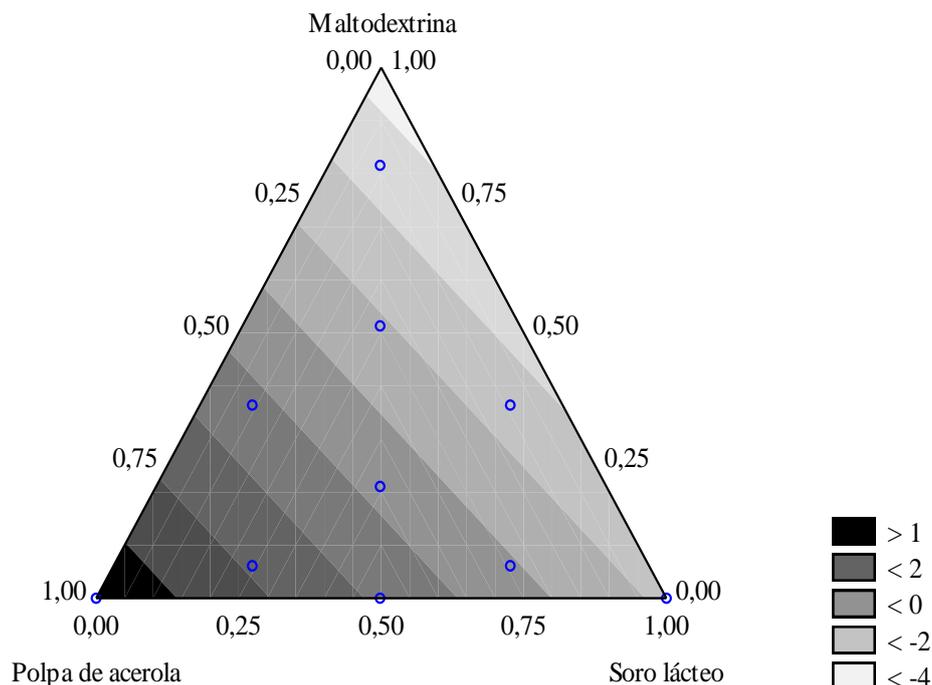
A equação 9 apresenta a função gerada pelo modelo linear testado para avaliação da coordenada de cor a\* utilizando os componentes reais da mistura.

$$A^* = 0,017080a - 0,010606b - 0,020618c \quad \text{[Equação 9]}$$

Onde: A\* = coordenada a\*; a = Polpa de acerola (g); b = soro lácteo (g); c = maltodextrina (g).

Na Figura 12 observou-se que a coordenada a\* aumentou à medida que foi adicionada polpa na mistura. Esta característica apresentou valores negativos (cor com tendência ao amarelo esverdeado) com o aumento das proporções de soro.

Figura 12 - Diagrama ternário do pó da mistura polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, obtida para coordenada  $a^*$  (intensidade do vermelho)



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

### Coordenada de cor $b^*$

Em relação a coordenada de cor  $b^*$  (intensidade do amarelo), observou-se valores médios (Tabela 31) entre 26,89 e 9,05. O valor máximo foi apresentado pelo ensaio 1 com concentrações de polpa (75 %) e valor mínimo pelo ensaio 6 com 25 % de polpa.

A análise de variância descrito na Tabela 37, para coordenada  $b^*$ , revelou que não houve ajuste dos dados para os modelos testados, sendo o  $F_{\text{calculado}}$  menor que o  $F_{\text{tabelado}}$ , ao nível de significância de 5 % de probabilidade. Logo, não foi possível apresentar o gráfico de pareto (efeitos) e o diagrama ternário.

Tabela 37 - Análise de variância para modelo linear de cor, coordenada  $b^*$  da bebida composta m pó da mistura entre polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado}}$
Regressão	195,39	2	97,69	4,20	9,34
Resíduos	162,63	7	23,23		
Total	358,03	9	39,78		

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

### ***Proteínas Totais***

Através da análise dos resultados apresentados na Tabela 32 pode-se verificar que os valores de proteínas totais na bebida composta em pó da mistura da polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, variaram de 0,34 a 2,0 %, sendo o valor máximo obtido de proteínas totais na formulação com proporção de 50 % de soro lácteo.

A análise de variância descrito na Tabela 38, para o teor de proteínas totais, revelou que não houve ajuste dos dados para o modelo linear, sendo o  $F_{\text{calculado}}$  menor que o  $F_{\text{tabelado}}$ , ao nível de significância de 5 % de probabilidade. Logo, não foi possível apresentar o gráfico de pareto (efeitos) e o diagrama ternário.

Tabela 38 - Análise de variância para modelo linear de proteínas totais do pó da mistura para pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

<b>Fonte de variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>Grau de Liberdade</b>	<b>Média Quadrática</b>	<b><math>F_{\text{calculado}}</math></b>	<b><math>F_{\text{tabelado}}</math></b>
<b>Regressão</b>	0,6333	2	0,3167	0,92	9,34
<b>Resíduos</b>	2,409	7	0,344		
<b>Total</b>	3,042	9	0,338		

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Cruz *et al.* (2009), em bebidas usando soro de leite e suco de acerola, com proporções para soro lácteo de 50, 30 e 70 %, respectivamente, observaram que na formulação onde continha maior quantidade de soro lácteo houve maior teor para proteínas totais.

### **5.5 Definição do ponto para estudo da estabilidade**

Para selecionar uma formulação que atendesse aos requisitos de elevado teor de ácido ascórbico, baixa higroscopicidade, baixa umidade e maior rendimento foram considerados apenas os modelos significativos. Ressalta-se que, após a análise dos efeitos, ANOVA e interpretação dos diagramas, não foi possível identificar um ponto ótimo dentro dos limites utilizados.

Na Tabela 39 apresenta-se a melhor formulação da bebida composta em pó, escolhida para realização do estudo da estabilidade.

Tabela 39 – Melhor formulação da bebida composta escolhida para estudo da estabilidade.

<b>Melhor formulação</b>	
<b>Componentes da mistura</b>	<b>Quantidades (%)</b>
Polpa de Acerola	50
Soro lácteo	25
Maltodextrina	25

Fonte: Elaborada pela autora

As variáveis dependentes solubilidade e coordenadas de cor L\* e b\* não foram significativas para os modelos testados (linear, quadrático, cubico especial, cubico) de acordo com o demonstrado pela análise da variância, logo, estas foram utilizadas como indicadores de tendência.

Neste sentido definiu-se o ensaio 5 (50:25:25 %, polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, respectivamente), como sendo o mais apropriado para o estudo da estabilidade, em razão deste apresentar valor significativamente elevado de rendimento, o que é essencial para o processo de produção de pós, além de baixa higroscopicidade e umidade, o que favorece as condições físicas e químicas do pó durante o armazenamento, bem como um considerável teor de ácido ascórbico, por ser a formulação que apresenta 50 % de polpa de acerola, única fonte deste componente na mistura. As proporções da formulação escolhida atendem aos limites mínimos especificados para bebida composta em pó, que deve conter no mínimo 50 % de produtos de origem vegetal (BRASIL, 2013)

### ***5.5.1 Caracterização do pó no ponto escolhido***

Conhecer as propriedades dos alimentos é fundamental para aprimorar o processamento e sua funcionalidade, além de reduzir os custos dos ingredientes em pó produzidos ou utilizados na indústria alimentícia.

A caracterização do pó obtido com 50 % de polpa de acerola, 25 % de soro lácteo líquido e 25 % de maltodextrina, definida como a melhor formulação de acordo com os resultados do delineamento de misturas está descrito na Tabela 40. Os valores apresentados referem-se as médias e desvios-padrão da triplicata da análise realizada na bebida composta em pó.

Tabela 40 - Características da bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola e soro lácteo na formulação escolhida.

Parâmetros		Média ± desvio padrão
Acidez <sup>1</sup>		1,50 ± 0,00
pH		3,69 ± 0,00
Sólidos Solúveis (°Brix)		96,00 ± 0,00
Umidade (%)		1,66 ± 0,01
Atividade de Água - a <sub>w</sub>		0,14 ± 0,01
Ácido Ascórbico (mg / 100g) <sup>2</sup>		1492, 48 ± 45,08
Açúcares Redutores (%)		43,86 ± 0,36
Açúcares Totais (%)		47,20 ± 0,01
Lipídeos % (m/m)		0,02 ± 0,00
Proteínas % (m/m)		1,40 ± 0,02
Cinzas % (m/m)		1,01 ± 0,02
Cor	L*	61,38 ± 0,01
	a*	-0,58 ± 0,00
	b*	10,96 ± 0,01
Solubilidade (%)		95,94 ± 0,59
Higroscopicidade (g H <sub>2</sub> O / 100g)		8,16 ± 0,39
Grau de <i>Caking</i> (%)		35,73 ± 5,50
Carotenóides (mg/ 100g) <sup>2</sup>		2,07 ± 0,00

<sup>1</sup> Acidez total expressa em ácido cítrico (g / 100 g); <sup>2</sup> valores expressos em base seca.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Os valores de acidez deste estudo foram superiores aos encontrados por Lima *et al.* (2008) de 0,44 a 0,50 em formulações de bebida mista à base de água de coco e suco de acerola, por Cruz *et al.* (2009), ao elaborarem bebida à base de soro lácteo e suco de acerola, que relataram valor máximo de acidez de 0,44 % e Silva *et al.* (2007) com 0,21 % em bebida pasteurizada de soro lácteo com goiaba.

O resultado de acidez definido em ácido cítrico caracteriza o pó estudado como sendo um alimento muito ácido. A acidez, dessa forma, restringe o desenvolvimento de grande parte dos microrganismos (GAVA, 2008). Fato que, à medida em que o processo de secagem avança, ocorre a perda de água do produto, havendo uma concentração dos ácidos presentes nas matéria-prima utilizadas (polpa de acerola e soro).

Valores superiores aos encontrados no presente estudo, para pH, foram relatados por Cruz *et al.* (2009) em formulações de bebidas contendo 50 %, 70 % e 30 % de soro e polpa de acerola, 0,40, 0,44 e 0,36 g/100g de ácido cítrico. Silva *et al.* (2007) encontrou 4,46 para bebida pasteurizada com soro de leite bovino e goiaba, e

Santos *et al.* (2014) obtiveram 3,88 para pH em pó de goiaba obtido em *spray-dryer*. Estes relatos foram superiores aos valores obtidos no presente trabalho, portanto, do ponto de vista tecnológico, uma faixa segura em relação ao desenvolvimento microbiano. Segundo Gava (2008) alimentos com pH inferior a 4 são considerados muito ácidos, características peculiares das frutas cítricas, conservas de azeitonas, sucos de frutas e refrigerantes.

Em relação aos sólidos solúveis (°Brix), o alto valor obtido para o pó (Tabela 40) devem-se a retirada de água durante a secagem e adição de maltodextrina. Valores inferiores foram relatados por Moreira *et al.* (2013), em pó de manga liofilizado (76,30) e Santos *et al.* (2014) em goiaba em pó obtida por *spray-dryer* de 93,00.

A relação entre o teor de sólidos solúveis (°Brix) / acidez do presente trabalho foi de 64,00, sabe-se que quanto maiores os valores para esse parâmetro, maior a tendência de doçura do produto. Faraoni *et al.* (2012) ao desenvolverem suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando delineamento de mistura, encontraram, entre os 10 ensaios valores mínimos de 40,84 e máximos de 61,61. Moreira *et al.* (2013) encontraram, em polpa de manga liofilizada (23,26), inferior ao presente trabalho, enquanto que valor superior foi descrito por Santos *et al.* (2014) em polpa de goiaba obtida em *spray-dryer* (397,5). Estas diferenças podem ser explicadas pela diversificação de frutas citadas.

A umidade dos alimentos em pó obtidos em *spray-dryer* apresenta características diferenciadas, uma vez que dependem das peculiaridades da matéria-prima utilizada. O valor de umidade obtida na mistura em pó de polpa de acerola e soro lácteo foi superior ao encontrado por Catelam (2010), em pó de polpa de maracujá obtida em *spray-dryer* com goma arábica e leite desnatado (1,40 %), mas utilizando maltodextrina o valor de 2,86 % superior ao do presente. Pereira (2008), em secagem em *spray-dryer* da mistura de leite de cabra e polpa de umbu cajá utilizando 10 e 15 % de maltodextrina, obteve valores de umidade superiores a 4 %. Além das características das polpas citadas, acrescenta-se ainda o fato que no presente trabalho, utilizou-se o soro de lácteo líquido, que contém menores teores de extratos secos totais (lipídios, lactose, sais e proteínas), o que altera as características físicas e químicas do produto final.

Um dos principais motivos da deterioração de alimentos é a atividade de água ( $a_w$ ) presente nos mesmos, isto é, a água livre disponível para reações de

deterioração (ORDÓÑEZ, 2005). No pó obtido o valor deste parâmetro foi significativamente baixo (0,14). Valor igual (0,14) foi descrito por Oliveira (2012) em pesquisa com polpa de cajá liofilizada com 17 % de maltodextrina.

Segundo Schuck *et al.* (2008) um valor de atividade de água próximo a 0,2 é preconizado como faixa na qual os lácteos desidratados apresentam melhor conservação. Ressaltando que a formulação em discussão apresenta ainda 75 % de polpa de acerola e 25 % de maltodextrina.

Para ácido ascórbico, obtiveram-se valores de 1492,48 mg / 100 g em base seca (Tabela 40). A presença significativa deste componente foi descrita por Cruz *et al.* (2009), com valores de 1875, 1733,33 e 2200 mg/100 g, em bebidas usando soro de leite e suco de acerola, com proporções para suco de acerola de 50, 30 e 70 %, respectivamente, por Moreira *et al.* (2010), em extrato do bagaço de acerola obtido em *spray-dryer* (3645,53 g / 100 g em base seca).

Os valores obtidos para os parâmetros de açúcares redutores e total no pó, foram de 43,86 e 47,20 %, respectivamente. Estes valores foram superiores aos descritos por Moura (2010), em pó de acerola verde orgânica obtida em *spray-dryer*, que obtiveram valores de 34,72 e 39,26 %, respectivamente para açúcares redutores e total no início do armazenamento realizado por 360 dias. Vale ressaltar que altos teores de açúcares em produtos desidratados deve-se a concentração destes carboidratos nas matérias-primas (polpa de acerola e soro lácteo), além da adição de adjuvantes de secagem como a maltodextrina. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), do ponto de vista tecnológico as melhores matérias-primas são aquelas com maiores teores de açúcares, responsáveis pela doçura e sabor. Estes valores são importantes para as características físicas da bebida composta em pó, no que diz respeito a higroscopicidade.

O teor de lipídeos foi de 0,02 %, inferior aos valores (0,12; 0,14 e 0,13 %) obtidos por Cruz *et al.* (2009) nas formulações com 50, 70 e 30 % de soro lácteo e suco de acerola. A perda deste componente pode ser explicada pelo uso da temperatura inerente ao processo. Soares *et al.* (2011), citam que a pasteurização, processo mais brando que o utilizado aqui, pode causar degradação de gorduras presentes nos alimentos.

Na determinação de proteínas no pó da mistura de polpa de acerola e soro lácteo obteve-se 1,40 % (m/m). Este valor, pode ser considerado significativo logo que na formulação possui 25 % de soro lácteo, fatores como as perdas inerentes ao processo

de secagem em *spray-dryer* e concentração do nutriente pela retirada de água devem ser consideradas para a justificativa do valor de proteínas totais. Para Fernandes *et al.* (2014) a alta temperatura de transição vítrea (Tg) das proteínas fornecem boa estabilidade ao pó seco, logo esta característica influencia as propriedades físicas de higroscopicidade e grau de *caking* na mistura composta em pó.

Relacionando o valor de proteínas desta pesquisa com o soro em pó, observa-se que estes valores são de forma óbvia, muito inferiores. Valores superiores de proteínas determinadas no soro em pó obtido em *spray dryer*, são descritos por Perrone (2010) com 8,5 % (m/m), Valduga *et al.*, (2006) 12,8 % (m/m) e Zavareze *et al.* (2008) 13,7 % (m/m).

Como medida geral de qualidade o teor de cinzas ou resíduo inorgânico presente no pó da mistura de polpa de acerola e soro lácteo foi de 1,01 % (Tabela 40), deve-se aos significativos teores para este parâmetro encontrado na polpa (0,35%) e soro (0,48 %) apresentados na Tabela 9, acrescentado ainda à formulação a maltodextrina, que segundo fornecedor, apresenta apenas limites máximos de 0,40 %, sendo que, nesta pesquisa, este adjuvante não foi caracterizado individualmente. Cruz *et al.* (2009) não encontrou diferença significativa ( $p < 0,05$ ), para cinzas (0,08 %) em bebidas com soro lácteo e suco de acerola (com proporções de 50, 70 e 30 % de soro).

Os parâmetros de cor aqui avaliados (Tabela 40), demonstra que o pó apresentou luminosidade de 61,38, valor este, maior que o observado nas matérias primas utilizadas, isso é devido a adição da maltodextrina; a intensidade do vermelho sendo negativo -0,58, que irá definir o pó com coloração levemente esverdeada, característica transmitida pelo soro lácteo utilizado e a intensidade do amarelo de 10,96, característica da polpa de acerola definida como amarela.

Em relação a solubilidade o valor obtido, 95,94 % foi semelhante ao obtido por Marques *et al.* (2014) com valor de 94,36 %, em extrato de milho verde em pó por *spray-dryer* e por Ribeiro *et al.* (2013) em polpa de acerola em pó em *spray-dryer* (94,88 %), mas superior a obtida por meio da liofilização (93,99 %).

A higroscopicidade é uma das características que devem ser levadas em consideração por estar ligada as propriedades físicas, químicas e microbiológicas. O valor obtido nesta pesquisa de 8,16 g/100 g de sólidos secos, pode ser classificado de acordo cm os parâmetros GEA Niro Research Laboratory (2006) como pós não higroscópicos (valores de higroscopicidade menores que 10 %). Valores semelhantes

foram descritos por Oliveira, Costa e Afonso (2014), em polpa de cajá liofilizada (8,51 %), utilizando 17 % de maltodextrina. Em contrapartida, Ribeiro *et al.* (2013) descreveram valores significativamente inferiores, 5,18 e 5,96 g/100g de sólidos secos, respectivamente para polpa de acerola obtida em *spray-dryer* e liofilizada. Vale ressaltar que estes autores utilizaram no processo de aspersão temperaturas de 154 °C e 17,13 % de maltodextrina e para a liofilização 19,1 % deste agente.

Para o grau de *caking*, os valores desejados para alimentos em pó, de acordo com Jaya e Das (2004), variam de 5,0 a 34,0 %. Logo o encontrado nesta pesquisa (35,73 %) está um pouco acima destes padrões. Ainda segundo Goula e Adamopoulos (2010) valores elevados para este parâmetro em alimentos em pó são devidos à presença de açúcares, constituintes presentes em quantidades significativas no pó avaliado neste trabalho. Aguilera, Valle e Karel (1995), citam que o *caking* pode ocorrer como resultado de uma recristalização, após a fusão com gorduras ou depois de solubilização em superfícies cristalinas; superfície molhada seguida pelo equilíbrio de umidade ou resfriamento, pode ocorrer ainda pela atração eletrostática entre as diferentes partículas que compõe o alimento em análise.

Os resultados obtidos na quantificação dos carotenóides do pó obtido em *spray-dryer* da mistura de polpa de acerola e soro lácteo foi de 2,07 mg/ 100g em base seca. Este valor é semelhante ao descrito por Araujo (2013), em polpa de acerola liofilizada (2,03 mg/ 100g b.s) e Zubiolo *et al.* (2012), em bebida láctea funcional com adição de polpa de mamão e aveia, 1,58 mg/100 g (bebida láctea com soro líquido), 2,69 mg/100 g (bebida láctea elaborada com soro em pó). Para esta pesquisa é importante a presença de compostos carotenoides, pelo fato de ser uma mistura complexa e com componentes de origens diferentes (vegetal e animal), além do emprego da técnica de secagem por *spray dryer*.

## 6 RESULTADOS DA ESTABILIDADE DA BEBIDA COMPOSTA EM PÓ

A amostra do pó obtido na formulação escolhida foi selado a vácuo, em embalagem laminada e armazenada em temperatura ambiente, sendo analisados a cada quinze dias, durante o período de 75 dias de armazenamento. As amostras permaneceram na forma de pó até o período final do armazenamento, permitindo a realização das análises que constituíram o estudo da estabilidade do pó. A seguir estão apresentados os resultados (médias e desvio-padrão) das análises físico-químicas do pó durante o período de armazenamento.

### 6.1 Higroscopicidade

Estão apresentados na Tabela 41 os valores médios para higroscopicidade em função do tempo de armazenagem.

Os valores obtidos nesta pesquisa para a higroscopicidade apresentaram-se superiores aos encontrados por Jaya e Das (2004), que obtiveram valores entre 5,13 e 9,38 % para manga em pó, mas inferiores aos valores de 18,77 a 29,51 g/100g encontrados por Ferrari, Ribeiro e Aguirre (2012) na secagem em *spray-dryer* de amora-preta.

Tabela 41 - Higroscopicidade do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Tempo de armazenamento (dias)	Médios $\pm$ desvio padrão
0	8,25 $\pm$ 0,39
15	8,83 $\pm$ 0,57
30	8,63 $\pm$ 0,90
45	9,01 $\pm$ 0,53
60	9,54 $\pm$ 0,83
75	9,20 $\pm$ 0,93

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

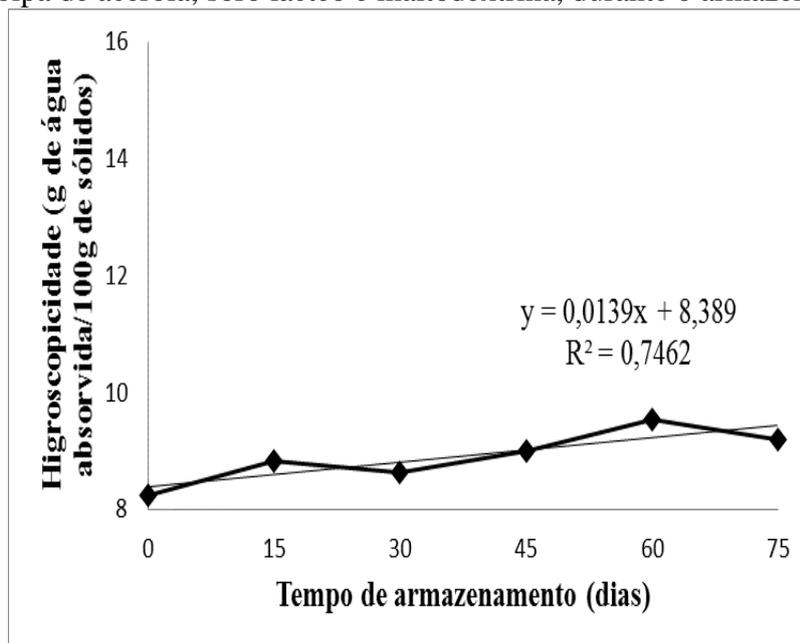
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Os valores de higroscopicidade do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina não apresentaram diferença estatística ( $p < 0,05$ ) pelo teste de

Tukey em função dos dias de armazenamento, desta forma, assumiu-se que a higroscopicidade não sofreu influência durante o período de armazenamento observado.

Observa-se no Gráfico 6 a tendência de estabilização evidenciada na Tabela 41 pelo teste de Tukey.

Gráfico 6 – Comportamento da higroscopicidade da bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Araujo (2013), constatou aumento deste parâmetro em “blend” da mistura da polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina, obtidos por liofilização, em embalagens transparentes de polietileno e armazenadas em temperatura ambiente durante 20 dias, sendo o mesmo observado por Oliveira (2012), em pó da polpa de cajá liofilizada e armazenada durante 120 dias.

Fernandes *et al*, (2014) explicaram que a adição de albumina na secagem a 60 e 80 °C de espuma de polpa de tomate em pó, em secador de bandeja, reduziu a influência dos açúcares e ácidos orgânicos, os quais são altamente hidrofílicos e contribuem para a higroscopicidade. Nesta pesquisa, a presença da maltodextrina no pó produzido pode ter sido fator determinante na estabilização da higroscopicidade.

## 6.2 Umidade

Através da Tabela 42 verificou-se que houve variação a partir do 15º dia, mas que numericamente este aumento é insignificante. Portanto, pode-se dizer que a umidade permaneceu estabilizada do início ao final da armazenagem. O aumento da umidade foi de 7,83% do início ao final do armazenamento.

Carneiro (2011) observou que não houve variação de umidade no estudo estabilidade do pó de açaí orgânico acondicionado em embalagem laminada ao longo dos 270 dias de armazenamento, apresentando valor médio de 5,17 %, superior aos descritos nesta pesquisa.

Tabela 42 - Umidade do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Tempo de armazenamento (dias)	Médio ± desvio padrão
0	1,66 <sup>a</sup> ±0,01
15	1,78 <sup>b</sup> ±0,06
30	1,77 <sup>b</sup> ±0,02
45	1,77 <sup>b</sup> ±0,00
60	1,84 <sup>b</sup> ±0,01
75	1,79 <sup>b</sup> ±0,04

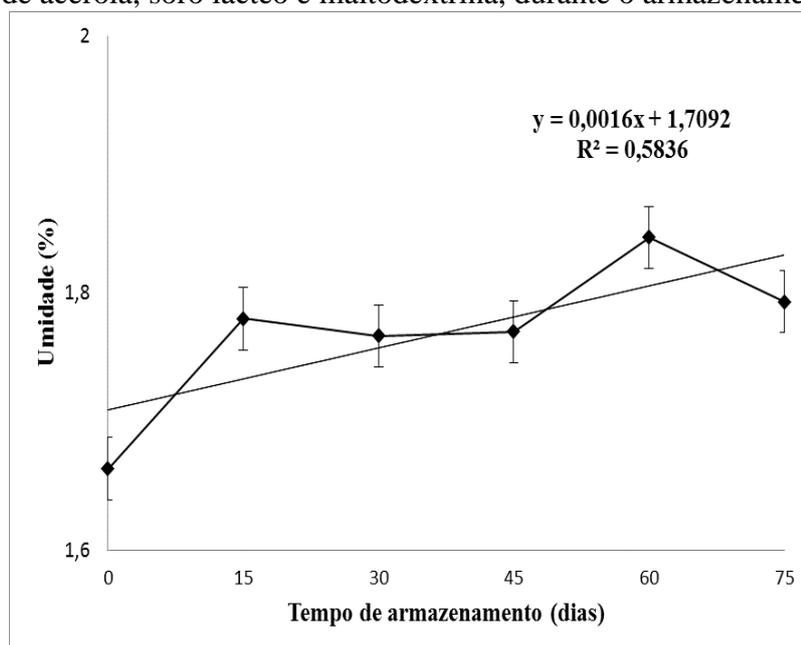
Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Endo *et al.* (2007) armazenaram suco de maracujá desidratado em secador por aspersão (*spray dryer*) em embalagens laminadas entre 30 e 40 °C e umidade relativa de 84 % e observaram que também ocorreu aumento do teor de umidade ao longo de 120 dias de armazenamento, com valores mínimos de 1,16 e máximo de 5,65 %. Alexandre *et al.* (2014) também constataram aumento de 20,11 a 23,21 % durante o período de armazenamento de pitanga em pó, armazenados à temperatura ambiente (25 °C), umidade relativa média de 75 % e exposto à luz do ambiente do laboratório por um período de 60 dias.

Observou-se no Gráfico 7, valores estabilizados após o 15º dia de armazenamento da bebida composta em pó. Foi explicitado também que a variação dos dados resultou em um coeficiente de determinação relativamente baixo, o que denotou um afastamento dos dados de uma reta linear.

Gráfico 7 – Comportamento da umidade na bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O aumento de umidade ao longo do armazenamento foi observado por outros autores Jaya e Das (2005), Lisboa, Figueredo e Queiroz (2012) e Oliveira (2012), isso se deve as características específicas de cada pó obtido, as condições de armazenamento e embalagem utilizadas. No presente trabalho, utilizou-se embalagem de polietileno laminada. Embora a permeabilidade da mesma seja baixa e recomendada pela literatura para uso em alimentos desidratados, a soldagem foi difícil e pode comprometido o fechamento hermético da embalagem, permitindo alguma absorção de água durante o armazenamento do pó estudado.

### 6.3 Ácido Ascórbico

Os valores médios do parâmetro ácido ascórbico nos dias de armazenamento do pó estão descritos na Tabela 43. O valor de ácido ascórbico apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey, em função dos dias de armazenagem. Através da Tabela 43, verificou-se que o teor inicial médio de ácido ascórbico no pó foi de 1492, 49 mg/100g de pó em base seca, a partir do 15º dia, havendo posterior redução, entretanto, do 15º dia até os 45 dias de armazenamento os valores não diferiram entre si. A partir do 45º dia observou-se redução continua diferenciando-os dos demais períodos observados.

Tabela 43 – Ácido ascórbico do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Tempo de armazenamento (dias)	Média ± desvio padrão
0	1492,49 <sup>a</sup> ±57,11
15	1404,78 <sup>b</sup> ±22,09
30	1340,77 <sup>b</sup> ±22,31
45	1339,05 <sup>b</sup> ±22,11
60	1158,76 <sup>c</sup> ±20,19
75	1146,13 <sup>c</sup> ±22,69

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

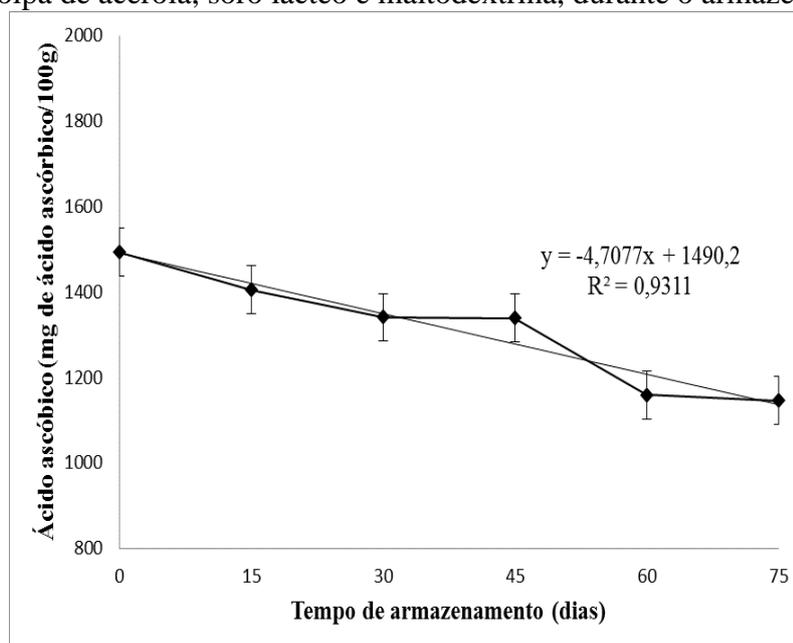
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Observando valores referentes a perda verificou-se que a perda de ácido ascórbico do início ao término do armazenamento foi de 23,21 %. Tanaka (2007) observou perdas de 22,52 e 5,61 %, respectivamente para suco de acerola verde encapsulada e liofilizada sem adjuvante de secagem, durante 90 dias de armazenamento, enquanto Pereira (2008), com pó da mistura de cajá e leite de cabra, verificou redução de 35,80 %, utilizando o mesmo tipo de embalagem em 120 dias de armazenamento.

Diante dos valores de ácido ascórbico (Tabela 42) e sabendo que para adultos a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de vitamina C é de 45 mg (BRASIL, 2005), pode-se observar que apesar da grande perda de vitamina C após 75 dias de armazenamento uma porção de 5 gramas da bebida composta em pó estaria fornecendo o valor da IDR estabelecida, caracterizando este produto como boa fonte dessa vitamina.

No Gráfico 8 foi evidenciada a diminuição dos teores de ácido ascórbico da bebida composta em pó durante o período de armazenamento estudado. Observou-se, também um declínio mais acentuado após os 45 dias de armazenamento.

Gráfico 8 – Comportamento do ácido ascórbico da bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

As perdas de ácido ascórbico podem ser explicadas pelo fato que, é um constituinte instável e sensível às variações do pH, temperatura, teor de umidade, oxigênio e luz (MARQUES, FERREIRA e FREIRE, 2007), assim, este parâmetro pode ser usado como um índice de qualidade de nutrientes durante o processamento e armazenamento de alimentos. A possibilidade de existência de ar dentro da embalagem, favorecida pela dificuldade de selagem pode ter auxiliado também para a perda.

#### 6.4 Proteínas Totais

Na Tabela 44 apresenta-se a análise de Tukey a 5 % de probabilidade para o período de armazenamento do pó obtido em *spray-dryer* da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Os valores de proteínas observados no tempo 0 e 15º dia e 30º ao 60º dia de armazenagem apresentaram-se estatisticamente iguais ( $p < 0,05$ ). Após os 60 dias houve redução.

Tabela 44 - Proteínas do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina.

Tempo de armazenamento (dias)	Média $\pm$ desvio padrão
0	1,40 <sup>a</sup> $\pm$ 0,02
15	1,07 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,11
30	1,01 <sup>b</sup> $\pm$ 0,03
45	1,02 <sup>b</sup> $\pm$ 0,07
60	0,85 <sup>b</sup> $\pm$ 0,01
75	0,49 <sup>c</sup> $\pm$ 0,27

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

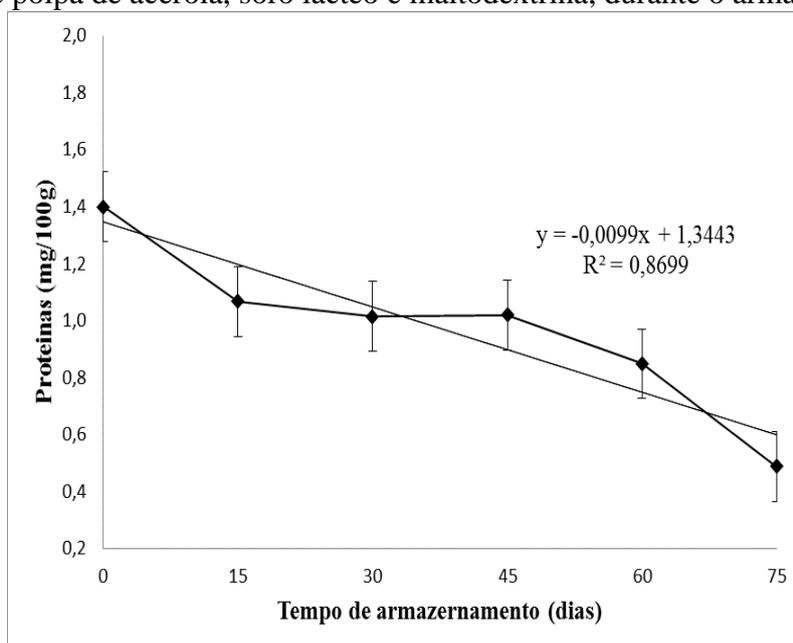
Cruz *et al.* (2009), ao avaliarem bebidas líquidas contendo suco de acerola com 50, 70 e 30 % de soro, obtiveram valores de proteínas de 11,5, 17,33 e 6,8 g/100g em base seca, respectivamente. Segundo Demodaran, Parkin e Fennema (2010) a maioria das proteínas apresentam desnaturação térmica, de forma irreversível, em temperaturas de 90 a 100 °C por longo tempo. Sabe-se que a secagem em *spray-dryer*, mesmo fazendo uso de temperaturas elevadas, a permanência do produto não ultrapassa 1 a 2 segundos, ou seja, um curto tempo.

As proteínas do soro lácteo, quando não desnaturadas pela exposição a temperaturas, pH e umidade, facilitam a aplicação deste produto em formulações de alimentos do tipo ácido (DEMODARAN; PARKIN e FENNEMA, 2010).

Através do Gráfico 9 evidencia-se o descrito pela Tabela 41, uma diminuição das proteínas totais na bebida composta em pó durante o período de armazenamento, no período observado.

A redução das proteínas pode ter ocorrido em função de reação da Maillard, que envolve reação de um aldeído (açúcar redutor) e grupos aminas de aminoácidos (DEMODARAN, PARKIN E FENNEMA, 2010).

Gráfico 9 – Comportamento do teor de proteínas totais na bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

### 6.5 Acidez Total Titulável

Os valores médios de acidez total titulável estão representados na Tabela 45. Não foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o valor inicial com os valores dos tempos 45, 60 e 75° dia de armazenagem. Bem como para os valores do tempo 0 ao 45° dia.

Esta estabilização da acidez total titulável foi observada por Lima *et al*, (2008) em bebida mista de água de coco e suco de acerola durante 180 dias de armazenamento e Rocha (2013) em pó de manga obtido em *spray-dryer*, isso indica que os ácidos orgânicos presentes não sofreram oxidações com o decorrer do tempo de armazenamento. Krey e Sousa (2009) ao avaliarem a qualidade microbiológica e físico-química do leite em pó integral produzido numa indústria da região do vale do Taquari-RS, identificaram aumento significativo da acidez após três meses de armazenamento.

Tabela 45 – Acidez total titulável do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina

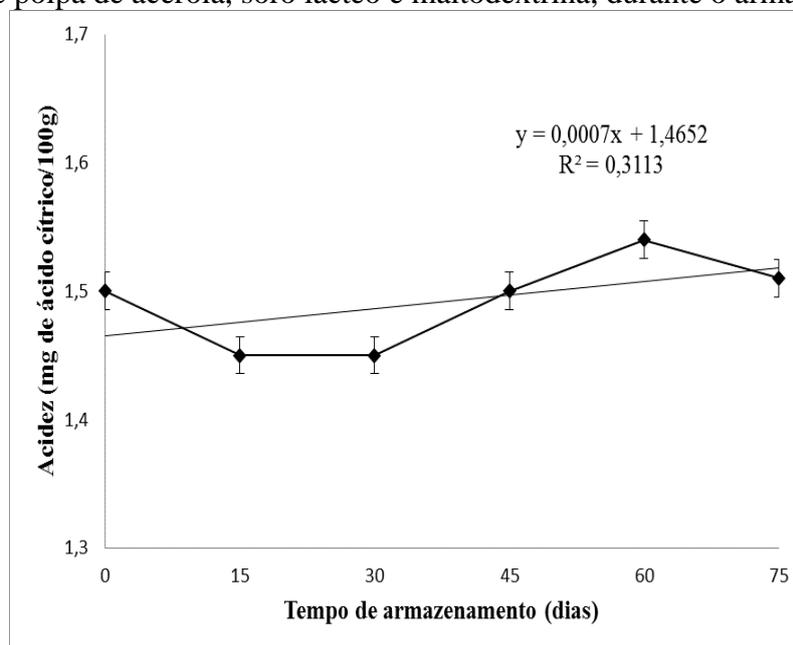
Tempo de armazenamento (dias)	Média ± desvio padrão
0	1,50 <sup>ab</sup> ±0,00
15	1,45 <sup>b</sup> ±0,01
30	1,45 <sup>b</sup> ±0,01
45	1,50 <sup>ab</sup> ±0,03
60	1,54 <sup>a</sup> ±0,03
75	1,51 <sup>a</sup> ±0,02

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

No Gráfico 10 estará apresentado o comportamento da acidez total titulável da bebida composta em pó durante 75 dias de armazenamento, observou-se que os valores oscilaram durante o período observado, logo, apresentou um baixo coeficiente de determinação.

Gráfico 10 – Comportamento da acidez total titulável na bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

## 6.6 Sólidos solúveis (°Brix)

Os valores médios de sólidos solúveis estão representados na Tabela 46. Os valores para este parâmetro não apresentaram diferença significativa entre o período inicial e final do armazenamento ( $p < 0,05$ ), mostrando-se estáveis durante o período observado.

Tabela 46 - Sólidos solúveis (°Brix) do pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina

Tempo de armazenamento (dias)	Médios $\pm$ desvio padrão
0	96,00 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,00
15	95,67 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,58
30	94,67 <sup>b</sup> $\pm$ 0,58
45	97,33 <sup>a</sup> $\pm$ 0,28
60	94,67 <sup>b</sup> $\pm$ 0,58
75	95,67 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,58

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

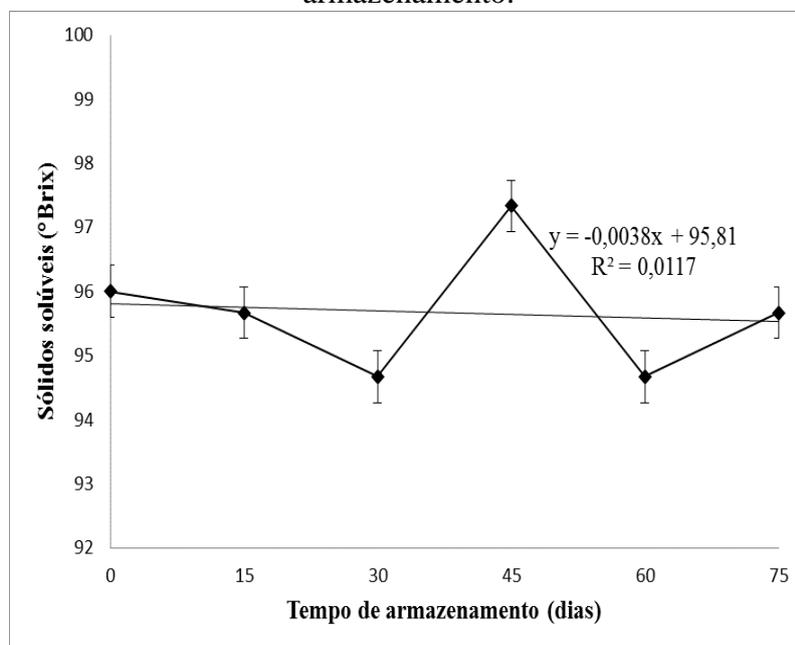
Costa *et al.* (2009) constataram teores de sólidos solúveis em polpas de caju e goiaba desidratadas em estufa a vácuo a 60 e 65 °C, durante 16 h, de 40,38 e 12,97 °Brix, respectivamente. Já Moura (2010), estudando a estabilidade de pó de acerola verde orgânica, verificou uma diminuição no conteúdo de sólidos solúveis, durante o armazenamento por 360 dias a 20 °C, cujo valores variaram de 100,35 a 97,89 °Brix.

O teor de sólidos solúveis totais é um importante fator de qualidade quanto ao sabor dos produtos, segundo Chitarra e Chitarra (2005), ele é usado como medida indireta do teor de açúcares, pois à medida que os teores de açúcares vão se acumulando na fruta, os teores sólidos solúveis totais aumentam. Durante o armazenamento dos pós, pode ocorrer diminuição dos açúcares presentes, possivelmente, por reações de escurecimento não-enzimático e aumento da umidade. Conseqüentemente a redução de sólidos ocorrerá, fato não constatado no presente trabalho.

No Gráfico 11 pode ser observado a oscilação dos dados durante o período de armazenamento, este comportamento pode ser devido a estabilização demonstrada pela umidade. Neste parâmetro, bem como para coordenadas de cor L\*, a\* e b\* não

houve praticamente nenhum aumento dos valores durante o período de armazenamento monitorado.

Gráfico 11 – Comportamento do teor de sólidos solúveis totais na bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

### 6.7 Coordenadas de cor $L^*$ $a^*$ $b^*$

Os atributos de cor avaliados durante o período de armazenamento estão representados na Tabela 47.

Os valores de Luminosidade ( $L^*$ ) não apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) com tempo de armazenamento. Os altos valores encontrados para  $L^*$  pode estar relacionados a adição do agente de secagem, maltodextrina, em função da cor branca deste carreador ou ainda com a ocorrência de reações químicas, resultando na degradação de pigmentos como os carotenóides e vitaminas, vindos da polpa e soro, respectivamente, responsáveis pela característica de cor no pó.

Os pigmentos carotenoides e vitaminas são sensíveis a temperatura de armazenamento e de obtenção, acidez do meio, bem como presença de oxigênio, além da possível alteração com outros componentes do meio, como ácido ascórbico, íons metálicos e açúcares. Enfim, o aumento de  $L^*$  pode ter ocorrido devido a qualquer

mecanismo que leve a formação de compostos menos coloridos. No entanto, ressalta-se que este aumento foi muito pequeno.

Tabela 47 - Coordenadas de cor L\* a\* b\* da bebida composta em pó de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina

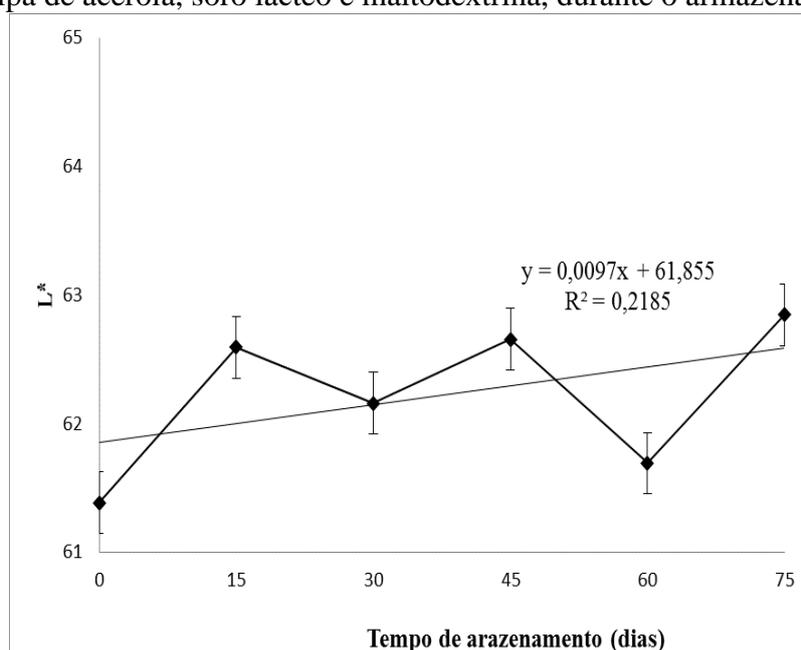
Tempo de armazenamento (dias)	Médios $\pm$ desvio padrão		
	L*	a*	b*
0	61,38 $\pm$ 0,02	-0,58 $\pm$ 0,01	10,96 $\pm$ 0,01
15	62,59 $\pm$ 0,01	-0,77 $\pm$ 0,01	11,24 $\pm$ 0,01
30	62,16 $\pm$ 0,01	-0,63 $\pm$ 0,01	11,47 $\pm$ 0,00
45	62,65 $\pm$ 0,01	-0,76 $\pm$ 0,00	11,28 $\pm$ 0,01
60	61,69 $\pm$ 0,01	-0,65 $\pm$ 0,01	11,17 $\pm$ 0,01
75	62,84 $\pm$ 0,01	-0,90 $\pm$ 0,01	11,26 $\pm$ 0,01

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Em estudo da estabilidade durante 360 dias do maracujá orgânico desidratado em *spray-dryer*, Costa (2012), também observou aumento do L\*, observando ao final de 360 dia de armazenagem valor de L\* de 56,85. Comportamento semelhante foi também obtido por Kha, Ngyen e Roach (2010) onde destacaram que os pós obtidos com maiores concentrações de maltodextrina exibiram altos valores de luminosidade em função da cor branca característica deste adjuvante.

No Gráfico 12 está apresentado o comportamento da coordenada de cor L\*, nele é evidenciado uma oscilação clara entre as médias, mesmo não sendo observado diferença significativa.

Gráfico 12 – Comportamento da coordenada L\* da bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

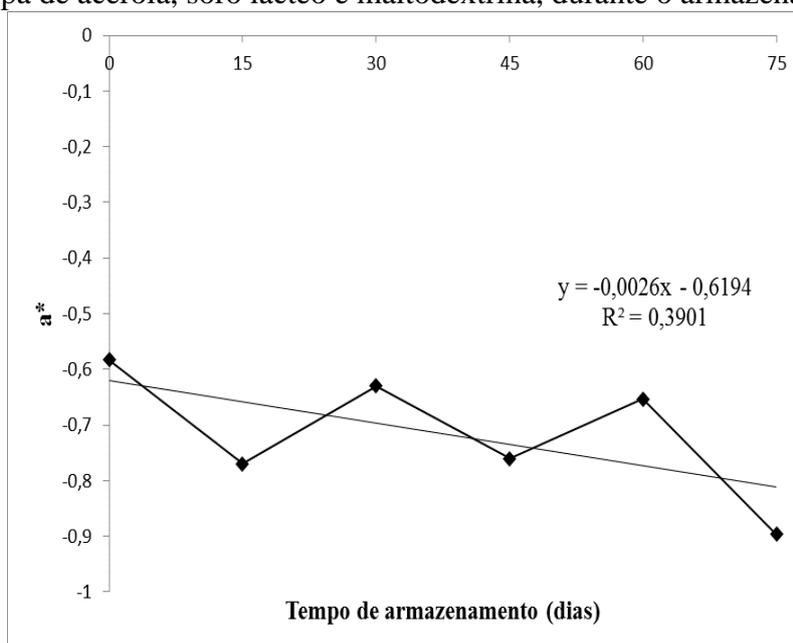
De acordo com a Tabela 47 observou-se que os valores de  $a^*$  não diferenciaram-se estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ). Os valores de  $a^*$  (intensidade do vermelho) apresentaram-se sempre negativos, característicos de cor mais próximos a coloração esverdeado. Um decréscimo de mais de 55 % observado implicam em tendência de diminuição da intensidade do vermelho do pó em estudo.

Costa (2012), em estudo com maracujá em pó, mesmo não observando aumento desta coordenada, verificou valores negativos, como no presente trabalho. Aumento nos valores de  $a^*$  foram observados por Moura (2010), em estudo da estabilidade do pó de acerola verde orgânica, armazenados por 360 dias sob temperatura ambiente, que variaram de 2,02 para 2,94 durante o período de armazenamento.

Lisboa, Figueredo e Queros (2012) citam que o aumento da intensidade de vermelho, associado à redução da luminosidade, está relacionado a processos de escurecimento da amostra, ocorrendo o inverso neste trabalho. Segundo Fellows (2006), a taxa de escurecimento em produtos de frutas armazenados depende da atividade de água do alimento e da temperatura de estocagem, este processo aumenta consideravelmente quando o teor de água do produto é maior que 4 a 5 % em base úmida e sob temperaturas de estocagem acima de 38 °C.

Através do Gráfico 13 verificou-se uma diminuição dos valores observados durante o período de armazenamento.

Gráfico 13 – Comportamento da coordenada a\* da bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

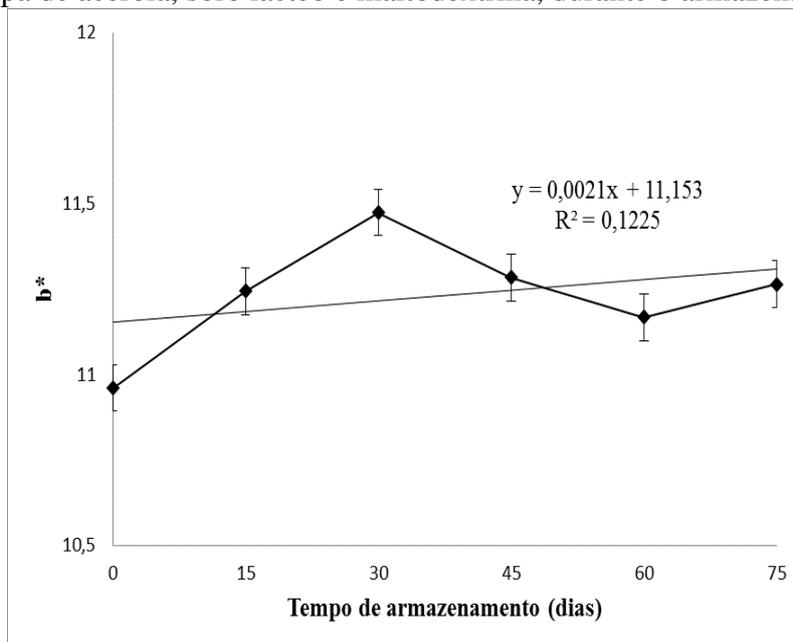
Estão representados na Tabela 46 os valores obtidos para a coordenada b\*, não sendo observado diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre os períodos de armazenamento.

Moura (2010), em pó de acerola orgânica por um período de 360 dias, observou valores médios em torno de 22,47, não sendo observado diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Cruz *et al.* (2009) observaram que ao diminuírem a quantidade de suco de acerola nas formulações de bebidas líquidas, contendo soro lácteo, o valor de b\* diminuía consequentemente, estando este fato relacionado com a presença de carotenoides provenientes da fruta e que influenciam no produto final.

Costa (2012) observou alterações nos valores de b\* durante o armazenamento do pó de maracujá obtido em *spray-dryer* e armazenado por 360 dias a temperatura ambiente. Este autor explica que as alterações podem ter ocorrido pela presença da maltodextrina, durante o armazenamento.

No Gráfico 14 está revelado pequena oscilação entre os valores de b\* durante o armazenamento, indicando a intensificação do amarelo na amostra.

Gráfico 14 – Comportamento da coordenada b\* da bebida composta em pó da mistura de polpa de acerola, soro lácteo e maltodextrina, durante o armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Desobry, Netto e Labuza (1997) relatam que a investigação da cor em produtos alimentícios é muito expressiva por ser um atributo sensorial de muita importância para a aceitabilidade do produto pelo consumidor, e que muitas vezes está relacionada com a degradação de constituintes com valor nutricional o que podem promover o sabor desagradável ao produto.

## 7 CONCLUSÃO

A polpa de acerola in natura apresentou características físico e físico-químicas dentro do especificados pela legislação para polpas de frutas. Exceto para sólidos solúveis, açúcares redutores e totais. O soro utilizado foi classificado como soro doce e também apresentou características físico-químicas de acordo com o exigido pela legislação.

Através do planejamento experimental, nas faixas utilizadas na pesquisa, foi possível verificar que apresentaram influência sobre as variáveis dependentes e através disto possibilitou a escolha da melhor condição a ser utilizada no *Spray-dryer* (175 °C e 3,7 m<sup>3</sup> / min) observando os efeitos sobre as variáveis dependentes.

Nos pós obtidos através do delineamento de misturas (Simplex Centroide), foi possível observar que os ensaios com maiores proporções de soro e polpa a higroscopicidade e umidade se elevam. Nesta situação a maltodextrina reduz a umidade e higroscopicidade e aumenta o rendimento. A polpa e o soro contribuem para maiores valores de ácido ascórbico e proteínas, respectivamente. Nestas condições a melhor formulação apresentou-se com composição nutricional adequadas, com teores apropriados de ácido ascórbico, proteínas, além de conservar boas características físicas após o período de 75 dias de armazenamento, com alterações da umidade, diminuição do ácido ascórbico, proteínas totais e da coordenada a\*. A acidez titulável, sólidos solúveis, higroscopicidade e coordenada L\* e b\* não apresentaram alterações perceptíveis na qualidade do produto. Estas observações viabilizam a incorporação em massas de bolos, biscoitos e bebidas, além de outras classes de alimentos.

O pó da mistura da polpa de acerola e soro lácteo contendo maltodextrina oferece grande potencial de utilização por se apresentar como um produto de boa qualidade, tanto em relação as suas características físico-químicas quanto de higroscopicidade, além de ser um produto na forma de pó, o que reduz desperdícios do soro e da polpa e gastos com transporte e armazenamento do produto final.

## **8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Recomenda-se aprofundar os estudos iniciados por esta pesquisa, como caracterização morfológica e de isotermas, aplicabilidade em produtos, bem como estudos sensoriais e intenção de compra, bem como estudos com reconstituição do produto

A realização de outros planejamentos, com novas faixas de temperaturas e vazão de ar, bem como concentrações diferenciadas dos componentes (polpa de acerola, soro e maltodextrina).

**REFERÊNCIAS**

ABREU, D. A.; SILVA, L. M. R.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de bebidas mistas à base de manga, maracujá e caju adicionadas de prebióticos. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 197-203, abr./jun. 2011.

ADECE. Agencia de Desenvolvimento do Ceará. **Perfil da produção de frutas Brasil e Ceará 2013**. Disponível em: <http://www.adece.ce.gov.br>. Acesso em: 20 de outubro de 2014.

AGUILERA, J. M; VALLE, J. M. DEL.; KAREL, M. *Caking* phenomena in amorphous food powders. **Trends in Food Scienc. e Technol.**, Vol. 6, p. 149-155, May. 1995.

ALDRIGUE, M. L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; LIMA, A. W. O.; SOUSA, C. P. **Aspecto da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: Ed. UFPB, 2002.

ALESSI, M. C. M. **Avaliação da hidrólise alcalina da gordura sobre a biodegradação anaeróbica de soro de queijo**. 2005. 83p. 69f. Dissertação (Mestrado). Universidade federal de Uberlândia, Programa de Pós Graduação em engenharia Química, Uberlândia, 2005.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. O. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunic. Scient.** V. 5, nº 1: p. 83-91, 2014.

ALMEIDA, C A de.; GOUVEIA, J. P. G de.; ALMEIDA, F. A. C., SILVA, F. L. H da. Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola. **Rev. de Biol. e Ciênc. da Terra**, v. 6, n. 1, p. 146-151, 2006.

ALMEIDA, K. E; BONASSI, I. A; ROÇA, R de O. Características físicas e químicas de bebidas lácteas fermentadas e preparadas com soro de queijo minas frescal. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 21, n. 2, p.187-192, maio-ago. 2001.

ALVES, F. M. S.; MACHADO, A. V.; QUEIROGA, K. H. Alimentos produzidos a partir de farinhas de caju, obtida por secagem. **Rev. Verde de Agroec. e Desenv. Sustent.**, Mossoró-RN, v.6, n.3, p.131-138, 2011.

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

ANGEL, R. C. M.; ESPINOSA-MUÑOZ, L. C.; AVILES-AVILES, C.; GONZÁLEZ-GARCÍA, R.; MOSCOSA-SANTILLÁN, M.; GRAJALES-LAGUNES, A.; ABUD-ARCHILA, M. Spray-drying of passion fruit juice using lactose-maltodextrin blends as the support material. **Braz. Arch. Biol. Technol.** vol.52, n. 4: p. 1011-1018, July-August, 2009.

ANTUNES, A. E. C.; CAZETTO, T. F.; BOLINI, H. M. A. Iogurtes desnatados probióticos adicionados de concentrado protéico do soro de leite: perfil de textura, sinérese e análise sensorial. **Aliment. e Nutr.**, v. 15, n. 2, p.107-114, 2004.

ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino**. São Paulo: Manole, 2003. 135p.

ANUÁRIO- **Anuário Brasileiro da fruticultura**. Organizado por Romar Rudolfo Beling. [et al.].- Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2013.

AQUINO, A. C. M. S.; CARNELOSSI, M. A. G.; CASTRO, A. A. Estabilidade do Ácido ascórbico e dos pigmentos da polpa de acerola congelada por métodos convencional e criogênico. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 147-156, 2011.

ARAÚJO, S. R. F. **Elaboração de misturas em pó das polpas de mamão e acerola**. 2013. 94f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, departamento de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2013.

ARGADOÑA, E. J. S. **Goiabas desidratadas osmoticamente e secas: Avaliação de um sistema osmótico semi contínuo, da secagem e da qualidade**. 2005. 172 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

AZEREDO, H. M. C de. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 89-97, jan./mar. 2005.

BACH, F. **Avaliação das condições de produção de fermentado acético de soro de leite**. 2012. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo – PR, 2012.

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutos obtido por spray drying**. 2010. 107f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros-Unimontes, 2010.

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

BORBA, K. K. S. Desenvolvimento e caracterização de ricota cremosa elaborada com soro de queijo coalho e caprino e bovino. 2013. 91p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal da Paraíba – João Pessoa, 2013.

BOSI, M. G.; BERNABÉ, B. M.; DELLA LUCIA, S. M.; ROBERTO, C. D. Bebida com adição de soro de leite e fibra alimentar prebiótica. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.48, n.3, p.339-341, mar. 2013.

BRADFORD, M. **Analytical Biochemistry**. v. 72, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 28, 12/6/07. Regulamento Técnico para fixação de Identidade e Qualidade de Composto Lácteo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 17, de 19 de junho de 2013. Padrões de Identidade e Qualidade para refresco, refrigerante, bebida composta, chá pronto para consumo e soda. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Presidência da República. Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2009.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005, que dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 53, 10/4/13. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 01, de 7 De Janeiro de 2000**. Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. 2000.

CALDEIRA, L. A.; FERRÃO, S. P. B.; FERNANDES, S. A. A.; MAGNAVITA, A. P. A.; SANTOS, T. D. R. Desenvolvimento de bebida láctea sabor morango utilizando diferentes níveis de iogurte e soro lácteo obtidos com leite de búfala. **Cienc. Rural** [online]., vol.40, n.10, Out, p. 2193-2198, 2010.

CANO-CHAUCA, M. P. C. *et al.* Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovat. Food Scienc. and Emerg. Technol.**, v. 6, p. 420 – 428, 2005.

CARNEIRO, A. P. G. **Estudo da estabilidade do pó de açaí orgânico**. 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

CASSANEGO, D. B.; GUSSO, A. P.; MATTANNA, P.; SILVA, S. V.; PELLEGRINI, L. G. Características físico-químicas e sensoriais de bebida láctea de leite de cabra. In: XV Simpósio Paranaense de Ovinocultura, III Simpósio Paranaense de Caprinocultura, III Simpósio Sul Brasileiro de Ovinos e Caprinos, 2012, Pato Branco, PR. Anais do XV Simpósio Paranaense de Ovinocultura, III Simpósio Paranaense de Caprinocultura, III Simpósio Sul Brasileiro de Ovinos e Caprinos. **Anais**. Pato Branco, PR, 2012.

CATELAM, K. T. **Estudo da influência da proporção de um “mix” leite/polpa de maracujá na produção de pó obtido por três diferentes métodos de secagem**. 2010. 119 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas São José do Rio Preto: [s.n.], 2010.

CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos.; RESENDE, G. M. de.; BRITO, L. T. de L. Alternativa para conservação da polpa do fruto do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda). In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 41., 2003, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SOBER; Embrapa Gado de Leite; CES/JF; UFJF; UFLA; UFSJ; UFV, 2003. 1 CD-ROM.

CEBALLOS, A. M.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. **J. of Food Engineer.** v. 111 p. 360–365, 2012.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.

CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças.** Embrapa Hortaliças. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

COSTA, J. M. C.; FELIPE, E. M. F.; MAIA, G. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; BRASIL, I. M. Production and characterization of the cashew apple (*anacardium occidentale*) and guava (*psidium guajava*) fruit powders. **J. Food. Process. Preserv.** V. 33, p.299-312. 2009.

CRUZ, A. G.; SANT'ANA, A. S.; MACCHIONE, M. M.; TEIXEIRA, A. M.; SCHMIDT, F. L. Milk drink using whey butter cheese (queijo manteiga) and acerola juice as a potential source of vitamin c. **Food Bioproc. Technol.**, v. 2, p. 368-373, 2009.

CUNHA, T. M.; CASTRO, F. P.; BARRETO, P. L. M. BENEDET, H. D.; PRUDÊNCIO, E. S. Avaliação físico-química, microbiológica e reológica de bebida láctea e leite fermentado adicionados de probióticos. **Semina: Ciênc. Agrár.**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 103-116, 2008.

CUNHA, T. M.; ILHA, E. C.; AMBONI, R. D. M. C.; BARRETO, P. L. M.; CASTRO, F. P. A influência do uso de soro de queijo e bactérias probióticas nas propriedades de bebidas lácteas fermentadas. **Braz. J. of Food Technol.**, v.12 , n.1, p.23-33, 2009.

DA SILVA, E. V. C.; LIMA, L. D. S.; FARIAS, F. C.; MATTIETO, R. A. **Avaliação físico-química de bebida pasteurizada com soro de leite bovino e sabor de fruta tropical.** Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60300/1/1722.pdf>. Acesso em 25 de nov. 2014.

DANTAS, S. C. M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat.** 2010. 100f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Engenharia de Processos. Natal – RN, 2010.

DERMIKI, M.; NTZIMANI, A., BADEKA, A., SAVVAIDIS, I. N., KONTOMINAS, M. G. Shef-life extension and quality attributes of the whey cheese “Myzithra Kalathaki” using modified atmosphere packaging. **Food Scienc. and Technol.**, v. 41, p. 284-294, 2008.

DESOBRY, S. A.; NETTO, F. M.; LABUZA, T. P. Comparison of spray drying, drum drying e freeze drying para  $\beta$ -carotene encapsulation and preservation. **J. of Food Scien.**, Chicago, v. 62, n. 6, p. 1158-1162, 1997.

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

EMBRAPA/CNPFT. **Fruticultura**: Fundamentos e Prática. Pelotas, 2013. 156p. (CNPFT, Circular Técnica, 10).

ENDO, É., BORGES, S. V., DAIUTO, É. R., CEREDA, M. P., AMORIM, E. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edullis f. flavicarpa*) desidratado. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 2, Jun, 2007.

FAO. **Food outlook no. 2**, December 2006. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/009/j8126e/j8126e11.htm>S. Acesso em: 10 de agosto de 2013.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; GUEDES, D. B.; OLIVEIRA, A. N.; LIMA, T. H. S. F.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de um suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando delineamento de misturas. **Ciênc. Rural**, vol. 42, n.º. 5, mayo, p. 911-917, 2012.

FAZAEI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; KALBASI, A. A.; OMID, M. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and bioprod. Process.**, 90 (4), p. 667-675, 2012.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos** - princípios e prática, Porto Alegre: Artemed, 2006.

FERNANDES, R. V. B.; QUEIROZ, F.; BOTREL, D A.; ROCHA, V. V.; SOUZA, V. R.; LIMA, C. F. Estudo da adição de albumina e da temperatura de secagem nas características de polpa de tomate em pó. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1267-1278, maio/jun. 2014.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M de. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Braz. J. Food Technol**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 157-165, abr./jun. 2012.

FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; MARTUCCI, E. T. Alterações da cor da acerola em pó sob condições controladas. **Rev. Bras. de Prod. Agroindust.**, v.7, p.49-57, 2005.

FIORAVANÇO, J. C.; PAIVA, M. C. Competitividade e fruticultura brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 24-40, 2002.

FRANCIS, F.J. **Analysis of anthocyanins**. In: MARKAKIS, P. (ed.). Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, 1982. p.181-207.

FRANCO, L. **Vermelho esperança**. Revista Globo Rural. Edição 269 - Mar/08. Editora Globo, 2008.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; RODRIGUES, M. C. P.; SOUSA, P. H. M. Estabilidade dos carotenóides, antocianinas e vitamina C presentes no suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata D. C.*) adoçado envasado pelos processos Hot-Fill e asséptico. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 5, Oct. 2006.

GABAS, A. L.; TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A.; TELIS-ROMERO, J. Effect of maltodextrin and arabic gum in wáter vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **J. of Food Engineer.**, Essex, v.82, p. 246-252, 2007.

GADELHA, A. J. F.; ROCHA, C. O.; VIEIRA, F. F.; RIBEIRO, G. N. avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de abacaxi, acerola, cajá e caju. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 115-118, 2009.

GAVA, A. J. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

GEA Niro Research Laboratory (2006). **GEA Niro analytical methods**. Disponível em: <<http://www.niro.com/methods>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: Anoverview. **Food Resear. Internat.**, v. 40, p. 1107-1121, 2007.

GOMES, P. M de A.; FIGUÊREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J de M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas**, v. 24, n.3, p. 384-389, jul.-set. 2004.

GONÇALVES, É. C. B. A. **Análise de alimentos: uma visão química da nutrição**. Livraria Varela, São Paulo, 2006.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovat. Food Scienc. and Emerg. Technol.**, v. 11, p. 342-351, 2010.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. powder properties. **Drying Technol**, v. 26 p. 726 -737, 2008.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: 1. The effect on product recovery. **J. Food Engineer**. 66, p. 25–34, 2005.

GRUPO DE COORDENAÇÃO DE ESTATÍSTICAS AGROPECUÁRIAS DO CEARÁ – GCEA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola: Relatório de ocorrências.** Dezembro, 2008.

HARTMANN, M.; PALZER, S. Caking of amorphous powders — Material aspects, modelling and applications. **Powder Technol.** v. 206, p. 112–121, 2011.

HENNING, D. R.; BAER, R. J.; HASSAN, A. N.; DAVE, R. Major advances in concentrated and dry milk products, cheese, and milk fat-based spreads. **J. of Dair. Scienc.** Ohio, v.89, p. 1179-1188. 2006.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natura and carotene – fortified orange juice. **J. Food Scienc.**, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola: Relatório de ocorrências.** Dezembro, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: **IAL**, 2008.

JAYA, S.; DAS, H. Efect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vaccum dried mango powders proprerties. **J. of Food Engineer.**, v. 63, p. 125-134, 2004.

JOHNSON, M. E.; LUCEY, J. A. Major technological advances and trends in cheese. **J. of Dair. Sci.** Ohio, v. 89, p. 1174-1178. 2006.

JULIANO, P.; BARBOSA CÁNOVAS, G. V. Food powders flowability characterization: thorry, methods, and applications. **Ann. Review of Food Sci. and Technol.**, v.1, p.211-239, 2010.

JUNQUEIRA, K.P.; PIO, R.; VALE, M.R.; RAMOS, J.D. **Cultura da aceroleira.** Disponível em [http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol\\_26.pdf](http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol_26.pdf). Acesso em 27 de outubro de 2014.

KARAASLAN, I.; DALGIÇ, A. C. Spray drying of liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) extract. **J. Food Science and Technol.** DOI 10.1007/s13197-012-0847-0, 2012.

KASAPIS, S. Relation between the structure of matrices and their mechanical relaxation mechanisms during the glass transition of biomaterials: A review. **Food Hydrocol.**, v. 26, p. 464-472, 2012.

KOLLER, M *et al.* Polyhydroxyalkanoate production from whey by *Pseudomonas hydrogenovora*. **Biores. Technol.**, v. 99, p. 4854-4863, 2008.

KREY, T.; SOUZA, C. F. V. Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química do leite em pó integral produzido numa indústria da região do vale do Taquari – RS. **Interbio** v.3 n.2 2009.

LIMA, A. S.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; SILVA, F. V. G.; FIGUEIREDO, E. A. T. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco e suco de acerola. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, vol. 28, n° 3: p. 683-690, jul.-set. Campinas, 2008.

LIMA, T. C. C.; RANGEL, A. H. N.; MACÊDO, C. S.; ARAÚJO, T. P. M.; ARAÚJO, V. M.; LIMA JÚNIOR, D. M.; MURMANN, L.; NOVAES, L. P. Composição e qualidade do leite e do soro do leite de búfalas no estado do rio grande do norte. **Acta Veter. Bras.**, v.8, n.1, p.25-30, Rio Grande do Norte, 2014.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; GUERRA, N. B. “Correlação entre o teor de antocianinas e caracterização cromática de polpas de diferentes genótipos de aceroleira”, **Braz. J. of Food Technol.**, 10(1), p. 51-55, 2007.

LIRA, H. L.; SILVA, M. C. D.; VASCONCELOS, M. R. S.; LIRA, H. L.; LOPEZ, A. M. Q. Microfiltração do soro de leite de búfala utilizando membranas cerâmicas como alternativa ao processo de pasteurização. **Rev. Ciênc. e Tecnol. de Aliment.**, v. 29, n. 1, p. 33-37, 2009.

LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Rev. Brasil. de Eng. Agríc. e Ambient.**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 216–221, 2012.

LUIZ, L. M. P.; ROCHA, J. D. C. G.; DE SÁ, J. P. N.; BRANDÃO, S. C. C.; ARAÚJO, E. A.; DE CARVALHO, A. F. Conservação à temperatura ambiente de uma bebida a base de soro de leite envasada a quente. **Ciênc. Rural**, v. 44, n.11, p. 2090-2094, 2014

MACIEL, M. I. S.; MELO, E. D. A.; DE LIMA, V. L. A. G.; DA SILVA, W. S.; MARANHÃO, C. M. C.; DE SOUZA, K. A. Características sensoriais e físico-químicas de geleias mistas de manga e acerola. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 247-256, 2009.

MAGALHÃES, K. T.; PEREIRA, M. A.; NICOLAU, A.; DRAGONE, G.; DOMINGUES, L.; TEIXEIRA, J. A.; SILVA, J. B. A.; SCHWAN, R. F. Production of fermented cheese whey-based beverage using kéfir grains as starter culture: Evaluation of morphological and microbial variations. **Bioresouce Technol.**, v. 101, p. 8843-8850, 2010.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; SANTOS, G. M.; SILVA, D. S.; FERNANDES, A. G.; PRADO, G. M. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, vol.27, n.1, pp. 130-134, 2007.

MARQUES, G. R.; MENDONÇA, K. S de.; BORGES, S. V.; FERNANDES, R. V. B.; MENEZES, E. G. T. Application of maltodextrin in green corn extract powder production. **Powd. Technol.** (manuscrito aceito) 2014.

MARQUES, L. G.; FERREIRA, M. C.; FREIRE, J. T. Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.). **Chemic. Eng. and Process.**, v. 46, p. 451–457, 2007.

- MARTIN, L G. P. **Estudo da secagem da polpa de cupuaçu por atomização**. 2013. 110f. Dissertação (mestrado) – UFRN, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas - SP, 2013.
- MASTERS, K. **Spray Drying in Practices**. Denmark: Spray Dry Consult International ApS, 2002. 464p.
- MATHLOUTHI, M.; ROGE, B. Water vapour sorption isotherms and the *caking* of food powders. **Food Chemist.**, v. 82,p. 61–71. 2003.
- MENEZES, A. C. S de. **Desenvolvimento de bebida láctea fermentada à base de soro de leite e polpa de cajá (*Spondias mombin I.*) com potencial atividade probiótica**. 2011. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2011.
- MILKPOINT. **Estatísticas**. Disponível em: [http://www.milkpoint.com.br/estatisticas/Expotacoes\\_Brasileiras.htm](http://www.milkpoint.com.br/estatisticas/Expotacoes_Brasileiras.htm). Acesso em 28 de julho de 2013.
- MISHRA, P.; MISHRA, S.; MAHANTA, C. L. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Embllica officinalis*) juice powder. **Food and Bioprod. Process.**, 2013.
- MIZUBUTI, I. Y. Soro de leite: composição, processamento e utilização na alimentação. **Semina: Ciênc. Agr.**, Londrina, v.15, n.1, p.80-94, março, 1994.
- MOREIRA, G. É. G.; AZEREDO, H. M. C de.; MEDEIROS, M. F. D de.; BRITO, E. S.; SOUZA, A. C. R de. Ascorbic acid and anthocyanin retention during spray drying of acerola pomace extract. **J. of Food Process. and Preserv.**. Vol. 34; p. 915–925, 2010.
- MOREIRA, G. E. G.; COSTA, M. G. M; SOUZA, A. C. R.; BRITO, E. S.; MEDEIROS, M. F. D.; AZEREDO, H. M. C. Physical properties of spray dried acerola pomace extract as affected by temperature and drying aids. **LWT - Food Scienc. and Technol.** v. 42, p. 641–645, 2009.
- MOREIRA, T. B.; ROCHA, É. M. F. F.; AFONSO. M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Rev. Brasil. de Eng. Agríc. e Ambient.** v.17, n.10, p.1093–1098, 2013.
- MOURA, R. L; SANTOS, J. M. S; REGIS, A. de A. Aproveitamento do soro lácteo na elaboração de produtos alimentícios: processamento e avaliação sensorial. **In: VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. 2012.
- MOURA, S. M. **Estabilidade de acerola em pó oriunda de cultivo orgânico**. 2010. 112f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

OBÓN, J. M.; CASTELLAR, M.R.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Production of a red–purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. **J. of Food Eng.**, v. 90, p. 471-479, 2009.

OETTERER, M. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri, SP: Manole, 2006.

OLIVEIRA, COSTA. J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Amb.** v.18, n.10, p.1059–1064, Campina Grande - PB, 2014.

OLIVEIRA, G. S. **Aplicação do processo de liofilização na obtenção de cajá em pó: avaliação das características físicas, físico-químicas e higroscópicas**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2012.

OLIVEIRA, M. A. **Avaliação da influência de adjuvantes de secagem sobre as propriedades de suco de caju atomizado**. 2008. 63f Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará. UFC. Fortaleza. 2008.

OLIVEIRA, M. I. S.; TONON, R. V.; NOGUEIRA, R. I. CABRAL, L. M. C. Estabilidade da polpa de morango atomizada utilizando diferentes agentes carreadores. **Braz. J. Food Technol.** Campinas, v. 16, n. 4, p. 310-318, out./dez. 2013.

OLIVEIRA D.F.; BRAVO C.E.C.; TONIAL I.B. Soro de leite: Um subproduto valioso. **Rev. do Inst. de Latic. Când. Tostes**, 67(385):64-71, Mar./Abr., 2012.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos – Componentes dos Alimentos e Processos**. Porto Alegre: Artmed v. 1, 2005.

OZKAN, M.; KIRCA, A.; CEMEROĞLU, B. Effects of hydrogen peroxide on the stability of ascorbic acid during storage in various fruit juices. **Food Chem.**, v. 88, n. 4, p. 591–597, 2004.

PAULA, J. C. J de.; ALMEIDA, F. A. de.; PINTO, M. S.; RODRIGUES, T. F.; SOBRAL, D.; MACHADO, G. de M. Aproveitamento de soro de queijo de coalho na elaboração de bebida láctea fermentada. **Rev. do Inst. de Latic. “Cândido Tostes”**, v.67, p.25- 33, 2012.

PELEGRINE, D. H. G; CARRASQUEIRA, R. L. Aproveitamento das proteínas do soro do leite no enriquecimento nutricional de sucos vitaminados. **RECEN – Rev. Ciênc. Exat. e Natur.**, v. 10, n. 1, p. 103-114, 2010.

PELEGRINE, D. H. G; CARRASQUEIRA, R. L. Aproveitamento do soro do leite no enriquecimento nutricional de bebidas. **Braz. J. of Food Technol.** VII BMCFB, 2008.

PELEGRINE, D. H.; GASPARETTO, C. A. Estudo da solubilidade das proteínas presentes no soro de leite e na clara de ovo. **Rev. Brasil. de Prod. Agroindust.**, Campina Grande, v.5, n.1, p.57-65, 2003.

PENNA, A. L. B.; ALMEIDA, K. E.; OLIVEIRA, M. N. **Soro de leite: Importância biológica, comercial e industrial – principais produtos**. In: OLIVEIRA, M, N, R. (Ed.). Tecnologia de produtos lácteos funcionais. 1. Ed. São Paulo: Atheneu, p. 251 – 276, 2009.

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.

PEREIRA, A. C. D. S.; SIQUEIRA, A. M. D. A.; DE FARIAS, J. M.; MAIA, G. A.; DE FIGUEIREDO, R. W.; DE SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola. **Archivos latinoamericanos de nutrición**, v. 59, n. 4, p. 141-147, 2009.

PEREIRA, T. B. B. **Desidratação em secador por aspersão da mistura de leite de cabra com polpa de umbu-cajá**. 2008. 118f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2008.

PERRONE, Í. T.; PERREIRA, J. P. F.; CARVALHO, A. F de. Aspectos tecnológicos da fabricação de soro em pó: uma revisão. **Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”**, v. 66, nº 380, p. 23-30, mai/jun, 2011.

PERRONE, Í. T.; SIMEÃO, M.; JÚNIOR, P. H. R.; STEPHANI, R.; CARVALHO, A. F. Influência das condições de operação em *spray-dryer* piloto sobre a umidade e a atividade de água do leite em pó integral. **Rev. Inst. Latic “Cândido Tostes”**, Juiz de Fora, v. 68, nº. 393, p. 5-9, jul/ago., 2013.

PORTO, L. M.; SANTOS, R. C.; MIRANDA, T. L. S. Determinação das melhores condições operacionais do processo de produção da ricota. **Boletim CEPPA**, v. 23, n. 1, p. 173 – 182, 2005.

PRAZERES, A. R.; CARVALHO, F; RIVAS, J. Cheese whey management: A review. **J. of Environm. Managem.** 110, p. 48-68, 2012.

QI, Z. H.; XU, A. Starch-based ingredients for flavor encapsulation. **Cereal Foods World**, v.44, n.7, p.460- 465, 1999.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chem. Eng. Process.** V.46, n.5, p. 386-392, 2007.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184 p.

RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M.C.; LIMA, D. M.; BRASIL, D. L.; AFONSO, M. R. A. Avaliação física do pó da polpa de acerola (*Malpighia emarginata*, D.C) obtido em

secador *spray-dryer* e liofilizador. **In:** XIII Encontro de Pós-graduação e Pesquisa Universidade de Fortaleza, 21 a 25 de outubro de 2013.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG: EPAMIG, v. 32, n. 264, p. 17-25, set./out, 2011.

ROCHA, É. M. F. F. **Desidratação de polpa de manga e suco de caju integral por atomização e caracterização dos produtos obtidos**. Tese (Doutorado). 145 f. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2013.

ROCHA, É. M. F. F.; SOUSA, S. L.; COSTA, J. de P.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A. COSTA, J. M. C. Obtenção de suco de caju atomizado através do controle das condições de secagem. **Revit. Bras. de Engenh. Agríc. e Ambient.** v.18, n.6, p.646–651, 2014.

RODRIGUES, M. I; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. 2. ed., Campinas, SP: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, 358 p, 2009.

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

SABLANI, S.S.; KASAPIS, S.; RAHMAN, N. S. Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability. **J. of Food Engin.**, Essex, v. 78, p. 266-271, 2007.

SANTOS, A. A.C.; FLORÊNCIO, A. K. G. D.; ROCHA, É. M. F. F.; COSTA, J. M. C. Avaliação físico-química e comportamento higroscópico de goiaba em pó obtida por *spray-dryer*. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 45, n. 3, p. 508-514, jul-set, 2014.

SANTOS, I. P dos. **Parâmetros de qualidade na produção de abacaxi desidratado**. 2011. 134p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, Minas Gerais, 2011.

SCHUCK, P. Understanding the factors affecting spray dried dairy powder properties and behavior In: CORREDIG, M. **Dairy-derived ingred.** 1ed. Boca Raton: CRC, 2009. Cap. 2, p.24-50.

SCHUCK, P.; DOLIVET, A.; MÉJEAN, S.; JEANTET, R. Relative humidity of outlet air: the key parameter to optimize moisture content and water activity of dairy powders. **Dairy Scienc. and Technol.**, Rennes, v. 88, p. 45- 52, 2008.

SCHUCK, P; JEANTET, R.; CARVALHO, A. F. **Lactose crystallization and drying of whey**. Curso ministrado na disciplina TAL 795 Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados. Viçosa, MG: UFV, 2010.

SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 397-409, 2004.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades-degradações modificações**. São Paulo: Varela, 1996.

SHAW, P.E; MOSHONAS, M.G. Ascorbic acid retention in orange juice stored under simulated consumer home conditions. **J. of Food Scienc.**, Chicago, v. 56, n. 3, p. 867-868, 1991.

SHRESTHA, A. K.; UA-ARAK, T.; TONY HOWES, B. P. A e.; BHANDARI, B. R. Glass transition behavior of spray dried Orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and termal mechanical compression test (TMCT). **Inter. J. of Food Propert.**, v. 10, p.661-673, 2007.

SILVA, E. V. C. da; LIMA, L. D. S. de; FARIAS, F. C.; MATTIETTO, R. A. Avaliação físico-químico de bebida pasteurizada com soro de leite bovino e sabor de fruta tropical. **In:** Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, 7., 2007, Campinas. Ciência e Tecnologia de Alimentos em Benefício a Sociedade: ligando a agricultura à saúde: resumos. Campinas: SBCTA: Unicamp/FEA, 2007. 1 CD-ROM.

SILVA, L. M. R.; MAIA, G. A.; SOUSA, FIGUEIREDO, R. W.; P. H. M.; GONZAGA, M. L. C.; FIGUEIREDO, E. A. T. **Estudo do comportamento reológico de polpas de caju (*Anacardium occidentale*, L.), acerola (*Malpighia emarginata*, D.C.) e manga (*Mangifera indica*, L.)** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 1, p. 237-248, jan./mar. 2012.

SMITHERS, G. W. Whey and whey proteins – from ‘gutter to gold’. **Inter. Dair. J.**, v.18, n.7, p.695-704, 2008.

SOARES, D. S.; FAI, A. E. C.; OLIVEIRA, A. M.; PIRES, E. M. F.; STAMFORD, T. L. M.; Aproveitamento de soro de queijo para produção de iogurte probiótico. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** [online], vol.63, n.4, 2011.

SOLVAL, K. M.; SUNDARARAJAN, S.; ALFARO, L.; SATHIVEL, S. Development of canaloupe (*Cucumis melo*) juice powders using spray drying tecnology. **Food Scienc. Technol.**, v. 46, p. 287-293, 2012.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. J. M.; LIMA, A de. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciênc. agrotec.** [online]., vol.35, n.3, p. 554-559, 2011.

SOUZA, V. C. **efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*theobroma grandiflorum*)**. Dissertação. 2011. 67 folhas. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos. Itapetinga – Bahia, 2011.

STATSOFT. STATISTICA for Window - **Computer programa manual**. Versão 7.0 Tulsa: Statsoft Inc. 2007.

STEPHAN, M. P. Estudos iniciais de utilização de eletroforese (SDS-PAGE) para avaliação de fraude em produtos comercializados como concentrado de soro de queijo. **Rev. do Inst. de Latic. “Cândido Tostes”**, v.61, n.351, p.214-217, 2006.

SU, F. R.; MARTIN, L. G. P.; SANTANA, A. A.; OLIVEIRA, R. A. Secagem em *spray-dryer* de polpa de cupuaçu: influência das variáveis do secador sobre o produto em pó. **In: XX Congresso Interno de Iniciação Científica**. Unicamp – São Paulo, 2012.

SYAMALADEVI, R. M., ANDREWS, P. K. "Storage effects on anthocyanins, phenolics and antioxidant activity of thermally processed conventional and organic blueberries." **J. of the Scienc. of Food and Agricult.** n.92 v.4, p. 916-924, 2012.

TALMA, S. V *et al.* Suco de uva enriquecido com soro: elaboração e aceitabilidade sensorial. **Rev. Inst. Latic. “Candido Tostes”**, v. 65, n. 373, p. 20-24, mar/abr, 2010.

TANAKA, D. L. **Influência da desidratação por *spray drying* sobre o teor de ácido ascórbico no suco de acerola (*Malpighia ssp*)**. 2007. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas) – Universidade Estadual Paulista “Professor Julio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2007.

TEIXEIRA, L.V.; FONSECA, L.M. Perfil físico-químico do soro de queijos mozzarella e minas-padrão produzidos em várias regiões do estado de Minas Gerais. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, nº 60, v.1, p. 243-250. 2008

THOMSEN, M. K.; LAURIDSEN, L.; SKIBSTED, L. H.; RISBO, J. Two types of radicals in whole milk powder. Effect of cryatallization, lipidoxidation, and browning reactions. **J. Agric. Food Chem.**, v.53, n.5. p.1805-1811, 2005.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; BRABET, C.; GIBERT, O.; PALLET, D.; HUBINGER, M. D. Water sorption and glass transition temperture of spray dried açai (*Euterpe oleracea Mart.*) juice. **J. of Food Engi.**, Essex, v. 94, p. 215-221, 2009.

TONON, R. V.; BRANBET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açai em pó. **Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas**, v. 29 nº 2: p. 444-450, abr.-jun. 2009.

TRINDADE, M. C. **Estudo da recuperação do ácido láctico proveniente do soro de queijo pela técnica de membranas líquidas surfactantes**. 2002. 119p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

TROMBETE, F; CARVALHO, G; CARDOSO, M. Sorinho-mistura ternária de frutas e soro de leite fortificada com ferro. **I Jornada Científica e VI FIPA DO CEFET, Bambuí (Minas Gerais)**. Minas Gerais, 2008.

VALDUGA, E.; PAVIANI, L. C.; MAZUR, S. P.; FINZER, J. R. D. Aplicação do soro de leite em pó na panificação. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.17, n.4, p.393-400, out./dez. 2006.

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

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemist.**, v. 71, p. 195 – 198, 2000.

VENTURINI FILHO, W. G. (coordenador). **Bebidas não alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. V. 2. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

VISSOTTO, F. Z.; MONTENEGRO, F. M.; SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, S. J. R. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciênc. e Tecnol. de Aliment.**, v. 2, n. 3, 2006.

WAGNER, L. A.; WARTHESEN, J. J. Stability of spray dried encapsulated carrot carotenes. **J. of Food. Scienc.**, v.60, n.5, p.1048-1053, 1995.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 92-94, 2003.

ZAVAREZE, E. da R.; MORAES, K. S.; LEITE, N. G. S.; SALAS-MELLADO, M. de las M. Efeito do soro de leite no teor protéico e na qualidade tecnológica e sensorial de pães. **Rev. do Instit. de Latic. Când. Tost.**, [S.l.], v. 63, n. 363, p. 44-50, Dez. 2013.

ZUBIOLO, C.; RODRIGUES, M. A. S.; OLIVEIRA, M. C.; AQUINO, L. C. L.; NUNES, M. L.; CASTRO, A. A. Estudo do desenvolvimento de bebida láctea funcional com adição de polpa de mamão e aveia. **Scientia Plena**. v.8, nº. 3, 2012.