



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

MARINA SILVEIRA MACHADO LANICCA DE SOUSA

CONDIÇÕES DE SECAGEM E ESTABILIDADE DE BEBIDA COMPOSTA EM PÓ
DE POLPA DE MANGA E SORO LÁCTEO.

FORTALEZA

2015

MARINA SILVEIRA MACHADO LANICCA DE SOUSA

CONDIÇÕES DE SECAGEM E ESTABILIDADE DE BEBIDA COMPOSTA EM PÓ DE
POLPA DE MANGA E SORO LÁCTEO.

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues Afonso Amorim
Co-orientador: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa.

FORTALEZA

2015

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

S696c Sousa, Marina Silveira Machado Lanicca de.
Condições de secagem e estabilidade de bebida composta em pó de polpa de manga e soro lácteo / Marina Silveira Machado Lanicca de Sousa. – 2015

118 f. : il., color.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2015.

Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos de Origem Vegetal

Orientação: Prof. Dr. Marcos Rodrigues Afonso Amorim

Coorientação: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa

1. Bebidas. 2. Tecnologia de Alimentos. I. Título.

CDD 664

MARINA SILVEIRA MACHADO LANICCA DE SOUSA

CONDIÇÕES DE SECAGEM E ESTABILIDADE DE BEBIDA COMPOSTA EM PÓ
DE POLPA DE MANGA E SORO LÁCTEO.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Área de concentração: Ciência e Tecnologia de produtos de origem vegetal.

Aprovada em: 22/09/2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Maria Correia da Costa (Co-Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Juliane Doering Gasparin Carvalho

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Andréa Cardoso de Aquino

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Edy Sousa de Brito

(EMBRAPA Agroindústria Tropical)

A Deus,
A minha mãe Noélia Silveira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo a Deus que me deu força, para manter a fé e entendimento para chegar até aqui. Agradeço, por cada obstáculo que ultrapassei que me fizeram mais forte, pelas alegrias e tristezas, que se transformaram em força e aprendizado.

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

À Universidade Federal do Ceará, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade concedida;

Ao Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso, pela orientação e aprendizado.

Aos professores participantes da banca examinadora, Dra. Juliane Döering Gasparin Carvalho, Prof.^a. Dra. Andréa Cardoso de Aquino e o Dr. Edy Sousa de Brito, pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao Prof. Dr. José Maria Correia da Costa pela excelente co-orientação, pelos conselhos e por disponibilizar o Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem – LACONSA, durante todo o período da pesquisa.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas. Aos amigos do Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem de Alimento, Sanyelle, Natália, Ana Paula, Diácomo, Janaína, Luciana, Luís, Leandro, Eliardo, Brena e Manuela por todo apoio, pelos conhecimentos trocados, pela colaboração e pelos ótimos momentos vividos juntos.

A minha mãe Noélia Silveira, por todo amor, dedicação e por todo esforço. Minhas conquistas só são possíveis hoje, devido ao seu esforço. Por mais que eu procure palavras, elas jamais seriam suficientes para definir o meu amor e agradecer por tudo. Aos meus avós maternos Bertha Silveira e Joaquim Machado e ao meu Tio Dielson Silveira, que mesmo não estando mais entre nós fizeram parte dessa conquista.

Ao meu marido Bruno Crispim obrigado por todo amor, amizade e compreensão nos momentos difíceis, incentivando-me durante esse período. Muitas são as pessoas que passam em nossas vidas, e cada uma delas contribui de alguma forma para o nosso crescimento a todos os amigos e familiares que de alguma forma estiveram presentes sempre apoiando para concretizar esse objetivo meu muito obrigado!

“A persistência é o menor caminho do êxito”.
(Charles Chaplin)

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi à obtenção de bebida composta em pó elaborada a partir da mistura de polpa de manga integral e soro lácteo, desidratada em *spray-dryer* e submetida ao estudo das características higroscópicas e estabilidade. Primeiramente foi realizada a caracterização física e físico-química das matérias primas e depois um planejamento experimental através de delineamento composto central rotacional (DCCR) 2² para determinação das melhores condições de processo do secador *spray dryer* em relação à temperatura (115°C a 186°C) e vazão do ar de secagem (3,47 a 4,33 m³/min). Avaliou-se a influência desses fatores sobre as variáveis dependentes: umidade, higroscopicidade, grau de *caking*, carotenoides, rendimento, solubilidade e parâmetros de cor L*, a*, b*, do pó. Definidas as condições de temperatura e vazão, as formulações da bebida composta em pó foram desenvolvidas através da ferramenta de delineamento de misturas Simplex Centróide. Os pós obtidos foram analisados e a melhor formulação, ou seja, aquela que gerou a melhor resposta para as variáveis dependentes foi selecionada e nela realizado o estudo de estabilidade avaliando assim à composição física e físico-química por 75 dias armazenada em embalagem de polietileno laminada. Durante esse período foram realizadas as análises de: umidade, higroscopicidade, atividade de água, sólidos solúveis (°Brix), pH, acidez total titulável, carotenoides e cor. Os resultados indicaram que as melhores condições de secagem em *spray-dryer* foram: temperatura de secagem de 175°C e vazão 4,2 m³/min e a formulação contendo 50% de polpa de manga, 25% soro lácteo e 25% de maltodextrina. A bebida composta em pó obtida nas condições citadas possui baixa umidade e higroscopicidade, características desejáveis em alimentos desidratados, valor significativamente elevado de rendimento bem como valor considerável de carotenoides, que possuem ação antioxidante. O teor de proteínas foi considerado satisfatório, caracterizando o produto com fonte de aminoácidos essenciais e a alta solubilidade, revelando seu potencial como bebido de preparação instantânea. O estudo da estabilidade desse produto permitiu observar um pequeno aumento da umidade e da atividade de água e redução dos carotenoides os demais parâmetros avaliados não diferiram estatisticamente entre si. A bebida composta em pó é um produto inovador que reúne os atributos saudáveis do soro do leite e da polpa de manga oferecendo um produto com boa qualidade nutricional de fácil preparo com todas as vantagens que alimentos desidratados possuem aumento da vida útil, baixo custo de armazenagem e fácil transporte.

Palavras-chave: Polpa de manga, Soro lácteo, *Spray-dryer*, Bebida composta.

ABSTRACT

The objective of this research was to obtain the drink made in elaborate powder from the full mango pulp mixture and whey, dried spray-dryer and submitted to the study of hygroscopic and stability characteristics. First carried out a physical and physico-chemical raw materials and then an experimental design using a central composite design (CCRD) 2^2 to determine the best process conditions of the spray dryer relative to the temperature (115 ° C to 186 ° C) and flow rate of the drying air (the 3.47 4.33 m³ / min). We evaluated the influence of these factors on the dependent variables: moisture, hygroscopicity, degree of caking, carotenoids, yield, solubility and color parameters L *, a *, b *, powder. Defined conditions for temperature and flow, the formulations of the beverage powder composed been developed over the design tool Simplex Centroid mixtures. The powders were analyzed and the best formulation, ie, the one that generated the best response to the dependent variables was selected and it carried out the stability study thus evaluating the physical and physical-chemical composition for 75 days stored in laminated polyethylene packaging. During this time the analyzes were performed: moisture, hygroscopicity, water activity, soluble solids (° Brix), pH, titratable acidity, carotenoids and color. The results indicated that the best drying conditions for spray-dryer were: drying temperature of 175 ° C and flow rate 4.2 m³ / min and the formulation satisfactorily 50% mango pulp, 25% whey and 25% maltodextrin . The drink made in powder obtained in the above conditions has low humidity and hygroscopic, desirable characteristics in dehydrated foods, significantly high value income as well as considerable amount of carotenoids, which have antioxidant activity. The protein content was satisfactory, featuring the product with a source of essential amino acids and high solubility, showing its potential as drinking instant preparation. The study of the stability of the product has observed a slight increase in moisture and water activity and reduction of carotenoids other parameters did not differ significantly from each other. The drink consists powder is an innovative product that meets healthy attributes of whey and mango pulp offering a product with good nutritional quality easy to prepare with all the advantages that dehydrated foods have increased service life, low cost storage and easy transport.

Keywords: Pulp mango, milk serum, spray-dryer, Drink made.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Desenho esquemático do secador <i>spray-dryer</i> marca Labmaq do Brasil, modelo MSD 1.0 utilizado nesse trabalho.....	29
Figura 2 –	Diagrama gerado pelo delineamento experimental simplex centroide para 3 componentes.....	38
Figura 3 –	Curva de contorno da umidade da bebida composta em pó em função da temperatura de secagem e vazão de ar quente.....	50
Figura 4–	Curvas de contornos da higroscopicidade da bebida composta em pó em função da temperatura de secagem e vazão de ar quente.....	52
Figura 5–	Curva de contorno do grau de <i>caking</i> da bebida composta em pó em função da temperatura de secagem e vazão de ar quente.....	54
Figura 6–	Curva de contorno dos carotenoides da bebida composta em pó em função da temperatura de secagem e vazão de ar quente.....	58
Figura 7–	Curvas de contorno do rendimento da bebida composta em pó em função que da temperatura e vazão de ar quente.....	62
Figura 8–	Curvas de contorno do parâmetro de cor a* da bebida composta em pó em função da temperatura de secagem e vazão de ar quente.....	66
Figura 9–	Curvas de contorno do parâmetro de cor b* da bebida composta em pó em função da temperatura de secagem e vazão de ar quente.....	67
Figura 10–	Diagrama ternário da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtido para variável resposta umidade.....	72
Figura 11–	Diagrama ternário da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtido para variável resposta higroscopicidade.....	75
Figura 12–	Diagrama ternário da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável resposta carotenoides.....	77
Figura 13–	Diagrama ternário da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para a coordenada de cor L*.....	83
Figura 14–	Diagrama ternário da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para coordenada a* (intensidade do vermelho).....	85
Figura 15	Bebida composta em pó composta de polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina.....	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Diagrama de pareto da mistura de polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável resposta umidade.....	71
Gráfico 2 – Diagrama de pareto da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável higroscopicidade.....	73
Gráfico 3 – Diagrama de pareto da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtido para variável teor de carotenoides.....	76
Gráfico 4 – Diagrama de pareto da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável rendimento.....	79
Gráfico 5 – Diagrama de pareto da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável solubilidade.....	81
Gráfico 6 – Diagrama de pareto da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para o parâmetro de cor L*.....	82
Gráfico 7 – Diagrama de pareto do pó da polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para coordenada a* (intensidade do vermelho).....	84
Gráfico 8 – Diagrama de pareto do pó da polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para coordenada b* (intensidade de amarelo).....	86
Gráfico 9 – Comportamento da umidade da bebida composta em pó ao longo dos 75 dias de armazenamento.....	92
Gráfico 10 – Comportamento da a_w da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.....	94
Gráfico 11 - Comportamento da variável higroscopicidade da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.....	95
Gráfico 12 - Comportamento da acidez da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.....	96
Gráfico 13 - Comportamento do pH da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.....	97
Gráfico 14 - Comportamento das proteínas da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.....	98

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 15 - Comportamento dos sólidos solúveis da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.....	99
Gráfico 16 - Comportamento dos carotenoides da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.....	100
Gráfico 17 - Comportamento do parâmetro colorimétrico L* da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.....	101
Gráfico 18 - Comportamento do parâmetro colorimétrico a* da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.....	102
Gráfico 19 - Comportamento do parâmetro colorimétrico b* da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.....	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Mercado Externo da Manga Brasileira.....	20
Tabela 2 - Produção de manga por regiões do Brasil.....	21
Tabela 3 – Variedades de produtos derivados de frutas produzidas 2011.....	22
Tabela 4 – Mercado de sucos, néctares, sucos em pó e concentrados no Brasil.....	22
Tabela 5 – Composição nutricional da polpa de manga congelada.....	23
Tabela 6 – Padrões de identidade e qualidade da polpa de manga.....	23
Tabela 7 – Composição do leite integral, soro doce e soro ácido.....	24
Tabela 8 - Níveis do planejamento para secagem da bebida composta.....	25
Tabela 9 – Níveis do planejamento para secagem da bebida composta.....	34
Tabela 10 – Ensaio do planejamento experimental para secagem da bebida composta	34
Tabela 11 – Delineamento experimental da mistura de polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina para formulação da bebida composta.....	35
Tabela 12 – Caracterização físico-química da polpa integral de manga e do soro- lácteo.	42
Tabela 13 – Resultados das análises de umidade, higroscopicidade, grau de <i>caking</i> e carotenoides do planejamento experimental para bebida composta em pó de polpa de manga e soro lácteo.....	45
Tabela 14 – Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) dos fatores do planejamento para a umidade.....	48
Tabela 15 – Análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão do planejamento experimental da bebida composta em pó para a variável umidade (%).....	49
Tabela 16 – Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) do planejamento para a higroscopicidade.....	51
Tabela 17 – Análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão do planejamento experimental da bebida composta em pó para a variável higroscopicidade....	51
Tabela 18 – Efeito estimado, erro padrão e grau de significância das variáveis independentes sobre a variável grau de <i>caking</i>	54
Tabela 19 – Análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão do planejamento experimental da bebida composta em pó para a variável grau de <i>caking</i>	54
Tabela 20 – Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) das variáveis independentes sobre os carotenoides dos pós.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 21 – Análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão do planejamento experimental para a variável teor de carotenoides.....	56
Tabela 22 – Resultados do rendimento, solubilidade e cor (parâmetros L*, a* e b*) do planejamento experimental para bebida composta em pó de polpa de manga e soro lácteo.....	60
Tabela 23 – Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) do planejamento para a variável rendimento.....	61
Tabela 24 – Análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão do planejamento para o rendimento dos pós.....	61
Tabela 25 – Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) do planejamento para a variável solubilidade.....	63
Tabela 26 – Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) do planejamento para o parâmetro de cor L*.....	64
Tabela 27 – Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) do planejamento para o parâmetro de cor a*.....	64
Tabela 28 – Análise de variância (ANOVA) do modelo quadrático de regressão do planejamento para o parâmetro de cor a*.....	65
Tabela 29 – Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) do planejamento para o parâmetro de cor b*.....	66
Tabela 30 – Análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão do planejamento para o parâmetro de cor b*.....	67
Tabela 31 – Parâmetros para secagem em <i>spray-dryer</i> da bebida composta de polpa de manga e soro-lácteo.....	68
Tabela 32 – Resultados das análises de umidade, higroscopicidade e carotenoides do delineamento de misturas para a bebida composta em pó.....	70
Tabela 33 – Análise de variância (ANOVA) do modelo quadrático do delineamento de misturas para a variável umidade da bebida composta em pó.....	72
Tabela 34 – Análise de variância (ANOVA) do modelo quadrático do delineamento de misturas para a variável higroscopicidade da bebida composta em pó.....	74
Tabela 35 – Análise de variância (ANOVA) do modelo linear do delineamento de misturas para a variável teor de carotenoides da bebida composta em pó.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 36	Resultados de rendimento, solubilidade e cor (parâmetros L**, a* e b*) do delineamento de misturas para a bebida composta em pó.....	78
Tabela 37 –	Análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão do delineamento de misturas para a variável rendimento da bebida composta em pó.....	80
Tabela 38 –	Análise de variância (ANOVA) do modelo quadrático do delineamento de misturas para a variável solubilidade da bebida composta em pó	81
Tabela 39 –	Análise de variância (ANOVA) do modelo quadrático do delineamento de misturas para variável cor, coordenada L* (luminosidade) da bebida composta em pó.....	83
Tabela 40 –	Análise de variância (ANOVA) do modelo linear do delineamento de misturas para a coordenada de cor a* (intensidade do vermelho) na bebida composta em pó.....	85
Tabela 41 –	Análise de variância (ANOVA) do modelo linear do delineamento de misturas para a coordenada de cor b* (intensidade de amarelo) na bebida composta em pó.....	86
Tabela 42–	Escolha da melhor formulação da bebida composta em pó baseada na proporção de polpa de manga, soro-lácteo e maltodextrina.....	87
Tabela 43–	Caracterização física e físico- química da bebida composta em pó obtida nas condições “ótimas”.....	88
Tabela 44–	Valores médios da umidade da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento.....	92
Tabela 45–	Valores médios da a _w da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento.....	93
Tabela 46–	Valores médios da higroscopicidade da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento.....	95
Tabela 47–	Valores médios da acidez da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento.....	96
Tabela 48–	Valores médios do pH da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento.....	97
Tabela 49–	Valores médios da proteína da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 50–	Valores médios dos sólidos solúveis da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento.....	99
Tabela 51–	Valores médios dos carotenoides da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento.....	100
Tabela 52–	Valores médios da luminosidade da bebida composta em pó durante armazenamento de 75 dias.....	101
Tabela 53–	Valores médios da coordenada de cor a* da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento.....	102
Tabela 54–	Valores médios da coordenada de cor b* da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento.....	103

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	Importância econômica da fruticultura.....	20
2.1.1	<i>Manga e polpa.....</i>	22
2.2	Soro lácteo.....	24
2.2.1	<i>Produção do soro.....</i>	24
2.2.2.	<i>Aplicações na indústria de alimentos.....</i>	26
2.3	Secagem de alimentos.....	28
2.3.1	<i>Secagem por aspersão em spray-dryer.....</i>	29
2.3.2	<i>Parâmetros de qualidade de alimentos em pó.....</i>	31
2.4	Bebida composta.....	33
3	MATERIAS E MÉTODOS.....	35
3.1	Obtenção e armazenamento da matéria prima.....	35
3.2	Processo de secagem.....	35
3.3	Planejamento experimental e análise estatística.....	35
3.4	Delineamento de misturas para formulação.....	37
3.5	Análises para caracterização física e físico-químicas realizadas nas matérias primas e nos pós obtidos.....	38
3.5.1	<i>Caracterização da polpa de manga.....</i>	38
3.5.2	<i>Caracterização do soro lácteo.....</i>	38
3.5.3	<i>Caracterização da bebida composta em pó.....</i>	38
3.6	Metodologias das Análises utilizadas.....	39
3.7	Avaliação da estabilidade da bebida composta em pó.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
4.1	Caracterização físico-química da polpa integral e soro lácteo.....	44
4.2	Resultados do planejamento experimental.....	47
4.2.1	<i>Resultados das análises de umidade, higroscopicidade, grau de caking, carotenoides e proteínas do planejamento experimental.....</i>	47
4.2.1.1	<i>Umidade.....</i>	48
4.2.1.2	<i>Higroscopicidade.....</i>	50
4.2.1.3	<i>Grau de caking.....</i>	53
4.2.1.4	<i>Carotenóides.....</i>	55

4.2.2	<i>Resultados de rendimento e das análises de solubilidade e cor (parâmetros L^*, a^* e b^*) do planejamento experimental para bebida composta em pó de polpa de manga e soro lácteo.....</i>	57
4.2.2.1	<i>Rendimento.....</i>	61
4.2.2.2	<i>Solubilidade.....</i>	63
4.2.2.3	<i>Coordenadas de cor L^* a^* b^*.....</i>	64
4.3	Escolha dos parâmetros de secagem.....	68
4.4	Resultados obtidos no delineamento de mistura para as variáveis umidade, higroscopicidade e carotenóides.....	69
4.4.1	<i>Umidade.....</i>	71
4.4.2	<i>Higroscopicidade.....</i>	73
4.4.3	<i>Carotenoides.....</i>	75
4.5	Resultados obtidos no delineamento de mistura para as variáveis rendimento, solubilidade e cor.....	77
4.5.1	<i>Rendimento.....</i>	79
4.5.2	<i>Solubilidade.....</i>	80
4.5.3	<i>Coordenadas de cor L^* a^* b^*.....</i>	82
4.6	Escolha da melhor formulação da bebida composta em pó.....	87
4.7	Caracterização da bebida composta em pó.....	87
5	Estudo da estabilidade da bebida composta em pó.....	91
5.1	Determinações físico-químicas.....	92
5.1.1	<i>Umidade.....</i>	92
5.1.2	<i>Atividade de água (a_w)</i>	93
5.1.3	<i>Higroscopicidade.....</i>	95
5.1.4	<i>Acidez titulável.....</i>	96
5.1.5	<i>pH.....</i>	97
5.1.6	<i>Proteínas.....</i>	98
5.1.7	<i>Sólidos solúveis.....</i>	99
5.1.8	<i>Carotenoides.....</i>	100
5.1.9	<i>Luminosidade (L^*).....</i>	101
5.1.10	<i>Coordenada a^*.....</i>	102
5.1.11	<i>Coordenada b^*.....</i>	103
6	CONCLUSÕES.....	105

7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	106
8	REFERÊNCIAS.....	107

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é hoje um dos segmentos de maior importância da agricultura nacional. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas e a região Nordeste tem se destacado com a produção de frutas tropicais como a manga e a acerola devido às condições climáticas favoráveis. Segundo dados do IBGE e ADECE, o Brasil é o terceiro maior produto mundial de frutas e o Ceará o quarto produtor brasileiro, produzindo em 2013 mais de 48 mil toneladas, sendo mais de 38 mil toneladas de manga não irrigada

A manga (*Mangifera indica*, L.) é uma fruta com grande quantidade de polpa, tamanho e formato variável, aroma e cor atraente, fonte de carotenoides e carboidratos, porém altamente perecível (BEZERRA *et al.* 2009). É considerada uma das mais importantes frutas tropicais cultivadas no mundo. Além do consumo do fruto in natura, existe um número elevado de produtos industrializados de manga muito apreciados pelos seus aspectos nutricionais e sensoriais.

A polpa de manga é produzida durante as épocas de safra, armazenada e reprocessada durante todo o ano, ou de acordo com a demanda do mercado. Hoje, no Brasil, o mercado interno para polpa de fruta encontra-se em expansão e é constituído pelas indústrias de bebidas, pela tradicional agroindústria de doces em massa, sorveterias e confeitarias, além de fabricantes de derivados lácteos, dentre outros.

Já o soro lácteo, subproduto da indústria de laticínios, representa a porção aquosa do leite separada do coágulo durante a produção de queijo. Suas proteínas possuem propriedades funcionais relevantes, tais como solubilidade e capacidade emulsificante (C.E.). É composto basicamente de 94 a 95 % de água, 3,8 a 4,2 % de lactose, 0,8 a 1,0 % proteínas e 0,7 a 0,8 % de minerais (PAGNO *et al.* 2009). É um subproduto de grande flexibilidade e adaptabilidade a diversas aplicações e de relevante importância na indústria de laticínios, tendo em vista o volume produzido e sua composição nutricional.

A busca por alimentos cada vez mais nutritivos e a preservação do meio ambiente são tendências do novo milênio e esse é um dos motivos da utilização do soro na produção de alimento. Uma das suas principais aplicações é no preparo de bebidas lácteas, cuja finalidade é aumentar o valor nutricional, além de baixo custo o soro constitui uma boa fonte de proteínas e não descaracteriza o produto final, pois tem boa solubilidade, sendo uma das alternativas mais simples e atrativas para o seu aproveitamento.

Devido à perecibilidade dos frutos e do soro, o uso de uma tecnologia de conservação é útil para aumentar a disponibilidade e seus consumos. Nesse sentido, a

desidratação por liofilização, *spray-dryer* e leite de jorro, vem mostrando que são processamentos capazes de aproveitar o excedente da produção, disponibilizando para o mercado consumidor produtos estáveis e seguros.

A desidratação de alimentos consiste em um processo de conservação que impede a deterioração e perdas do valor comercial, possibilitando redução de perdas pós-colheita, além de permitir a conversão de produtos perecíveis em estáveis devido à redução da atividade de água, evitando contaminação microbiológica e reações bioquímicas indesejáveis (MARQUES *et al* 2009).

Diante do exposto, objetivou-se nesta pesquisa a obtenção de bebida composta em pó elaborada a partir da mistura de polpa de manga e soro lácteo. Para tal, fez-se necessário a caracterização das matérias primas, a determinação da melhor condição de secagem em *spray-dryer* (definindo a temperatura e a vazão do ar de secagem) e da melhor formulação da bebida composta em relação os teores de polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina. Além disso, objetivou-se caracterizar física e físico-quimicamente o pó da bebida composta, avaliar sua estabilidade, embalado e acondicionado em embalagem laminada por um período de 75 dias, analisando o mesmo por meio das determinações de umidade, atividade de água, higroscopicidade, acidez titulável, pH, proteínas, sólidos solúveis, carotenoides e cor através da escala CIElab.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Importância econômica da fruticultura

O Brasil possui uma situação privilegiada no que diz respeito à produção de frutas devido sua grande área territorial e condições climáticas favoráveis. É possível encontrar no país áreas com diferentes climas e ecossistemas, que vão desde o semiárido até climas temperados, possibilitando a produção de uma vasta variedade de frutas que vem sendo explorada economicamente nos últimos anos (MOREIRA *et al* 2013).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil explorou 73.066 hectares em 2012, e colheu 1.175.735 toneladas de manga, houve ainda uma queda de 5,91% no volume referente a 2011, quando foram colhidas 1.249.521 toneladas. O valor de produção de frutas em 2012 ficou em R\$ 660,2 milhões.

As frutas desempenham papel de grande importância na dieta humana, pois fornecem vitaminas, carboidratos, minerais, além de características sensoriais agradáveis como cor, sabor e aroma. A presença de componentes bioativos nas frutas contribui de forma significativa para sua inserção como parte de uma dieta saudável (MAIA *et al* 2007).

A manga está entre as principais frutas de exportação do Brasil, com grande participação também no mercado interno. Em 2013, esta cadeia produtiva comemorou o recorde de receita nos negócios com o exterior: US\$ 147,5 milhões, com alta de 7,3 % sobre os US\$ 137,5 milhões obtidos em 2012. Em volume, o resultado ficou aquém do esperado, quebrando a trajetória crescente iniciada em 2009. Foram embarcadas 122 mil toneladas de frutas em 2013, contra 127 mil toneladas no ano anterior.

Tabela 1- Mercado Externo da Manga Brasileira.

MERCADO EXTERNO DA MANGA BRASILEIRA			
Produção, Valor da Produção e Preço no período de 2005 a 2012			
Ano	US\$ FOB	Toneladas (mil)	Preço (US\$)
2005	73873.50	114.59	0,64
2006	87163.25	115.51	0,75
2007	89643.04	116.05	0,77
2008	118703.99	133.72	0,89
2009	97388.16	110.20	0,88
2010	119929.76	124.69	0,96
2011	140910.32	126.43	1,11
2012	137588.92	127.01	1,08
2013	147481.60	122.00	1,21

Fonte: Alice web/MDIC, 2013.

Segundo o Anuário (2013), a fruticultura é realizada em praticamente todos os estados brasileiros, mas sua distribuição e a predominância das espécies em cada região geográfica são distintas. A tabela abaixo mostra a produção de manga por região no país.

Tabela 2 – Produção de manga por regiões do Brasil.

Região	Área Colhida (ha)	Quantidade produzida (t)
Norte	317	2132
Nordeste	50169	782365
Sudeste	21826	377819
Sul	687	9674
Centro Oeste	311	3795

Fonte: Adaptado do IBGE, 2013.

Segundo Moraes *et al.* 2010, o Brasil é o maior produtor mundial de frutas in natura, porém, a manga é uma fruta bastante perecível e grande parte dessas frutas sofre deterioração em poucos dias, tendo sua comercialização dificultada, especialmente a longas distâncias. Por ser uma fruta sazonal e de grande aceitação no mercado nacional e internacional, sua industrialização é de extrema importância para que ocorra diminuição nas perdas e melhor aproveitamento.

Em relação aos produtos derivados de fruta, a Food and Agriculture Organization (FAO) tem mostrado que a comercialização mundial quintuplicou nos últimos quinze anos. Na Tabela 3 podemos visualizar as variedades de frutas produzidas no Brasil e os seus principais produtos derivados durante o ano de 2012.

Tabela 3 - Variedades de produtos derivados de frutas produzidas 2012.

Suco	Néctar	Xarope e Suco	Concentrado	Refresco em pó
Abacaxi	9,6%	-	7,7%	10,5%
Goiaba	-	8,5%	6,9%	1,4%
Guaraná	-	-	-	1,2%
Laranja	66,4%	15,6%	21,5%	37,5%
Limão	1,3%	-	-	7,4%
Maça	-	5,9%	-	-
Manga	0,8%	11,1%	12,1%	9,7%
Maracujá	11,7%	12,2%	14,9%	7,3%
Mistura de Sabores	1,4%	1,9%	-	6,5%
Morango	0,4%	4,2%	-	6%
Outros sabores	1%	11,2%	23%	6,1%
Pêssego	1,4%	16,1%	-	-
Uva	6%	13,3%	13,9%	6,4%

Fonte: Adaptado do anuário brasileiro de fruticultura, 2013.

2.1.1 Manga e polpa

A mangueira, planta originária da Índia, encontrou um ambiente favorável para seu desenvolvimento no Brasil. Apesar de só ter chegado ao Ocidente a partir da época das grandes navegações, rapidamente obteve ascensão. Nos países com clima propício, como o Brasil, adaptou-se tão bem que muitos chegam a pensar que é uma planta nativa, assim o país pode produzir manga em quase todo seu território. Tornando-se uma das frutas tropicais de maior expressão econômica nos mercados brasileiro e internacional, sendo a segunda fruta mais importante, depois da banana, em termos de produção e de área cultivada (VIEIRA, 2009).

Um das principais propriedades desse fruto é a presença de carotenoides, pigmentos lipossolúveis, amarelos, laranjas e vermelhos que são constituídos de cadeias de polímeros, em um longo sistema de duplas ligações conjugadas, rico em elétrons, responsável pela atividade antioxidante desses compostos que se dá tanto na absorção do oxigênio *singlet* quanto de radicais livres, interrompendo as reações em cadeia onde eles estão envolvidos (SILVA *et al* 2010).

A manga (*Mangifera indica L.*) é um fruto rico em betacaroteno, fibras e também é fonte de vitamina E. O β -caroteno é o carotenoide que possui maior atividade de provitamina A e é encontrado em diversos vegetais como cenoura, abóbora, manga e mamão. Estudos apontam que a função antioxidante dos carotenoides desempenha um papel importante na redução do risco de câncer, catarata, arteriosclerose e no processo de envelhecimento (DAMODARAN *et al.* 2008).

Para cada mercado, interno ou externo, de frutas in natura ou processadas, são estabelecidas exigências específicas no que se referem à qualidade pós-colheita do fruto. No entanto é difícil o aumento da vida útil de frutos frescos, pois exigem muitos cuidados na sua conservação e transporte (BEZERRA *et al.* 2010). Para fabricação dos produtos derivados de manga como os sucos líquidos ou em pó, utiliza-se a polpa concentrada, que é submetida a diversos processos de industrialização.

Tabela 4- Valores do mercado de sucos, néctares, sucos em pó e concentrados no Brasil.

Item	Variação 2011/10	Vol.2011 (10 ³ L)	Faturamento 2011(US\$ 1.000)	Tendência 2012
Sucos e néctares	5%	586.079	1.491.605	+10%
Sucos em pó	0,6%	3.460.991	1.137.294	-2%
Sucos concentrados	-5%	527.538	241.171	-5%

Fonte: Adaptado do anuário brasileiro de fruticultura, 2013.

A produção de polpas de frutas congeladas se tornou um meio favorável para o aproveitamento integral das frutas, evitando problemas ligados à sazonalidade sendo e servindo como alternativa para o aproveitamento dos frutos colhidos durante a safra (BRUNINI; DURIGAN; OLIVEIRA, 2002).

Na Tabela 5 encontra-se a composição nutricional da polpa congelada de manga segundo TACO (2011).

Tabela 5- Composição nutricional da polpa de manga congelada.

COMPONENTES	100g da amostra	% VD
Valor energético	48.3kcal = 203kj	2%
Umidade	85,5g	-
Carboidratos	12,5g	4%
Proteínas	0,4g	1%
Cinzas	0,4g	1%
Gorduras saturadas	0,1g	0%
Gorduras monoinsaturadas	0,1g	-
Fibra alimentar	1,1g	4%
Fibras solúveis	0,0g	-
Cálcio	7,1mg	1%
Vitamina C	24,9mg	55%

* % Valores diários com base em uma dieta de 2.000 Kcal ou 8.400kj. Fonte: Adaptado da tabela Brasileira de composição de alimentos 4ª edição revisada.

A polpa de manga é definida como o produto não fermentado e não diluído, obtido da parte comestível da manga, através de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais (BRASIL, 2000). Na Tabela 6 estão descritos os padrões de identidade e qualidade para polpa de manga.

Tabela 6- Padrões de identidade e qualidade da polpa de manga.

	Mínimo	Máximo
Sólidos solúveis em ° Brix, a 20°C	11	-
pH	3,3	4,5
Acidez total em ácido cítrico (g.100g ⁻¹)	0,32	-
Açúcares totais naturais da manga (g.100g ⁻¹)	-	17,0
Sólidos totais (g.100g ⁻¹)	14,0	-

Fonte: BRASIL 2000.

Atualmente, algumas polpas são submetidas à desidratação para a obtenção de pós. Isso favorece o armazenamento por longos períodos, conduz ao refinamento do alimento e, conseqüentemente, oferta um novo produto no mercado. Segundo Gomes *et al.* (2002) o pó produzido pela secagem resulta em um material com características distintas da polpa líquida que o gerou, necessitando analisar suas propriedades quanto à qualidade e ao valor

nutricional, pois irão influenciar nas etapas de processamento, embalagem e armazenamento do pó.

2.2 Soro lácteo

2.2.1 Produção do soro

O leite é considerado um dos alimentos mais completos, sob o ponto de vista nutricional, propiciando alternativas de industrialização e elaboração de produtos derivados. Porém, quando utilizado no processamento de queijos, 80 a 90 % do seu volume é retirado na forma de soro que contém boa parte dos sólidos existentes no leite integral original (HOSSEINI *et al.* 2003).

Esse soro é obtido com a agregação das micelas de caseína após ação da renina, na hidrólise da proteína, sendo o líquido remanescente chamado de soro doce. Ou pode ser obtido por precipitação ácida, quando o pH baixa até o ponto isoelétrico das caseínas, sendo chamado de soro ácido.

Os tipos de soro obtidos por esses dois diferentes processos apresentam composições diferentes (PELEGRINE; CARRASQUEIRA, 2008) e todos eles apresentam alta digestibilidade e todos os aminoácidos essenciais, sendo que as suas proteínas são rapidamente absorvidas pelo organismo, estimulando a síntese de proteínas sanguíneas (TAGLIARI, 2011).

Na Tabela 7 pode-se observar a comparação das características físicas e físico químicas do leite integral, soro doce e soro ácido.

Tabela 7 – Composição do leite integral, soro doce e soro ácido.

Determinações (%)	Leite integral	Soro doce	Soro ácido
Umidade	87,4	93,7	93,5
Sólidos totais	13,0	6,4	6,5
Proteínas	3,5	0,8	0,7
Gordura	3,5	0,5	0,4
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 é um líquido que contém de 4 a 6 g de proteínas por litro. As proteínas, um dos ingredientes mais importantes das bebidas e fórmulas nutricionais, possuem alto valor

nutricional. Estas podem ser extraídas do leite durante o processo de fabricação do queijo e contêm alto teor de aminoácidos essenciais, especialmente os de cadeia ramificada (HARAGUCHI *et al.*, 2006).

Ainda segundo Haraguchi *et al.* (2006), as proteínas do soro do leite apresentam uma estrutura globular contendo algumas pontes de dissulfeto, que conferem certo grau de estabilidade estrutural. As frações, ou peptídeos do soro, são constituídas de beta-lactoglobulina- BLG, alfa-lactoalbumina- ALA, albumina do soro bovino- BSA, imunoglobulinas- Ig's e glicomacropéptídeos- GMP (TABELA 8).

Tabela 8 - Teores de proteínas no soro lácteo.

Proteína	Concentração (g. L ⁻¹)
β-lactoglobulina	3,50
α-lactoalbumina	0,84
Albumina do soro bovino	0,70
Imunoglobulina	0,35
Proteose-peptona	1,40

Fonte: Bobbio e Bobbio (2001).

O valor biológico das proteínas do soro é alto comparado ao de outras proteínas, por apresentarem em sua composição alto conteúdo de aminoácidos essenciais, que são aqueles obtidos somente por meio da alimentação, devido à incapacidade do organismo de sintetizá-los. Cada proteína presente no soro apresenta uma funcionalidade específica. A β-lactoglobulina possui propriedade gelatinizante, a α-lactoglobulina possui capacidade de formação de espuma similar à clara do ovo, enquanto que a lactoferrina e a lactoperoxidase apresentam propriedades bacteriostáticas (ANTUNES, 2003)

O Brasil é o quinto maior produtor de leite do mundo, em 2014 produziu mais de 33 milhões de toneladas, o país vem apresentando aumento gradativo na produção leiteira. De 2003 a 2013 a produção cresceu quase 54 %, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

No ano de 2010 a produção de queijos sob inspeção foi de 801.440 toneladas, com aumento de 11 % em relação à produção de 2009. No entanto, considerando que a produção de queijos informais (sem inspeção) equivale a 40 % do total, pode-se concluir que o volume produzido atingiu 1,3 milhões de toneladas em 2010 (EMBRAPA, 2010; ABIQ, 2011).

A produção de soro lácteo aumentou acentuadamente nas últimas décadas, juntamente com a produção de queijo, estimando-se na 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 lácteo cresce a uma taxa quase a mesma que as de volumes de leite, cerca de 42 % ao ano (SMITHERS, 2008).

Considerando uma produção média de dez mil litros de soro por dia, esta teria o poder poluente equivalente ao de uma população de cinco mil habitantes. Portanto, a legislação ambiental exige das indústrias de laticínios um plano de tratamento ou reaproveitamento deste soro (PORTO; SANTOS; MIRANDA, 2005; LIRA *et al.* 2009).

Este subproduto nutricionalmente valioso apresenta-se como um problema quando disposto no meio ambiente sem tratamento. Na água, o soro propicia o desenvolvimento de bactérias e outros organismos que utilizam seus componentes (principalmente a lactose), aumentando a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) na ordem de 30.000 a 40.000 mg de oxigênio por litro de soro (PENNA *et al.* 2009), cujo tratamento é bastante oneroso (cerca de US\$ 0,50/kg de DBO) (DRAGONE *et al.* 2009).

O aumento de matéria biodegradável em rios pode ocasionar o crescimento de bactérias oxidativas que aumentam o consumo de oxigênio da água. Um curso d'água desprovido de oxigênio dissolvido ocasiona a morte dos organismos aeróbios e, praticamente, impossibilita o uso da água para múltiplos usos e finalidades (ALESSI, 2005).

Diante destes fatos, surge a necessidade da criação de novas alternativas para melhor aproveitamento do soro, pois sua utilização racional é importante, visto que, apesar do crescente reconhecimento do seu valor nutricional, continua sendo um resíduo da indústria e como tal possui um elevado custo de tratamento e descarte.

Tem-se observado que, enquanto nos países desenvolvidos cerca de 95 % do total do soro é empregado na indústria de alimentos, no Brasil apenas 50 % da produção é utilizada (CASTRO *et al.* 2009). Segundo Otávio A. C. de Farias, especialista no mercado de lácteos e ingredientes do leite e dono da consultoria Alliance Commodities Brasil, “só o mercado de proteínas do soro lácteo movimenta anualmente cerca de US\$ 3,8 bilhões”. O ano de 2012 marcou um grande avanço nesta área por meio da produção de concentrado proteico de soro no território nacional, produto no qual o país era, exclusivamente, dependente da importação. (CARVALHO *et al.* 2012).

2.2.2 Aplicações na indústria de alimentos

As proteínas do soro podem proporcionar emulsificação, retenção e/ou incorporação de água ou gordura, geleificação, coagulação pelo calor, modificação de textura, realce de sabor e aeração, dependendo do produto e do objetivo para o qual é utilizado.

O soro tem se mostrado muito flexível e adaptável, o que justifica um grande aumento na sua utilização em muitos produtos processados. Além disso, o soro lácteo apresenta a vantagem de ser totalmente natural, tornando a composição e os dados contidos nos rótulos dos produtos mais atraentes ao consumidor, que cada vez mais, está preocupado com a saúde (VENTURINI FILHO, 2010).

Soro doce, ácido e desmineralizado têm sido igualmente usados extensivamente em aplicações industriais para a fabricação de bebidas, iogurtes e outros produtos com base láctea (TAGLIARI, 2011). É possível ainda o aproveitamento do soro na forma de lactose, soro em pó, concentrados proteicos com elevados teores de proteínas (próximos a 89 %), isolados proteicos enriquecidos com β -lactoglobulina ou α -lactoalbumina, ou na forma de componentes isolados como glicomacropéptido e lactoferrina (JOHNSON e LUCEY, 2006).

Segundo Venturini Filho (2010), a composição de aminoácidos das proteínas do soro ultrapassa os níveis de todos os aminoácidos essenciais da proteína de referência da FAO (Food and Agriculture Organization), caracterizando-as assim como proteínas de alto valor biológico e de boa digestibilidade.

As proteínas solúveis do soro possuem peptídeos bioativos contendo alto teor de aminoácidos essenciais, especialmente os de cadeia ramificada, tais como leucina, isoleucina e valina, que estão relacionados com fatores de crescimento, reconstrução e reparação muscular (HARAGUCHI *et al.* 2006; RENHE 2008; SOUSA *et al.* 2012) e também, mais aminoácidos contendo enxofre, tais como cisteína e metionina quando comparadas à caseína (proteína do leite). Esses aminoácidos sulfurados apresentam importância pela sua capacidade de melhorar a função imunológica e seu estado antioxidante (BAUMAN *et al.* 2006).

A utilização de soro lácteo na forma de concentrado proteico, para elaboração de bebidas lácteas, constitui um modo racional de aproveitamento do soro que, além das características nutricionais, é capaz de conferir propriedades tecnológicas desejáveis e adequadas em aplicações específicas.

De acordo com Reis (2013) o desenvolvimento de alternativas para o aproveitamento apropriado do soro de leite como na elaboração de derivados lácteos é de

extrema importância em função de sua qualidade nutricional, volume produzido e poder poluente.

As bebidas contendo soro de leite são uma realidade no mercado brasileiro, que continua sendo promissor, podendo ser processadas de diversas maneiras: UHT, pasteurizada, fermentadas, carbonatadas e ainda possuir diversos sabores como morango, chocolate, frutas cítricas, e outras com um mercado consumidor bastante promissor (BOSI *et al.* 2013).

Nota-se aumento considerável na produção de bebidas lácteas elaboradas a partir de iogurte e soro de leite, entre outros ingredientes. Esse aumento é devido a uma imagem saudável do produto, valor nutritivo, sabor refrescante e, principalmente, baixo custo (LUZ, 2008).

Cassanego *et al.* (2012) aponta que a crescente demanda por alimentos cada vez mais nutritivos, acessíveis e com menor custo de produção torna o soro uma importante fonte de nutrientes nobres, passíveis de serem recuperados e empregados na elaboração de uma grande quantidade de produtos alimentícios, significando para a indústria diminuição nos custos de fabricação e uma forma racional de aproveitamento deste produto secundário, que apresenta excelente valor nutritivo.

2.3 Secagem de alimentos

Segundo Ordoñez (2005), desidratação ou secagem é definido como a extração deliberada, sob condições controladas, da água que o alimento contém. A desidratação resulta ainda em uma transformação do produto, agregando valor e dando origem a uma nova opção no mercado. A diminuição da massa dos produtos, pela redução do conteúdo de água, reduz os custos de transporte, embalagem e armazenamento (FELLOWS, 2006). Em muitos casos o alimento seco torna-se uma questão de conveniência, facilitando seu manuseio e preparo (RIBEIRO, 2014).

A secagem ou desidratação de polpas de frutas e do soro lácteo é um excelente método para o aumento da vida útil e maior facilidade na comercialização. Permitindo a conversão de produtos perecíveis em estáveis devido à redução da atividade de água, evitando contaminação microbiológica e reações bioquímicas indesejáveis (MARQUES *et al.* 2009).

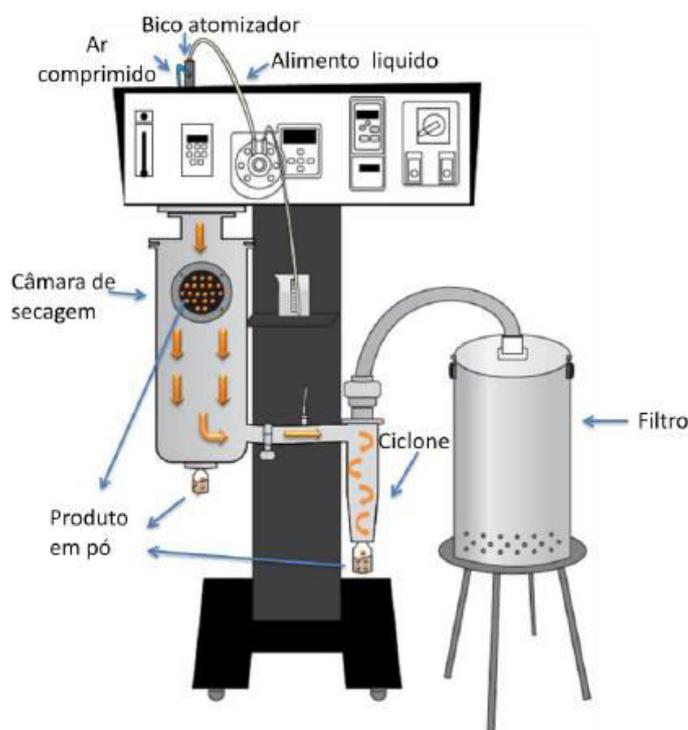
A escolha adequada do equipamento de desidratação é fundamental para a obtenção de produtos finais adequados, de boas características e estáveis quanto à conservação do mesmo (ROSA *et al.* 2012).

2.3.1 Secagem por aspersão em *spray-dryer*

A secagem por aspersão em *spray-dryer* é uma técnica amplamente utilizada na indústria de alimentos, sendo eficaz para obtenção de diversos produtos de várias formas, tais como pós, grânulos ou aglomerados. A característica desses produtos depende das propriedades físicas e químicas do material inicial, do projeto do secador e da operação em si (OLIVEIRA, 2008).

O *spray-dryer* é ideal para a secagem de produtos sensíveis ao calor, sendo utilizado na indústria onde a escolha do sistema e da operação é a chave para se obter o máximo de qualidade no pó (ROSA *et al.* 2012). Essa técnica é utilizada na desidratação de alimentos líquidos e pastosos e dela consegue-se obter produtos como ovo em pó, leite em pó, café solúvel, suco de frutas desidratado, entre outros. Na Figura 1 tem-se o desenho esquemático do funcionamento do *spray-dryer*.

Figura 1- Desenho esquemático do secador *spray-dryer* marca Labmaq do Brasil, modelo MSD 1.0 utilizado nesse trabalho.



Fonte: RIBEIRO (2014).

Segundo Ordoñez (2005), os principais objetivos pelos quais as indústrias alimentícias recorrem à secagem podem ser resumidos em aumentar o período de conservação

dos alimentos, com a inibição do crescimento de micro-organismos, atividade de algumas enzimas e determinadas reações químicas por redução de atividade de água; reduzir o volume dos alimentos para facilitar e baratear os custos de transporte e armazenamento devido, evidentemente, a diminuição do peso; facilitar o uso e diversificar a oferta de produtos, permitindo a obtenção de produtos de fácil utilização e com características sensoriais distintas.

Resumindo, o processo de secagem por aspersão consiste em quatro etapas fundamentais. Primeiro, o fluído é disperso como gotículas, produzindo uma grande área superficial depois, ocorre contato destas com uma corrente de ar aquecido, havendo transferência de calor. Na terceira etapa acontece a evaporação do solvente e a formação das partículas sólidas e pôr fim a separação do produto em pó do ar de secagem no ciclone.

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 aspersão de gotas com tamanho pequeno e homogêneo. Além disso, o tamanho das gotas determinará o das partículas secas finais (ORDOÑEZ, 2005).

As propriedades físico-químicas do pó produzido por *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, obtendo produtos com boas características nutricionais e sensoriais, bem como, bom rendimento no processo (TONON, *et al.* 2008).

Produtos desidratados em pó encontram larga aplicação em diversas formulações alimentícias de preparo instantâneo e são de fácil utilização nas operações de adição e mistura em escala industrial.

O pó de manga oferece vantagens sobre outras formas de produtos de manga processados, como purê, suco e concentrado. Além de uma vida útil mais longa devido à redução considerável no teor de água, o custo de transporte também é significativamente reduzido, além disso, pode oferecer formulações inovadoras se incorporado em outros processos produtivos e assim novos mercados.

O mercado atual vem se estruturando em diversos segmentos, apresentando novas tendências de consumo e expansão de novos mercados consumidores. O soro em pó é uma das diversas formas de processamento do soro na indústria, segundo Códex Alimentarium (2005). Os produtos de soro lácteo são uma excelente fonte de proteínas. Uma das suas principais aplicações é no preparo de bebidas, onde o soro tem a finalidade de aumentar o

valor nutricional, além de ser altamente solúvel, o que não descaracteriza o produto (PELEGRINE, CARRASQUEIRA, 2008).

2.3.2 - Parâmetros de qualidade de alimentos em pó.

A qualidade dos produtos desidratados altera com o tempo de armazenamento devido a diversas reações de natureza enzimática, oxidativas entre outras. No entanto, a estabilidade de um alimento pode ser mantida por um determinado período através do controle de interações químicas e ações enzimáticas e microbiológicas que comprometem a qualidade do produto. (MOURA, 2010).

Termodinamicamente, um material estável é aquele que se encontra em equilíbrio com as condições de temperatura e pressão do ambiente, de forma que não apresente alterações em seu estado físico ao longo do tempo (LEITE *et al.* 2005). As principais alterações em alimentos desidratados são na textura, sabor e aroma, mas as mudanças na cor e no valor nutricional são também significativas em alguns casos (FELLOWS, 2006).

Os alimentos são formados por uma combinação de diferentes componentes e, por essa razão, geralmente, existem em um estado de não equilíbrio, termodinamicamente instável, chamado de estado amorfo. Materiais amorfos são compostos susceptíveis às mudanças de temperatura e pressão do ambiente, de modo que pequenas variações nas condições ambientes podem provocar mudanças de estado em alguns componentes, causando mudanças estruturais indesejáveis. (LEITE *et al.* 2005).

Parte da qualidade dos produtos desidratados depende das mudanças que ocorrem durante o processamento e o armazenamento. O estado amorfo é obtido pela rápida remoção de umidade do material e é caracterizado por um estado metaestável em não equilíbrio mostrando um alto grau de higroscopicidade, influenciando as características do material desidratado, como a tendência de formar aglomerados e o fenômeno de *caking* (BARBOSA, 2010)

Os açúcares (sacarose, glicose e frutose) presentes nos pós de frutas são responsáveis por fortes interações com a molécula de água, em razão dos terminais polares presentes nessas moléculas, principalmente quando se apresentam no estado amorfo (JAYA E DAS, 2004), interagirem fortemente com vapor de água em seu ambiente em consequência da sua natureza hidrofílica (CARLOS *et al.* 2005).

A aspersão em produtos como as polpas de frutas e o próprio soro lácteo, produz pós muito higroscópicos que possuem a habilidade de absorver a umidade relativa do ambiente, suscetíveis a aglomeração e problemas de fluidez, essas características são

influenciadas pelo conteúdo de umidade do próprio produto (PEREIRA, 2000). A secagem da polpa de manga é uma operação difícil, principalmente devido ao problema do pó de manga ser pegajoso e aderir nas paredes do equipamento, além de endurecer durante o manuseio e armazenamento.

Daí a necessidade da utilização dos adjuvantes de secagem, que são aditivos de alto peso molecular como, por exemplo, polímeros e gomas. Eles são incorporados no produto antes de serem atomizados para aumentar a temperatura de transição vítrea, facilitando o processo de secagem e as operações de transporte e armazenamento.

A mudança de fase mais comum em alimentos é a transição vítrea, que consiste em uma transição de fase de segunda ordem de um estado sólido-vítreo para um estado semilíquido gomoso. A transição vítrea de um composto ocorre a certa temperatura, denominada temperatura de transição vítrea (T_g), que é variável com a composição do alimento, principalmente, com o teor de água.

A maltodextrina é um dos principais aditivos utilizados para auxiliar a secagem por aspersão. É um oligossacarídeo solúvel em água, proveniente da hidrólise de amidos. As condições da hidrólise permitem definir a distribuição de massa molecular das maltodextrina e, conseqüentemente, suas características funcionais podem ser ajustadas para aplicações distintas e específicas (TAKEITI, 2007).

Este agente adjuvante é empregado em formulações de pós alimentícios prontos para o consumo e também no processo de secagem, pois além de facilitá-la melhora as características do produto final. A maltodextrina é um material com baixa higroscopicidade e alto peso molecular, que confirma a eficiência de seu uso como agente carreador no sentido de reduzir a higroscopicidade de produtos desidratados em *spray-dryer*.

A secagem em *spray dryer* do soro para obtenção do produto em pó está entre as diversas tecnologias para o aproveitamento deste tipo de subproduto. Neste processo, grande parte dos nutrientes são preservados. Além disso, a concentração do soro gera produtos proteicos que, ao serem utilizados como ingredientes, melhoram as propriedades funcionais (viscosidade, solubilidade, geleificação, emulsificação, formação de espuma e estabilidade) dos alimentos. Atualmente, os concentrados de soro são utilizados em produtos de panificação, sobremesas congeladas, chocolates, fórmulas infantis, produtos à base de queijo, bebidas nutricionais, leites fermentados e diversidade.

2.4 Bebida Composta

Bebida composta de fruta, de polpa ou de extrato vegetal é a bebida obtida 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 (BRASIL, 2009). Podendo ser comercializada na forma de preparado sólido ou líquido, sendo denominada de preparado sólido ou líquido para bebida composta.

As bebidas contendo soro são uma realidade no mercado brasileiro atual e estão apresentadas sob diversas formas de processamento, dessa maneira, é crescente o número de pesquisas com bebidas contendo soro lácteo (ALMEIDA; BONASSI; ROÇA, 2001; SANTOS *et al.* 2006; THAMER; PENNA, 2006; SANTOS *et al.* 2008; ALMEIDA; TAMIME; OLIVEIRA, 2009; PFLANZER *et al.* 2010).

Dentre essas pesquisas, Puppio (2015) mostra que a bebida microfiltrada elaborada a partir de soro de leite e de suco de laranja possui qualidade nutricional e microbiológica, além de ser bem aceita pelos provadores. Possuindo assim, um grande potencial pelo fato de ser um produto de baixo custo, com sabor de ampla aceitabilidade pela população brasileira e fonte de nutrientes.

Oliveira (2006) elaborou três formulações de bebida láctea fermentada com diferentes concentrações de soro e enriquecida com ferro. Menezes (2011) desenvolveu formulações de bebidas lácteas fermentadas sabor cajá, utilizando proporções de 20, 30 e 40 % de soro lácteo. Essas bebidas apresentaram-se como uma alternativa inovadora da utilização desta frutas e demonstram que a utilização de soro lácteo na formulação é viável tecnológica, nutricional e sensorialmente.

No estudo de Pareek, Gupta e Sengar (2014) onde foi elaborada uma bebida carbonatada a base de soro de leite e suco de laranja foi constatado uma elevação no teor de nutrientes devido a adição do soro de leite. Outra pesquisa mostra o efeito da β -lactoalbumina presente no soro na hidratação e na melhora do funcionamento intestinal (WERNIMONT *et al.*, 2015).

Segundo Puppio (2015), pesquisas atuais com nutrição esportiva apontam que as proteínas do soro possuem uma capacidade simultânea para hidratar e regenerar a musculatura após atividades físicas. Esses dados revelam que há potencial para o desenvolvimento de bebidas refrescantes e hidratantes à base de soro. Porém, o soro sozinho pode ser pouco atrativo em relação ao seu sabor.

Shiby, Radhakrishna e Bawa (2013) elaboraram uma bebida liofilizada energética a base de suco de frutas (romã e uva) e soro de leite, na proporção de 49:51 e 49:60 respectivamente, mostrando que os maiores teores de soro na bebida tiveram uma melhor aceitação, o que é um ponto positivo sendo que o soro é um subproduto das indústrias.

Essas pesquisas fornecem informações do potencial que a bebida formulada teria para hidratar praticantes de atividade física após o exercício, porém seriam necessárias mais análises para confirmar essa hipótese.

Puppio (2015) vê a necessidade do trabalho conjunto entre indústrias laticinistas e pesquisadores com o objetivo de melhorar a qualidade do leite, criar novos derivados, realizar o reaproveitamento do soro e criar novas bebidas à base de soro de leite e suco de frutas, de forma a atender às necessidades constantes de novidade dos consumidores de lácteos.

Vale ressaltar que a legislação exige predominância do ingrediente de origem vegetal sobre o ingrediente de origem animal, assim, para cada 100 mL de bebida composta, deve haver uma quantidade mínima de 20 mL de polpa de manga (BRASIL, 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção e armazenamento da matéria prima

A polpa de manga, sem adição de conservantes, foi obtida em uma agroindústria de processamento de polpa de frutas do município de Fortaleza-CE e transportadas na própria embalagem de comercialização (100g) em caixa térmica para manutenção da temperatura de congelamento até o Laboratório de Refrigeração da Universidade Federal do Ceará, onde permaneceram armazenadas em freezer vertical para posterior análises.

O soro lácteo líquido foi obtido em um laticínio localizado na região metropolitana de Fortaleza – CE e transportado em recipientes de 5 litros em caixas térmicas até o Laboratório de Refrigeração da Universidade Federal do Ceará, onde foi fracionada para embalagens de 180 mL e armazenado em freezer a -18°C, para posterior caracterização e aplicação na formulação da bebida composta.

A Maltodextrina DE 20 (Dextrose Equivalente), utilizada como adjuvante de secagem marca Cargill, foi obtida de uma empresa distribuidora local.

3.2 Processo de secagem

O processo de desidratação foi realizado em secador *spray-dryer* modelo - MSD 1.0 marca - Labmaq do Brasil. Os pós obtidos foram pesados e acondicionados em sacos plásticos laminados (polietileno tereftalato/alumínio/poliamida). As embalagens foram seladas a vácuo e acondicionadas sobre o abrigo da luz em temperatura ambiente, devidamente codificadas.

3.3 Planejamento experimental e análise estatística

Com a finalidade de determinar as melhores condições de secagem do secador tipo *spray-dryer* em relação à temperatura de secagem e vazão do ar de secagem (TABELA 9), foi realizado um planejamento experimental através de delineamento composto central rotacional (DCCR) 2², incluindo 4 ensaios axiais e triplicata no ponto central. Para cada ensaio foram utilizadas 400 g de bebida composta constituída de 20 % maltodextrina (80 g); 40 % polpa de manga (160 g); 40 % soro (160 g).

Como variáveis respostas de interesse do planejamento foram adotadas: umidade, higroscopicidade, grau de *caking*, carotenoides, rendimento, solubilidade e cor.

Tabela 9- Níveis do planejamento para secagem da bebida composta.

Variáveis independentes:	Níveis				
	-1,42	-1	0	+1	+1,42
Temperatura (°C) – X_1	115	125	150	175	186
Vazão do ar de secagem (m ³ /min) – X_2	3,47	3,6	3,9	4,2	4,33

Fonte: Elaborada pela autora.

O planejamento experimental nas condições estabelecidas neste estudo necessitou da efetivação de 11 ensaios em condições distintas conforme descrito na Tabela 10, com a distribuição de 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), gerando um modelo quadrático, onde os valores das variáveis respostas estão em função das variáveis independentes. Na Tabela 10 estão descritas as condições utilizadas para secagem da bebida composta.

Tabela 10- Ensaios do planejamento experimental para secagem da bebida composta

Ensaio	Variáveis codificadas e reais			
	Nível X_1	Temperatura	Nível X_2	Vazão de ar de secagem
1	+1	175	+1	4,2
2	-1	125	+1	4,2
3	+1	175	-1	3,6
4	-1	125	-1	3,6
5	-1,42	115	0	3,9
6	1,42	186	0	3,9
7	0	150	-1,42	3,47
8	0	150	1,42	4,33
9	0	150	0	3,9
10	0	150	0	3,9
11	0	150	0	3,9

Fonte: Elaborada pela autora.

Após a análise estatística dos coeficientes, a análise de variância (ANOVA) foi aplicada com o intuito de testar a adequação dos modelos gerados através do teste F . Definidos os modelos, foi possível determinar os valores das variáveis independentes que promoveram as melhores respostas.

Para visualização dos efeitos das variáveis independentes e suas interações sobre as variáveis-respostas, conforme planejamentos compostos central foram construídos os

gráficos de superfícies de resposta. Os dados foram tratados estatisticamente com o auxílio do *software Statistica 7.0* (STATSOFT, 2007) de forma a assegurar a validade dos coeficientes dentro de um intervalo de confiança de 90 %.

3.4 Delineamento de misturas para formulação

Após estabelecer as melhores condições de secagem da bebida composta em pó (item 3.2), foi realizado um delineamento de misturas Simplex Centróide para determinar a melhor formulação para a bebida composta obtida da mesma em relação às concentrações de polpa de manga, soro e maltodextrina.

Os dados obtidos foram inseridos através do aplicativo *Statistica 7.0* (STATSOFT, 2007). Para as formulações, adotou-se como limite mínimo 20 % e máximo 75 % para a polpa de manga e soro. Para a maltodextrina o mínimo de 5 % e o máximo de 50 % gerando assim 7 tratamentos como explicitado na Tabela 11, onde o percentual final foi de 100 % representando um total de 400 g (polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina).

Como variáveis respostas foram adotadas: umidade, higroscopicidade, carotenoides, cor, solubilidade e rendimento. Na Tabela 11 estão descritos os ensaios do delineamento das misturas de polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina.

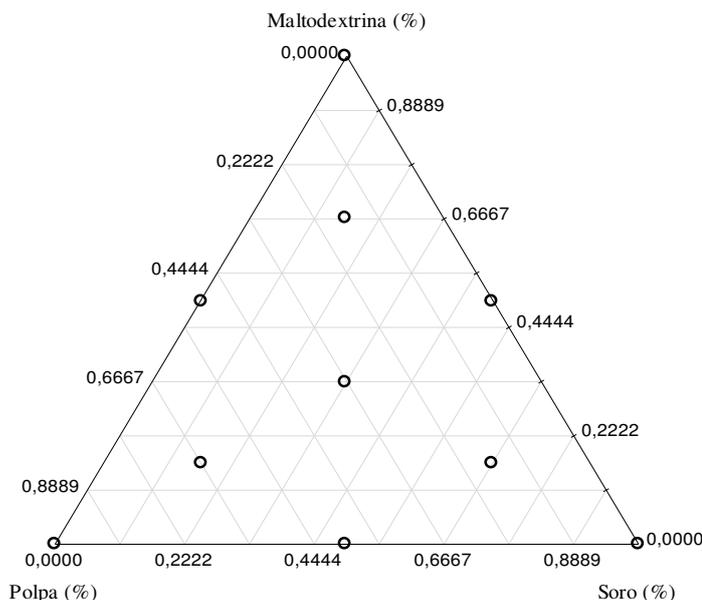
Tabela 11 – Delineamento experimental da mistura de polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina para formulação da bebida composta.

Ensaio	Variáveis		
	Polpa de Manga %	Soro lácteo %	Maltodextrina %
1	75,00	20,00	5,00
2	20,00	75,00	5,00
3	25,00	25,00	50,00
4	47,50	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

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 2 mostra um exemplo do diagrama ternário utilizado na interpretação dos dados gerados pela mistura de 3 componentes.

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



Fonte: Elaborado pela autora

3.5 Análises para caracterização física e físico-química realizadas na matéria prima e na bebida composta em pó obtida.

A fim de caracterizar a polpa de manga, o soro lácteo e a bebida composta em pó, foram realizadas análises físicas e físico-químicas em triplicata. As análises foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem da Universidade Federal do Ceará. Para isso, a polpa de manga e o soro de leite foram previamente descongelados em temperatura de refrigeração (8 ± 2 °C).

3.5.1 Caracterização da polpa de manga

As determinações de umidade, sólidos solúveis totais, potencial hidrogênionico, acidez total titulável, açúcares redutores e totais, ácido ascórbico, carotenoides, proteínas totais e cor instrumental foram realizados conforme metodologias descritas no item 3.6.

3.5.2 Caracterização do soro lácteo

As determinações de umidade, sólidos solúveis totais, potencial hidrogênionico, acidez total titulável, açúcares redutores e totais, proteínas totais, cinzas e gorduras foram realizados conforme metodologias descritas no item 3.6

3.5.3 Caracterização da bebida composta em pó

As determinações de umidade, sólidos solúveis totais, potencial hidrogênionico, acidez total titulável, açúcares redutores e totais, proteínas totais, higroscopicidade, solubilidade, grau de *caking*, cor instrumental, carotenoides e rendimento foram realizadas conforme metodologias descritas no item 3.6.

3.6 Metodologias das Análises utilizadas

Umidade

A determinação da umidade das amostras foi realizada em balança de precisão do modelo MARCONI ID50 que utiliza como padrão o especificado pela AOAC, 105°C / 30 min. O princípio do método é a diferença de peso na amostra: (amostra + umidade) - (amostra seca) semelhante ao realizado em estufa. A amostra foi seca até cessar a variação de peso e o equipamento, automaticamente, informou o final do processo e seus respectivos valores em % de umidade.

Sólidos solúveis totais

A análise de sólidos solúveis da polpa de manga e do soro lácteo foi realizada em refratômetro digital portátil marca ATAGO N1, previamente calibrado com água destilada, onde as amostras foram colocadas diretamente para a leitura. Para determinação dos sólidos solúveis das bebidas em pó, diluiu-se, aproximadamente 1,0 g de pó para 10,0 mL de água destilada e realizou-se a leitura em refratômetro. Os conteúdos de sólidos solúveis totais foram expressos em ° Brix (IAL, 2008).

Potencial hidrogênionico (pH)

Para a determinação do pH da polpa de manga e do soro lácteo, foram realizadas leituras diretamente na amostra em potenciômetro da marca Quimis, modelo – Q400AS, 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 das bebidas em pó, foi realizada uma diluição 1,0: 10,0 (pó: água destilada) e posteriormente realizou-se a leitura.

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). Na determinação dos açúcares totais, as amostras foram previamente hidrolisadas com ácido clorídrico e neutralizadas com hidróxido de sódio (2 N). Para a análise de açúcares redutores, foi pesado em Becker, aproximadamente, 0,5g da amostra em pó e adicionado 40 mL de água destilada. Os resultados foram expressos em %.

Ácido Ascórbico

A quantificação do ácido ascórbico da polpa de manga foi determinada através do método titulométrico utilizando-se solução de DFI (2,6 dicloro-fenol-indofenol (0,02 %) segundo Strohecker e Henning (1967). Pesou-se, inicialmente, cerca de 2 g da polpa e, posteriormente, transferiu-se para balão volumétrico onde foi adicionada solução de ácido oxálico. Desta solução transferiu-se uma alíquota de 5 mL para um erlenmeyer e adicionando 45 mL de água destilada, então se titulou com DFI até coloração róseo claro persistente.

Acidez total titulável

A acidez titulável foi determinada pela diluição de 1,0 g da polpa, soro ou bebida composta em pó em 50,0 mL de água destilada, titulando-se a amostra com solução de hidróxido de sódio 0,1 N recentemente padronizada, com utilização de solução de fenolftaleína 1,0 % como indicador até a coloração levemente rósea, conforme descrito no método 310/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico/100g para polpa e bebida composta e g de ácido láctico/100g para o soro.

Carotenoides

Para a polpa de manga, foram pesados 5 g da amostra e adicionados 15 mL de álcool isopropílico e 5 mL de hexano, colocando em Erlenmeyer protegido da luz e, em seguida, agitou-se esta solução por 1 min. em agitador magnético. Após a agitação, transferiu-se o conteúdo para um funil de separação de 125 mL, envolto em papel alumínio, completando-se o conteúdo com água e deixando descansar por 30 min., seguida de lavagem (retirando a fase aquosa e deixando a fase de cor amarela). Após três descansos de 30 min. cada, filtrou-se o conteúdo em algodão (com um 1g de sulfato de sódio anidro PA) para um balão volumétrico (25 mL), envolto em papel alumínio, lavando-se o algodão com hexano e pressionando-o no funil para que não ficasse pigmento amarelo no algodão. Adicionou-se ao balão 2,5 mL de acetona e completou-se o restante com hexano. O “branco” foi composto de

1 mL de acetona e 9 mL de hexano e a leitura feita em comprimento de onda de 450 nm. (HIGBY, 1962).

Para o pó, seguiu-se a mesma metodologia (HIGBY, 1962) com modificações no tempo de agitação de 1 para 5 minutos, no tempo de descanso de 30 para 45 minutos e número de lavagens de 3 para 6.

Cálculo:

$$C = (Abs_{450} \times 50) / ((125 \times (P/V))) \quad \text{[Equação 1]}$$

Onde: C = carotenoides (mg); Abs₄₅₀ = absorvância lida em espectrofotômetro a 450 nm;

P = peso da amostra (g); V = volume do balão utilizado (mL).

Cor instrumental

A cor da polpa de manga, do soro lácteo e da bebida composta em pó foram obtidas através do sistema de leitura dos parâmetros, CIElab, proposto pela Commission Internacionale 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).

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 100mg 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 absorvâncias 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.

Higroscopicidade

A análise de higroscopicidade, realizada na bebida composta em pó, foi determinada segundo Goula e Adamopoulos. (2008) com modificações descritas a seguir. Cerca 1,0 g de pó foi peneirada em peneira de 500 µm e espalhada uniformemente sobre uma placa de petri colocada em dessecador por 90 min, sob condições de 24 °C e 76 % de umidade relativa, utilizando solução saturada de NaCl. Os valores foram expressos em gramas de água absorvida por gramas de amostra em base seca.

Grau de Caking

Após a determinação de higroscopicidade, a amostra úmida foi levada à estufa a $102 \pm 2^\circ\text{C}$ por uma hora. Após o resfriamento em dessecador, a amostra foi pesada e transferida para peneira com abertura de 500 µm e agitada por 5 min. em agitador de peneiras eletromagnético da empresa Bertel sob agitação média. O peso do pó retido na peneira foi pesado e o grau de *caking* calculado segundo Jaya e Das (2004).

Solubilidade

A solubilidade foi determinada segundo o método de Eastman e Moore (1984) com modificações Cano-Chauca (2005). O método consistiu em adicionar 1,0 g da amostra em 100 mL de água destilada sob agitação de 2000 RPM durante 5 min. A solução foi colocada em tubos e centrifugada a 3000 RPM durante 5 min. Uma alíquota de 25,0 mL do sobrenadante foi transferida para placa de Petri e, imediatamente, seca em estufa a 105 °C durante 5 horas. Em seguida, a solubilidade (%) foi calculada por diferença de peso.

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). O rendimento em % foi calculado de acordo com a equação abaixo:

$$R = \frac{a}{b} * 100 \quad \text{[Equação 2]}$$

Onde: a = Sólidos do pó obtido (g); b = Sólidos da mistura que será seca (g).

Atividade de água (a_w)

A determinação da atividade de água do pó obtido foi realizada utilizando um medidor de atividade de água, modelo AQUALab 4 TEV a 25°C, conforme indicações do fabricante. Colocou-se em torno de 0,6 g de amostra na cápsula, logo após travou-se a tampa superior do equipamento e o mesmo forneceu o valor da atividade de água.

Cinzas

Pesou-se 10 g da amostra em cápsula, previamente aquecida em mufla a 550°C e resfriada em dessecador até temperatura ambiente. O soro lácteo líquido foi evaporado em banho-maria, seco em chapa elétrica, carbonizado em temperatura baixa e incinerado em mufla a 550 °C, até eliminação completa do carvão. Em seguida, resfriou-se em dessecador até a temperatura ambiente e pesou-se. Repetiram-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).

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 foi 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 por 4 horas. Após a extração, o balão contendo a gordura foi seco em estufa (103 ± 2 °C) por uma hora. Pesou-o e repetiram-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.

3.7 Avaliação da estabilidade da bebida composta em pó

A bebida composta em pó foi embalada em embalagens laminadas (PET/Al/PA) e avaliada por 75 dias a cada 15 dias. As análises realizadas foram; umidade, higroscopicidade, atividade de água, acidez, pH, ° Brix, carotenoides e cor instrumental parâmetro L*, a* e b* do pó, segundo as metodologias descritas no item 3.6. Para análise dos resultados da estabilidade, foram feitos testes de comparação de médias (Teste de *Tukey*) a 5 % de confiança.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização físico-química da polpa integral de manga e soro lácteo.

A polpa de manga e o soro lácteo foram analisados quanto aos parâmetros físico-químicos e os resultados obtidos se encontram dispostos na Tabela 12.

Tabela 12 – Caracterização física e físico-química da polpa de manga e do soro- láctea.

Análise	Polpa integral	Soro lácteo
pH	4,20±0,01	6,74±0,01
Acidez	0,25±0,00 ¹	0,13±0,00 ²
SS (°Brix)	11,6±0,10	6,9 ±0,11
Açúcar Redutor (%)	2,92±0,03	3,26±0,20
Açúcar Total (%)	9,21±0,39	3,88±0,05
Ácido ascórbico (mg. 100g ⁻¹)	14,32±0,00	-
Umidade (%)	87,29±0,23	93,68±0,25
L*	58,72±0,03	69,94±0,67
a*	4,16±0,01	-3,66±0,00
b*	51,1±0,15	6,16±0,02
Carotenoides (mg. 100g ⁻¹)	1,49±0,01	-
Cinzas (% m/m)	-	0,49±0,00
Gorduras (%)	-	0,04±0,02
Proteínas (%)	1,6±0,03	1,36±0,01

- : variável não analisada. ¹ acidez em gramas de ácido cítrico/100g; ² acidez em gramas de ácido láctico/100g.

Fonte: Elaborada pela autora.

A polpa de manga apresentou valores de sólidos solúveis (° Brix), pH e teor de açúcares totais dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente (TABELA 6), estando apenas com a acidez inferior.

Ao determinar acidez e pH de um alimento pode-se obter um dado valioso quanto ao seu estado de conservação, pois os processos de decomposição alteram quase sempre a concentração dos íons hidrogênio.

O valor de pH da polpa de manga (4,20) revelou-se próximo aos encontrados por Machado *et al.* (2007) e Bezerra *et al.* (2011) que variaram de 3,33 até 4,18. Valores de pH inferiores foram encontrados por Moreira *et al.* (2013) em polpa de manga da variedade Tommy Atkins (3,73 ± 0,03) e Silva *et al.* (2012) (3,85± 0,06) em polpa de manga integral pasteurizada e congelada. Caldas *et al.* (2010) encontrou variações de 3,63 a 4,52, avaliando diversas polpas de manga de diferentes indústrias.

Por definição, o soro doce deve apresentar pH entre 6,0 e 6,8 e o soro ácido inferior a 6,0. O soro utilizado nesse estudo obteve pH de 6,74, caracterizando-se doce e dentro dos padrões estabelecidos pelo regulamento técnico de identidade e qualidade de soro lácteo (BRASIL, 2013).

Teixeira e Fonseca (2008), que avaliaram o perfil físico-químico de soros de leite obtidos dos queijos mussarela e minas frescal (soro doce), observaram pH entre 6,19 e 6,30 enquanto Oliveira (2011) encontrou valores de 5,52 para o soro doce. Paula *et al.* (2012) e Bosi *et al.* (2013), observaram valores de 6,59 e 6,46, respectivamente, semelhantes ao presente estudo.

Para a acidez da polpa de manga, Silva *et al.* (2012) encontraram 0,57 g de ácido cítrico. 100 g⁻¹ de polpa e Moreira *et al.* (2013) 0,47 g de ácido cítrico.100g⁻¹, superior ao observado nesse estudo que foi de 0,25 g de ácido cítrico.100 g⁻¹. Silva *et al.* (2009), trabalhando com manga espada no estágio de maturação maduro, encontraram 0,26 g de ácido cítrico. 100 g⁻¹, semelhante ao observado nesse estudo. Estas variações podem ser explicadas pelo grau de maturação do fruto utilizado para produção das polpas, uma vez que, à medida que ocorre o amadurecimento, o teor de ácido cítrico diminui.

Pelo Regulamento Técnico, o soro lácteo líquido deve apresentar no mínimo 0,1g.100 g⁻¹ de ácido láctico estando assim, o soro utilizado, nesse trabalho, dentro do padrão estabelecido, pois revelou 0,13g de ácido láctico. 100 g⁻¹ de soro semelhante ao relatado por Paula *et al.*(2012) e Bosi *et al.* (2013) de 0,10 g de ácido láctico.100 g⁻¹.

Os sólidos solúveis são comumente designados de °Brix e correspondem a todas as substâncias como: açúcares, ácidos, vitamina C e algumas pectinas (CHITARRA; CHITARRA, 2005) que se encontram dissolvidas em um determinado solvente, o qual, no caso dos alimentos, é a água. O teor de sólidos solúveis da polpa de manga utilizada nesse estudo (11,6° Brix) foi inferior aos encontrado por Silva *et al.* (2012), para o mesmo produto (14,90 °Brix). Moreira *et al.* (2013), em polpa integral de manga, encontraram 12,80 °Brix, semelhante ao reportado por Bezerra *et al.* (2010) de 13,08 °Brix. Essas variações podem ser explicadas pela diversidade de cultivares e condições de plantio.

Mais da metade dos sólidos solúveis presentes no leite são constituintes do soro, incluindo grande parte de lactose, proteínas do soro, sais minerais e vitaminas solúveis (Atra *et al.* 2005). O valor observado para o soro nesse estudo foi de 6,9 ± 0,11 °Brix foi semelhante ao encontrado por Silva *et al.* (2013) de 6,95 ± 0,18 °Brix em sua pesquisa do efeito do soro de leite no processo de concentração do doce de leite pastoso.

O valor médio de açúcar redutor da polpa de manga foi de 2,92%, Bezerra *et al.* (2010), trabalhando com polpas de manga das variedades Coité e Espada destacaram valores médios de 3,56 e 6,35%, respectivamente. Já Silva *et al.* (2012) obteve o valor médio de 2,87 % também para a polpa, semelhante ao encontrado nesse estudo.

Quanto aos açúcares totais, Bezerra *et al.* (2011), em seu estudo com polpas de manga in natura das variedades Rosa e Tommy Atkins obtiveram como valores médios de 8,55 % e 11,28 %, respectivamente. Da mesma maneira Silva *et al.* (2009), trabalhando com as cultivares de manga Espada, Haden, Kent, Palmer e Tommy Atkins, relataram valores de 10,6, 6,7, 8,8, 9,9 e 11,0 %, respectivamente, ambos os trabalhos encontraram valores médios próximos ao desta pesquisa (9,21 %).

O valor de ácido ascórbico encontrado na polpa de manga foi de 14,32 mg. 100g⁻¹ Bezerra *et al.* (2011) obtiveram valores de ácido ascórbico superiores para a polpa de manga cv. Rosa e cv. Tommy Atkins, respectivamente, 52,11 e 36,24 mg. 100g⁻¹. Silva *et al.* (2012) também observaram valor superior de 20,88±0,89 mg. 100g⁻¹, enquanto Caldas *et al.* (2010) encontraram valor inferior de 3,86 mg.100g⁻¹.

A umidade da polpa de manga integral obtida (87,29%) foi ligeiramente acima da encontrada por Moreira *et al.* (2013) de 85,48 % e Marques *et al.* (2006), cujo valor foi de 80,83%. Bezerra *et al.* (2010) obtiveram valores próximos ao deste trabalho, 86,02 e 81,93% para polpas de manga cultivar Coité e Espada, respectivamente. Para o soro, o valor médio de umidade observado foi 93,68%, próximo ao obtido por Tashima *et al.* (2013) de 92,94%.

Na análise da cor da polpa integral, segundo os parâmetros L*, a* e b*, verificou-se predominância da cor amarela (b* = 58,72) sobre a vermelha (a* = 4,16). Os resultados de L* e b* foram semelhantes ao obtidos por Benevides *et al.* (2008), cujos valores foram de 58,00 e 49,11, respectivamente, já o valor do parâmetro a* (15,91) foi diferente ao observado nesse estudo.

Os valores para os parâmetros de cor luminosidade (L*), intensidade do vermelho (a*) e intensidade do amarelo (b*) do soro caracterizam-no com alta luminosidade e coloração mais próxima da cor verde (a*) e amarela (b*).

O teor de carotenoides (1,49 mg. 100g⁻¹) apresentou-se inferior ao observado por Bezerra (2011), para as polpas de manga integral das variedades Rosa e Tommy Atkins de 2,74 e 1,65 mg. 100g⁻¹, respectivamente.

Thasyma *et al.* (2013) em seu estudo comparativo da composição centesimal do soro de leite bovino, caprino e ovino obteve como valores de cinzas, gorduras e proteínas do soro bovino 0,59, 0,5 e 0,85%, respectivamente. No presente estudo o valor de cinzas (0,49%)

foi semelhante ao encontrado pelo autor já o teor de proteínas (1,36 %) foi superior e o teor de gorduras (0,04) inferior ao reportado pelo mesmo.

Já Borba (2013) observou um teor de proteínas de 1,31 % em soro lácteo bovino, bastante semelhante ao dessa pesquisa. Valores de 0,77, 6,19 e 0,47, respectivamente para gordura, pH e cinzas foram encontrados por Teixeira e Fonseca (2008) em soro bovino oriundo da produção de queijo mussarela. Cunha *et al.* (2008) obteve valores de 0,66% (m/m) de proteína, 0,16% (m/m) de gordura e 0,53% (m/m) de cinzas, para soro obtido da fabricação queijo Minas Fiscal.

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). Já a determinação das cinzas está 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).

4.2 Resultados do planejamento experimental

4.2.1 Resultados das análises de umidade, higroscopicidade, grau de caking e carotenoides do planejamento experimental.

Na Tabela 13 estão apresentados os ensaios realizados no planejamento experimental para obtenção da bebida composta em pó contendo polpa de manga e soro lácteo por meio do processo de secagem por aspersão em *spray-dryer*, os resultados médios e o desvio padrão das variáveis respostas umidade, higroscopicidade, grau de *caking* e carotenoides. *et al.*

Tabela 13 - Resultados das análises de umidade, higroscopicidade, grau de *caking* e carotenoides do planejamento experimental para bebida composta em pó de polpa de manga e soro lácteo.

Variáveis Independentes			Variáveis Respostas			
Ensaio	Vazão de Ar (m ³ / min.)	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Higroscopicidade (g.100g ⁻¹)	Grau de <i>caking</i> (%)	Carotenoides (mg.100g ⁻¹) b.s
1	4,2	175	1,69±0,06	8,00±0,14	37,89±0,71	0,95±0,01
2	4,2	125	2,00±0,07	8,01±0,35	51,74±2,97	0,66±0,00
3	3,6	175	1,85±0,08	8,39±0,54	53,15±5,87	0,76±0,00
4	3,6	125	2,74±0,05	7,16±0,56	52,06±2,09	0,66±0,00
5	3,9	115	2,57±0,26	5,59±0,28	49,02±2,35	1,01±0,02
6	3,9	186	2,15±0,07	7,47±0,40	32,97±1,97	0,83±0,02
7	3,47	150	1,89±0,08	8,57±0,44	54,12±2,36	0,67±0,00
8	4,33	150	1,43±0,03	7,75±0,21	55,60 ±2,08	0,63±0,00
9	3,9	150	1,56±0,09	7,65±1,26	46,77±2,03	0,61±0,00
10	3,9	150	1,97±0,04	7,12±1,26	49,95±3,29	0,68±0,01
11	3,9	150	1,99±0,07	7,26±0,10	49,40±3,67	0,78±0,00

Fonte: Elaborada pela autora (2015).

4.2.1.1 Umidade

De acordo com a Tabela 13 pode-se observar que os valores de umidade variaram de 1,43 % (Ensaio 8) a 2,74 % (Ensaio 4). A determinação de umidade é uma medida importante estando esse parâmetro relacionado com a estabilidade, qualidade e composição de produtos alimentícios. A presença de umidade em alimentos afeta, por exemplo, a sua estocagem, sua embalagem e o seu processamento.

Rocha (2013) encontrou valores de umidade com oscilação de 1,51 a 6,06 % para pós de polpa de manga em pó. Lancha *et al.* (2012) estudando a desidratação de polpa de pitanga e jabuticaba em *spray-dryer* obteve umidades que variaram de 1,08 a 2,62 % para pitanga e 1,81 a 3,64 % para a jabuticaba, semelhantes aos observados nesse estudo. Perrone (2010) encontrou como valor médio de umidade para o soro lácteo concentrado a vácuo e seco em *spray-dryer* $3,13 \pm 0,13$ %.

Os efeitos das variáveis temperatura e vazão de ar sobre a umidade do pó apresentaram significância estatística em um nível de 90 % de confiança. Verificou-se que a temperatura apresentou resposta significativa ($p < 0,10$) nos dois termos (L e Q) e a vazão apenas no termo linear, mostrando um efeito negativo e indicando que seu aumento contribuiu diretamente para diminuição da umidade final (TABELA 14).

Tabela 14- Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) das variáveis independentes sobre a umidade.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	p - valor
Temperatura (L) *	-0,46*	0,13*	0,01*
Temperatura (Q) *	0,55*	0,15*	0,02*
Vazão(L) *	-0,38*	0,13*	0,03*
Vazão (Q)	-0,15	0,15	0,38
Temperatura x Vazão	0,29	0,19	0,18

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

Ferrari, Ribeiro e Aguirre (2012), na secagem por aspersão em *spray-dryer* de polpa de amora preta encontraram valores de umidade entre 0,55 e 3,05 % eles sugeriram que o aumento da temperatura de secagem resulta em maior perda de água do pó obtido, devido a maior taxa de transferência de calor sobre as partículas, promovendo grande força motriz para a evaporação de umidade.

Mestry, Mujumdar e Thorat (2011) observaram o mesmo comportamento do presente estudo durante secagem de suco misto de melão e cenoura, ou seja, a diminuição na umidade com o aumento da temperatura. Su *et al.* (2012) em seu estudo sobre a influência da

temperatura em faixas que variavam de 90 a 160°C, na obtenção de polpa de cupuaçu em pó, usando *spray-dryer*, destacaram o efeito inverso da temperatura sobre os valores de umidade.

Os resultados obtidos para a variável umidade foram submetidos a análise de variância para verificação da significância da regressão em nível de 90 % de confiança (TABELA 15).

Segundo Neto, Scarminio e Bruns (2010), a ANOVA é o método mais usado para se avaliar numericamente a qualidade do ajuste de um modelo. Quando o valor de F da regressão ($F_{\text{calculado}}$) for maior que F_{tabelado} existe uma relação linear entre as variáveis, logo a razão de $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$ será maior que 1 e assim o modelo é estatisticamente significativo.

O valor de F da falta de ajuste serve para avaliar se o modelo está bem ajustado às observações, valores altos de $F_{\text{calculado}}$ significam elevada falta de ajuste. A razão de $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$ deve ser menor que 1 para que a mesma não seja significativa, visto que, a falta de ajuste do modelo é a parte que se refere às falhas do modelo em se ajustar aos dados experimentais (NETO, SCARMINIO E BRUNS, 2010).

Tabela 15- Análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão do planejamento experimental da bebida composta em pó para a variável umidade (%).

Fonte de variação	Soma Quadrática	GL	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	1, 16	3	0, 38	6,98	3,07
Resíduos	0, 39	7	0, 05		
Falta Ajuste	0, 26	5	0, 05	0,91	9,29
Erro Puro	0, 11	2	0, 05		
Total	1, 54	10			

Fonte: Elaborada pela autora.

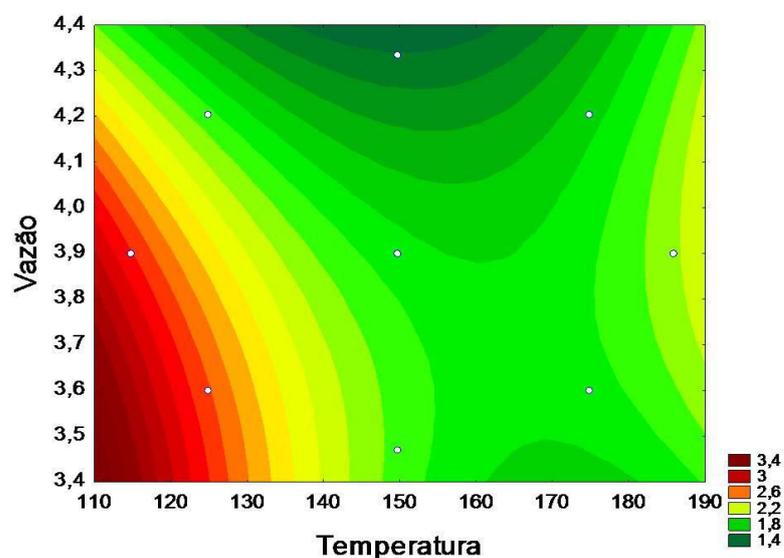
De acordo com o teste F da ANOVA (TABELA 15) o modelo estatístico foi significativo ($p < 0,10$) e se ajusta aos dados experimentais testados para a umidade da bebida composta em pó de polpa de manga e soro lácteo, sendo representado pela equação 3.

$$U = 14,54 - 0,2171x + 0,0004x^2 + 2,8283y - 0,8165y^2 - 0,0347xy \quad [\text{Equação 3}]$$

Onde: U = umidade; x = temperatura em °C; y = vazão em m^3/min .

Com a validação do modelo, deu-se prosseguimento a construção do gráfico de curvas de contorno para a variável umidade

Figura 3-Curva de contorno da umidade da bebida composta em pó em função da temperatura de secagem e vazão de ar quente.



Fonte: Elaborada pela autora.

Nota-se, através da Figura 3 que em vazões superiores a $4,0 \text{ m}^3/\text{min}$. e temperaturas superiores a 150°C tem-se uma região de menor umidade. Essa tendência já era esperada, sabe-se que um dos princípios da secagem por aspersão é o aumento de área de contato entre o material e o agente dessecante, ou seja, o ar quente.

Quanto maior o volume de ar quente e utilização de temperaturas elevadas maior será a retirada de água do material a ser desidratado, resultando assim na obtenção de um pó mais seco devido uma maior transferência de calor para as partículas. Valores mais elevados de umidade foram observados em vazões inferiores a $3,9 \text{ m}^3/\text{min}$. e temperaturas abaixo de 125°C .

Esse comportamento foi observado nessa pesquisa e também por outros autores como, por exemplo, Rocha *et al.* (2014) em estudo de desidratação de polpa de manga e suco de caju integral, Moreira *et al.* (2009) em estudo com suco de acerola em pó e Tonon *et al.* (2009) em estudo com suco de açaí em pó, sendo todos obtidos em *spray-dryer*.

4.2.1.2 Higroscopicidade

Observou-se que os valores de higroscopicidade (TABELA 13) oscilaram entre $5,59 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (ensaio 5) a $8,57 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (ensaio 7), sendo as menores médias para ensaios onde as temperaturas foram inferiores a 150°C e vazões entre $3,6$ e $4,2 \text{ m}^3/\text{min}$. Rocha (2013) observou valor de higroscopicidade de $12,38 \pm 0,25$, superior ao encontrado nesse estudo.

Tabela 16- Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) das variáveis independentes sobre a higroscopicidade.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	p - valor
Temperatura (L)	0,96*	0,29*	0,02*
Temperatura (Q)	-0,84*	0,35*	0,06*
Vazão(L)	-0,07	0,29	0,79
Vazão (Q)	1,05*	0,34*	0,02*
Temperatura x Vazão	-0,52	0,42	0,27

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

Verificou-se, que as duas variáveis independentes estudadas (temperatura e vazão) exerceram efeito sobre a higroscopicidade das bebidas compostas em pó (TABELA 16).

Tabela 17- Análise de variância do modelo de regressão do planejamento experimental da bebida composta em pó para a variável higroscopicidade.

Fonte de variação	Soma Quadrática	GL	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	4,49	3	1,49	4,80	3,07
Resíduos	2,18	7	0,31		
Falta Ajuste	1,95	5	0,39	3,49	9,29
Erro Puro	0,22	2	0,11		
Total	6,67	10			

Fonte: Elaborada pela autora.

Por meio da ANOVA (TABELA 17) observou-se que o modelo apresentou regressão significativa ao nível de 90 % de confiança, pois o F da regressão foi maior que o F_{tabelado}, assim o modelo além de estatisticamente significativo está ajustado a variável higroscopicidade da bebida composta em pó obtida em *spray-dryer*, estando representado pela equação 4:

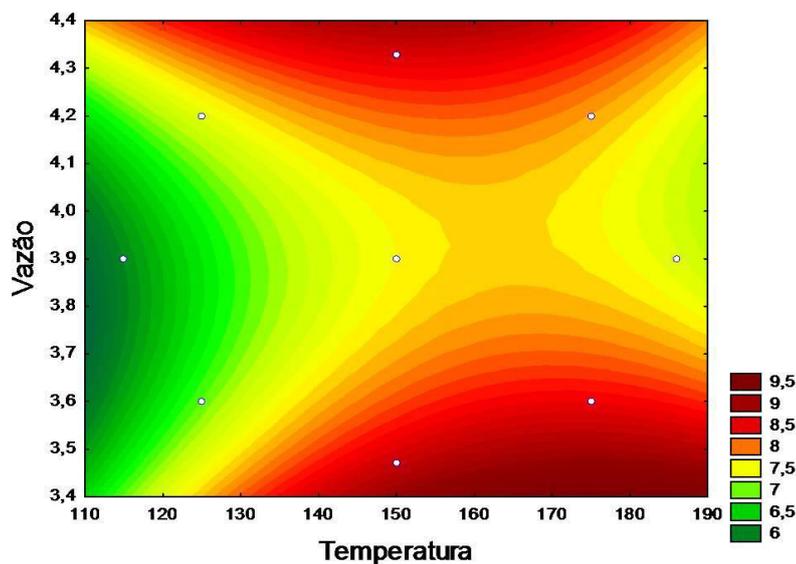
$$H = 58,72 + 0,3563x - 0,0006x^2 - 40,5772y + 5,8519y^2 - 0,0347xy \quad [\text{Equação 4}]$$

Onde: H= higroscopicidade; x = temperatura em °C; y = vazão em m³/ min.

Para visualização dos efeitos das variáveis independentes e das interações sobre a variável resposta higroscopicidade foi gerado o gráfico de curvas de contorno (Figura 4). A referida figura mostrou que em temperaturas entre 115 °C e 125°C na maioria das faixas de vazões utilizadas nesse planejamento se observa menores valores de higroscopicidade. A

vazão apresentou efeito negativo sobre essa variável o que indica que o aumento desse fator contribui na diminuição da higroscopicidade final do pó.

Figura 4- Curvas de contornos da higroscopicidade da bebida composta em pó em função da temperatura de secagem e vazão de ar quente.



Fonte: Elaborada pela autora.

Tonon *et al.* (2008), pesquisando a influência das condições de secagem sobre o suco em pó de açaí em *spray-dryer*, observaram efeito significativo da temperatura de secagem sobre as propriedades do produto, onde a redução da temperatura levou a obtenção de partículas menos higroscópicas.

Para uma melhor conservação e estabilidade dos pós são desejáveis menores valores de absorção de umidade (BOTREL *et al.* 2012), contribuindo também para melhores propriedades de reconstituição, evitando a formação de aglomerados e não influenciando no abaixamento da temperatura de transição vítrea (T_g).

Em temperaturas acima de 125°C verificaram-se valores mais elevados de higroscopicidade, porém esses valores são valores relativamente baixos comparados com a literatura o que é bastante importante, pois assim tem-se uma redução da tendência de formação de aglomerados e redução da solubilidade de açúcares dessa bebida composta em pó.

Embora tenha sido observada a significância da higroscopicidade e a influência da temperatura linear e quadrática e vazão em termos quadráticos sobre este parâmetro, não foi possível determinar um ponto ótimo, ou seja, uma condição de menor higroscopicidade visto

que as regiões com os menores valores desse parâmetro encontram-se fora do intervalo estudado.

4.2.1.3 Grau de *Caking*

O grau de *caking* oscilou entre os valores de 32,97 % (Ensaio 6) e 55,6 % (Ensaio 8). Jaya e Das (2004), para a polpa de manga em pó, observaram valores de *caking* variando de 8,96 % a 33,97 %, inferiores aos obtidos nesse estudo.

O *caking* consiste em um fenômeno deletério no qual os pós alimentícios, por modificação do ambiente, como a variação de umidade, transformam-se em um material endurecido e aglomerado com consequente perda de funcionalidade e qualidade, além das perdas econômicas envolvidas (BARBOSA-CÁNOVAS *et al.* 2005).

No processo de desidratação os açúcares naturais das matérias primas se concentram com a retirada da água. Segundo Goula e Adamopoulos (2010), valores elevados para este parâmetro em alimentos em pó são devidos à presença de açúcares, constituinte esse que se encontra em quantidades significativas tanto no soro lácteo (3,88 %) como na polpa de manga (9,21 %) utilizados nesse estudo, podendo ser um dos motivos que levaram a valores de *caking*, relativamente elevados nessa pesquisa.

A lactose, principal açúcar redutor presente no soro lácteo, é na sua maioria termodinamicamente instável e amorfo, podendo absorver umidade desencadeando o *caking*. A formação de aglomerados pode levar a uma redução da dispensabilidade do produto desidratado em água (FERNANDES; BORGES, BOTREL, 2013).

Tabela 18- Efeito estimado, erro padrão e grau de significância das variáveis independentes sobre a variável grau de *caking*.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	<i>p</i> - valor
Temperatura (L) *	-12,55*	4,26*	0,03*
Temperatura (Q)	-5,21	5,06	0,36
Vazão (L)	-7,27	4,24	0,14
Vazão (Q)	8,47	4,99	0,15
Temperatura x Vazão	0,47	6,04	0,94

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

Os efeitos estatísticos observados para a variável grau de *caking* são mostrados na Tabela 18, onde se observa que apenas a temperatura em termos lineares exerce influência sobre essa variável com um efeito negativo, ou seja, o seu aumento contribui diretamente para a diminuição do grau de *caking* dos pós.

Após determinação dos fatores significativos verificou-se a significância da regressão ($p < 0,10$), através do teste F.

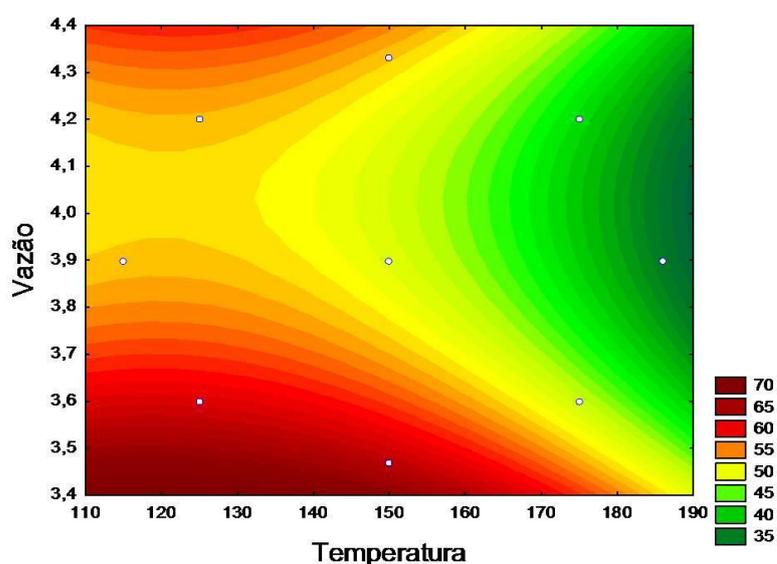
Tabela 19- Análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão do planejamento experimental da bebida composta em pó para a variável grau de *caking*.

Fonte de variação	Soma Quadrática	GL	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	567,22	4	141,80	3,42	3,18
Resíduos	248,80	6	41,46		
Falta Ajuste	243,10	4	60,77	21,29	9,24
Erro Puro	5,71	2	2,85		
Total	816,03	10			

Fonte: Elaborada pela autora.

Para a falta de ajuste notou-se que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi maior que o F_{tabelado} , o que nos diz que o modelo não se ajustou bem as observações. Apesar disso, optou-se pela construção do gráfico de curva de contorno com o objetivo de fazer uma análise qualitativa baseando-se na existência do efeito da temperatura sobre o grau de *caking* e da importância dessa variável para as características da bebida composta em pó.

Figura 5 - Curva de contorno do grau de *caking* da bebida composta em pó em função da temperatura de secagem e vazão de ar quente.



A partir da figura 5 pôde-se visualizar que a temperatura exerceu um efeito negativo sobre essa variável, ou seja, o seu aumento contribuiu diretamente para diminuição dos valores de *caking* das bebidas em pó obtidas, conforme mostrado na Tabela 18.

Nas faixas de temperatura entre 170°C e 186°C houve uma tendência de redução dessa variável, contudo os menores graus de *caking* ficaram fora dos intervalos estudados. Sendo assim, esse atributo não deve ser considerado como fator determinante do processo, sendo utilizado como indicador geral de tendência para escolha das condições de secagem.

4.2.1.4 Carotenoides

O teor de carotenoides variou de 0,61 mg. 100g⁻¹ (Ensaio 9) a 1,01 mg.100g⁻¹ (Ensaio 5). Os produtos vegetais apresentam três principais pigmentos: clorofila, carotenoides e antocianinas, havendo em alguns casos formação de antoxantinas, os quais são responsáveis pela caracterização da cor (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os principais antioxidantes nos vegetais são as vitaminas C e E, os carotenoides e os compostos fenólicos, especialmente os flavonoides. Esses antioxidantes absorvem radicais livres e inibem a cadeia de iniciação ou interrompem a cadeia de propagação das reações oxidativas promovidas pelos radicais livres (PODSEDEK, 2007).

Segundo Cai e Coker (2000), durante a secagem por aspersão, essa propriedade antioxidante dos carotenoides e sua estabilidade pode ser afetada pelas condições de secagem do ar (temperatura, vazão), condições de alimentação (inativação de enzimas, taxa de alimentação e uso de aditivos) e pela velocidade de secagem, entre outros fatores.

Tabela 20- Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) das variáveis independentes sobre os carotenoides totais.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	p - valor
Temperatura (L)	-0,00	0,08	0,96
Temperatura (Q) *	0,24	0,09	0,04
Vazão(L)	-0,03	0,08	0,72
Vazão (Q)	0,00	0,09	0,92
Temperatura x Vazão	0,22	0,13	0,16

Fonte: Elaborada pela autora. * Valores significativos a $p < 0,10$.

Na Tabela 20 podem ser observados os valores correspondentes aos efeitos estimados para o parâmetro carotenoides, o erro padrão e grau de significância p, ao nível de confiança estudado. A temperatura em termos quadráticos exerceu efeito sobre o teor de carotenoides das bebidas compostas em pó de polpa de manga e soro lácteo.

O modelo estatístico, ajustado aos dados experimentais testados para o teor de carotenoides da bebida composta em pó, está representado pela Equação 5:

$$C = 14,70 - 0,1164x + 0,0002x^2 - 2,6587y + 0,0485y^2 + 0,0148xy \quad [\text{Equação 5}]$$

Onde: C = carotenoides; x = temperatura em °C; y = vazão em m³/min.

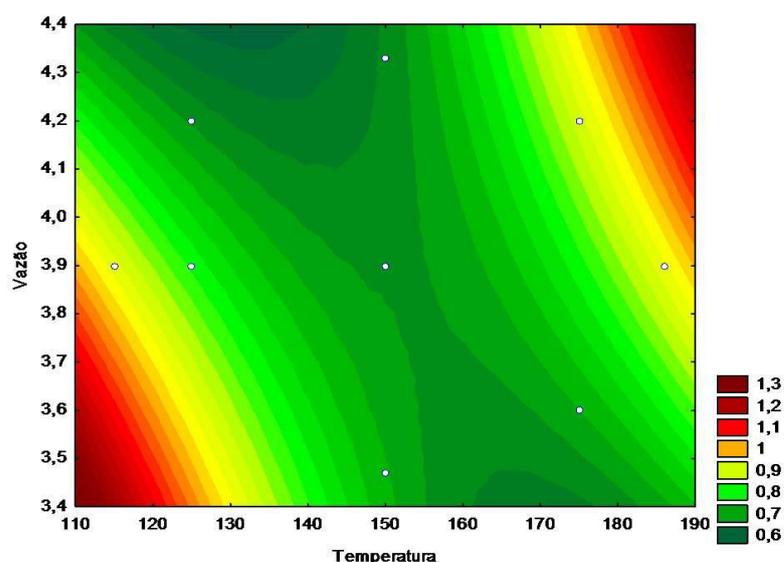
Tabela 21- Análise de variância do modelo de regressão do planejamento experimental para a variável teor de carotenoides.

Fonte de variação	Soma Quadrática	GL	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	0,08	1	0,08	7,70	3,36
Resíduos	0,09	9	0,01		
Falta Ajuste	0,07	7	0,01	1,52	9,34
Erro Puro	0,01	2	0,00		
Total	0,17	10	0,01		

Fonte: Elaborada pela autora.

Observou-se que o modelo apresentou regressão significativa ao nível de 90 % de confiança, pois o F da regressão foi maior que o tabelado, sendo assim o modelo estatisticamente significativo e ajustado a variável teor de carotenoides (TABELA 20), com a validação do modelo prosseguiu-se para a construção do gráfico das curvas de contorno.

Figura 6 - Curva de contorno dos carotenoides da bebida composta em pó em função da temperatura de secagem e vazão de ar quente.



Notou-se, através da Figura 6, que maiores concentrações de carotenoides se encontram em vazões e temperaturas fora das faixas estudadas nessa pesquisa, porém, os

maiores teores de carotenoides encontrados (1,01 mg. 100g⁻¹ e 0,95 mg. 100g⁻¹) foram nos ensaios que se utilizaram 3,9 m³/min e 115°C, 4,2 m³/min e 175°C, respectivamente. Houve pouca variação do teor de carotenoides nos limites estudados.

Cruz (2013) observou que apesar da degradação de carotenoides ocorrer durante a secagem, verificou-se alta retenção de licopeno e β -caroteno na polpa em pó de goiaba como consequência da retirada de água. Lago Vanzela *et al.* (2013) verificaram altas retenções de α -caroteno e β -caroteno em abóbora desidratada após secagem por circulação de ar quente.

Segundo Moritz e Tramonte (2006), o processamento de alimentos, sobretudo o processamento térmico, tem demonstrado aumentar a biodisponibilidade de licopeno, devido à liberação da matriz do alimento.

Rocha (2013) encontrou valor médio de 1,80 mg. 100g⁻¹ de carotenoides para o pó de polpa de manga, valor superior aos encontrados nesse estudo, provavelmente devido ao baixo teor encontrado na polpa integral utilizada como matéria prima para obtenção da bebida composta em pó.

4.2.2 Resultados de rendimento e das análises de solubilidade e cor (parâmetros L*, a* e b*) do planejamento experimental para bebida composta em pó de polpa de manga e soro lácteo.

Na Tabela 22 encontram-se os ensaios realizados no planejamento experimental para obtenção da bebida composta em pó através do processo de secagem por aspensão em *spray-dryer* e os resultados de rendimento solubilidade e cor (parâmetros L*, a* e b*).

Tabela 22 - Resultados do rendimento, solubilidade e cor (parâmetros L*, a* e b*) do planejamento experimental para bebida composta em pó de polpa de manga e soro lácteo.

Ensaio	Variáveis Independentes			Variáveis Respostas			
	Vazão do Ar (m ³ /min)	Temperatura (°C)	Rendimento (%)	Solubilidade (%)	L*	Cor a*	b*
1	4,2	175	65,97	96,70±0,40	65,59±0,00	-3,97±0,01	12,47±0,01
2	4,2	125	53,62	97,37±0,82	65,30±0,01	-4,05±0,00	12,77±0,00
3	3,6	175	65,97	96,42±0,01	62,90±0,01	-3,64±0,00	12,38±0,01
4	3,6	125	57,01	96,06±2,00	65,52±0,01	-4,01±0,01	11,84±0,03
5	3,9	115	51,19	95,45±0,23	63,34±0,02	-3,62±0,01	11,67±0,00
6	3,9	186	71,82	95,57±0,83	65,84±0,04	-3,52±0,01	12,18±0,00
7	3,47	150	65,5	95,82±1,15	65,64±0,01	-3,9±0,01	12,60±0,00
8	4,33	150	53,03	95,43±0,90	63,44±0,01	-3,74±0,01	13,04±0,00
9	3,9	150	55,27	98,56±0,97	64,74±0,02	-3,93±0,00	13,10±0,01
10	3,9	150	60,37	95,42±0,80	65,33±0,01	-4,08±0,01	13,72±0,00
11	3,9	150	54,89	96,30±0,28	65,48±0,01	-4,08±0,02	13,72±0,00

Fonte: Elaborada pela autora.

4.2.2.1 Rendimento

Quanto à variável rendimento, foram observadas variações de 71,82 % (Ensaio 6) e 51,19 % (Ensaio 5), notou-se que em maiores valores de temperatura obteve-se maior rendimento do produto. Segundo Goula e Adamopoulos (2005), temperaturas elevadas aumentam as taxas de secagem, resultando em partículas mais secas ao colidirem com a parede interna da câmara de secagem do *spray-dryer*. Isto, por sua vez, acarreta em menor aderência do produto no interior do equipamento, levando a maiores rendimentos de pó.

Verificou-se que a temperatura e a vazão em termos lineares exerceram efeito sobre o rendimento das bebidas compostas em pó de polpa de manga e soro lácteo (TABELA 23).

Tabela 23- Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) do planejamento para a variável rendimento.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	p - valor
Temperatura (L) *	12, 50*	2, 24*	0, 00*
Temperatura (Q)	4, 71	2, 66	0, 13
Vazão(L) *	-5, 24*	2, 23*	0, 06*
Vazão (Q)	2, 54	2, 62	0, 37
Temperatura x Vazão	1, 69	3, 18	0, 61

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

Após identificação e exclusão dos fatores não significativos, verificou-se a significância da regressão e do ajuste em relação a intervalo de 90% de confiança, através do teste F na análise de variância (TABELA 24).

Tabela 24- Análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão do planejamento para o rendimento dos pós.

Fonte de variação	Soma Quadrática	GL	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	369, 39	2	184, 70	15,76	3,11
Resíduos	93, 70	8	11, 71		
Falta Ajuste	74, 98	6	12, 49	1,33	9,33
Erro Puro	18,72	2	9,36		
Total	463,07	10			

Fonte: Elaborada pela autora.

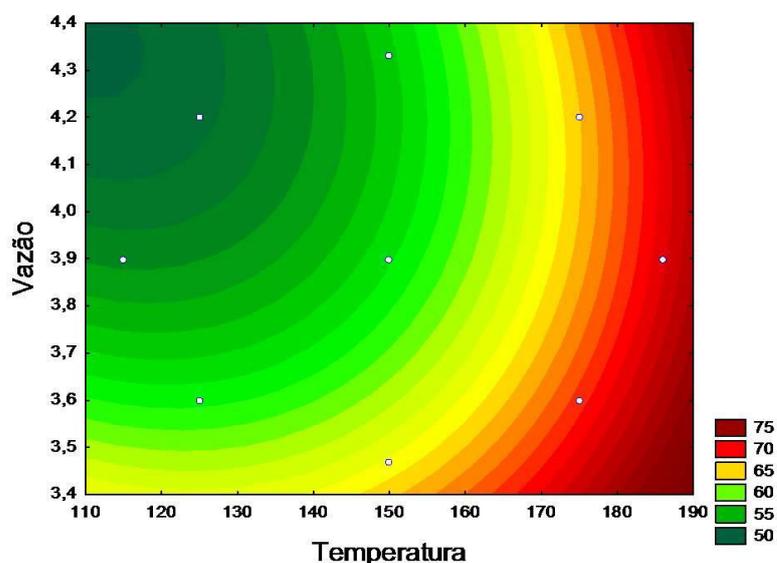
Pode-se observar a significância através do teste F, com valores de $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ e que há pouca falta de ajuste da variável rendimento ao modelo.

O modelo estatístico, ajustado aos dados experimentais testados para o rendimento das bebidas composta em pó, está representada pela equação 6:

$$R = 419,85 - 1,3261x + 0,0037x^2 - 136,04y + 14,14y^2 + 0,1130xy \quad [\text{Equação 6}]$$

Onde: R = rendimento; x = temperatura em °C; y = vazão em m³/min.

Figura 7 - Curvas de contorno do rendimento da bebida composta em pó em função que da temperatura e vazão de ar quente.



Através da Tabela 23 observou-se que a temperatura exerceu uma relação linear com a variável resposta rendimento, assim o seu aumento foi diretamente proporcional ao aumento do rendimento das bebidas em pó. Goula e Adamopoulos (2005) estudaram o efeito da temperatura do ar de entrada e da vazão nas características da aspersão de tomate em pó e concluíram que o rendimento de secagem aumentou com aumento da temperatura de ar de entrada e vazão de ar.

De acordo com a Figura 7, nas temperaturas acima de 170 °C observou-se a formação de uma faixa em que se encontraram os rendimentos mais elevados do processo. Quanto à vazão, o seu aumento levou a uma redução do rendimento das bebidas em pó, o que já era previsto, pois na Tabela 23 observou-se um efeito negativo dessa variável. Em vazões abaixo de 3,6 m³/min e temperaturas abaixo de 150 °C obteve-se os menores rendimentos do processo.

Rocha *et al.* (2014), estudando faixas de temperaturas de 130 a 178 °C e vazões entre 3,04 a 4,46 m³/min encontraram rendimento com valores mínimos de 73,98 % e

máximos de 99,30 %, superiores aos encontrados no presente experimento. Os autores verificaram ainda que somente a temperatura (linear) apresentou efeito positivo no rendimento, ou seja, um aumento qualquer neste parâmetro acarretou em aumento no rendimento do suco de caju em pó, o que poderia ser explicado pela maior eficiência no processo de transferência de calor e massa quando maiores temperaturas de secagem são utilizadas.

Rocha (2013) observou valores de rendimento variando de 2,89 % a 98,23 %. Esses valores foram obtidos em ensaios que utilizaram o mesmo valor da vazão de ar quente (3,75 m³/min) e temperatura de 122 e 178 °C respectivamente, confirmando assim um grande efeito dessa variável sobre o rendimento.

O rendimento da bebida composta em pó foi bastante satisfatório, pois todos os ensaios tiveram valores acima de 50 % mesmo utilizando apenas 80 g de maltodextrina que tem por característica o aumento do conteúdo de sólidos totais na mistura a ser alimentada no *spray-dryer* e acarreta em maior rendimento do processo.

4.2.2.2 Solubilidade

A variável solubilidade apresentou as menores variações de valores médios entre os ensaios realizados, 95,42 % (Ensaio 10) e 98,56 % (Ensaio 8). Dantas (2010) observou, para pós de abacaxi e manga desidratados em leito de espuma, 98 % e 91% de solubilidade, respectivamente, próximos aos do presente estudo. Ceballos *et al.* (2012) observou uma solubilidade variando de 81,51 % a 85,75 % para polpa de graviola liofilizada.

A variável solubilidade da bebida composta em pó não foi influenciada significativamente ($p < 0,10$) nas faixas utilizadas por nenhuma das variáveis independente estudadas, impossibilitando a verificação dos efeitos e obtenção de modelo capaz de explicar o comportamento dessa variável, assim não foi decisiva para a escolha das melhores condições de secagem no *spray-dryer*.

Tabela 25- Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) do planejamento para a variável solubilidade.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	p - valor
Temperatura (L)	-0,02	0,89	0,97
Temperatura (Q)	-0,72	1,06	0,53
Vazão(L)	0,25	0,89	0,78
Vazão (Q)	-0,61	1,04	0,58
Temperatura x Vazão	-0,51	1,27	0,70

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

4.2.2.3 Cor

L* (luminosidade)

O parâmetro de cor L* (luminosidade) não sofreu influência significativa ($p < 0,10$) nas faixas estudadas das variáveis independentes. Na Tabela 26 têm-se os valores correspondentes aos efeitos estimados para o parâmetro de cor L*, bem como, o grau de significância p ao nível de 90 % de confiança.

Tabela 26 - Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) do planejamento para o parâmetro de cor L*.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	p - valor
Temperatura (L)	0, 31	0, 92	0, 75
Temperatura (Q)	-0, 42	1, 10	0, 71
Vazão(L)	-0, 16	0, 92	0, 86
Vazão (Q)	-0, 49	1, 08	0, 66
Temperatura x Vazão	1, 45	1, 31	0, 31

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

Na análise de cor, o parâmetro luminosidade (L*) apresentou os valores máximo de 65,84 (ensaio 6) e mínimo de 62,9 (ensaio 3) com temperaturas de 150 °C e 175 °C, e vazões de 3,9 e 3,6 m³ /min, respectivamente. Segundo Alves (2008) a coordenada L* representa a luminosidade da amostra, cujos valores oscilam do 0 (preto) a 100 (branco). Esse parâmetro sofreu pouca variação com a vazão do ar de secagem e a temperatura.

a* (intensidade de vermelho)

O parâmetro (a*), que representa a variação de cor do vermelho (positivo) ao verde (negativo), mostrou efeito significativo em relação à temperatura em termos quadráticos. Na Tabela 27 encontram-se os valores correspondentes aos efeitos estimados para coordenada de cromaticidade a*, bem como o grau de significância p , ao nível de 10%.

Tabela 27 - Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) do planejamento para o parâmetro de cor a*.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	p - valor
Temperatura (L)	0, 14	0, 13	0, 33
Temperatura (Q) *	0, 34*	0, 15*	0, 07*
Vazão(L)	-0, 03	0, 12	0, 79
Vazão (Q)	0, 10	0, 15	0, 53
Temperatura x Vazão	-0, 14	0, 18	0, 46

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

O modelo estatístico, ajustado aos dados experimentais testados para o parâmetro de cor a^* das bebidas composta em pó, está representado pela equação 7:

$$a^* = 4,93 - 0,0425x + 0,0002x^2 - 3,0088y + 0,5642y^2 - 0,0096xy \quad [\text{Equação 7}]$$

Onde: a^* = intensidade de vermelho; x = temperatura em °C; y = vazão em m^3/min .

Com a eliminação dos fatores não-significativos, verificou-se a significância da regressão ($p < 0,10$) através do teste F.

Tabela 28- Análise de variância (ANOVA) do modelo quadrático de regressão do planejamento para o parâmetro de cor a^* .

Fonte de variação	Soma Quadrática	GL	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	0,17	1	0,17	6,44	3,36
Resíduos	0,23	9	0,02		
Falta Ajuste	0,22	7	0,03	4,25	9,35
Erro Puro	0,01	2	0,00		
Total	0,40	10	0,17		

Fonte: Elaborada pela autora.

Na tabela 28 observou-se que o modelo apresentou regressão significativa ao nível de 90 % de confiança, pois o $F_{\text{calculado}}$ da regressão foi maior que o tabelado, assim o modelo, além de estatisticamente significativo é ajustado a variável intensidade de vermelho (a^*).

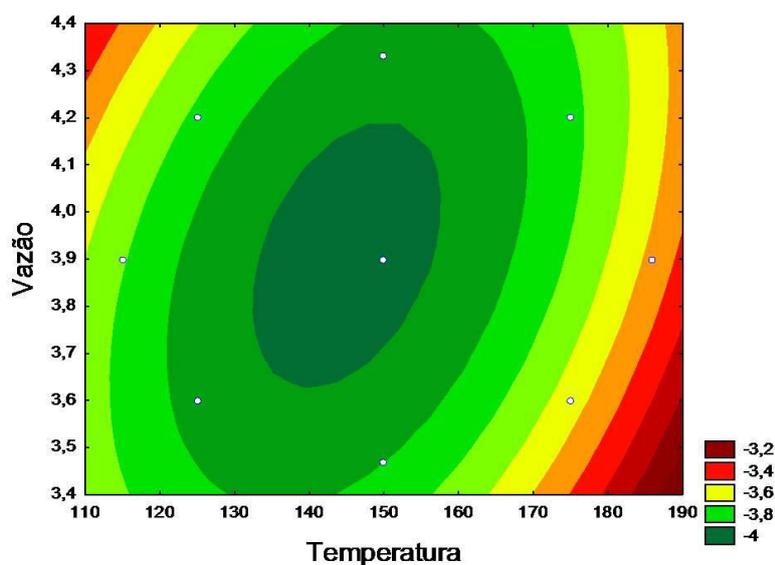
A partir da validação do modelo de regressão construiu-se o gráfico das curvas de contorno para a variável intensidade de vermelho (a^*), conforme apresentado na Figura 8, por meio da qual podemos verificar que em temperaturas de 115 °C a 175 °C houve uma tendência a redução da intensidade de vermelho da bebida composta em pó. A maioria dos pontos estudados estão localizados na região mais central do gráfico onde se tem uma coloração da bebida composta voltada ao verde.

As curvas de contorno (Figura 8) demonstram a relação quadrática que a temperatura estabelece sobre o parâmetro de cor a^* , evidenciando uma área central onde nesta região são encontrados menores valores dessa variável.

Através dos dados obtidos, notou-se a variação do parâmetro intensidade de vermelho (a^*) de - 3,52 (Ensaio 6) e -4,08 (Ensaio 10 e 11), todos valores negativos, caracterizando os pós com coloração voltada ao verde. Essa característica pode ser adquirida

devido à utilização do soro lácteo líquido (na proporção de 40 % na mistura) que apresenta coloração levemente esverdeada.

Figura 8 - Curvas de contorno do parâmetro de cor a^* da bebida composta em pó em função da temperatura de secagem e vazão de ar quente.



b^* (intensidade de amarelo)

Na Tabela 29 são apresentados os valores correspondentes aos efeitos estimados para o parâmetro de cor intensidade de amarelo (b^*), bem como, o grau de significância p ao nível de 90% de confiança.

Tabela 29- Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) do planejamento para o parâmetro de cor b^* .

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	p - valor
Temperatura (L)	0,14	0,13	0,33
Temperatura (Q)	0,34*	0,15*	0,07*
Vazão(L)	-0,03*	0,12*	0,79*
Vazão (Q)	0,10*	0,15*	0,53*
Temperatura x Vazão	-0,14	0,18	0,47

Fonte: Elaborada pela autora. * Valores significativos a $p < 0,10$.

O modelo estatístico ajustado aos dados experimentais testados para o parâmetro de cor b^* das bebidas composta em pó, está representada pela equação 8.

$$b^* = 92,65 + 0,4948x - 0,0013x^2 + 34,5195y - 3,8001y^2 - 0,0280xy \quad [\text{Equação 8}]$$

Onde: b^* = intensidade de amarelo; x = temperatura em °C; y = vazão em m³/ min.

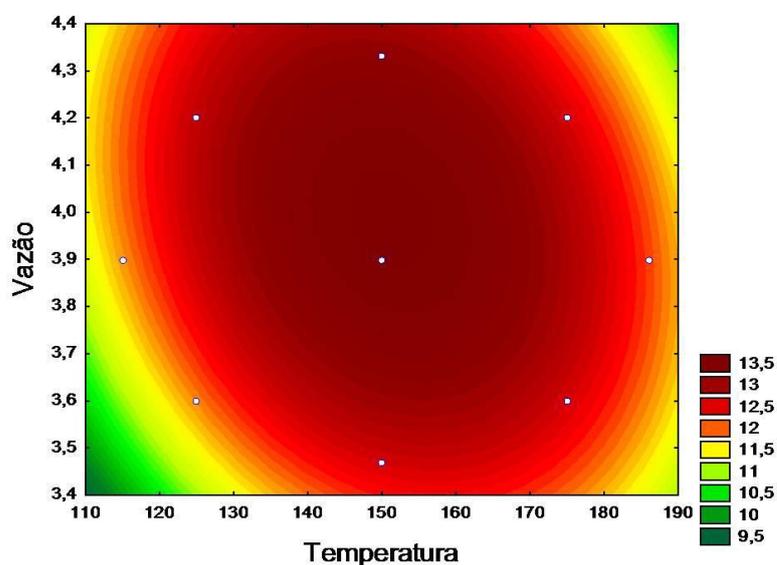
Com a eliminação dos fatores não-significativos, verificou-se a significância da regressão ($p < 0,10$), através do teste F, sendo o $F_{\text{calculado}}$ maior que o F_{tabelado} . Na Tabela 30 temos a análise de variância para o parâmetro de cor b^* .

Tabela 30- Análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão do planejamento para o parâmetro de cor b^* .

Fonte de variação	Soma Quadrática	GL	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	4,59	3	1,52	1446,03	3,07
Resíduos	0,00	7	0,00		
Falta Ajuste	-0,26	5	-0,05	0,3884	9,29
Erro Puro	0,26	2	0,12		
Total	4,59	10	1,52		

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 9 - Curvas de contorno do parâmetro de cor b^* da bebida composta em pó em função da temperatura de secagem e vazão de ar quente.



Para o parâmetro intensidade de amarelo (b^*), onde o valor positivo é uma medida de coloração amarela e o negativo de coloração azul, observou-se que os valores obtidos no planejamento foram todos positivos entre 11,67 (ensaio 5) e 13,72 (ensaios 10 e 11), caracterizando o pó com coloração voltada para o amarelo, coloração característica da polpa de manga utilizada.

4.3 Escolha dos parâmetros de secagem

Devido ao fato do planejamento utilizado (DCCR), nos limites estudados de temperatura e vazão de ar de secagem, não ter demonstrado um ponto ótimo para nenhuma das variáveis estudadas, optou-se por tentar atender o maior número e as melhores condições das variáveis dependentes estudadas.

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 entrada de ar.

Na Tabela 31 estão definidos os parâmetros escolhidos de temperatura e vazão utilizados no *spray-dryer* depois da análise dos dados obtidos.

Tabela 31 - Parâmetros para secagem em *spray-dryer* da bebida composta de polpa de manga e soro-lácteo

Condições ótimas de secagem em <i>spray-dryer</i>	
Temperatura (°C)	175
Vazão (m ³ /min)	4,2

As condições escolhidas correspondem ao Ensaio 1 do planejamento. Após análise dos dados obtidos levou-se em consideração, principalmente, o rendimento (65,97 %) que é um parâmetro importante, pois está relacionado da eficiência do processo e potencial da bebida em pó de passar de escala laboratorial para escala industrial, a umidade (1,69 %), que é um parâmetro de qualidade, já que a vida útil dos pós depende de seus teores de água e, em menores valores há evidência de maior eficiência de secagem e subsídio para maior vida útil do produto e o teor de carotenoides (0,95 mg. 100g⁻¹) que devido sua capacidade antioxidante é bastante relevante para a bebida composta em pó. Além disso, o ensaio 1 revelou baixo valor de *caking* (37,89 %) e um alto valor de solubilidade (96,70 %).

4.4 Resultados obtidos no delineamento de mistura

As variações das bebidas compostas em pó foram formuladas a partir da mistura ternária entre a polpa de manga, soro lácteo líquido e maltodextrina, conforme ensaios previstos pelo planejamento simplex centroide (TABELA11).

As variáveis respostas do delineamento de misturas foram definidas com a finalidade de avaliar a melhor formulação baseada na proporção de cada componente na mistura em função das melhores respostas de umidade, higroscopicidade, carotenoides, solubilidade, rendimento e cor (parâmetros L^* , a^* e b^*).

Na Tabela 32 estão descritos os resultados das análises de umidade, higroscopicidade e carotenoides do delineamento de misturas para a bebida composta em pó nas condições já estabelecidas, temperatura de 175 °C e vazão do ar de secagem 4,2 m³ /min.

Tabela 32 - Resultados das análises de umidade, higroscopicidade e carotenoides do delineamento de misturas para a bebida composta em pó.

Ensaio	Variáveis Independentes			Variáveis Respostas		
	Polpa de Manga (%)	Soro Lácteo (%)	Maltodextrina (%)	Umidade (%)	Higroscopicidade (%)	Carotenoides (mg.100g ⁻¹) b.s
1	75,00	20,00	5,00	1,54±0,03	9,20 ±0,08	1,24±0,00
2	20,00	75,00	5,00	1,96±0,01	10,22±0,28	0,49±0,00
3	25,00	25,00	50,00	1,48±0,00	7,76±0,35	0,05±0,00
4	47,50	47,50	5,00	1,40 ±0,03	11,03±0,15	0,78±0,02
5	50,00	25,00	25,00	1,21±0,03	6,94±0,08	0,52±0,00
6	25,00	50,00	25,00	1,53±0,04	7,95±0,18	0,19±0,00
7	41,67	41,67	16,67	1,44±0,01	8,69±0,25	0,23±0,00

Fonte: Elaborada pela autora.

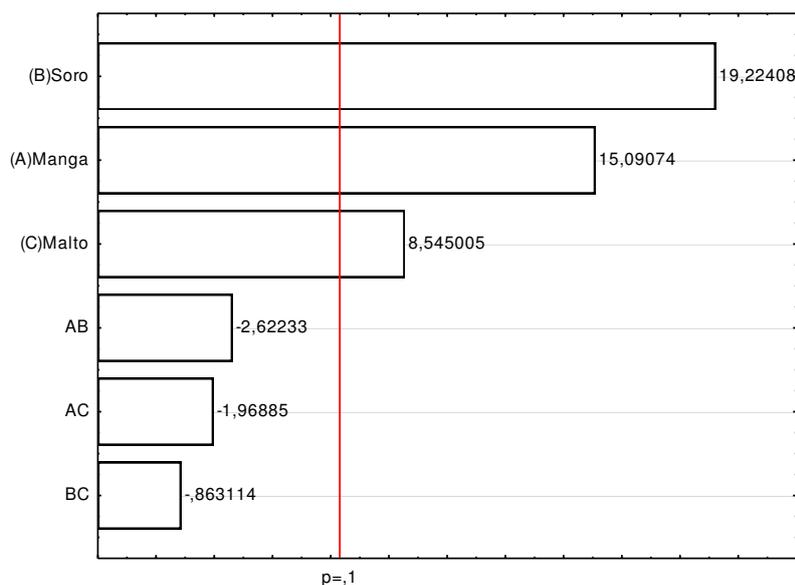
4.4.1 Umidade

O valor médio mínimo encontrados para umidade (TABELA 32) foi de 1,21 % para proporções de polpa de manga, soro lácteo líquido e maltodextrina de 50:25:25 %, respectivamente. O valor máximo foi de 1,96 %, cujas proporções dos componentes foram de 20:75:5 % para polpa de manga, soro e maltodextrina, respectivamente.

Catelam (2010), em estudo da influência da proporção de um “mix” de leite desnatado e polpa de maracujá, na produção de pó 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 desidratados por aspersão.

No Gráfico 1 observa-se que o soro exerceu qualitativamente um maior efeito sobre a umidade dos pós, ou seja, quanto maior a concentração de soro maior o valor de umidade, o que já era esperado, pois o soro é composto basicamente de 94 a 95 % de água.

Gráfico 1 - Diagrama de pareto da mistura de polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável resposta umidade.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para umidade dos pós, os modelos testados não foram significativos como demonstrado pela Tabela 33, onde se verificou que o F da regressão foi menor que o F_{tabelado} .

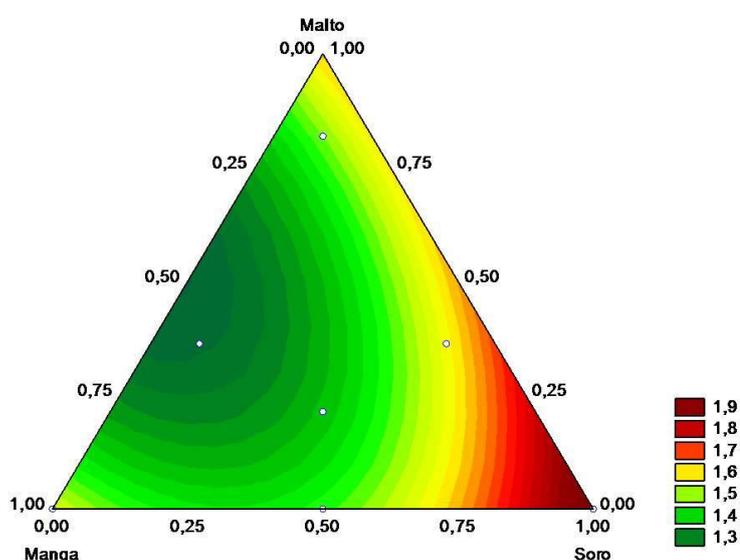
Apesar da falta de ajuste optou-se por fazer uma análise qualitativa e apresentar o diagrama ternário, uma vez que todos os ensaios geraram pós com umidades baixas, esse atributo pode ser utilizado como indicador geral de tendência.

Tabela 33 - Análise de variância (ANOVA) do modelo quadrático do delineamento de mistura para a variável umidade da bebida composta em pó

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	0,30	5	0,06	5,81	57,24
Resíduos	0,01	1	0,01		
Total	0,31	6	0,05		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 10 - Diagrama ternário da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtido para variável resposta umidade.



Fonte: Elaborado pela autora.

Analisando as variáveis de forma independente, isto é, cada vértice separadamente, foi observado através da Figura 10 uma tendência de redução no teor de umidade da bebida composta em pó com o aumento da concentração de maltodextrina e de polpa e redução da concentração de soro. Quanto maior a concentração do soro, mais elevados valores de umidade do pó.

Esse comportamento já era esperado, pois comprova a eficiência da maltodextrina como adjuvante de secagem, também sendo observado na variável higroscopicidade da bebida composta em pó. Segundo Quek *et al.*(2007) em seu estudo sobre as propriedades físico-químicas do pó de melancia, a adição de maltodextrina aumenta o conteúdo de sólidos totais da mistura a ser alimentada no *spray-dryer*, reduzindo a quantidade de água a ser evaporada, o que acarreta na diminuição da umidade dos pós produzidos.

4.4.2 Higroscopicidade

Para a higroscopicidade, os valores médios observados variaram de $6,94 \% \pm 0,08$ (Ensaio 5 - 50 % de polpa de manga, 25 % soro e 25 % maltodextrina) a $11,03 \% \pm 0,15$ (Ensaio 4 - 47,50 % polpa de manga, 47,50 % de soro e 5% de maltodextrina).

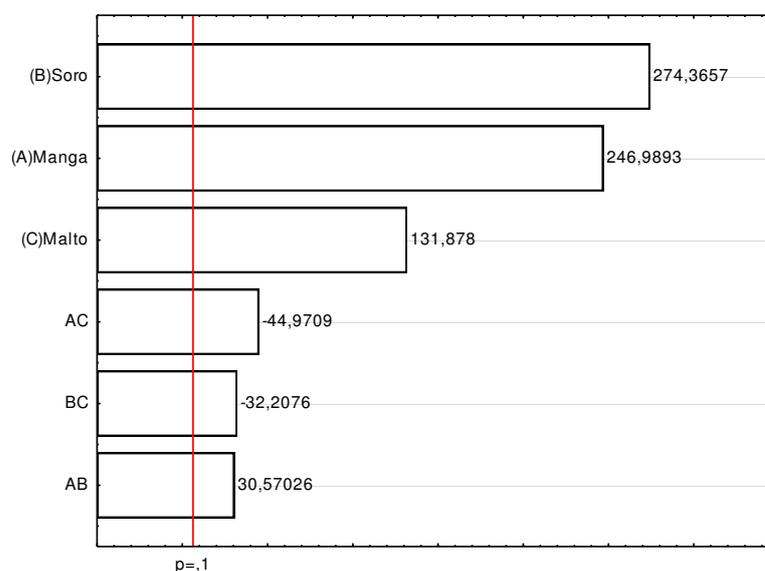
Valores próximos aos dessa pesquisa foram obtidos por Bicudo (2014) em seu estudo com micro encapsulação da polpa de juçara com diferentes materiais de parede, onde obteve valor de higroscopicidade de $12,26 \% \pm 0,14$ quando atomizou a polpa de juçara e maltodextrina nas respectivas proporções de 95:5.

Martin (2013) observou que os valores de higroscopicidade dos pós do planejamento experimental de polpa de cupuaçu comercial e integral com maltodextrina variaram de 11,06 % a 17,01 % e de 13,52 % a 20,56 %, respectivamente, referentes aos ensaios com 26,4 % e 5 % de maltodextrina, ou seja, com maiores proporções de maltodextrina tem-se pós menos higroscópicos.

Barbosa (2010) observou valores de higroscopicidade variando de 24,20 % a 25,32 % em pós produzidos durante aspensão de suco de mistura de frutas com maltodextrina DE 20, superiores aos observados no presente estudo.

Através do Gráfico 2, notou-se que quanto maior o teor de soro e polpa de manga mais higroscópico é o pó obtido e a porcentagem de maltodextrina e as combinações de maltodextrina e manga, soro e maltodextrina, manga e soro também exercem influência sobre essa variável, só que em menor proporção.

Gráfico 2 – Diagrama de pareto da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável higroscopicidade.



Fonte: Elaborado pela autora.

A equação 9 apresenta o modelo matemático total gerado pelo planejamento para avaliação da higroscopicidade final das bebidas compostas em pó com os componentes reais da mistura.

$$h = 0,0183P_M + 0,0216S + 0,0549M + 0,0001P_M S - 0,0002P_M M - 0,0001SM \quad [\text{Equação 9}]$$

Onde: h = higroscopicidade; P_M = concentração de polpa de manga (%); S = concentração de soro (%); M = concentração de maltodextrina (%).

A análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão para higroscopicidade está descrita na Tabela 34. O modelo quadrático apresentou regressão significativa ao nível de 90 % de confiança ($F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$). Portanto, o modelo ajustado para higroscopicidade dos pós resultantes das secagens das bebidas compostas em *spray-dryer* foram considerados preditivos.

Tabela 34 - Análise de variância (ANOVA) do modelo quadrático do delineamento de mistura para a variável higroscopicidade da bebida composta em pó.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	12,41	5	2,48	1781,69	57,24
Resíduos	0,00	1	0,00		
Total	12,42	6	2,07		

Fonte: Elaborada pela autora.

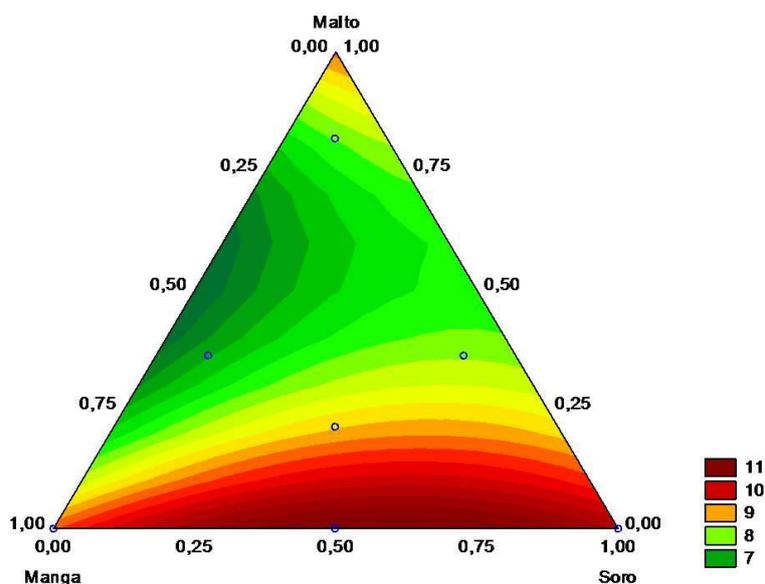
O diagrama ternário obtido para a variável higroscopicidade, gerado pelo planejamento de misturas através do modelo quadrático (Figura 11), demonstrou que os menores valores de higroscopicidade nos pós foram obtidos em altas concentrações de maltodextrina e as maiores higroscopicidade em altas concentrações da polpa e do soro.

Tonon, Brabet e Hubinger (2009) e Jaya e Das (2004) reportaram a influência da quantidade de maltodextrina nas propriedades relacionadas com a qualidade da polpa de manga em pó. Segundo os autores, a higroscopicidade diminui com o aumento da quantidade de maltodextrina adicionada, o que confirma a eficiência do uso desse adjuvante como agente carreador no sentido de reduzir a higroscopicidade em produtos na forma de pós.

Araújo (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 %), semelhante ao encontrado nesta pesquisa (6,94 %), utilizando proporções de 25:50:25 % para polpa de acerola, mamão e maltodextrina, respectivamente. A Figura 11 também indica que quanto mais polpa de manga e soro se agregou na mistura, maiores foram os valores da

higroscopicidade dos pós.

Figura 11- Diagrama ternário da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtido para variável resposta higroscopicidade.



Fonte: Elaborado pela autora.

A higroscopicidade em alimentos desidratados é uma das propriedades mais importantes, tanto do ponto de vista industrial quanto comercial, pois além de estar associada à estabilidade química, física e microbiológica, também influencia consideravelmente o setor de embalagens, através da auto aglomeração dos pós e a perda de fluidez durante o armazenamento dos produtos finais (PEDRO, 2009).

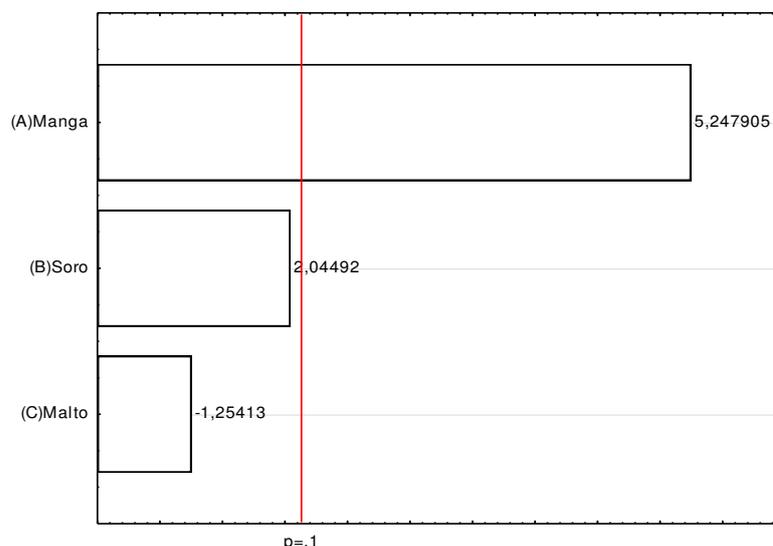
4.4.3 Carotenoides

O teor de carotenoides variou de 0,05 mg. 100g⁻¹ (Ensaio 3) com proporções iguais de polpa de manga e soro (25 %) e maltodextrina (50 %) a 1,24 mg. 100g⁻¹ (Ensaio 1) com proporções de polpa, soro e maltodextrina 75:20:5 %, respectivamente.

Através do Gráfico 3 verificou-se qualitativamente que apenas polpa de manga contribuiu para o teor de carotenoides do pó, o que já era esperado, pois a polpa é a única fonte desse componente na mistura.

Kha *et al.* (2010) verificaram que o aumento da concentração de maltodextrina de 10 para 30 % proporcionou uma diminuição do conteúdo total de carotenoides de 195 mg. 100 g⁻¹ para 61 mg.100 g⁻¹ em *gacfruit* produzida por *spray-dryer*.

Gráfico 3 – Diagrama de pareto da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtido para variável teor de carotenoides.



Fonte: Elaborado pela autora.

A equação 10 apresenta o modelo matemático total gerado pelo planejamento para avaliação teor de carotenoides das bebidas compostas em pó com os componentes reais da mistura.

$$C = 0,0034P_M - 0,0027M \quad \text{[Equação 10]}$$

Onde: C = carotenoides; P_M = concentração de polpa de manga (%); M = concentração de maltodextrina (%).

Tabela 35 - Análise de variância (ANOVA) do modelo linear do delineamento de mistura para a variável teor de carotenoides da bebida composta em pó.

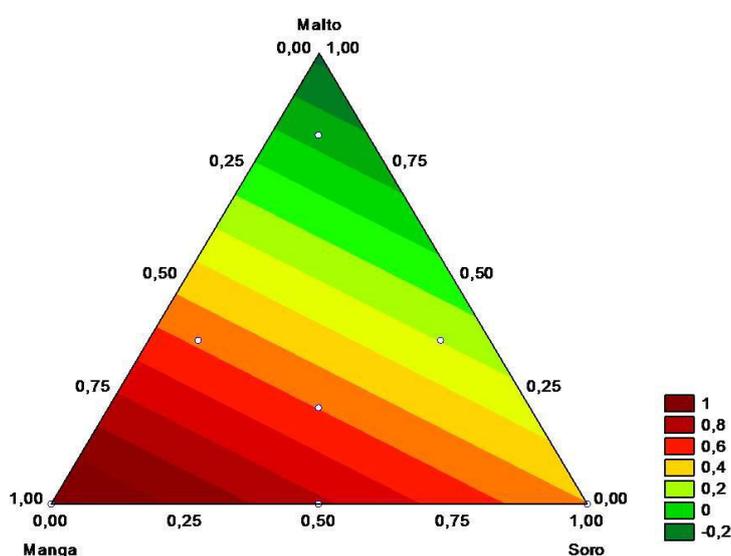
Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	0,83	2	0,41	7,19	4,32
Resíduos	0,23	4	0,05		
Total	1,06	6	0,17		

Fonte: Elaborada pela autora.

Conforme observado na Tabela 35 para o teor de carotenoides dos pós, o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais. O valor de $F_{\text{calculado}}$ (7,19) foi significativamente maior que o F_{tabelado} (4,32), logo o modelo foi estatisticamente significativo a 90 % de confiança.

Foi possível verificar através da Figura 12 que em altas proporções de polpa de manga e baixas proporções maltodextrina, obteve-se um maior teor de carotenoides nas bebidas compostas em pó. A maltodextrina é usada como um encapsulante e pode ter diminuído a disponibilidade e dificultado a extração dos carotenoides durante a análise. As altas proporções utilizadas em alguns ensaios como, por exemplo, no Ensaio 3, onde se utilizou 50 % de maltodextrina e apenas 25 % de polpa de manga, notou-se uma redução no teor de carotenoides da bebida composta em pó.

Figura 12 - Diagrama ternário da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável resposta carotenoides.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.5 Resultados obtidos no delineamento de mistura para as variáveis rendimento, solubilidade e cor

Na Tabela 36 estão descritos os resultados do rendimento e das análises de solubilidade e cor (parâmetros L^* , a^* e b^*) do delineamento de misturas para a bebida composta em pó.

Tabela 36 - Resultados de rendimento, solubilidade e cor (parâmetros L*, a* e b*) do delineamento de misturas para a bebida composta em pó.

Ensaio	Variáveis Reais			Variáveis Respostas				
	Polpa de Manga (%)	Soro Lácteo (%)	Maltodextrina (%)	Rendimento (%)	Solubilidade (%)	L*	Cor a*	b*
1	75,00	20,00	5,00	21,27±0,00	94,05±0,06	54,93±0,01	-0,45±0,00	11,56±0,01
2	20,00	75,00	5,00	48,44±0,00	96,42±0,58	65,34±0,00	-3,82±0,00	11,4±0,00
3	25,00	25,00	50,00	49,25±0,00	96,42±1,35	64,57±0,00	-3,26±0,01	9,84±0,01
4	47,50	47,50	5,00	32,09±0,00	96,06±2,00	60,38±0,00	-1,88±0,00	13,74±0,00
5	50,00	25,00	25,00	63,62±0,00	95,99±1,83	65,25±0,00	-3,29±0,00	12,26±0,00
6	25,00	50,00	25,00	74,84±0,00	97,52±1,76	65,08±0,00	-3,56±0,00	10,48±0,01
7	41,67	41,67	16,67	53,33±0,00	99,46±1,25	64,43±0,00	-3,24±0,00	11,97±0,01

Fonte: Elaborada pela autora.

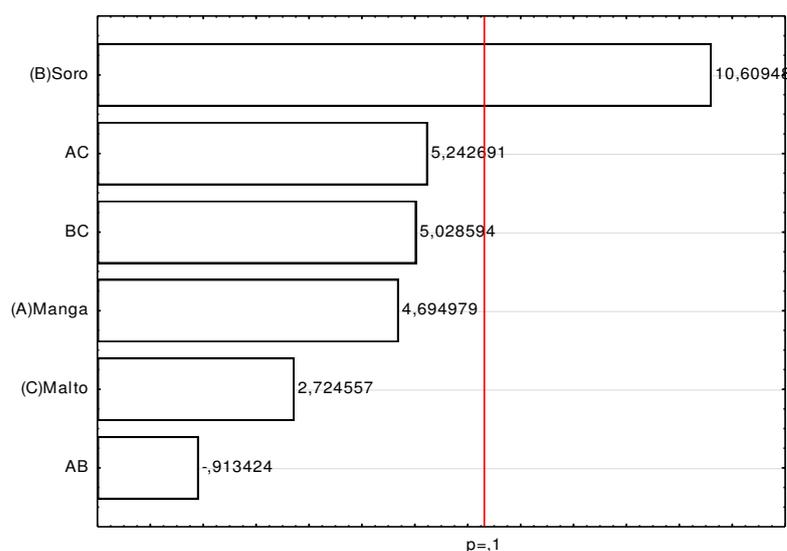
4.5.1 Rendimento

Através da análise dos resultados descritos na Tabela 36, notou-se que o rendimento variou de 21,27 % a 74,84 %. O ensaio 6 com proporções da mistura ternária de 25:50:25 % de polpa, soro e maltodextrina, respectivamente, apresentou o melhor resultado de rendimento, enquanto que o ensaio 1 com proporções de 75:20:5 % de polpa de manga, soro e maltodextrina, respectivamente, apresentou menor rendimento. Martin (2013) observou nos pós da polpa de cupuaçu comercial encapsulados com maltodextrina valores de rendimento do processo entre 25,62 % a 40,22 %, enquanto que os pós da polpa integral ficaram entre 27,82 a 36,92 %, inferiores ao desse estudo.

Rocha (2013) relatou rendimentos variando de 5,73 a 49,14 % em secagem de polpa de manga em *spray-dryer*, onde o melhor rendimento observado foi obtido com a utilização de 30 % de maltodextrina (p/p). Catelam (2010) estudando a secagem de “mix” de leite, polpa de maracujá, utilizando a maltodextrina como aditivo, teve como maior rendimento (23,32 %) a proporção de 4:1:4, ou seja, 50 % dos sólidos do aditivo (maltodextrina) substituído por leite desnatado.

No Gráfico 4 podemos observar qualitativamente que maiores rendimentos foram conseguidos com maiores proporções de soro sendo ele quem mais contribuiu independentemente para o rendimento dos pós.

Gráfico 4 – Diagrama de pareto da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável rendimento



Fonte: Elaborado pela autora.

Para o rendimento dos pós, os modelos testados não foram significativos como demonstrado pela Tabela 37, onde se verificou que o F da regressão foi menor que o F_{tabelado} .

Tabela 37 - Análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão do delineamento de mistura para a variável rendimento da bebida composta em pó

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	1934,28	5	386,85	18,25	57,24
Resíduos	21,19	1	21,19		
Total	1955,47	6	325,91		

Fonte: Elaborada pela autora.

Estudos mostram a influência do uso de proteínas no aumento do rendimento. Adhikari *et al.* (2009), por exemplo, relataram que a adição de pequenas quantidades (0.5 – 1% na mistura seca) de proteínas de soro de leite na produção de sacarose em pó por *spray dryer* melhorou a recuperação do produto em pó de 0 % para mais de 80 %

4.5.2 Solubilidade

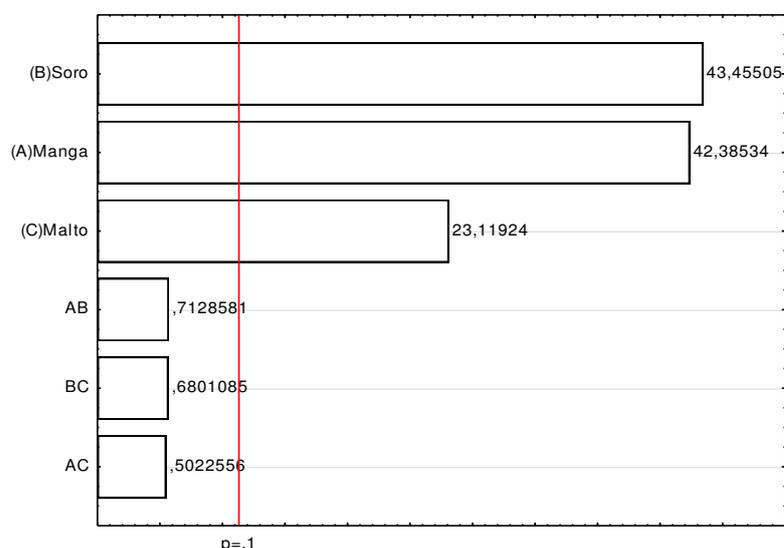
A solubilidade das bebidas compostas em pó obtidas variou de 94,05 % a 99,46 %. O ensaio 7 com proporções da mistura ternária de 41,67: 41,67: 16,67% de polpa, soro lácteo e maltodextrina, respectivamente, apresentou a maior solubilidade, enquanto que o ensaio 1 com proporções de 75:20:5% de polpa de manga, soro e maltodextrina, respectivamente, menor.

Oliveira *et al.* (2013), citaram que a alta solubilidade dos pós obtidos revela seu potencial como ingrediente em produtos alimentícios, como bebidas e preparados de sobremesas instantâneos. A solubilidade de manga e abacaxi em pó obtidos através do processo de *foam-mat*, determinados por Dantas (2010), foram de 98,00% e 91,00%.

Barbosa (2010) demonstrou, para suco em pó de mistura de manga e mamão obtido em *spray-dryer*, solubilidade entre 97,29 % 99,37 %. Tonon *et al.* (2009), em trabalho com açaí em pó com diferentes agentes carreadores, apresentaram solubilidade em torno de 94,44 a 96,12 % semelhantes aos obtidos nesse estudo.

A solubilidade final dos pós obtidos não foi influenciada significativamente ($p < 0,10$). A análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão para a solubilidade está descrita na Tabela 38. O modelo quadrático não apresentou regressão significativa ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$).

Gráfico 5 – Diagrama de pareto da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para variável solubilidade.



Fonte: Elaborado pela autora.

Através de uma análise qualitativa do Gráfico 5, observou-se que a solubilidade foi influenciada, principalmente, pelo teor de soro seguido pela polpa de manga e maltodextrina, respectivamente.

A grande falta de ajuste (falha do modelo em se ajustar aos dados experimentais) observado na Tabela 38 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.

Para serem práticos os pós utilizados como ingredientes para a indústria de alimentos devem proporcionar uma boa solubilidade. Solubilidade é a última etapa de dissolução de partículas e é considerado um fator decisivo para a qualidade destes produtos (JAYASUNDERA *et al.* 2011)

Tabela 38 - Análise de variância (ANOVA) do modelo quadrático do delineamento de mistura para a variável solubilidade da bebida composta em pó.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	11,32	5	2,26	0,45	57,24
Resíduos	4,92	1	4,92		
Total	16,24	6	2,70		

Fonte: Elaborada pela autora.

Cano-Chauca *et al.* (2005) observaram valores de solubilidade superiores a 90 % no suco de manga atomizado com maltodextrina e goma arábica. A solubilidade é um dos critérios primordiais para avaliar o comportamento do pó em solução aquosa. A alta solubilidade dos pós obtidos nesse estudo revelou seu potencial como bebida de preparação instantânea, já que todos os ensaios obtiveram solubilidade acima de 94 %.

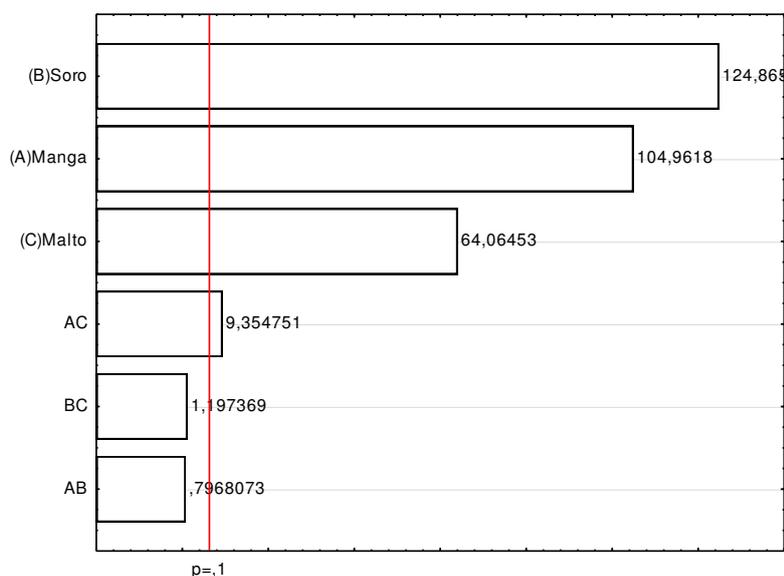
4.5.3 Coordenadas de cor $L^* a^* b^*$

L^* (luminosidade)

Em relação à coordenada luminosidade (L^*), observou-se valores máximos de 65,34 (ensaio 2) e mínimos de 54,93 (ensaio 1), sendo as proporções para o primeiro ensaio, polpa de manga 20 %, soro 75 % e maltodextrina 5 % e o segundo ensaio, respectivamente, para polpa 75 %, soro 20 % e maltodextrina 5 %.

Nota-se que maiores proporções de soro e menores proporções de polpa na mistura geraram pós com maiores luminosidades, o que pode ser confirmado através da análise qualitativa do Gráfico 6, onde observou-se que o soro foi a variável que mais contribuiu significativamente para a coordenada de cor L^* , seguido da polpa de manga e da maltodextrina.

Gráfico 6 – Diagrama de pareto da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para o parâmetro de cor L^* .



Fonte: Elaborado pela autora.

A equação 11 apresenta o modelo matemático total gerado pelo planejamento para avaliação da luminosidade das bebidas compostas em pó com os componentes reais da mistura.

$$L^* = 0,1127P_M + 0,1723S + 0,0988M + 0,0007P_M M \quad [\text{Equação 11}]$$

Onde: L^* = luminosidade do pó; P_M = concentração de polpa de manga (%); S = concentração de soro (%); M = concentração de maltodextrina (%).

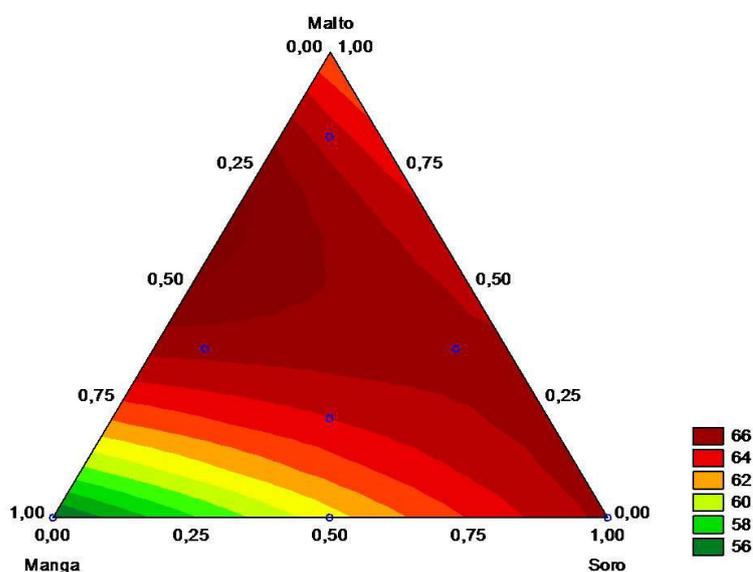
A análise de variância (ANOVA) descrita na Tabela 39, para coordenada luminosidade (L^*), revelou que houve ajuste para o modelo quadrático, já que o F da regressão se apresentou maior que o F_{tabelado} , em intervalo de confiança de 90 %. Portanto, procedeu-se com a construção do diagrama ternário (Figura 13), utilizando o modelo quadrático.

Tabela 39 - Análise de variância (ANOVA) do modelo quadrático do delineamento de mistura para variável cor, coordenada L^* (luminosidade) da bebida composta em pó.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	90,94	5	18,18	66,21	57,24
Resíduos	0,27	1	0,27		
Total	91,22	6	15,20		

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 13 - Diagrama ternário da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para a coordenada de cor L^* .



Fonte: Elaborada pela autora.

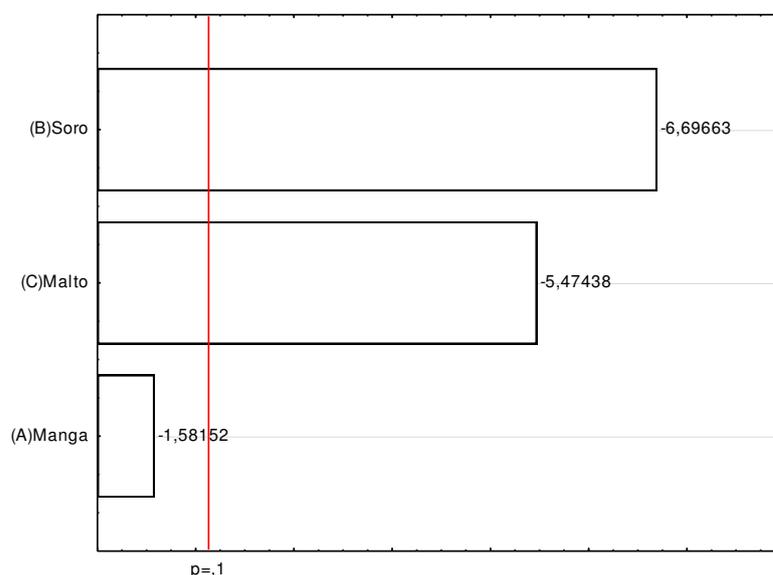
A Figura 14 demonstra que maiores valores do parâmetro de cor L*são obtidos em baixas concentrações de polpa de manga e maltodextrina, e concentrações abaixo de 20 % de soro também geraram pós com luminosidades mais baixas.

a* (intensidade do vermelho)

A coordenada a* variou de -0,45 (Ensaio 1) a -3,82 (Ensaio 2) com proporções de (75:20: 5 %) e (20:75: 5 %), respectivamente, para a polpa de manga o soro e maltodextrina.

Na Tabela 40 observou-se que todos os ensaios apresentaram valores negativos, esse resultado reforça o obtido anteriormente e valida o fato do soro contribuir para a promoção da coloração de cor verde, comportamento que pode ser confirmado pela análise qualitativa do Gráfico 7. Segundo Prazeres *et al.* (2012) o soro lácteo 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).

Gráfico7– Diagrama de pareto do pó da polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para coordenada a* (intensidade do vermelho).



Fonte: Elaborada pela autora.

A equação 12 apresenta o modelo matemático linear gerado pelo planejamento para avaliação da intensidade de vermelho (a*) das bebidas compostas em pó com os componentes reais da mistura.

$$a^* = -0,0120S - 0,0134M$$

Equação 12

Onde: a^* = intensidade de vermelho; S = concentração de soro (%); M = concentração de maltodextrina (%).

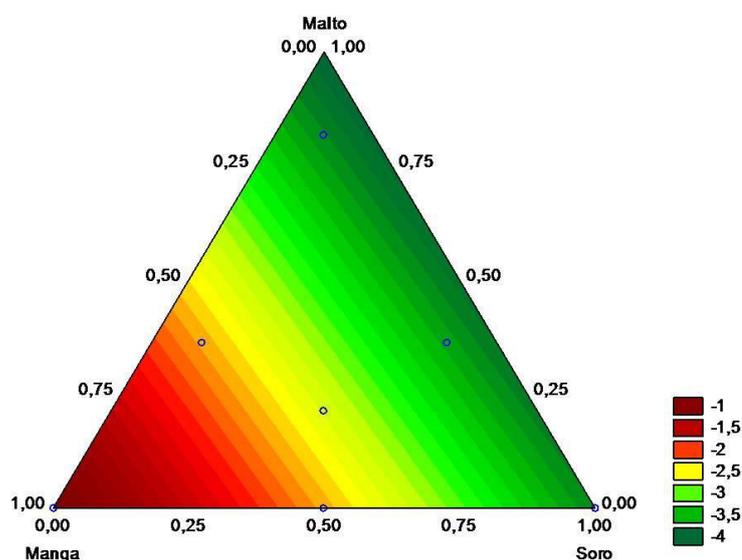
Tabela 40 - Análise de variância (ANOVA) do modelo linear do delineamento de mistura para a coordenada de cor a^* (intensidade do vermelho) na bebida composta em pó.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	6,73	2	3,36	7,08	4,32
Resíduos	1,89	4	0,47		
Total	8,63	6	1,43		

Fonte: Elaborada pela autora.

Verificou-se na Tabela 40 que o $F_{\text{calculado}}$ foi maior que o F_{tabelado} , portanto, procedeu-se com a construção do diagrama ternário (Figura 14), utilizando o modelo linear, onde notou-se que nos ensaios em que as proporções de soro foram acima de 20 % e a de maltodextrina acima de 5 % houve tendência a obtenção de pós com menores valores de a^* , ou seja, com coloração voltada para o verde e não para o vermelho.

Figura 14 - Diagrama ternário da mistura entre polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para coordenada a^* (intensidade do vermelho).



Fonte: Elaborada pela autora.

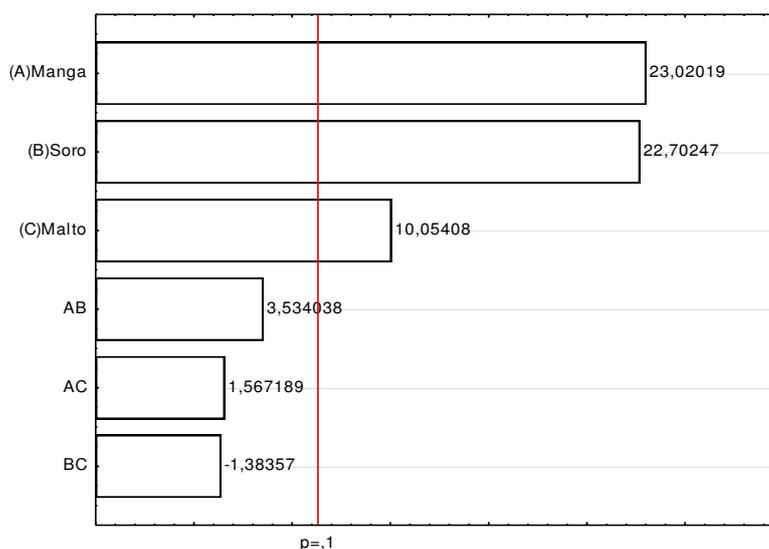
b^* (intensidade do amarelo)

Em relação à coordenada de cor b^* observou-se valores médios (TABELA 36) entre 13,74 e 9,84. O valor máximo foi apresentado pelo ensaio 4 com concentrações de polpa de manga (47,5%), soro (47,5%) e maltodextrina (5%) e valor mínimo pelo ensaio 3 com

proporções de 25, 25 e 50 % de polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, respectivamente.

Fazendo uma análise qualitativa do gráfico 8 observou-se que a coordenada b^* sofreu maior influência da polpa de manga, seguida do soro e da maltodextrina. O que era um comportamento esperado, já que a polpa de manga apresenta coloração amarela bastante característica, conferindo assim, maior intensidade dessa cor quando presente em maiores proporções na bebida composta em pó.

Gráfico 8-Diagrama de pareto do pó da polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, obtida para coordenada b^* (intensidade de amarelo).



Fonte: Elaborada pela autora.

A análise de variância (ANOVA) na Tabela 41, para coordenada b^* (intensidade do amarelo), revelou que não houve ajuste em todos os modelos testados, bem como, o $F_{\text{calculado}}$ apresentou-se menor que o F_{tabelado} , ao nível de significância de 10%.

Tabela 41 - Análise de variância (ANOVA) do modelo quadrático do delineamento de misturas para variável cor, coordenada b^* (intensidade de amarelo) da bebida composta em pó.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}
Regressão	9,29	5	1,85	7,30	57,24
Resíduos	0,25	1	0,25		
Total	9,54	6	1,59		

Fonte: Elaborada pela autora.

4.6 - Escolha da melhor formulação da bebida composta em pó.

Devido ao fato de não ter sido observado um ponto ótimo em nenhuma das variáveis estudadas após a análise dos efeitos, ANOVA e interpretação dos diagramas, definiu-se o ensaio 5 com 50:25:25 % de polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina, respectivamente, como sendo o mais apropriado para o estudo da estabilidade.

Esse ensaio apresentou os menores valores de higroscopicidade (6,94 %) e umidade (1,21 %) o que favorecem as condições físicas e químicas do pó durante o armazenamento, valor significativamente elevado de rendimento (63,62 %), essencial para o processo de produção de pós, bem como teor considerável de carotenoides (0,52 mg. 100 g⁻¹), por ser a formulação que apresenta 50 % de polpa de manga, única fonte deste componente na mistura.

Além disso, possui um alto valor de solubilidade, muito importante no caso das bebidas em pó e umas das maiores intensidades de amarelo, que caracterizam a bebida em pó com a coloração característica da manga (amarela), importante para sua aceitação visual.

Vale ressaltar que a legislação para bebida composta exige predominância do ingrediente de origem vegetal sobre o ingrediente de origem animal, logo as proporções da formulação escolhida atendem aos limites mínimos especificados, mínimo de 50 % de produtos de origem vegetal (BRASIL, 2013)

Tabela 42–Escolha da melhor formulação da bebida composta em pó baseada na proporção de polpa de manga, soro-lácteo e maltodextrina.

Formulação que gerou melhores respostas	
Polpa de Manga (%)	50
Soro lácteo (%)	25
Maltodextrina (%)	25

Fonte: Elaborada pela autora.

4.7 Caracterização da bebida composta em pó.

Na Figura 15 está ilustrada a bebida composta em pó obtida com 50 % de polpa de manga, 25 % de soro lácteo líquido e 25 % de maltodextrina, seca a 175 °C de temperatura do ar de entrada de secagem e vazão de 4,2 m³ /min de ar quente, definida como a melhor formulação de acordo com os resultados do delineamento de misturas e do planejamento experimental.

Figura 15– Bebida composta em pó composta de polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina.



Na Tabela 43 estão os resultados das médias e o desvio padrão das análises realizadas para caracterização da bebida composta em pó formulada com 50:25:25 % de polpa de manga, soro e maltodextrina.

Tabela 43- Caracterização física e físico-química da bebida composta em pó nas condições “ótimas”.

Parâmetros	Bebida composta em pó
Acidez ¹	0,43 ± 0,00
pH	4,63 ± 0,03
Sólidos Solúveis (° Brix)	91,00 ± 0,17
Umidade (%)	1,24 ± 0,01
Atividade de Água - a _w	0,25± 0,00
Carotenoides (mg. 100g ⁻¹)	0,55± 0,00
Açúcares Redutores (%)	39,17±0,29
Açúcares Totais (%)	52,60±0,04
Proteínas (%) (m/m)	1,79± 0,16
L*	62,64± 0,00
a*	-2,66± 0,01
b*	14,38± 0,01
Higroscopicidade (g H ₂ O. 100g ⁻¹)	6,65±0,15
Solubilidade (%)	96,01±1,23
Flavonoides Amarelos (mg. 100g ⁻¹)	46,02±0,24

¹ Acidez total expressa em ácido cítrico (g.100 g⁻¹); ² Valores expressos em base seca. Fonte: Elaborada pela autora.

O resultado de acidez $0,43 \text{ g.}100 \text{ g}^{-1}$ da bebida composta em pó foi inferior aos encontrados por Vieira *et al.* (2012) em bebida láctea com 20 % de soro ($0,59 \text{ g.}100 \text{ g}^{-1}$) e bebida láctea com 40 % de soro ($0,47 \text{ g.}100 \text{ g}^{-1}$). Cruz *et al.* (2009), ao elaborarem bebida à base de soro lácteo nas proporções de 50 %, 70 % e 30 % e suco de acerola, relataram valor máximo de acidez de $0,44 \text{ g.}100 \text{ g}^{-1}$.

Segundo Azeredo (2004), os alimentos com $\text{pH} > 4,5$ são considerados pouco ácidos, Cunha *et al.* (2008) observaram pH de 4,53 em bebida láctea com 70 % de leite e 30 % de soro de queijo. Thamer e Penna (2006), em sua pesquisa com bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico contendo as proporções de soro de 45 %, 50 % e 55 %, observaram valores de 4,72 a 4,83, próximos aos encontrados neste estudo que foi de 4,63.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) indica normalmente, em produto de origem vegetal, a quantidade de açúcares nos frutos bem como, a presença de qualquer composto solúvel, incluindo ácidos orgânicos, compostos fenólicos e carotenoides (RAMALHO, 2014).

Rocha (2013) em pó de polpa de manga obtido em *spray-dryer* ($94,50^\circ \text{Brix}$) e Santos *et al.* (2014) em goiaba em pó obtida por *spray-dryer* ($93,00^\circ \text{Brix}$) observaram valores próximos aos obtidos nessa pesquisa ($91,00^\circ \text{Brix}$). O alto valor de sólidos solúveis da bebida composta em pó deve-se a retirada de água durante a secagem e adição de maltodextrina.

Os valores de umidade obtidos da bebida composta em pó de polpa de manga e soro lácteo (1,24 %) foram inferiores aos encontrados por Rocha (2013) que apresentou um valor médio de 1,58 % e Catelam (2010) que obteve em pó de polpa de maracujá obtida no *spray dryer* com maltodextrina e leite desnatado (proporções de 1:4: 4), $1,40 \% \pm 0,17$. A umidade dos alimentos em pó obtidos em *spray-dryer* apresenta características diferenciadas, uma vez que dependem das peculiaridades da matéria prima utilizada, além disso, influência diretamente na higroscopicidade e vida útil desse produto.

Segundo Barbosa (2010) a atividade de água é um índice de grande importância para os alimentos obtidos por *spray-dryer* devido à sua influência sobre a vida útil do pó produzido. Alta atividade de água indica mais água livre disponível para as reações bioquímicas e, conseqüentemente, vida útil mais curta. Na bebida composta o valor deste parâmetro foi de 0,25. Valor semelhante foi descrito por Ferrare *et al.* (2012) em pesquisa com polpa de amora preta que apresentou valores variando de 0,261 a 0,283.

De acordo com Schuck *et al.* (2008), a quantidade máxima de umidade em um produto lácteo desidratado deve ser definida pelo valor da atividade de água, sendo desejado um valor próximo a 0,2.

O valor de carotenoides, $0,55 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, foi inferior ao observado por Rocha (2013) de $1,80 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ em base seca. Este baixo resultado médio obtido pode ter ocorrido devido ao baixo valor encontrado na polpa de manga utilizada como matéria prima para a pesquisa, já que essa é a única fonte desse componente na bebida composta em pó.

Os valores obtidos para os parâmetros de açúcares redutores e totais na bebida composta em pó foram 37,19 e 52,60 %, respectivamente, semelhantes aos resultados médios observados por Rocha (2013) em pó da polpa de manga que foram de 21,91 % e 49,57 % e Bezerra *et al.* (2011) que obtiveram teores médios de 45,83 % para os açúcares totais e 33,88 % de sólidos secos para os açúcares redutores.

O teor de proteínas da bebida composta em pó foi de $1,79 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, considerado bastante significativo, já que formulação possui apenas 25 % de soro lácteo com teor de proteínas de $1,36 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, confirmando a concentração de alguns componentes com a secagem. Recchia (2014) observou valor médio de proteínas de $2,8 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ em bebidas lácteas com preparado de frutas a base de soro lácteo ácido obtidas por 12 tratamentos, distintos. Thamer e Penna (2006), ao analisarem bebidas lácteas probióticas de diferentes formulações, encontraram teores de proteína variando entre 1,93 e 2,46 %. Oliveira (2006) também encontrou resultados semelhantes ao analisar o teor de proteína de bebidas lácteas fermentadas enriquecidas de ferro com diferentes concentrações de soro, com valores oscilando entre 1,65 a 2,08 %.

Para os parâmetros de cor avaliados obtiveram-se luminosidade L^* de 62,64, valor superior ao observado nas matérias primas utilizadas, isso se deve a adição da maltodextrina. Kha *et al.* (2010) também observaram um aumento do parâmetro L^* com o aumento da concentração de maltodextrina em gacfruit seca em *spray-dryer*, uma vez que a maltodextrina possui coloração branca e, desse modo, dilui os pigmentos presentes na fruta, alterando a sua coloração. A intensidade do vermelho, como foi negativo (-2,66), definiu o pó com coloração levemente esverdeada, característica transmitida pelo soro lácteo utilizado e a intensidade do amarelo (14,38), característica obtida da polpa de manga, foi definida como amarela.

A higroscopicidade ($6,65 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) foi inferior as descritas por Oliveira, Costa e Afonso (2014), em polpa de cajá liofilizada ($8,51 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), utilizando 17 % de maltodextrina e por Rocha (2013) que obteve $12,38 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e $16,38 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para pó de polpa de manga e caju, respectivamente.

O valor médio obtido para os flavonoides da bebida composta em pó foi de 46,02 mg. 100g⁻¹. Carneiro (2011) estudando a estabilidade de açaí em pó orgânico, no período de 270 dias de armazenamento, verificou um aumento no teor de flavonoides amarelos com o tempo de armazenamento, com valores variando de 21,04 para 34,35 mg.100g⁻¹ de pó, porém, valores ainda inferiores ao observados nesse estudo.

A solubilidade da bebida composta em pó (96,01 %) foi semelhante ao observado por Caparino *et al.* (2012) em seu estudo para o pó de manga, onde encontrou que a secagem em *spray-dryer* produziu um pó com maior solubilidade que o obtido por liofilização, 95,31 %.

5 Estudo da estabilidade da bebida composta em pó

A estabilidade é uma característica extremamente desejável em alimentos. Ao adquirir um produto, o consumidor deseja que a sua qualidade seja mantida pelo maior tempo possível, tanto do ponto de vista microbiológico quanto do sensorial. No entanto, os alimentos são formados por diversos componentes sujeitos às variações de condições do ambiente e, conseqüentemente, a uma série de alterações que podem resultar na perda de qualidade e até na completa deterioração desses produtos.

É dito na literatura que a vida útil de um produto é basicamente atrelada a quatro fatores: formulação, processamento, embalagem e condições de estocagem (MESSANO, 2010). Os estudos de estabilidade dos produtos são realizados no intuito de gerar um alimento seguro para o consumidor e determinação do tempo em dias, meses e anos para a comercialização do produto, além disso, conhecendo as propriedades dos alimentos, é possível aprimorar o processo para melhorá-lo e reduzir perdas durante sua produção.

Foram realizadas secagens para obtenção de pó em quantidade suficiente para avaliação da estabilidade da bebida composta em pó obtido pelas condições ótimas (seca a 175°C, vazão de 4,2 m³ /min, com 50 % de polpa de manga, 25 % de soro lácteo líquido e 25 % de maltodextrina) as quais foram distribuídos em embalagens distintas para cada tempo de análise da estabilidade. As embalagens laminadas foram seladas a vácuo e armazenadas em temperatura ambiente, sendo analisada a cada quinze dias, durante o período de 75 dias de armazenamento. As análises foram realizadas segundo metodologias descritas no item 3.6.

As amostras da bebida composta mantiveram-se na forma de pó, sem muitas alterações na textura por todo período de armazenamento, o que permitiu a realização das análises que constituíram a caracterização da estabilidade do pó que serão mostradas a seguir, sendo cada atributo de qualidade avaliado em intervalos de 15 dias.

5.1 Determinações físico-químicas

5.1.1 Umidade

A umidade da bebida composta em pó apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) pelo teste de diferença de médias em função do tempo de armazenamento. Na Tabela 44 estão descritos os valores médios com os respectivos desvios-padrão.

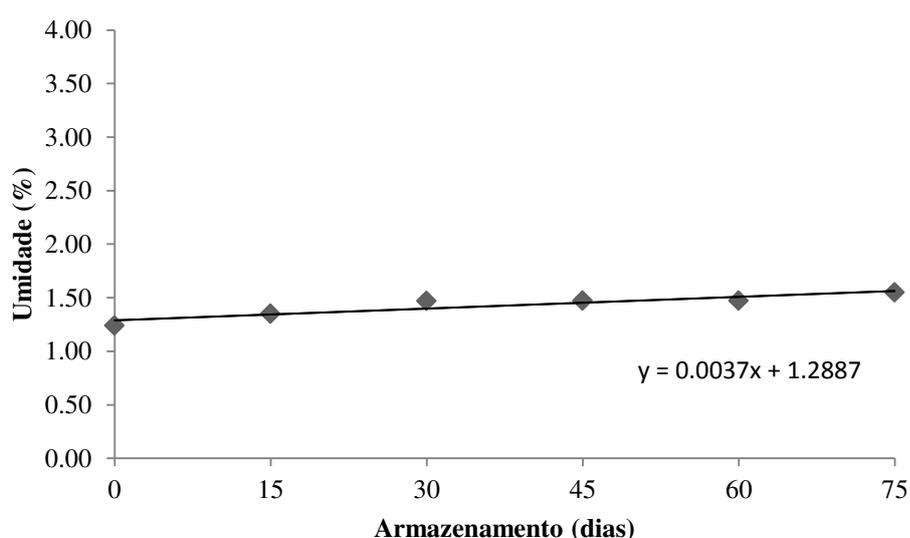
Tabela 44- Valores médios da umidade da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento

Tempo em dias	Umidade (%)
0	1,24 ^d ±0,02
15	1,35 ^c ±0,01
30	1,47 ^b ±0,01
45	1,47 ^b ±0,00
60	1,47 ^b ±0,01
75	1,55 ^a ±0,00

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* ($p > 0,05$).
Fonte: Elaborada pela autora.

Houve diferença estatística entre os tempos 0, 15 e 75, nota-se através dos dados apresentados na tabela uma tendência do aumento de umidade durante o tempo de armazenamento evidenciado também no Gráfico 9.

Gráfico 9 - Comportamento da umidade da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.



Araújo (2013), Costa (2013) e Rocha (2013) observaram uma tendência no aumento da umidade dos pós durante os períodos de armazenamento definidos em seus

estudos. A umidade pode ser expressa em base úmida ou base seca, a determinação desse fator é de grande importância para definir a estabilidade, qualidade e composição dos alimentos, ao realizar a análise de umidade, somente a água livre é medida em todos os métodos (CECCHI, 2007).

A variação de 0,31% do tempo 0 (1,24%) ao tempo 6 (1,55%) de umidade da bebida composta em pó, não foi determinante para sua estabilidade, essa absorção não acarretou aglomeração do produto nem elevou a atividade de água de água do mesmo a ponto de torná-lo suscetível ao desenvolvimento de microrganismos.

O valor de umidade da bebida composta em pó (1,55 %) ainda é inferior ao de alimentos como o ovo integral em pó e o leite em pó desnatado (2,0 a 4,0 %), o café instantâneo (2,5 %) e a farinha de trigo (13 %).

5.1.2 Atividade de água (a_w)

Segundo Azeredo *et al.* (2004) em relação à deterioração com base no fator água, o atributo mais importante é sua atividade de água e não seu teor de umidade. A atividade de água é diferente de umidade, uma vez que mede a disponibilidade de água livre em um sistema alimentar responsável por quaisquer reações bioquímicas, enquanto o teor de umidade representa a composição da água em um alimento (QUEK, CHOK e SWEDLUND, 2007).

A atividade de água apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) pelo teste de diferença de médias em função do tempo de armazenamento da bebida composta em pó. Os valores médios de Atividade de água para a bebida composta em pó variaram de 0,25 a 0,31 (TABELA 45).

Tabela 45- Valores médios da atividade de água da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento

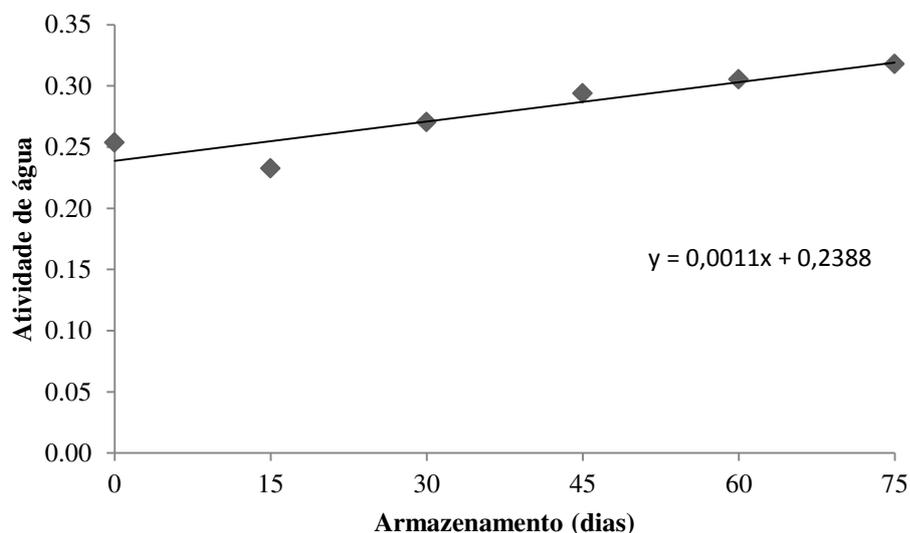
Tempo em dias	a_w
0	0,25 ^c ±0,00
15	0,23 ^d ±0,00
30	0,27 ^c ±0,01
45	0,29 ^b ±0,00
60	0,30 ^{ab} ±0,00
75	0,31 ^a ±0,01

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Fonte: Elaborada pela autora.

Através dos dados da tabela 45 nota-se que houve certa tendência de aumento da atividade de água com os dias de armazenamento e que a partir do tempo 3 (45 dias), não

houve diferença estatística entre os demais tempos e apenas o tempo 15 diferiu estatisticamente dos demais, o que pode ser observado no Gráfico 10.

Gráfico 10 - Comportamento da atividade de água da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.



Segundo Costa (2012) a atividade de água é um índice de grande importância para os alimentos obtidos em *spray-dryer* devido a sua influência sobre a vida útil do pó produzido. O mesmo autor observou diferença significativa da atividade de água durante o armazenamento de pó de maracujá orgânico, onde houve variação de 0,42 a 0,46.

Ferrare *et al.* (2012) em seu estudo com amora-preta observou que todas as amostras apresentaram valores de atividade de água inferiores a 0,3, indicando estabilidade microbiológica dos pós obtidos por *spray dryer*.

O pequeno aumento da atividade de água pode ser justificado devido ao aumento da umidade da bebida composta em pó. No entanto, estes valores são considerados seguros quanto a alterações causadas pelo crescimento de bactérias patogênicas, visto que, estes microrganismos não conseguem se desenvolver nestes valores de atividade de água, assim essa pouca variação (0,08) não compromete a qualidade, a segurança, nem a finalidade da bebida composta em pó.

Segundo CELETINO (2010) em regiões de $a_w < 0,3$, atinge-se a zona de absorção primária, em que as moléculas de água estão fortemente ligadas ao alimento, não podendo ser utilizada para dissolver componentes do alimento, o que leva as reações a terem velocidades próximas de zero e o não desenvolvimento de microrganismos.

5.1.3 - Higroscopicidade

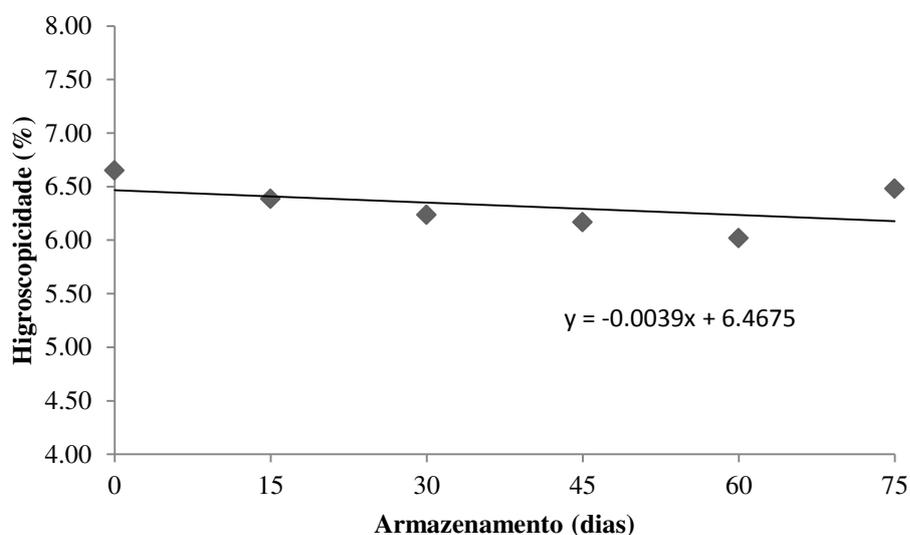
A higroscopicidade não apresentou diferença estatística pelo teste de Tukey em função do tempo de armazenamento, variando de 6,65 a 6,47 %%, desta forma, assumiu-se que a higroscopicidade não sofreu influência em função do período de armazenamento.

Tabela 46- Valores médios da higroscopicidade da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento

Tempo em dias	Higroscopicidade (%)
0	6,65 ^a ±0,15
15	6,38 ^a ±0,30
30	6,23 ^a ±0,29
45	6,16 ^a ±0,37
60	6,02 ^a ±0,09
75	6,47 ^a ±0,24

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Fonte: Elaborada pela autora.

Gráfico 11 - Comportamento da variável higroscopicidade da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.



Segundo os parâmetros de classificação de GEA Niro Research Laboratory (2010) a bebida composta em pó está dentro da faixa $< 10\%$ de higroscopicidade, assim a mesma foi considerada não higroscópica até o final do armazenamento.

Tonon *et al.* (2009), afirmou que pós com umidades mais baixas têm maior facilidade em adsorver água, ou seja, são mais higroscópicos, o que está relacionado ao maior gradiente de concentração de água existente entre o produto e o ambiente.

5.1.4 Acidez titulável

Os valores médios com os respectivos desvios-padrão da acidez total ao longo dos dias de armazenamento da bebida composta em pó estão descritos na Tabela 47.

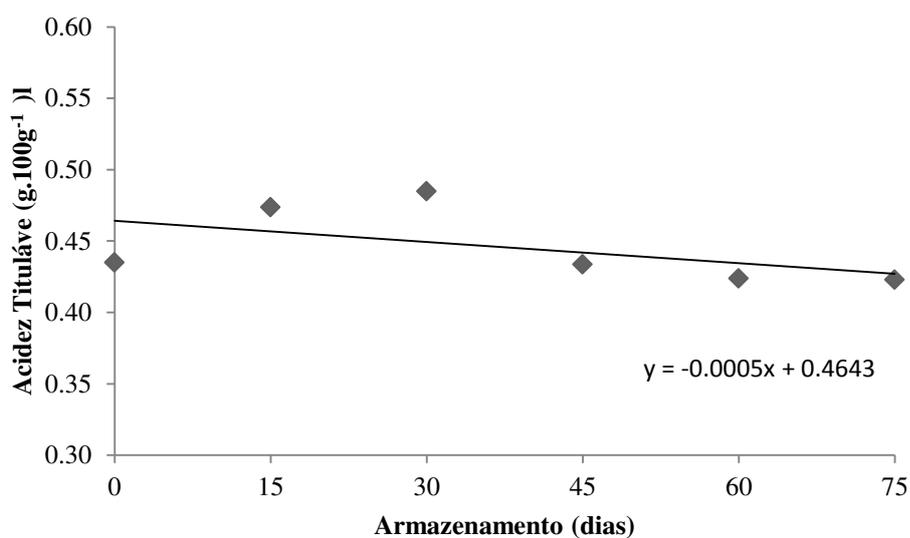
Tabela 47- Valores médios da acidez da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento

Tempo em dias	Acidez (ATT) g.100g ⁻¹
0	0,43 ^{ab} ±0,00
15	0,47 ^{ab} ±0,03
30	0,48 ^a ±0,01
45	0,43 ^{ab} ±0,00
60	0,42 ^b ±0,01
75	0,42 ^b ±0,01

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* ($p > 0,05$).
Fonte: Elaborada pela autora.

A acidez da bebida compostas em pó apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) pelo teste de *Tukey* em função dos dias de armazenamento. Houve pouca variação da acidez da bebida composta em pó na ordem de 0,06 g.100g⁻¹. Apenas os tempos 30, 60 e 75 diferiram entre si.

Gráfico 12 - Comportamento da acidez da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.



Esta relativa estabilização da acidez total titulável foi observada por Rocha (2013) ao realizar o estudo de estabilidade do pó da polpa de manga pelo período de 180 dias em embalagem laminada, onde os teores de acidez variaram de 0,77 a 0,86 mg. 100g⁻¹, indicando

que os ácidos orgânicos presentes não sofreram oxidações com o decorrer do tempo de armazenamento.

5.1.5 pH

Os valores médios com os respectivos desvios-padrão do pH ao longo dos dias de armazenamento da bebida composta em pó estão descritos na Tabela 48.

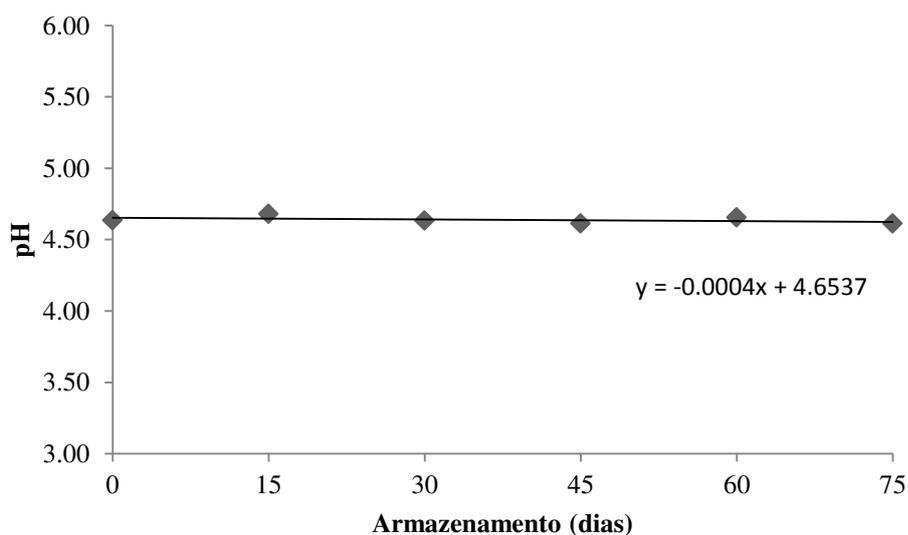
O pH da bebida composta em pó não apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) pelo teste de *Tukey* em função do tempo de armazenamento, desta forma, assumiu-se que o pH não sofreu influência em função do período de armazenamento.

Tabela 48- Valores médios do pH da bebida composta em pó.

Tempo em dias	pH
0	4,63 ^a ±0,03
15	4,68 ^a ±0,02
30	4,63 ^a ±0,04
45	4,61 ^a ±0,02
60	4,66 ^a ±0,01
75	4,61 ^a ±0,00

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* ($p > 0,05$).
Fonte: Elaborada pela autora.

Gráfico 13 - Comportamento do pH da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.



5.1.6 Proteínas

Os valores médios com os respectivos desvios-padrão da proteína ao longo dos dias de armazenamento da bebida composta em pó estão descritos na Tabela 49.

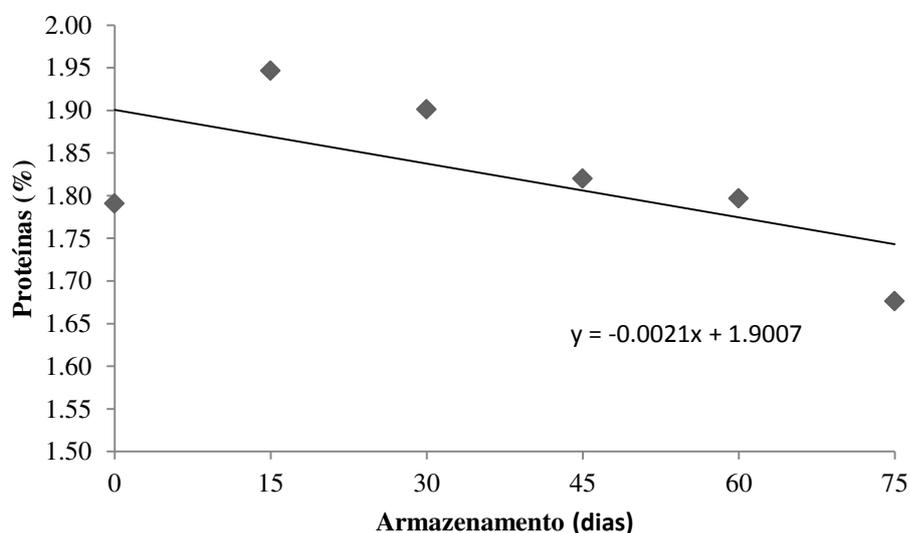
Tabela 49- Valores médios da proteína da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento

Tempo em dias	Proteínas (%)
0	1,79 ^a ±0,15
15	1,95 ^a ±0,04
30	1,90 ^a ±0,12
45	1,82 ^a ±0,39
60	1,80 ^a ±0,10
75	1,68 ^a ±0,11

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* ($p > 0,05$).
Fonte: Elaborada pela autora.

A proteína não apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) pelo teste de *Tukey* em função do tempo de armazenamento da bebida composta em pó, desta forma assumiu-se que a mesma não sofreu influência em função do período de armazenamento. Este fato pode ser explicado devido à alta transição vítrea (T_g) das proteínas, que estão presentes no soro lácteo, fornecerem boa estabilidade ao pó seco.

Gráfico 14 - Comportamento das proteínas da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento



5.1.7 Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis são comumente designados de °Brix e, após a secagem, devido à redução no teor de água, tem-se a concentração de açúcares, em consequência, maiores valores de sólidos solúveis totais. Os valores referentes aos sólidos solúveis da bebida composta em pó durante o período de armazenamento de 75 estão expostos na Tabela 50.

Observou-se que a bebida composta em pó acondicionada em embalagem laminada não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) durante o período de armazenamento.

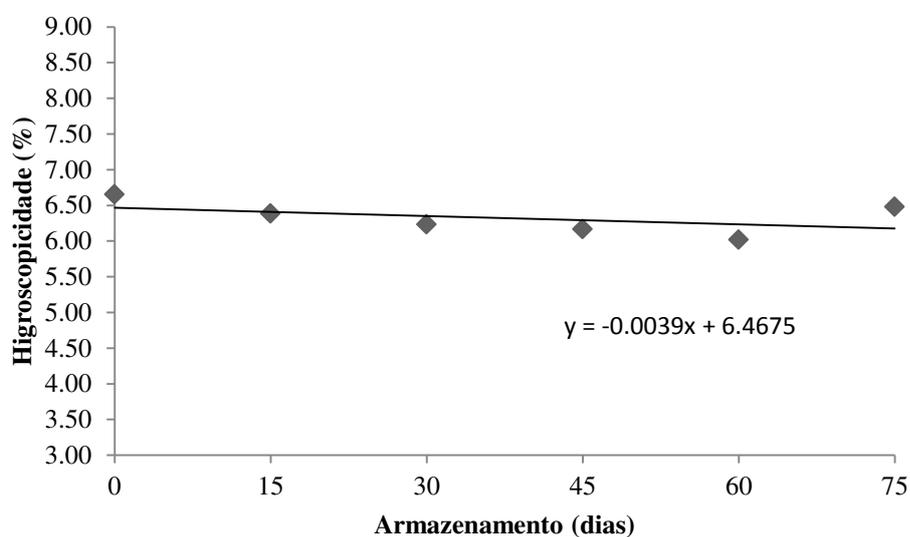
Tabela 50 - Valores médios dos sólidos solúveis da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento.

Tempo em dias	Sólidos solúveis (° Brix)
0	91,0 ^a ± 1,73
15	93,6 ^a ± 0,57
30	91,6 ^a ± 2,08
45	91,0 ^a ± 1,00
60	92,6 ^a ± 0,57
75	93,0 ^a ± 0,00

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Fonte: Elaborada pela autora.

O mesmo comportamento foi observado por Costa (2012) no estudo do maracujá em pó orgânico, onde os SST mostraram-se estáveis durante todo o período de estudo.

Gráfico 15 - Comportamento dos sólidos solúveis da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.



5.1.8 - Carotenoides

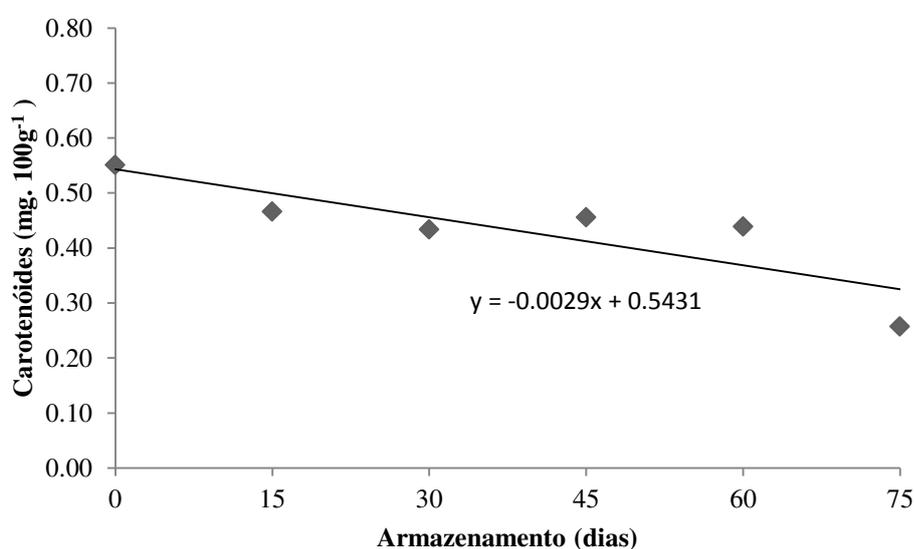
O teor de carotenoides da bebida composta em pó apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) pelo teste de diferença de médias em função do tempo de armazenamento. Na Tabela 51 estão descritos os valores médios com os respectivos desvios-padrão.

Tabela 51- Valores médios dos carotenoides da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento.

Tempo em dias	Carotenoides (mg. 100g ⁻¹) b.s
0	0,55 ^a ±0,00
15	0,47 ^b ±0,00
30	0,43 ^d ±0,00
45	0,45 ^{bc} ±0,01
60	0,44 ^{cd} ±0,00
75	0,26 ^e ±0,00

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).
Fonte: Elaborada pela autora.

Gráfico 16 - Comportamento dos carotenoides da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento



Após os 75 dias a redução do teor de carotenoides da bebida composta em pó foi na ordem de 52 % que representa 0,29 mg. 100g⁻¹. Costa (2013) observou o mesmo comportamento para essa variável, revelando uma redução na ordem de 52,03 % no teor de carotenoides do pó de maracujá orgânico ao final do período de estabilidade.

Alguns autores tentaram justificar a redução de carotenoides durante o armazenamento, Alves *et al.* (2008), em seu estudo sobre a estabilidade da microestrutura e do teor de carotenoides de pós obtidos da polpa de pequi liofilizada, relataram que o aumento da concentração do açúcar nos pós reduziu os teores de carotenoides totais.

Já Policarpo *et al.* (2007) afirmou que a redução desse componente no pó pode ser justificada pelo fato de que quando processados, os carotenoides se tornam mais vulneráveis

às alterações provocadas pelo calor, luz, concentração de oxigênio, durante o armazenamento, sofrendo auto oxidação.

5.1.9 Luminosidade (L^*)

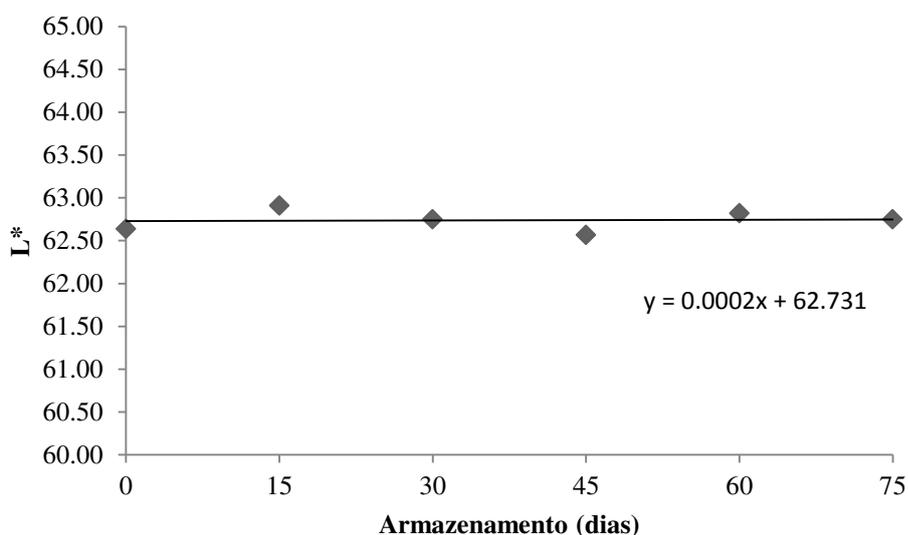
Os valores médios com os respectivos desvios-padrão da luminosidade (L^*) da bebida composta em pó ao longo dos dias de armazenamento estão descritos na Tabela 52. Na análise do parâmetro de luminosidade (L^*) foi observado diferença significativa ao nível de 5 % entre as médias ao longo do armazenamento, contudo, os tempos 30 e 75 não diferiram entre si.

Tabela 52- Valores médios da luminosidade da bebida composta em pó durante armazenamento de 75 dias.

Tempo em dias	L^*
0	62,63 ^d ±0,00
15	62,91 ^a ±0,01
30	62,75 ^c ±0,00
45	62,57 ^e ±0,00
60	62,82 ^b ±0,00
75	62,75 ^c ±0,00

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).
Fonte: Elaborada pela autora.

Gráfico 17 - Comportamento do parâmetro colorimétrico L^* da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.



Os pigmentos como antocianinas, carotenoides são passíveis de variação com a alteração de temperatura, acidez do meio, bem como presença de oxigênio e enzimas, além da possível alteração com outros componentes do meio, como ácido ascórbico, íons metálicos, açúcares e co-pigmentos (CASTANEDA OVANDO *et al.* 2009), ou seja, o pequeno aumento

de L^* pode estar associado à degradação por qualquer mecanismo que leve a formação de compostos de colorações menos intensas.

5.1.10 Coordenada (a^*)

A coordenada (a^*) apresentou diferença significativa ao nível de 5% com o tempo de armazenamento, os valores médios com os respectivos desvios-padrão dessa variável ao longo dos dias de armazenamento da bebida composta em pó estão descritos na Tabela 53.

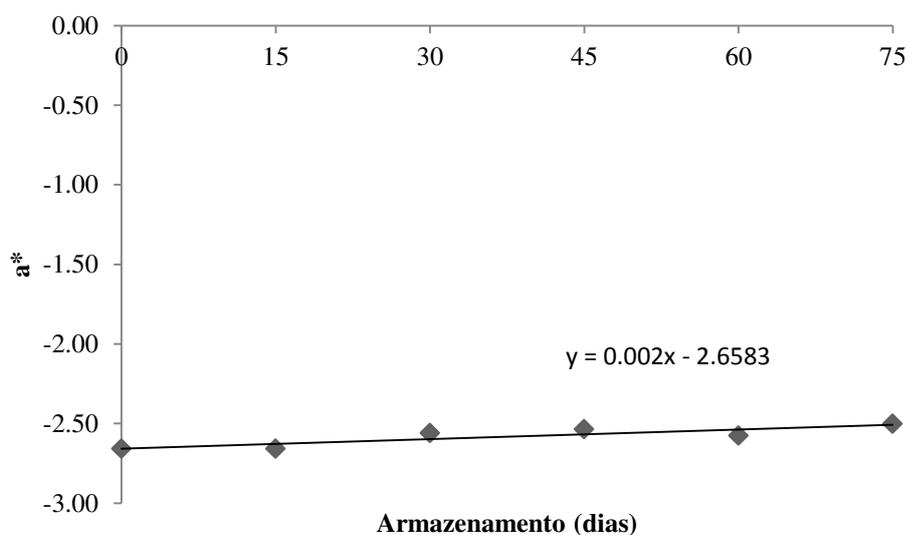
Tabela 53- Valores médios da coordenada de cor a^* da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento

Tempo em dias	a^*
0	$-2,66^e \pm 0,01$
15	$-2,66^e \pm 0,00$
30	$-2,56^c \pm 0,00$
45	$-2,53^b \pm 0,00$
60	$-2,58^d \pm 0,00$
75	$-2,50^a \pm 0,00$

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).
Fonte: Elaborada pela autora.

Apenas os tempos 0 e 15 não diferiram entre si, notasse uma tendência do aumento dessa variável durante o período de armazenamento.

Gráfico 18 - Comportamento do parâmetro colorimétrico a^* da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento.



Moura (2010) apresentou valores de a^* que variaram de 2,02 para 2,94 durante o período de armazenamento, portanto, houve aumento dessa variável com o tempo de armazenamento, assim como observado nesse estudo.

Segundo Konica Minolta (1998), a coordenada a^* mede os valores dos componentes cromáticos a^* ($+a^*$: cor vermelha; $-a^*$: cor verde). Assim, conforme avançou o tempo, a bebida composta em pó acentuou sua tonalidade voltada ao verde.

5.1.11 Coordenada (b^*)

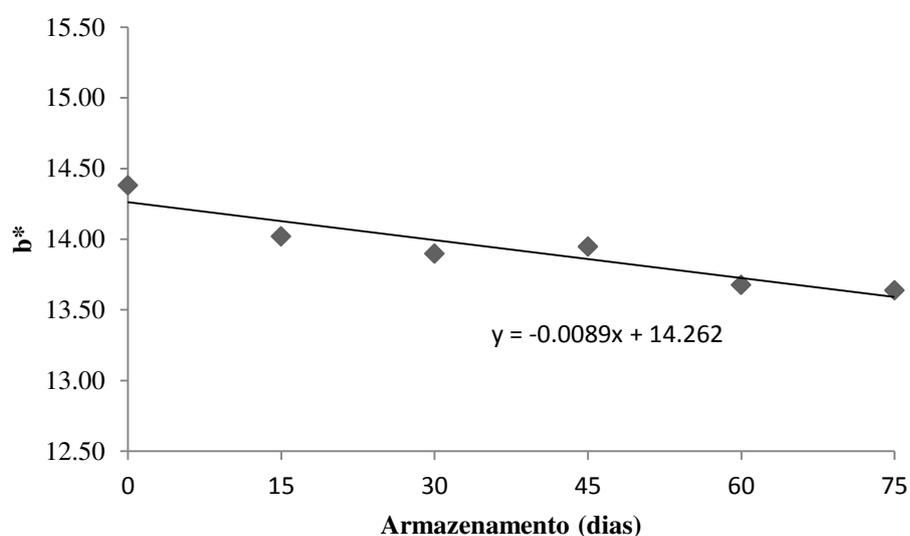
Houve diferença estatística entre todas as médias avaliadas ao nível de 5% de confiança evidenciada na Tabela 54.

Tabela 54- Valores médios da coordenada de cor b^* da bebida composta em pó durante os 75 dias de armazenamento

Tempo em dias	b^*
0	14,38 ^a ±0,01
15	14,02 ^b ±0,01
30	13,90 ^d ±0,00
45	13,95 ^c ±0,00
60	13,68 ^e ±0,00
75	13,64 ^f ±0,00

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).
Fonte: Elaborada pela autora.

Gráfico 19 - Comportamento do parâmetro colorimétrico b^* da bebida composta em pó ao longo de 75 dias de armazenamento



Observa-se uma redução das médias da coordenada b^* , que mede os valores dos componentes cromáticos b^* ($+b^*$: grau da cor amarela; $-b^*$: grau da cor azul), assim uma redução da coloração amarela foi apresentada pela bebida composta em pó. Segundo Barbosa (2010) a redução de b^* pode ser devido à redução dos teores de carotenoides da bebida composta em pó.

6 CONCLUSÕES

Na caracterização das matérias primas, tanto a polpa de manga quanto o soro apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente. O soro utilizado nesse estudo tem pH de 6,74 e portanto caracteriza-se como doce.

O planejamento experimental aplicado as condições de secagem da bebida composta demonstrou que a melhor resposta experimental, ou seja, a melhor condição de secagem foi obtida quando se utilizou 175 °C de temperatura do ar de entrada de secagem e vazão de 4,2 m³ /min de ar quente.

Após a análise dos efeitos, da ANOVA e interpretação dos diagramas do delineamento de mistura (Simplex Centróide) não foi observado um ponto “ótimo” em nenhuma das variáveis estudadas, assim, o ensaio escolhido (concentrações de 50:25:25 % de polpa de manga, soro lácteo e maltodextrina) foi o que forneceu as melhores respostas, baixa umidade e higroscopicidade, características desejáveis em alimentos desidratados, valor significativamente elevado de rendimento bem como valor considerável de carotenoides.

O estudo da estabilidade desse produto permitiu observar poucas alterações nos parâmetros avaliados, revelando-se assim um produto de boa estabilidade, embora observado pequeno aumento da umidade e da atividade de água e uma redução dos carotenoides. Os outros parâmetros avaliados (Brix, pH, acidez, proteína, a_w) não sofreram variações após os 75 dias de armazenamento.

O teor de proteínas foi considerado satisfatório, caracterizando o produto como fonte de aminoácidos essenciais e a alta solubilidade, revelando seu potencial como bebida de preparação instantânea. A bebida composta permaneceu na forma de pó durante o período estudado, o que é uma característica importante para esse tipo de produto e evidencia que a embalagem utilizada (PET/Al/PA) foi uma boa barreira a trocas com o ambiente, protegendo a amostra de aglomeração, mantendo sua funcionalidade e qualidade.

A bebida composta em pó é um produto inovador que reúne os atributos saudáveis do soro do leite e da polpa de manga, oferecendo um produto com boa qualidade nutricional, de fácil preparo e com todas as vantagens que alimentos desidratados possuem como aumento da vida útil, baixo custo de armazenagem e fácil transporte.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se aprofundar os estudos iniciados por esta pesquisa, com a realização de outras análises para caracterização da bebida composta em pó, bem como, estudos de reconstituição do produto. Aplicar análise sensorial para avaliar os atributos da bebida composta em pó (aceitabilidade, intenção de compra e o estudo de vida útil).

A realização de outros planejamentos experimentais, com novas faixas de temperaturas e vazão de ar, e concentrações diferenciadas dos componentes (polpa de manga, soro e maltodextrina). Determinação das isotermas de sorção e caracterização morfológica do pó por Microscopia eletrônica de varredura e Difração de Raio-X.

8. REFERÊNCIAS

- 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: 15 de novembro de 2014.
- ADHIKARI, B; HOWES, T; BHANDARI, B.R.; LANGRISH, T.A.G. Effect of addition of proteins on the production of amorphous sucrose powder through spray drying. *Journal of Food Engineering*, v. 94, p. 144-153, 2009.
- ALESSI, M. C. M. Avaliação da hidrólise alcalina da gordura sobre a biodegradação anaeróbica de soro de queijo. Dissertação (Mestrado). Universidade federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em engenharia Química, 2005. 83p. 69f.
- ALICEWEB. Disponível em: <http://aliceweb.mdic.gov.br>. Acesso em 10 de agosto de 2014.
- 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. Alimento**. Campinas, v. 21, n. 2, p.187-192, maio-ago. 2001.
- ALVES, C. C. O.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenoides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. *Rev. Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 28, n.4, p. 830-839. out.-dez. 2008.
- ANTUNES, A. J. Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino. São Paulo: Manole, 2003. 135p.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2013. Editora Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul, 136p, 2013.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2013. Editora Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul, 108p, 2015.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of Analysis. Washington DC, 1995. 1904p
- ARAÚJO, S. R. F de. **Elaboração de mistura em pó de acerola e mamão**. 2013. 96f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias de Alimentos Universidade Federal de Ceará, Fortaleza, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJO. Produção brasileira de produtos lácteos em estabelecimentos sob inspeção federal. São Paulo, 2011. Não paginado.
- ATRA, R. Investigation of ultra-and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. *Journal of food engineering*, London, v.67, n. 3, p. 325-332, 2005
- AZEREDO, H.M.C.; BRITO, E.S; BRUNO, L.M.; PINTO, G.A.S. Métodos de conservação de alimentos. In: AZEREDO, H.M.C. (Ed.). *Fundamentos de Estabilidade de Alimentos*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. p.97-128.

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

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. et al. Undesirable Phenomena and Their Relation to Processing. Food Powders: physical properties, processing and functionality. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 2005. p. 305-359.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUMS, R.E. Planejamento e Otimização de Experimentos. Campinas: Editora da UNICAMP, 1995. 299p.

BAUMAN, D. E. *et al.* Major advances associated with the biosynthesis of milk. Journal of Dairy Science, v. 89, n. 4, p. 1235- 1243, 2006.

BENEVIDES, S. D.; Ramos, A. M.; Stringheta, P. C.; Castro, V.C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.28, p.571-578, 2008.

BEZERRA, T. S; Comportamento higroscópico de pós de diferentes variedades de manga (*Mangifera indica l.*). 2009. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias de Alimentos Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2009.

BEZERRA, T.S; COSTA, J.M.C; AFONSO, M.R.A; MAIA, G.A; ROCHA, E.M.F.F; Comportamento higroscópico de pós de manga das variedades *coité* e espada avaliação das características físico-químicas. Ciência Rural, Santa Maria, v40, n.10, p 2186-2192, outubro 2010.

BEZERRA, T.S; COSTA, J.M.C; AFONSO, M.R.A; MAIA, G.A; CLEMENTE, E. Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. Ceres, Viçosa, v 58, n.3, p 278-283, maio/junho 2011.

BICUDO, M. O. P. Composição fenólica, atividade antioxidante e microencapsulação de frutos de juçara (*Euterpe edulis*): aspectos de interesse para a indústria de alimentos. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BOBBIO, F. O; BOBBIO, P.A. Química do processamento de alimentos. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001. 478p.

BORBA, K. K. S. **Desenvolvimento e caracterização de ricota cremosa elaborada com soro de queijo coalho caprino e bovino**. 2013. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias de Alimentos Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2013

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

BOTREL, D. A. *et al.* Evaluation of spray drying conditions on properties of microencapsulated oregano essential oil. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 11, p. 2289-2296, 2012.

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

BRASIL. 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.

_____. 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.

_____. 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.

_____. 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. 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.

BRUNINI, M. A.; DURIGAN, J. F.; OLIVEIRA, A. L. Avaliação das alterações em polpa de manga Tommy-Atkins congeladas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 24, n. 3, p.651-653, 2002.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus betacyanin* pigments. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10273.x>

CALDAS, Z. T. C; Araújo, F. M. M. C; Machado, A. V.; Almeida, A. K. L.; Alves, F. M. S. Investigação de qualidade das polpas de frutas congeladas comercializadas nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. **Revista Verde** (Mossoró – RN), v.5, n.4, p. 156 -163, 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. **Innovate. Food Science. and. Emerge. Techno.** v. 6, p. 420 – 428, 2005.

CAPARINO, O.A.; TANG, J.; NINDO, C.I.; SABLANI,S.S.; POWERS,J.R.;FELLMAN,J.K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine ‘Carabao’ var.) powder. *Journal of Food Engineering*, v.111, p.135–148,2012.

CARLOS, L. A.; RESENDE, J. V.; CAL-VIDAL, J. Redução da higroscopicidade de pós liofilizados pela indução da cristalização em soluções-modelo de açúcares constituintes de frutas. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.8, p.163-173, 2005

CARNEIRO, A. P. G. **Estudo da estabilidade do pó de açaí orgânico**. 2011. 105f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias de Alimentos Universidade Federal de Ceará, Fortaleza, 2011.

CARNEIRO, A. P. G. **Estudo da estabilidade de maracujá em pó proveniente de cultivo orgânico**. 2012. 105f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias de Alimentos Universidade Federal de Ceará, Fortaleza, 2012.

CARVALHO, A. F.; PERRONE, I. T.; CORREIA, L. T. Cadeias de produtos: Tendência e perspectivas. **Revista Industria de Laticínios**, Jaboticabal, v. 99, p.29, nov. /Dez 2012.

CASSANEGO, D. B. *et al.* 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.

CASTAÑEDA - OVANDO, A.; PACHECOHERNANDEZ, M.D.L.; PAEZHERNANDEZ, M.E.; RODRIGUEZ, J.A.; GALANVIDAL, C.A. Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, v. 113, n. 4, p. 859-871, 2009

CASTRO, F.P.; CUNHA, T.M.; OGLIARI, P.J.; TEÓFILO, R.F.; FERREIRA, M.M.C., PRUDÊNCIO, E.S. Influence of different content of cheese whey and oligofructose on the properties of fermented lactic beverages: Study using response surface methodology. *Food Science and Technology*, v. 42, p. 993– 997, 2009.

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**. 119 f - Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas São José do Rio Preto: [s.n.], 2010.

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

CECCHI H. M. Fundamentos teóricos e Práticos em Análise de Alimentos – 2º edição – Unicamp, 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005. 785 p

CÓDEX ALIMENTARIUM - CODEX STAN A-15-1995, Ver.1-2005. Disponível em:<www.inmetro.gov.br/credenciamento/palestras/RegulamentacaoTecnica.pdf>. Acesso em: 08 de setembro 2013

CRUZ, F. W.; Obtenção de polpa de goiaba (*Psidiumguajava L.*) em pó pelo método de secagem camada de espuma. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2013.

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 Bioprocess Technology**, v. 2, p. 368-373, 2009.

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

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.; FENNEMA, O. R. *Fennemas food chemistry*. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. 1144 p

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

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

DRAGONE, G.; MUSSATO, S.I.; OLIVEIRA, J.M.; TEIXEIRA, J.A. Characterization of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. *Food Chemistry, Braga*, v. 112, p. 929-935, 2009.

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

EMBRAPA Estatísticas do leite: leite em números. Juiz de Fora, [2010]. Disponível em: <<http://www.cnpq.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/estatisticas.php>>. Acesso em 01/2015

FAO. Food outlook no. 2, December 2006. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/009/j8126e/j8126e11.htm>S. Acesso em: 02 de agosto de 2013.

FELLOWS, P.J. *Tecnologia do Processamento de Alimentos- princípios e prática*, Porto Alegre: Artimed, 2006. 602p.

FENNEMA, O. R.; PARKIN, K. L.; DAMODARAN, S. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artimed, 2010.

FERNANDES, R. V. B.; BORGES, S. V.; BOTREL, D. A. Influence of spray drying operating conditions on microencapsulated rosemary essential oil properties. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v. 33, p. 171-178, 2013. Suplemento 1.

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

GEA Niro Research Laboratory. *GEA Niro analytical methods*. Disponível em: Acesso em: 05 março. 2014.

GOMES, P. M. DE A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. DE; QUEIROZ, A. J. DE M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande*, v.4, n.2, p.157-165, 2002.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovate. 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 Technology**, 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. **Jour. Food Engi.** 66, p. 25–34, 2005.

HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W. C.; PAULA, H. de. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana, *Revista de Nutrição*, v.19, n.4, p. 479-488, 2006.

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

HOSSEINI, M.; SHOJAOSADATI, S. A.; TOWFIGHI, J. Application of a bubble column reactor for the production of a single-cell protein from cheese whey. *Industrial Chemical Research*, v. 42, p. 764-766, 2003.

IBGE- GRUPO DE COORDENAÇÃO DE ESTATÍSTICAS AGROPECUÁRIAS DO CEARÁ – GCEA . Levantamento sistemático da produção agrícola: Relatório de ocorrências. Dezembro, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4ª Ed., v.1 São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020, 2008.

JAYASUNDERA, M.; ADHIKARI, B.; HOWES, T.; ALDRED, P. Surface protein coverage and its implications on spray-drying of model sugar-rich foods: solubility, powder production and characterization. *Food Chemistry, Reading*, v. 128, n. 4, p. 1003-1016, 2011.

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

JAYA, S.; DAS, H; MANY, S. Optimization of maltodextrin and tricalcium Phosphate for producing vacuum dried Mango powder. *International Journal of Food Properties*, 9: 13–24, 2006.

JOHNSON, M. E.; LUCEY, J. A. Major Technological Advances and Trends in Cheese. *Journal of Dairy Science. Ohio*, v. 89, p. 1174-1178. 2006

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering, Oxford*, v. 98, n. 3, p. 385-392, 2010.

LAGO-VANZELA, E. S.; NASCIMENTO, P.; FONTES, E.A.F.; MAURO, M.A.; KIMURA, M. Edible coatings from native and modified starches retain carotenoids in purple during drying. *LWT Food Science and Technology*. v. 50 p.420-425, 2013.

LANCHA, J. P.; GERMER, S. P. M.; DALLA DEA, R. C.; FERRARI, C. C.; ALVIM, I. D. Desidratação de polpa de pitanga e jabuticaba em spray dryer: Condições de processo e propriedades físico-químicas do pó. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6, 2012. Anais Jaguariúna, 2012.

LEITE, T. C. de; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Transições de fases em alimentos: influência no processamento e na armazenagem. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.7, n.1, p.83-96, 2005 ISSN 1517-8595.

LIRA, H. L. *et al.* Microfiltração do soro lácteo de búfala utilizando membranas cerâmicas como alternativa ao processo de pasteurização. *Rev. Ciência e Tecnol. de Alimentos*, v. 29, n. 1, p. 33-37, 2009.

LUZ, L.M.P. Avaliação do envase a quente de uma bebida láctea na conservação a temperatura ambiente. 2008. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

MACHADO, S. S.; TAVARES, J. T. Q.; CARDOSO, R. L.; MACHADO, C. S.; Souza, K. E. P. Caracterização de polpas de frutas tropicais congeladas comercializadas no Recôncavo Baiano. *Revista Ciência Agrônômica*. v.38, p.158-163, 2007

MAGALHÃES, K. T *et al.* Production of fermented cheese whey-based beverage using kéfir grains as starter culture: Evaluation of morphological and microbial variations. **Bio resource Technology**, v. 101, p. 8843-8850, 2010

MAIA, G. A *et al.* Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol.27, n.1, pp. 130-134, 2007.

MARQUES, L. G., SILVEIRA, A. M., FREIRE, J. T. “Freeze-drying characteristics of tropical fruits”, *Drying Technology*, Vol. 24(1-7), pp. 457- 463, 2006

MARQUES, L. G.; PRADO, M. M.; FREIRE, J. T. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. *LWT - Food Science and Technology*, v.42, p.1232-1237, 2009

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

MENEZES, Adriana Carla Santos. Desenvolvimento de bebida láctea fermentada à base de soro lácteo e polpa de cajá (*Spondiasmombin I.*) com potencial atividade probiótica. 2011. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. 106f.

MESSANO, A. J. G. P. Estabilidade e vida de prateleira de alimentos. Curso de nutrição, 2010. Disponível em: <http://accaciamessano.com.br/wpcontent/uploads/downloads/2011/07/AULA-VIDA-DE-PRATELEIRA-1SEM-2010.pdf>. Acesso em: 10 de janeiro 2015

MESTRY, A. P.; MUJUMDAR. A. S.; THORAT, B.N. Optimization of Spray Dry of. an Innovative Functional Food: Fermented Mixed Juice Of. Carrot an Watermelon. *Drying Technology: An International Journal*, v.29, n.16. p. 1121-1131, 2011.

MORAIS, F.A.; ARAÚJO, F. M. M. C.; MACHADO, A.V.; Influência da atmosfera modificada sob a vida útil pós-colheita do mamão 'formosa'. Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró- RN, v.5, n°4, p.01-09, 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 Science and Technology, Zurich, v. 42, n. 2, p. 641-645, 2009.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.17, n.10, p.1093–1098, 2013.

MORITZ, B.; TRAMONTE, V. L. C. Biodisponibilidade do licopeno. Rev. Nutr. Campinas. vol.19, n.2, p. 265-273. Mar.-abr. 2006.

MOURA, S. **Estabilidade da acerola em pó oriunda de cultivo orgânico**, 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). - Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará, Ceará.2010.115p.

NETO. B. de B.; SCARMINIO. I.S.; BRUNS R.E. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria - Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2001

OLIVEIRA, V.M. Formulação de bebida láctea fermentada com diferentes concentrações de soro de queijo, enriquecida com ferro: caracterização físico química, análises bacteriológicas e sensoriais. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Curso de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal Fluminense, RJ, 2006. 78f.

OLIVEIRA, M. A. Avaliação da Influência de Adjuvantes de Secagem Sobre as Propriedades de Suco de Caju Atomizado. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) **Departamento de Tecnologia de Alimentos**, Universidade Federal do Ceará. UFC. Fortaleza. 2008.

OLIVEIRA M.N. Tecnologia de produtos lácteos funcionais. Livro: Ed. Atheneu. São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, Fabiane Andresa de. Desenvolvimento de bebida láctea não fermentada com soro de leite ácido. 2011. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2011.

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

OLIVEIRA, G. S, COSTA, J. M. C; AFONSO, M. R, A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande, v.18, n.10, p.1059–1064. Paraíba 2014.

ORDOÑEZ, J.A. Tecnologia de Alimentos, v.1 – Componentes dos Alimentos e Processos. Porto Alegre: Atmed, 2005. 294p

PAGNO, C. H. Development of food thickener for liquids with aggregated nutritional value intended for dysphagic individuals. 2009. 80 p. Master dissertation (Master's Degree in Food Science and Technology) – Institute of Food Science and Technology, Federal University of Rio Grande do Sul, 2009.

PAREEK, N.; GUPTA, A.; SENGAR, R. Preparation of healthy fruit based carbonated whey beverages using whey and orange juice. Asian Journal of Dairy and Food Research, v.33, n.1, p. 5 - 8, 2014.

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. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v.67, p.25-33, 2012. DOI: 10.5935/2238-6416.20120061.

PEDRO, M. A. M. Influência de encapsulantes e do método de secagem nas propriedades físico-químicas e atributos de qualidade de polpa de maracujá em pó. 2009. 204 f. Tese (doutorado em biociências) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2009.

PELEGRINI, D. H. G.; CARRASQUEIRA, R. L. Aproveitamento do soro do leite no enriquecimento nutricional de bebidas. Brazilian Journal Food Technology, v.62, n.6, p.1004-11, 2008.

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

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.

PERRONE, Í. T. Soro lácteo: Concentração, cristalização da lactose e secagem. 2010. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2010.

PODSEDEK, A., 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of brassica vegetables: A review. LWT-Food Sci. Technol., 40: 1-11.

POLICARPO, V. M. N. Green umbu (*Spondias tuberosa.*) preserve: physical, chemical and microbiological changes during storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 31, n. 2, p. 201-210, 2007.

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.

PUPPIO, A. A. N.; Produção e caracterização de uma bebida microfiltrada de soro de leite e suco de laranja. Dissertação do Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Leite e derivados da Unopar, Londrina 2015.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, v. 46, p. 386-392, 2007.

RECCHIA, B. R.G. Desenvolvimento de bebida láctea fermentada a base de soro lácteo ácido: caracterização físico-química e reológica. Dissertação Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2014.

REIS, D.L. Qualidade e inocuidade microbiológica dos derivados lácteos fermentados produzidos no Distrito Federal, Brasil. 2013. 76f. Dissertação (Mestrado em Saúde Animal) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

RENHE, I.R.T. O papel do leite na nutrição. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, nº 363, 63: 36-43, Jul./Ago.2008.

RIBEIRO, L. C. Produção de acerola em pó: métodos de secagem e avaliação da estabilidade. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará. 2014

ROCHA, E. M, de F. F. **Desidratação de polpa de manga e suco de caju integral por atomização e caracterização dos produtos obtidos.** 2013. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias de Alimentos Universidade Federal de Ceará, Fortaleza, 2013.

ROCHA, E. M, de 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. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* vol.18 no.6 Campina Grande Junho 2014.

ROSA, E.D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L.A.P. **Secagem por atomização na indústria alimentícia: fundamentos e aplicações.** 12 p, 2012. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/Disciplinas/Exclusivo/Inserir/Anexos/LinkAnexos/secagem%20de%20materiais.pdf>>. Acesso em 28 dez. 2014.

SANTOS, C.T. et al. Elaboração e Caracterização de uma Bebida Láctea Fermentada com Polpa de Umbu (*Spondias tuberosa* sp.) *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 8, p. 111-116, 2006.

SANTOS, C.T. et al. Influência da Concentração de Soro na Aceitação Sensorial de Bebida Láctea Fermentada com Polpa de Manga. *Alimentos e Nutrição*, v.19, p.55- 60, 2008.

SANTOS, A. A. C; FLORÊNCIO, A,K. G. D. , ROCHA, E. M. de F. F; COSTA, J. M. C. Avaliação físico-química e comportamento higroscópico de goiaba em pó obtida por spray-dryer. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 3, p. 508-514, jul-set, 2014 Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE

SHIBY VK, RADHAKRISHNA K, BAWA AS .Development of whey fruit based energy drink mixes using D-optimal mixture design. Int. J Food Sci and Technol 48 (4): 742-748. 2013

SILVA, D. F. P. da; SIQUEIRA, D. L. de; PEREIRA, C. S.; SALOMÃO, L. C. C.; STRUIVING, T. B. Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata mineira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 6, p. 783-789, 2009.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S. dos; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em produtos vegetais. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, jul./set. 2010.

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 (*Malpighiae marginata*, D.C.) e manga (*Mangifera indica*, L.). *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 1, p. 237-248, jan. /mar. 2012.

SILVA, F. L.; FERREIRA H. A. L.; CARVALHO A. F.; PERRONE I. T.; Efeito do soro de leite no processo de concentração do doce de leite pastoso. *Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, v. 68, nº. 394, p. 20-24, set/out. 2013.

SOUSA, G.T.; LIRA, F.S.; ROSA J.C.; OLIVEIRA, E.P.; OYAMA, L.M.; SANTOS, R.V.; PIMENTEL, G.D. Dietary whey protein lessens several risk factors for metabolic diseases: a review. *Lipids in Health and Disease*, 2012.

STATSOFT. STATISTICA for Windows - Computer program manual. Versão 7.0 Tulsa: Statsoft Inc. 2007.

SU. F. R; OLIVEIRA. R. A; SANTANA. A.A; MARTIN. L.G.P. Secagem em spray dryer de polpa de cupuaçu in natura: influência das variáveis do secador sobre o produto em pó. Faculdade de Engenharia Agrícola / UNICAMP, Campinas, SAE – UNICAMP. XXI Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP, 2012.

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

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos 4a. edição revisada e ampliada. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>. Campinas, 2011.

TAGLIARI, M. Influência de diferentes hidrocolóides no comportamento reológico de Bebidas Lácteas não fermentadas. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia Mauá - Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2011.

TAKEITI. C. Y.; Estudo da influência da transição vítrea sobre a instantaneização de maltodextrinas por processo de aglomeração úmida. 2007. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Faculdade de Engenharia de Alimentos.

TASHIMA, L.; CORREA, S. S.; SOARES, A.J.; JORDÃO, I. M. Análise Comparativa da Composição Centesimal do soro lácteo Bovino, Caprino e Ovino. *Anais do Simpósio sobre inovação na indústria de lácteos ITAL*. Campinas, 2013.

THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos acrescidas de prebióticos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 26, n. 3, p. 589-595, 2006

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. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 60, p. 243-250, 2008.

TONON, R. V.; BRANBET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced by spray drying. *J Food Eng* 88: 411-418.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; BRABET, C.; GIBERT, O.; PALLET, D.; HUBINGER, M. D. Water sorption and glass transition temperature 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.

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

VIEIRA, P. A. F.; QUEIROZ, J. H.; VIEIRA, B. C.; MENDES, F. Q.; BARBOSA, A. A.; MULLER, E. S. SANT'ANA, R. C. O. MORAES, G. H. K. Caracterização química do resíduo do processamento agroindustrial da manga (*Mangifera Indica* l.) Var. Ubá. *Alim. Nutr.* v.20, n.4, p.617-623, 2009.

VIEIRA, N. F.; SILVA, M. A.P.; MARTINS, Y. A. A.; MORAIS, L. A.; SILVA, R. B.; ANDRADE, A. F. Substituição de leite por soro de leite na fermentação de bebidas lácteas com sabor natural. *I Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus Rio Verde do IFGoiano*. 06 e 07 de novembro de 2012.

WERNIMONT, S.; NORTHINGTON, R.; KULLEN, M.J.; MANJIANG, Y. M.D.; BETTLER, M.A. Effect of an α -Lactalbumin-Enriched Infant Formula Supplemented With Oligofructose on Fecal Microbiota, Stool Characteristics, and Hydration Status: A Randomized, Double-Blind, Controlled Trial. *Clinical Pediatrics*, v.54, n.4, p.359-370, 2015.