

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

EDUARDO VICENTIN MORALES

**INFLUÊNCIA DO FATOR DE EXTRAÇÃO DO CAFÉ  
TORRADO E GRANULADO E INJEÇÃO DE GÁS NA  
FORMAÇÃO DE ESPUMA NO CAFÉ SOLÚVEL TIPO SPRAY  
DRIER**

Dissertação de Mestrado

LONDRINA  
2014

EDUARDO VICENTIN MORALES

**INFLUÊNCIA DO FATOR DE EXTRAÇÃO DO CAFÉ  
TORRADO E GRANULADO E INJEÇÃO DE GÁS NA  
FORMAÇÃO DE ESPUMA NO CAFÉ SOLÚVEL TIPO SPRAY  
DRIER**

Dissertação de mestrado, apresentado ao Curso de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isabel C. Moreira  
Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lyssa S. Sakanaka

LONDRINA  
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca UTFPR - Câmpus Londrina

M828i Morales, Eduardo Vicentin

Influência do fator de extração do café torrado e granulado e injeção de gás na formação de espuma no café solúvel tipo spray drier / Eduardo Vicentin Morales. - Londrina: [s.n.], 2014.  
67 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Isabel Craveiro Moreira  
Coorientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Lyssa Setsuko Sakanaka  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Londrina, 2014.  
Bibliografia: f. 62-66

1. Café solúvel. 2. Extração (Química). 3. Processos de fabricação.  
I. Moreira, Isabel Craveiro, orient. II. Sakanaka, Lyssa Setsuko, coorient.  
III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. IV. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. V. Título.

CDD: 664


**FOLHA DE APROVAÇÃO**  
**Título da Dissertação, N°15**

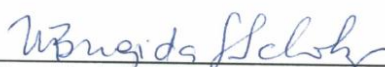
**“Influência do fator de extração do café torrado e  
granulado na formação de espuma no café solúvel tipo  
Spray Drier”**


por

**EDAURO VICENTIN MORALES**

Esta dissertação foi apresentada como requisito parcial para à obtenção do grau de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – Área de Concentração: Tecnologia de Alimentos, pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos – PPGTAL – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Londrina, às 14:30 hs de 28 de março de 2014. O trabalho foi aprovado pela Banca Examinadora, composta por:

  
Isabel Craveiro Moreira  
UTFPR Câmpus Londrina  
Orientador

  
Dra. Maria Brígida dos Santos Scholz  
IAPAR Londrina  
Membro examinador titular

  
Dr. Ilton José Baraldi  
UTFPR Câmpus Medianeira  
Membro examinador titular

Visto da coordenação:

  
Prof. Fábio A. Coró, Dr.  
(Coordenador do PPGTAL)

## **DEDICATÓRIA**

A meus pais, Irineu (*in memoriam*) e Maria Odete,  
A minha esposa, Rosangela,  
A vocês dedico.

**“As almas de todos os homens são imortais.  
Mas as almas dos homens justos são imortais e divinas”.**  
*(Sócrates)*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser o companheiro constante e a cuidar da minha vida.

Aos meus Pais Irineu (*in memoriam*) e Maria Odete que sempre me estimularam a estudar, lutar e persistir e nunca desistir dos meus ideais.

À minha esposa Rosangela pela paciência, compreensão e companheirismo durante essa jornada.

À minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Isabel C. Moreira, pelos seus ensinamentos, construtiva troca de ideias, pelo empenho, dedicação, apoio e esforço em possibilitar as melhores condições possíveis para a realização deste trabalho.

À minha co-orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lyssa S. Sakanaka, pelo apoio e por compartilhar seus conhecimentos relacionados ao tema deste trabalho.

Aos demais Professores do Curso de Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica do Paraná, Câmpus Londrina – PR.

Ao Prof. Dr. Fernando da Silva Alves pela colaboração nas análises de Viscosidade do Extrato de Café.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Celia Guadalupe Tardeli de Jesus Andrade (UEL) pela colaboração nas análises de Microscopia Eletrônica de Varredura.

À Companhia Iguaçu de Café Solúvel pelo fornecimento das amostras de café solúvel e por acreditar na importância deste trabalho.

Aos amigos Mauro, DeConti, Ilton e Marcelo que me apoiaram e ajudaram na realização deste trabalho.

E a todos aqueles que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

MORALES, Eduardo Vicentin. **Influência do Fator de Extração do Café Torrado e Granulado e Injeção de gás na Formação de Espuma no Café Solúvel Tipo Spray Drier**. 2014. 67f. Dissertação (Curso de Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina.

## RESUMO

O café é o segundo produto mais consumido no mundo, porém sua forma solúvel, ainda que muito prática, não possui boa aceitação no mercado brasileiro. Buscando estimular o seu consumo, este estudo teve como objetivo incrementar a formação de espuma no café solúvel tipo Spray Drier, submetido à variação do fator de extração e homogeneização do extrato com ar comprimido durante a secagem, além de avaliar a relação de carboidratos, proteínas e viscosidade do extrato com a formação de espuma. Os fatores de extração utilizados foram 3, 4 e 5 e a quantidade de gás foi limitada a  $5\text{NL}\cdot\text{min}^{-1}$ . Foram avaliados a quantidade e tempo de dispersão de espuma, densidade, cor, umidade, distribuição granulométrica e análise micro estrutural do produto seco. O teor de carboidratos foi determinado pelo método ISO 11292 demonstrando um resultado médio de 42,78% sem diferença estatística entre os fatores de extração e correlação com a estabilidade da espuma. O teor de proteínas foi determinado pelo método espectrofotométrico de Bradford demonstrando um resultado médio de 11,24% com diferença estatística entre os fatores de extração e correlação com a estabilidade da espuma. A viscosidade demonstrou correlação inversamente proporcional ao fator de extração. Os extratos de café com injeção de gás e uso do sistema de homogeneização apresentaram melhores resultados na quantidade de espuma formada. O ar comprimido pode ser utilizado para aumento da quantidade de espuma no produto seco e influenciou diretamente na cor e densidade do produto.

Palavras Chave: fator de extração, carboidratos, proteínas, espuma.



MORALES, Eduardo Vicentin. **Influence of Factor Extraction of Roasted Coffee Granules and Gas Injection in Foaming capacity of spray dried Soluble Coffee type.** 2014. 67f. Dissertation (Professional Master in Food Technology Course) – Technical Federal University of Paraná, Londrina.

## ABSTRACT

Coffee is the second most consumed product in the world, but its soluble form, although very practical, does not have good acceptance in the Brazilian market. Seeking to boost its consumption, this study aimed to increase the foam of soluble Spray Drier coffee in type subjected to variation of factor extraction and homogenization of the extract with compressed air during drying and to evaluate the relationship of carbohydrates, proteins and viscosity of the extract with foaming formation. The extraction factors used were 3, 4 and 5 and the amount of gas was limited to  $5\text{NL}\cdot\text{min}^{-1}$ . The amount of dispersion time and foam density, color, moisture, particle size distribution and microstructural analysis of the dried product were evaluated. The carbohydrate content was determined by demonstrating an average result of 42.78 % with no statistical difference between the factors extraction and correlation with foam stability ISO 11292 method. The protein content was determined by the spectrophotometric method of Bradford demonstrating an average result of 11.24% with a statistical difference between the factors extraction and correlation with foam stability. The viscosity of the extracts was inversely proportional to the extraction factor. Coffee extracts with injection of gas and the use of homogenization showed better results in the amount of foam formed. Compressed air can be used to increase the amount of foam and the dried product directly influences the color and density of the product.

Keyword: factor extraction, carbohydrates, proteins, foam.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estrutura de Galactomanano .....	20
<b>Figura 2.</b> Estrutura de Arabinogalactano.....	20
<b>Figura 3.</b> Diagrama de blocos das etapas de produção do café solúvel.....	24
<b>Figura 4.</b> Diagrama de blocos do processo de secagem das amostras .....	29
<b>Figura 5.</b> Influência da temperatura e pressão de atomização na formação da espuma.....	31
<b>Figura 6.</b> Influência do teor de sólidos solúveis na formação da espuma.....	31
<b>Figura 7.</b> Influência da pressão de atomização na formação da espuma.....	31
<b>Figura 8.</b> Influência da umidade na formação de espuma.....	32
<b>Figura 9.</b> Influência da pressão de atomização no tamanho das partículas.....	32
<b>Figura 10.</b> Foto das amostra de Café Verde (a) e Café Torrado (b) da espécie robusta utilizadas neste experimento.....	33
<b>Figura 11.</b> Diagrama de blocos das etapas das coletas das amostras e suas respectivas análises.....	35
<b>Figura 12.</b> Discos de Agtron.....	38
<b>Figura 13.</b> Cor do Café Solúvel F3SG (a) e F3CG (b) (5,0).....	52
<b>Figura 14.</b> Cor do Café Solúvel F4SG (a) e F4CG (b) (2,5).....	52
<b>Figura 15.</b> Cor do Café Solúvel F4CG (5,0).....	53
<b>Figura 16.</b> Cor do Café Solúvel F5SG (a) e F5CG (b) (5,0).....	53
<b>Figura 17.</b> Micrografias de Café Solúvel F3SG e F3CG (5,0) – ampliação 100x.....	57
<b>Figura 18.</b> Micrografias de Café Solúvel F5SG e F5CG (5,0) – ampliação 100x ....	57
<b>Figura 19.</b> Micrografias de Café Solúvel F5SG e F5CG (5,0) – ampliação 400x ....	58
<b>Figura 20.</b> Micrografias de Café Solúvel F3SG e F3CG (5,0) – ampliação 400x.....	58
<b>Figura 20.</b> Micrografias de Café Solúvel F4SG e F4CG(5,0) – ampliação 600x.....	59

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Composição química do café verde.....	19
<b>Tabela 2.</b> Composição química do café solúvel com diferentes cores de torra para produtos 100% arábica e 100% robusta.....	21
<b>Tabela 3.</b> Composição dos grãos de café arábica verde e torrado (% m/m).....	22
<b>Tabela 4.</b> Efeito do tipo de gás na formação da espuma.....	30
<b>Tabela 5.</b> Experimentos realizados e respectiva codificação.....	37
<b>Tabela 6.</b> Cor (IR) de torra dos grãos de café.....	43
<b>Tabela 7.</b> Viscosidade (cP) dos extratos de café a 20 °C obtidos com diferentes fatores de extração.....	44
<b>Tabela 8.</b> Proteína total dos extratos de café obtidos com diferentes fatores de extração.....	45
<b>Tabela 9.</b> Análise de Carboidratos Totais dos extratos de café.....	46
<b>Tabela 10.</b> Carboidratos Totais dos extratos de café.....	46
<b>Tabela 11.</b> Teor de Polifenóis Totais nos extratos de cafés .....	47
<b>Tabela 12.</b> Resultados da Cafeína.....	48
<b>Tabela 13.</b> Estabilidade da espuma (%) das bebidas obtidas de café solúvel de diferentes fatores de extração.....	48
<b>Tabela 14.</b> Sólidos solúveis dos extratos de café.....	49
<b>Tabela 15.</b> Espessura da espuma formada de diferentes amostras de café solúvel.....	50
<b>Tabela 16.</b> Cor (IR) dos cafés solúveis obtidos nos diferentes tratamentos .....	51
<b>Tabela 17.</b> Umidade (%) do café solúvel.....	54
<b>Tabela 18.</b> Densidade (g.L <sup>-1</sup> ) do café solúvel.....	55
<b>Tabela 19.</b> Granulometria das amostras secas sem injeção de gás.....	55
<b>Tabela 20.</b> Granulometria das amostras secas com injeção de gás.....	56

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

ABIC – Associação Brasileira da Indústria do Café

ABICS – Associação Brasileira da Indústria do Café Solúvel

BG 250 – Coomassie brilliant blue

CECAFÉ – Conselho dos Exportadores de Café

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

EUA – Estados Unidos da América

HPLC – High Performance Liquid Chromatography

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

OIC – Organização Internacional do Café

PA – Para análise

pH – Potencial Hidrogeniônico

UV-VIS – Ultravioleta na faixa de comprimento de onda visível

SCAA – Specialty Coffee Association of America

## LISTA DE SÍMBOLOS

F3SG – amostra obtida a partir do Fator de extração 3,0 sem o uso de injeção de gás

F3CG (5,0) – amostra obtida a partir do Fator de extração 3,0 com o uso de injeção de gás – 5 NL.min<sup>-1</sup>

F4CG (2,5) – amostra obtida a partir do Fator de extração 4,0 com o uso de injeção de gás – 2,5 NL.min<sup>-1</sup>

F4CG (5,0) – amostra obtida a partir do Fator de extração 4,0 com o uso de injeção de gás – 5 NL.min<sup>-1</sup>

F5SG – amostra obtida a partir do Fator de extração 5,0 sem o uso de injeção de gás

F5CG (5,0) – amostra obtida a partir do Fator de extração 5,0 com o uso de injeção de gás – 5 NL.min<sup>-1</sup>

Hab. – habitantes

IR – índice de reflectância

Kgf.cm<sup>-2</sup> – quilogramas força por centímetro quadrado

KVPa – quilo volts

NL.min<sup>-1</sup> – normal (1 atm, 0 °C) litro por minuto

% m.m<sup>-1</sup> – porcentagem massa por massa

% SS – percentual de sólidos solúveis

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1.	Objetivo Geral	16
2.2.	Objetivos Específicos	16
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>17</b>
3.1.	Produção e consumo de café	17
3.2.	Composição Química do Café	18
3.3.	Processo de Fabricação de Café Solúvel	24
3.4.	Espuma no Café	26
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>33</b>
4.1.	Material	33
4.1.1.	Reagentes	33
4.2.	Método de obtenção dos extratos e cafés atomizados	34
4.2.1	Gás utilizado no processo de secagem	36
4.3	Análises físicas e químicas	37
4.3.1	Análise de cor	37
4.3.2	Determinação da viscosidade do extrato de café	38
4.3.3	Determinação de sólidos solúveis do extrato de café concentrado	38
4.3.4	Determinação de Polifenóis Totais e Cafeína dos extratos de café	38
4.3.5	Proteínas dos extratos de café	39
4.3.6	Teor de Carboidratos Totais dos extratos de café	39
4.3.7	Granulometria do café solúvel	40
4.3.8	Umidade do café solúvel	41
4.3.9	Estabilidade da espuma da bebida a partir dos cafés solúveis	41
4.3.10	Quantidade de espuma formada a partir dos cafés solúveis	41
4.3.11	Densidade do café solúvel	41
4.3.12	Características micro estruturais	42
4.4	Análise estatística	42
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>43</b>

5.1. Torrefação.....	43
5.1.1. Cor de torra.....	43
5.2. Extração.....	44
5.2.1. Viscosidade.....	44
5.2.2. Proteína.....	45
5.2.3. Carboidratos totais.....	45
5.2.4. Polifenóis totais.....	47
5.2.5. Cafeína.....	48
5.2.6. Estabilidade da espuma.....	48
5.3. Concentração.....	49
5.3.1 Sólidos solúveis.....	49
5.4. Secagem.....	50
5.4.1. Formação da espuma.....	50
5.4.2. Cor.....	51
5.4.3. Umidade.....	54
5.4.4. Densidade.....	54
5.4.5. Distribuição granulométrica.....	55
5.4.6 Análise micro estrutural.....	56
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO I. Norma de qualidade recomendável e boas práticas de fabricação de cafés torrados em grão e cafés torrados e moídos.....</b>	<b>67</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O café é o segundo produto mais comercializado no mundo, consumido nas mais diversas regiões e de formas diferentes de acordo com a cultura de cada povo. Além de contribuir com significativa geração de divisas, a atividade cafeeira proporciona ainda o efeito multiplicador, na forma de taxas e impostos arrecadados pelos governos dos estados e municípios, assim resultando em renda e empregos para os setores da indústria e do comércio.

O café solúvel apesar de suas vantagens de praticidade e preparo instantâneo tem menor aceitação pelo mercado consumidor brasileiro, limitando a sua aprovação em determinadas regiões do país.

Entre os fatores que impedem o maior consumo do café solúvel está a preferência do consumidor por algumas características presentes na bebida originada do café torrado e moído, tais como: cor, aroma, sabor e formação de uma espuma cremosa e persistente no topo da bebida, esta última, natural do café espresso.

As características de cor, aroma e sabor são encontradas no café solúvel e, na maioria das vezes, mais realçados do que no café torrado e moído, mas a formação da espuma é inferior, ou quase inexistente.

A espuma é apreciada pelo consumidor em função do aspecto visual que confere à bebida e desempenha um papel relevante na retenção dos aromas volatilizados, reduzindo a sua emissão para a atmosfera.

Visando aumentar a aceitação do café solúvel no mercado brasileiro, este estudo teve como objetivo incrementar a formação de espuma no café solúvel tipo Spray Drier, através da variação de parâmetros do processo de fabricação, neste caso, o fator de extração e injeção de gás (ar comprimido), com o intuito de obter características como cremosidade e estabilidade da espuma.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência do fator de extração e injeção de ar comprimido durante a secagem do extrato de café obtido a partir de café torrado e granulado, com grau de torração médio escura, da espécie *Coffea canefora*, na formação de espuma do café solúvel tipo Spray Drier.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter extratos de café solúvel a partir de diferentes fatores de extração;
- Determinar a viscosidade, sólidos solúveis, proteína, cafeína, polifenóis e carboidratos totais do extrato de café;
- Avaliar a estabilidade de espuma dos extratos de café obtidos a partir dos diferentes fatores de extração;
- Analisar os resultados obtidos com os diferentes fatores de extração e estabilidade da espuma;
- Realizar o processo de secagem dos extratos provenientes dos diferentes fatores de extração, via Spray Drier, variando a quantidade de gás injetada;
- Determinar a densidade, cor, umidade, quantidade de espuma formada, distribuição granulométrica e análise micro estrutural do produto seco;
- Avaliar a quantidade de gás injetado com a densidade e cor do produto seco;
- Analisar a quantidade de espuma formada com os diferentes fatores de extração e quantidade de gás utilizado.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 PRODUÇÃO E CONSUMO DE CAFÉ

O café é a segunda mercadoria mais importante para a economia mundial depois do petróleo (BORRELI et al., 2002). Setenta e cinco por cento das bebidas tipo *soft drink* consumidas regularmente no mundo são a base de café; sendo que os tipos de bebidas e a modalidade de consumo são fortemente associados com os hábitos sociais e culturas dos diferentes países (LÓPEZ-GALILEA; DE PENA; CID, 2007).

Segundo estatísticas da Organização Internacional do Café (OIC), a produção mundial de café para o ano – safra 2012/13 deve girar em torno de 144,5 milhões de sacas de 60 Kg, correspondendo a um aumento de 7,3 % em relação ao período de 2011/12. Calcula-se que a participação do Brasil, em estimativa preliminar da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) com relação à safra, seja de 47 a 50,2 milhões de sacas, provavelmente um recorde para um ano de baixa no ciclo produtivo bienal do país. Desse volume estima-se que de 35 a 37,5 milhões de sacas sejam do café arábica (contra 38,3 milhões em 2012/13), e de 12 a 12,7 milhões de café conillon, contra 12,5 milhões no ano-safra anterior (OIC, 2012).

Dados da Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC) mostram que a cada ano os brasileiros continuam aumentando o consumo de café. No período entre novembro de 2011 e outubro de 2012, o consumo foi de 20,33 milhões de sacas correspondendo a um consumo per capita de 6,23 Kg de café em grão cru, ou 4,98 Kg de café torrado, o equivalente a quase 83 litros para cada brasileiro por ano, registrando uma evolução de 2,10% em relação ao período anterior.

A ABIC observou que o consumo per capita de 4,98 Kg.hab<sup>-1</sup>.ano foi o maior já registrado no Brasil, superando a marca de 1965 e ultrapassou o consumo por habitante da Itália, da França e dos EUA. Os brasileiros estão consumindo mais xícaras de café por dia e diversificando as formas da bebida. O consumo de café no país deverá crescer até 3% em 2013, o que elevaria o consumo interno para cerca de 21 milhões de sacas. Na indústria o faturamento deve ser na ordem de R\$ 8,7 bilhões, crescimento de 24,3% sobre 2012 (ABIC, 2013).

O Brasil é o maior exportador mundial de café solúvel. Este segmento é constituído por um pequeno número de empresas, pois seu processamento exige mais tecnologia e, conseqüentemente, maior investimento que a produção de café torrado e moído (RIBEIRO, 2005). O café solúvel é apontado como a "porta de entrada" para o consumo de café por ser prático e mais econômico (ABICS, 2013).

Segundo o Conselho dos Exportadores de Café do Brasil (CECAFÉ), os embarques do produto cresceram 0,3% em 2012 em relação ao ano de 2011. Já a receita avançou 3%, para US\$ 672 milhões, puxada pela alta dos preços do café robusta, espécie utilizada na produção do solúvel.

O faturamento da indústria no mercado interno somou aproximadamente R\$ 450 milhões. De acordo com a ABICS (2013) a demanda está estável e não passa de 5% do consumo total de café no país.

Para a OIC, a qualidade e a diversidade de cafés solúveis têm crescido significativamente durante os anos, e podemos fazer um bom café (na xícara) com os produtos atuais (OIC, 2012). Contudo, apesar do café solúvel apresentar maior valor agregado que o café torrado e moído, sua participação relativa no mercado mundial tem-se reduzido. Uma das dificuldades para a exportação do café solúvel brasileiro são barreiras comerciais, como as tarifas impostas por determinados países, principalmente pelos países europeus (NISHIJIMA; SAES, 2011).

### 3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAFÉ

A composição química do café verde depende das condições ambientais, das práticas culturais, da época de colheita, do solo e principalmente da sua origem genética (SCHOLZ et al., 2000).

No Brasil usa-se chamar a espécie *Coffea arabica* por café arábica e a espécie *Coffea canephora* por café conilon ou robusta (BANDEIRA et al., 2009).

O café arábica é o de maior aceitação de mercado por apresentar uma bebida mais aromática, de maior dulçor e acidez (KY et al., 2001). O café robusta é o mais utilizado no Brasil e apesar de seu sabor não ser considerado tão agradável ele é muito empregado para dar corpo a misturas de cafés arábicas ou na preparação de café solúvel (NUNES et al., 2006).

Na Tabela 1 apresenta-se a composição química para os compostos principais das duas espécies segundo estudos realizados por MUSSATO et al. (2011).

**TABELA 1 – Composição química de do café verde.**

COMPONENTES	CAFÉ ARÁBICA	CAFÉ ROBUSTA
Carboidratos solúveis	9 – 12,5	6 -11,5
Monossacarídeos		0,2 – 0,5
Oligossacarídeos	6 – 9	3 – 7
Polissacarídeos		3 – 4
Polissacarídeos Insolúveis	46 – 53	34 – 44
Hemicelulose	5 – 10	3 – 4
Celulose, $\beta$ (1-4) manano	41 – 43	32 - 40
Ácidos voláteis		0,1
Ácidos alifáticos não voláteis	2 – 2,9	1,33 – 2,2
Ácido clorogênico	6,7 – 9,2	7,1 – 12,1
Lignina		1 – 3
Lipídeos	15 – 18	8 – 12
Óleo		7,7 – 17,7
Compostos nitrogenados		11 – 15
Amino ácidos livres		0,2 – 0,8
Proteínas		8,5 – 12
Cafeína	0,8 – 1,4	1,7 – 4,0
Trigonelina	0,6 – 1,2	0,3 – 0,9
Minerais		3 – 5,4

Valores expressos em percentual de base seca.

**Fonte: MUSSATO et al., 2011.**

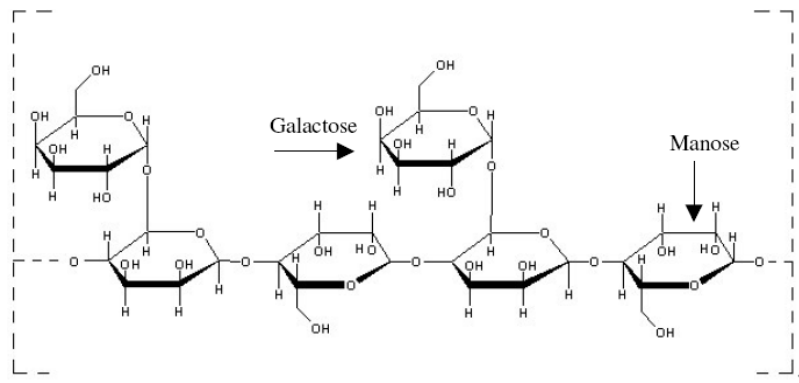
Verifica-se que as duas espécies principais diferem em composição considerando que as quantidades de carboidratos, lipídeos e trigonelina são maiores no café arábica, enquanto que as quantidades de ácido clorogênicos e cafeína são maiores no robusta (VIANI, 1986).

O teor de polissacarídeos no café verde varia entre 44 a 60 % (CLIFFORD, 1985). Estes polissacarídeos desempenham um papel importante na retenção substâncias aromáticas, contribuem para a viscosidade e também na estabilidade da espuma do café espresso (NUNES et al., 2006).

Três tipos de polissacarídeos são predominantes no café verde: celulose, arabinogalactano e galactomanano (FISCHER et al., 2001). Arabinogalactanos são os maiores grupos de polissacarídeos extraídos do café verde com o uso de água

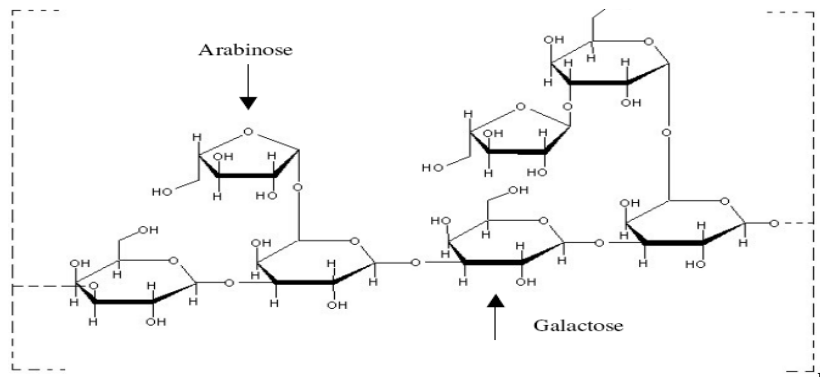
quente, enquanto que após a torra, os galactomananos tornam-se os polissacarídeos mais extraídos e estão em maior quantidade na bebida (NUNES et al., 2006).

Os galactomananos consistem em uma cadeia principal de manose unidas por ligações glicosídicas do tipo  $\beta,1 \rightarrow 4$  e ramificadas com unidades de galactose no C-6, com variado grau de ramificação, enquanto que os arabinogalactanos consistem em uma cadeia principal de galactose unida por ligações do tipo  $\beta,1 \rightarrow 3$  e ramificadas no C-6 com cadeias laterais contendo resíduos de arabinose e/ou galactose (VIGNOLI, 2009).



**Figura 1. Estrutura de Galactomanano.**

Fonte: DELGADO (2008)



**Figura 2. Estrutura de Arabinogalactano.**

Fonte: DELGADO (2008)

Os carboidratos são componentes afetados pelo processo de torra, ocasionando redução do peso molecular e grau de ramificação dos arabinogalactano e galactomanano em relação ao café verde (OOSTERVELD et al.,2003).

Em estudos realizados por Moura et al. (2007) e Leloup & Liardon (1997), verificou-se que quanto mais torrado for o café, ou seja, com a cor mais escura, maior é a perda de carboidratos devido à conversão de parte dos açúcares a produtos de reações de Maillard e reações de pirólise.

Os estudos realizados por Vignoli (2009) demonstram que a cor de torra também influencia na composição química do café solúvel, conforme demonstrado na Tabela 2.

A partir dos dados observados nesta tabela supõe-se que à medida que a cor de torra fica mais escura, os teores de carboidratos totais, trigonelina e ácidos clorogênicos diminuem, enquanto que os teores de melanoidinas aumentam e a cafeína permanece praticamente estável.

**TABELA 2 – Composição química do café solúvel com diferentes cores de torra para produtos 100% arábica e 100% robusta.**

Cor de torra	Arábica					Robusta				
	Verde	clara	—————>	Escuro		Verde	clara	—————>	Escuro	
H <sub>2</sub> O (%)	11,1	4,25	4,26	3,1	3,56	11,37	3,6	3,91	2,07	3,14
Cinzas (%)	3,86	8,06	7,91	7,99	7,77	4,36	7,37	7,21	7,43	7,67
Lipídios (%)	15,21	0,13	0,17	0,11	0,18	9,44	0,16	0,18	0,26	0,27
Nitrogênio Total (%)	2,32	2,94	2,89	2,84	2,9	2,78	3,44	3,37	3,32	3,43
Cafeína (%)	1,26	2,51	2,51	2,48	2,4	2,27	3,89	3,74	3,8	3,75
Trigonelina (%)	0,82	1,21	0,91	0,67	0,41	0,67	0,74	0,55	0,37	0,19
Aminoácidos Totais (%)	11,11	6,91	6,5	6,19	6,25	11,82	7,3	6,45	6,05	6,14
Aminoácidos Livres (%)	0,37	0,76	0,69	0,64	0,67	0,51	0,79	0,68	0,65	0,64
Melanoidinas (%)	2,2	23,2	24,2	25,1	27,5	3,8	25,2	28,3	28,6	31,5
Carboidratos totais (%)	49,90*	37,3	37	37,1	36,4	48,86*	36,4	35,6	35,1	34,3
Ácidos Orgânicos (%)	2,33	7,53	7,96	8,09	8,44	1,71	6,39	7,41	7,87	8,37
Ácidos clorogênicos (%)	8,13	5,21	3,79	2,56	1,77	9,93	4,8	3,14	1,62	1,35
Outros (não identificados %)	5,04	8,05	9,2	9,77	9,08	6,98	7,84	7,64	9,14	6,7

Fonte: VIGNOLI, 2009.

\*Carboidratos totais no café verde também incluem ácidos urônicos

A comparação da composição química do café arábica, verde e torrado, é mostrada na Tabela 3 (OOSTERVELD et al.,2003).

**TABELA 3 – Composição dos grãos de café arábica verde e torrado (%m/m).**

COMPONENTES	CAFÉ VERDE	CAFÉ TORRADO
Composição dos Carboidratos		
Ramnose	1	1
Arabinose	12	6
Xilose	2	0
Manose	43	51
Galactose	23	21
Glicose	15	16
Ácido urônico	4	4
Carboidratos	54,8	48,1
Lipídeos	11,3	15,9
Proteínas	5,8	6,8
Total	71,9	70,8

Fonte: OOSTERVELD et al. (2003).

Manose representa 44%, e galactose e arabinose juntos representam 35% dos açúcares presentes no café verde. Estes resultados demonstram que cerca de 80% dos carboidratos do café verde estão presentes como galactomananos e arabinogalactanos, enquanto celulose e xiloglucanos representam apenas 16% (OOSTERVELD et al.,2003).

Os galactomananos e arabinogalactanos presentes no café torrado possuem menos ramificações do que aqueles presentes no café verde, ou seja, o grau de ramificação decresce durante o processo de torra. Entretanto, os polissacarídeos do café torrado possuem menor massa molecular que os polissacarídeos do café verde, aumentando assim a extração dos arabinogalactanos, pectinas e galactomananos (NUNES; COIMBRA, 1997; OOSTERVELD et al., 2003).

Os estudos realizados por Oosterveld et al. (2003) através da análise da estrutura química dos polissacarídeos, obtidos após extração do café torrado com água quente, demonstraram que a extração de polissacarídeos não depende somente do tipo de café mas também do grau de torra.

Lipídios presentes no café verde, principalmente no endosperma, aumentam proporcionalmente após a torra, devido à degradação de carboidratos. No café arábica o aumento relatado foi de 11,4% para 15,4% e, no café robusta, de 6,1% para 9,6% (LAGO, 2001).

Dentre os compostos nitrogenados do café verde encontram-se, além das proteínas, cafeína, a trigonelina, à qual é considerada componente importante para o

sabor e aroma do café pode ser encontrada no grão verde em quantidades de 0,8% no café arábica e 0,7% em café robusta (VIGNOLI, 2009).

A cafeína é responsável por efeitos fisiológicos e o principal efeito é estimulante. Este composto permanece estável com a torração, não alterando sua quantidade durante o processo. O teor de cafeína no café é dependente de uma série de fatores como a variedade da planta, método de cultivo, condições de crescimento, além de aspectos genéticos e sazonais (CAMARGO; TOLEDO, 1998).

A cafeína encontra-se na polpa, no citoplasma e ligada à parede celular, e representa aproximadamente 2,2% da matéria seca no café robusta e 1,3% no café arábica (LELOUP, 2006).

Para o café solúvel, Nogueira e Trugo (2003) relatam que a extração sob pressão em altas temperaturas promove um enriquecimento de sólidos solúveis em relação à matéria-prima do grão torrado, com consequente aumento no teor de cafeína.

Estudos realizados com cafeína indicaram que ela é um eficiente sequestrante de radicais hidroxílicos (OH<sup>•</sup>), o que sugere uma base para suas propriedades anticarcinogênicas (SHI; DALAL, 1991).

As proteínas do café estão livres no citoplasma ou ligadas a polissacarídeos de parede celular. Os teores de proteínas presentes nos grãos de café variam entre 8,7 a 16%. (TOCI; FARAH; TRUGO, 2006).

O teor de polifenóis livres é pequeno no café verde, aumentando durante a torração. Este aumento, segundo Trugo & Macrae (1985) está relacionado à degradação dos ácidos clorogênicos. Com a torração, os polifenóis contribuem de maneira significativa para o aroma e sabor do produto final, sendo considerados os responsáveis pela adstringência dos frutos (RAMIREZ, 1987).

Os ácidos clorogênicos são os principais componentes da fração fenólica dos grãos de café verde e são ésteres do ácido quínico com resíduos cinâmicos (VITORINO et al., 2001). Sua quantidade (teores de até 14 %) pode variar de acordo com a espécie, grau de torra e de maturação e com menor importância pelas práticas agrícolas, clima e solo, (FARAH et al., 2005).

Morishita e Kido (1995) relataram a potencial contribuição dos ácidos clorogênicos para atividade antioxidante do café pelo uso do sistema de sequestro de radicais (DPPH), sendo a estrutura química de compostos fenólicos que confere



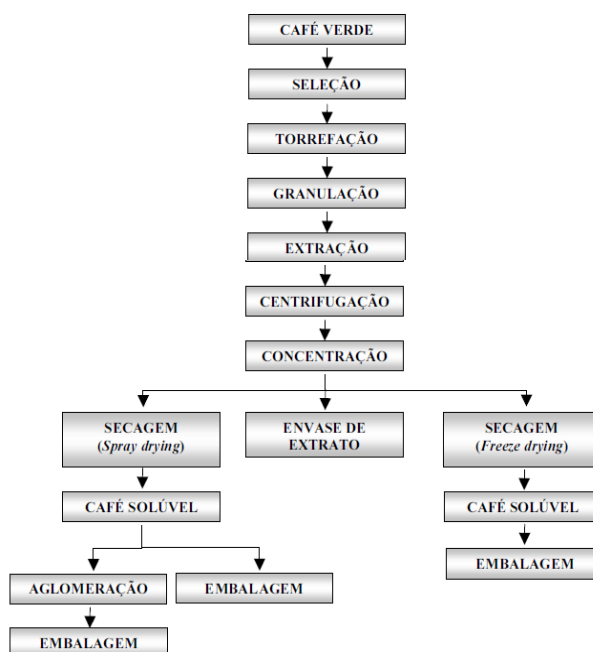
sua capacidade de atuar como sequestradores de radicais livres (GÓMEZ-RUIZ; LEAKE; AMES, 2007).

As melanoidinas são um dos mais importantes componentes da bebida do café torrado, contribuindo com aproximadamente 25% da matéria seca. Vários estudos sugerem que são responsáveis pela forte propriedade antioxidante da bebida do café (NICOLI et al. 1997; DAGLIA et al., 2004).

Sánchez-González, Jiménez-Escrig e Saura-Calixto (2005), estudando a atividade antioxidante em bebidas preparadas por diferentes métodos de preparo observaram que as amostras de torra escura exibiram maior ação antioxidante que amostras de torra média, e relacionaram esse efeito ao aumento dos produtos de reação de Maillard durante o processo e a formação de melanoidinas.

### 3.3 Processo de Fabricação do Café Solúvel

O processo de fabricação do café do café solúvel inclui várias etapas de processamento, como demonstrado na Figura 3.



**Figura 3. Diagrama de blocos das etapas de produção do café solúvel.**

**Fonte: SPX (2013)**

A indústria do café compra a sua matéria prima levando em consideração o número de defeitos e o padrão de bebida, o que torna necessário a mistura ou

“blend” destas para obter uma padronização do produto final, tais como aroma e sabor. Define-se o blend como a arte de combinar cafés com características complementares como acidez com doçura, muito encorpado com pouco encorpado, torra clara e torra escura, etc. (RELVAS et al., 1997).

Durante o processo de torra muitas reações complexas ocorrem sendo que as características de aroma e sabor de diferentes produtos são formadas por estes processos complexos (VIGNOLI, 2009).

O processo da torra consiste em submeter os grãos a um aquecimento controlado, onde são desencadeadas uma série de reações exotérmicas que não devem ultrapassar o ponto adequado (tempo e temperatura) para que não se inicie o processo de carbonização (CORTEZ, 2001).

O produto solúvel passará ainda por etapas adicionais de processamento. O café solúvel é o produto da extração dos grãos torrados e granulados (MUSSATO et al., 2011).

Segundo Panesar (1999), na etapa de extração, o café torrado e granulado é carregado dentro de colunas, chamados de percoladores. O processo é usualmente realizado num sistema de percoladores contínuos onde os grãos do café torrado e granulado e o solvente, água, são misturados sob condições controladas de temperatura e pressão, o que promove um enriquecimento de sólidos solúveis do solvente em relação à matéria-prima (MUSSATO et al., 2011).

Em complemento a estas condições, o fator de extração é outro parâmetro, variável entre os tipos de processos de extração, que determina algumas características específicas ao produto, tais como: quantidade de sólidos solúveis, características sensoriais, dentre outras. O fator de extração baseia-se na relação entre a quantidade de extrato produzido pela quantidade de café torrado granulado utilizado (SIVETZ, 1979).

Após a extração, inicia-se o processo de concentração que se baseia na retirada do excesso de água do extrato de café, proveniente das etapas de extração e centrifugação, promovendo o aumento da fração solúvel. O extrato concentrado é então seco por aspensão ou liofilização (MUSSATO et al., 2011).

Na secagem por aspensão, o extrato concentrado é atomizado em forma de gotículas no topo de uma torre de secagem ao mesmo tempo em que é submetido a uma corrente de ar quente, provocando a evaporação da água. O produto coletado

na base dessa torre é o café solúvel, que pode ser transformado em café aglomerado se submetido a uma etapa adicional de processamento (GEA, 2013).

Na secagem por liofilização, o extrato é congelado a temperaturas inferiores a  $-30^{\circ}\text{C}$ , sendo então triturado em moinhos especiais e conduzido à câmara de vácuo dentro de bandejas, onde a água é removida por sublimação. O produto final é o café liofilizado, que produz bebida de melhor qualidade pela preservação das características aromáticas (GEA, 2013).

### **3.4 Espuma no Café**

O café é uma bebida bastante apreciada em todo o mundo, quer pelas suas características sensoriais, quer pelo seu poder estimulante. Além da cor, do aroma e do corpo, um dos requisitos igualmente exigidos para um bom café é a presença de uma espuma cremosa e persistente no topo da bebida (ILLY; VIANI, 1996).

Os aspectos técnicos para a preparação do café espresso foram documentados por Petracco (1989) e Illy; Navarini (2011). No entanto, a maior parte do conhecimento sobre a espuma do café espresso é empírico (ROSA et al., 1986), e pouco tem sido feito nos fatores tecnológicos de processamento do café que influenciam as propriedades de espuma, tais como: estabilidade e incremento na formação (NUNES; COIMBRA, 1998a).

A espuma é uma dispersão grosseira de bolhas de gás em um líquido. No caso do café espresso, a fase gasosa é principalmente dióxido de carbono gerado durante a torra do café e retido dentro da estrutura da célula, ao passo que a fase contínua é uma emulsão de partículas microscópicas de óleo em água em um meio aquoso de vários solutos, tais como: carboidratos, ácidos, proteínas e cafeína (ILLY; NAVARINI, 2011).

Dickinson (1992) descreve a espuma do café espresso, também denominada de crema, como estável e com tempo específico de duração, isto é, o momento em que a espuma desaparece, de modo a expor a superfície escura da bebida.

Durante o curto tempo de vida da espuma, sua estrutura e propriedades mudam consideravelmente. Ela começa como uma espuma borbulhante em café

preparado na hora e torna-se uma espuma poliédrica seca. O último, no entanto, não é de interesse prático, do ponto de vista de consumo, uma vez que o café espresso é consumido dentro de poucos minutos após o preparo (ILLY; VIANI, 1996).

De um ponto de vista quantitativo, a espuma deve representar, pelo menos, 10% do volume de um café espresso (ILLY; VIANI, 1996). Nenhum estudo detalhado foi publicado até agora sobre a composição química da espuma, bem como sobre a distribuição e tamanho das bolhas. Para este último, a literatura técnica descreve que o café produzido com *Coffea canephora* formam-se bolhas maiores do que no café feito de puro *Coffea arabica* (BAZARRA; BAZARRA, 2004).

No estudo realizado por Petracco (1989), verificou-se que o sabor da espuma é de pouco interesse sensorial, embora percebeu-se que sua ausência na bebida gera amargor e adstringência.

A cor da espuma também pode revelar a composição do blend do café: uma mistura de *Coffea arabica* conduz uma espuma do café espresso caracterizada por uma cor marrom-avermelhada, enquanto a mistura de *Coffea canephora* conduz a uma espuma de café expresso caracterizada por uma cor castanha escura com tons de cinza (BAZARRA et al., 2004; MAETZU et al., 2001).

A quantidade de espuma é influenciada pela quantidade de carboidratos e da concentração de proteínas (PETRACCO, 1989), além da temperatura de extração e grau de torração, que afetam a composição dos carboidratos no extrato de café (THALER, 1978; LELOUP & LIARDON, 1997).

Nunes et al. (1997) estudaram dois tipos de grãos no preparo de café espresso, a capacidade de formação e estabilidade da espuma e sua composição química em função do grau de torração. Os resultados demonstraram, para ambos os tipos de café, que a capacidade de formação de espuma aumenta com o grau de torra do café e depende da quantidade de proteína na infusão. A quantidade de espuma também aumenta em função do grau de torra do café e está relacionado com a quantidade de galactomananos e arabinogalactanos.

No estudo de Nunes et al. (1997) verificou-se que a estabilidade da espuma está relacionada com a quantidade e tipo de polissacarídeos extraídos. O estudo demonstrou que polissacarídeos com elevada massa molecular podem também ser responsáveis pela estabilização da espuma.

Alguns processos industriais foram elaborados visando aumentar formação e estabilidade da espuma do café solúvel.

Zeller et al. (2006) baseia-se em um processo de preparação de bebida instantânea de café solúvel, a partir do aquecimento do café solúvel seco e injeção de gás, sob pressão, suficiente para o preenchimento dos espaços vazios do produto seco. Após um período determinado de tempo, o produto é resfriado e despressurizado, resultando em um café solúvel com seus espaços internos preenchidos com gás que, após o preparo da bebida, será liberado para a superfície da mesma, aumentando a quantidade de espuma da bebida.

Wimmers et al. (1984) divulgaram um método para fazer uma bebida de café tendo uma camada espessa de espuma na sua superfície, semelhante em aparência com o cappuccino. Uma quantidade de café solúvel, seco via Spray Drier, é misturado com uma quantidade de água fria sob intensa agitação numa câmara de mistura para formar um concentrado de espuma (extrato de café e espuma). Após esta mistura, uma quantidade controlada de água quente é adicionada na câmara de mistura para fazer uma bebida de café.

Forquer (2005) descreve um método de preparo de uma bebida de café, tipo espresso, a partir da injeção de vapor na bebida. Fritz (2003) baseia-se em uma mistura do extrato de café (proporção de 45 a 55%) com oligofrutose. Após esta mistura o extrato é aquecido e injeta-se gás na solução. A mistura da solução (extrato de café, oligofrutose e gás) é favorecida através do uso de uma bomba de homogeneização antes de ser enviada à secagem por Spray Drier.

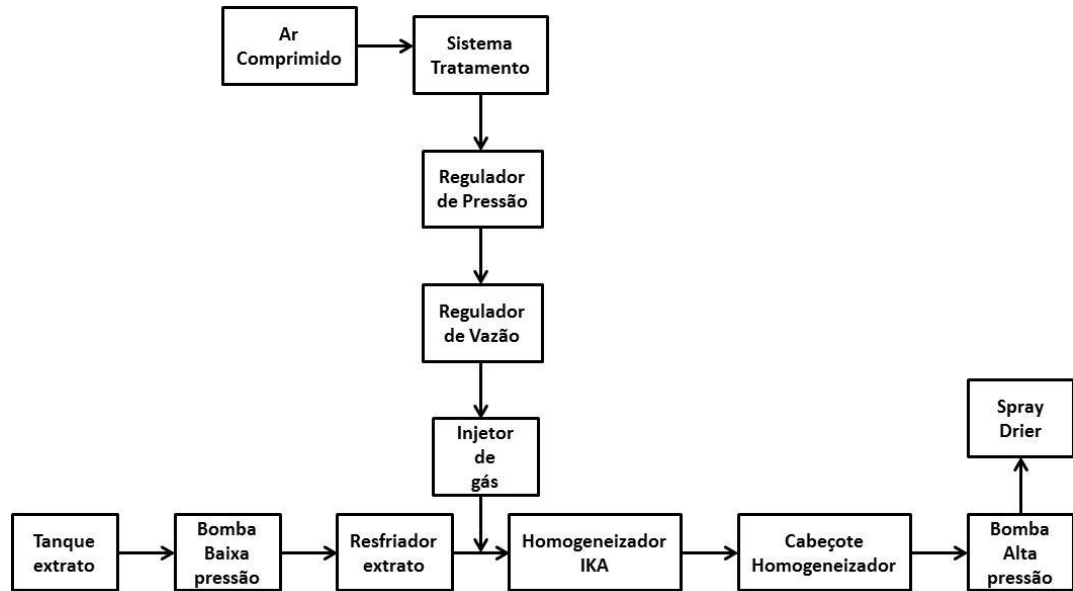
Panesar et al. (1999) divulga um método para fazer um café solúvel, seco via Spray Drier, utilizando um processo de injeção controlada de gás no extrato concentrado, seguido por um processo de homogeneização da emulsão (extrato e gás dissolvido) para a redução do tamanho das bolhas de gás e, posteriormente, a secagem da emulsão via Spray Drier para a obtenção do produto seco. O gás preenche os espaços vazios das pérolas formadas durante o processo de secagem e, após a adição de água quente, há liberação deste gás formando na superfície da xícara uma camada de espuma.

O aumento da formação e estabilidade da espuma compreende três etapas:

- I) Injeção de gás no extrato de café;
- II) Homogeneização da mistura para redução do tamanho das bolhas de ar;

### III) Condições específicas no processo de secagem por Spray.

Na Figura 4, Panesar et al. (1999) apresenta um fluxograma do sistema utilizado para secagem que compreende as etapas I e II .



**Figura 4. Diagrama de blocos do processo de secagem das amostras.**

**Fonte: Panesar et al. (1999)**

As condições específicas correspondentes ao item I referem-se ao tipo de gás utilizado no estudo.

Panesar et al. (1999) utilizou de três diferentes gases na injeção no extrato de café antes da secagem. Os resultados, mostrados na Tabela 4, demonstraram que o nitrogênio foi o gás que obteve melhores resultados na quantidade e estabilidade da espuma formada.

TABELA 4 – Efeito do tipo de gás na formação da espuma

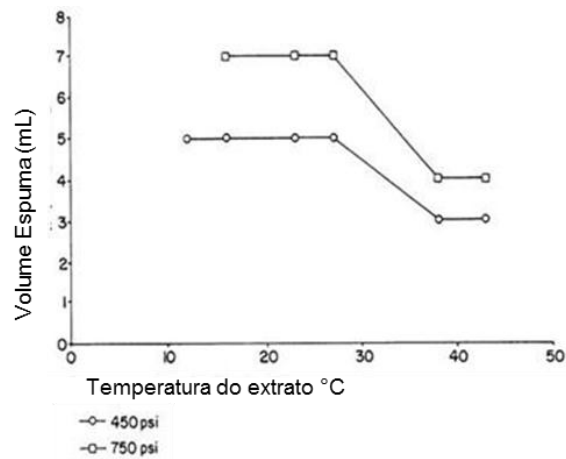
Tipo de Gás	Volume da espuma (mL)	
	1 min	10 min
N <sub>2</sub>	7,0	5,5
N <sub>2</sub> O	5,0	1,5
CO <sub>2</sub>	1,0	0

Fonte: Panesar et al. (1999)

As condições específicas no processo de secagem descritas por Panesar et al. (1999) referem-se a: tamanho da bolha de gás e da pérola do produto, umidade do produto, teor de sólidos solúveis, temperatura e viscosidade do extrato de café, pressão de atomização no secador e tipo de bico utilizado no secador.

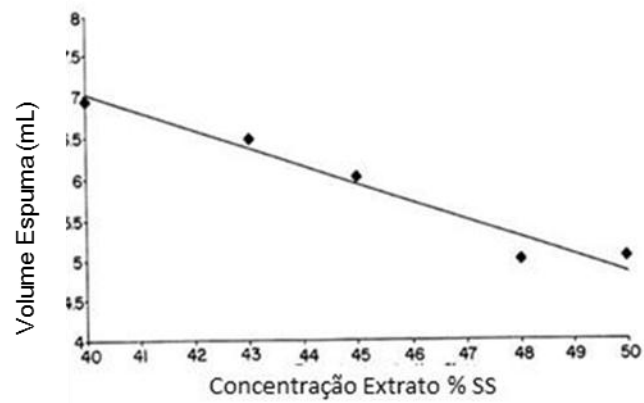
Os resultados dos estudos das condições específicas de secagem, obtidos por Panesar et al. (1999), demonstram que:

- I) O volume de espuma formada é inversamente proporcional à temperatura do extrato e diretamente proporcional à pressão de atomização, conforme demonstrado no Figura 5;
- II) O volume de espuma formada é inversamente proporcional ao teor de sólidos solúveis, conforme demonstrado na Figura 6;
- III) O volume de espuma formada é diretamente proporcional a pressão de atomização, conforme demonstrado na Figura 7;
- IV) O volume de espuma formada é influenciado pela umidade do produto seco. Teores de umidade acima de 3,0 % influenciam desfavoravelmente no volume de espuma formada, conforme demonstrado na Figura 8;
- V) A pressão de atomização é inversamente proporcional ao tamanho das partículas obtidas na secagem, conforme demonstrado na Figura 9.



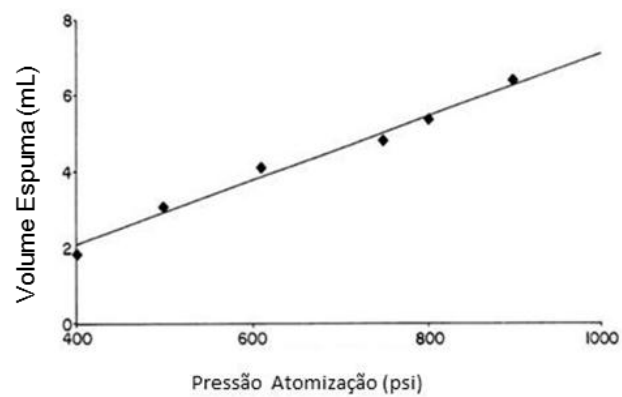
**Figura 5. Influência da temperatura e pressão de atomização na formação de espuma**

Fonte: Panesar et al. (1999)



**Figura 6. Influência do teor de sólidos solúveis na formação de espuma**

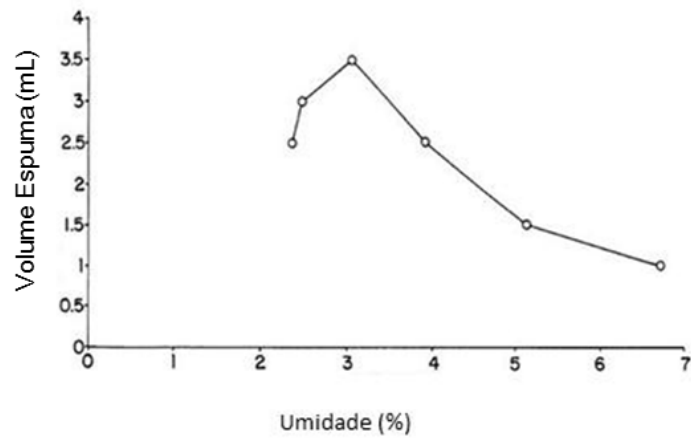
Fonte: Panesar et al. (1999)



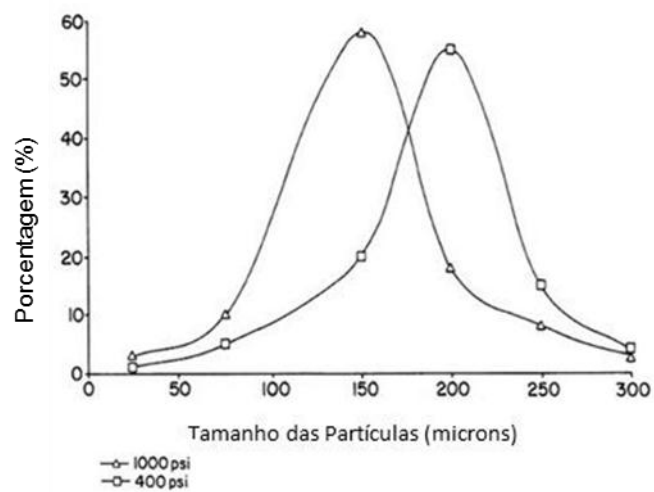
**Figura 7. Influência da pressão de atomização na formação de espuma**

Fonte: Panesar et al. (1999)





**Figura 8. Influência da umidade na formação de espuma**  
Fonte: Panesar et al. (1999)



**Figura 9. Influência da pressão de atomização no tamanho das partículas**  
Fonte: Panesar et al. (1999)

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material

Foi utilizado um lote de café verde da espécie robusta (*Coffea canephora*), obtida da Cia Iguaçu de Café Solúvel S.A., localizada no município de Cornélio Procópio – PR. O café verde foi submetido a um grau de torração médio escuro, com uma temperatura final de 220 °C e tempo de torra de 8 minutos, conforme demonstrado na Figura 10.



Figura 10. Fotos das amostras de Café Verde (a) e Torrado (b) da espécie robusta utilizadas neste experimento.

#### 4.1.1 Reagentes

Os reagentes utilizados nos experimentos foram:

- Corante de “Coomassie brilliant blue – BG-250”
- Albumina Bovina B.S.A.
- Ácido clorídrico P.A.
- Etanol P.A.
- Água Milli-Q ultra pura
- Padrões Cromatográficos (marca Sigma Aldrich)
  - Carboidratos Totais: Manitol, Glucose, Xilose, Frutose, Ribose, Fucose, Arabinose e Galactose;

- Ácido-5-cafeoilquínico, cafeína.

#### **4.2 Método de obtenção dos extratos e cafés atomizados**

As amostras foram coletadas durante a realização dos testes em diferentes etapas do processo de fabricação de café solúvel, conforme demonstrado na Figura 11.

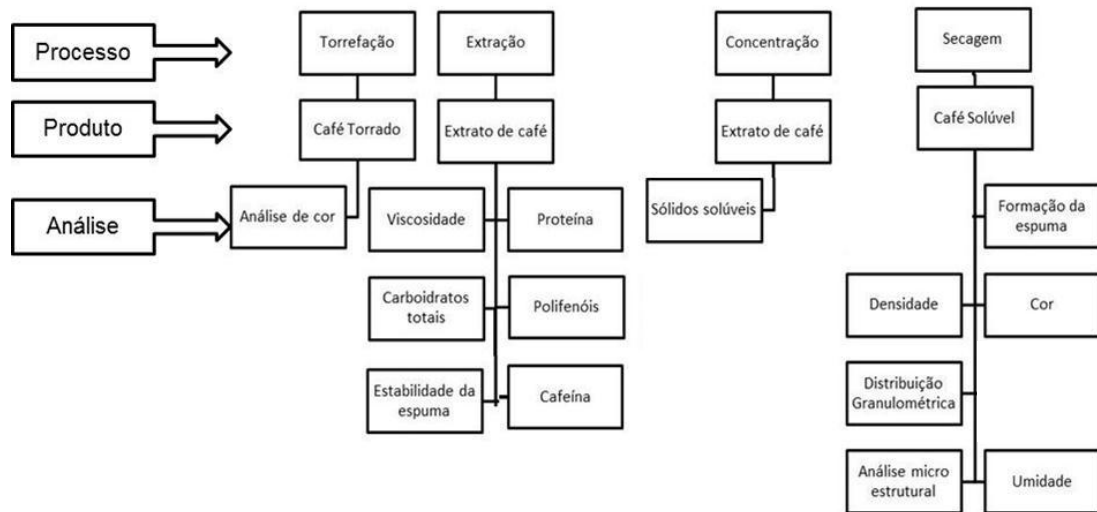
O café verde foi submetido à torrefação e, após a estabilização do torrador, as amostras foram coletadas na seção de resfriamento do equipamento para a análise de cor. Para cada experimento com alteração do fator de extração, três amostras de café foram adquiridas.

A extração do café torrado e granulado foi realizada primeiramente em colunas extratoras em escala piloto. Foram realizados três experimentos em triplicatas, visando obter a melhor condição a partir de comprovação estatística.

Os fatores de extração utilizados foram 3,0, 4,0 e 5,0, os quais foram determinados em função da obtenção de um café solúvel com um nível sensorial aceitável ao consumidor (dados não mostrados) e do teor de sólidos solúveis obtidos na extração.

Para evitar interferentes neste processo, a cada alteração do fator de extração, foi separado um ciclo total de extração. Ainda nesta etapa, foram coletadas as amostras do extrato de café para a análise de viscosidade, proteína, polifenóis, cafeína, carboidratos totais e estabilidade da espuma.

Para a obtenção do produto solúvel, foi realizado um experimento em escala industrial para cada fator de extração, seguindo os mesmos parâmetros do experimento em escala piloto, onde durante o processo foram mantidas constantes as demais variáveis do processo (pressão, temperatura, etc.) e somente foram realizadas as alterações do fator de extração.



**Figura 11. Diagrama de blocos das etapas das coletas das amostras e suas respectivas análises.**

**Fonte: Autoria própria (2014).**

O extrato de café proveniente das alterações do fator de extração foi centrifugado, concentrado e seco via Spray Drier.

Na etapa de concentração, foram coletadas as amostras do extrato de café concentrado para a análise de sólidos solúveis.

Na etapa de secagem via Spray Drier, foram obtidos os produtos seco com e sem a injeção de gás, para a análise da quantidade de espuma formada, densidade, cor, umidade, distribuição granulométrica e análise micro estrutural.

As características do processo de secagem via Spray Drier foram baseadas naquelas descritas por Panesar et al. (1999), sendo as principais condições :

- Pressão de atomização: 40 – 50 bar
- Temperatura do extrato: 15 – 18 °C
- Concentração do extrato: 51,4 – 52,5 °BRIX
- Umidade do produto final: 1,5 – 2,5 %
- Bico atomizador de Cone Oco
- Gás utilizado: ar comprimido tratado
- Injetor de gás: aço inox sinterizado
- Homogeneização da mistura de extrato e gás.

A quantidade de gás foi limitada a  $5 \text{ NL}\cdot\text{min}^{-1}$  visando obter uma homogeneização adequada do gás com o extrato de café concentrado e densidade do produto final de acordo com as especificações praticadas pelo fabricantes de café solúvel .

#### **4.2.1 Gás utilizado no processo de secagem**

Para este estudo foi utilizado ar comprimido tratado por ser um produto de custo inferior aos demais gases utilizados por Panesar et al. (1999) e de ser facilmente encontrado em ambiente industrial.

O sistema de tratamento do ar atmosférico utilizado compôs-se de um sistema de filtros coalescentes, instalados em série, para remoção de partículas grossas e finas, óleo e odor.

A injeção do ar comprimido ocorreu via injetor de aço inox sinterizado com diâmetro de  $180 \mu\text{m}$ , regulador de pressão e de vazão para ar comprimido. A pressão do ar comprimido foi regulada em  $6 \text{ Kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$  e a vazão foi ajustada via rotâmetro com escala de 0 a  $10 \text{ NL}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Para promover a homogeneização do gás e extrato de café, utilizou-se de dois equipamentos instalados em série, composto por uma máquina de dispersão por cisalhamento do fabricante IKA modelo DISPAX -REACTOR® DR 2000, com três estágios e três combinações de rotor e estator muito finos, com folgas entre os mesmos de  $0,05$  milímetros e rotação de  $3.600$  rotações por minuto e uma bomba de pistões de alta pressão provida de válvulas especiais denominadas válvulas homogeneizadoras com uma pressão de homogeneização de  $150 \text{ bar}$ .

Assim sendo, no experimento foram realizados seis testes de secagem a partir da variação do fator de extração e quantidade de gás injetado, e as amostras foram codificadas conforme Tabela 5.

TABELA 5 – Experimentos realizados e respectiva codificação.

<b>Codificação das Amostras</b>	<b>Descritivo das Amostras</b>
F3SG	Fator de extração 3,0 sem o uso de injeção de gás
F3CG (5,0)	Fator de extração 3,0 com o uso de injeção de gás – 5,0 NL.min <sup>-1</sup>
F4CG (2,5)	Fator de extração 4,0 com o uso de injeção de gás – 2,5 NL.min <sup>-1</sup>
F4CG (5,0)	Fator de extração 4,0 com o uso de injeção de gás – 5,0 NL.min <sup>-1</sup>
F5SG	Fator de extração 5,0 sem o uso de injeção de gás
F5CG (5,0)	Fator de extração 5,0 com o uso de injeção de gás – 5,0 NL.min <sup>-1</sup>

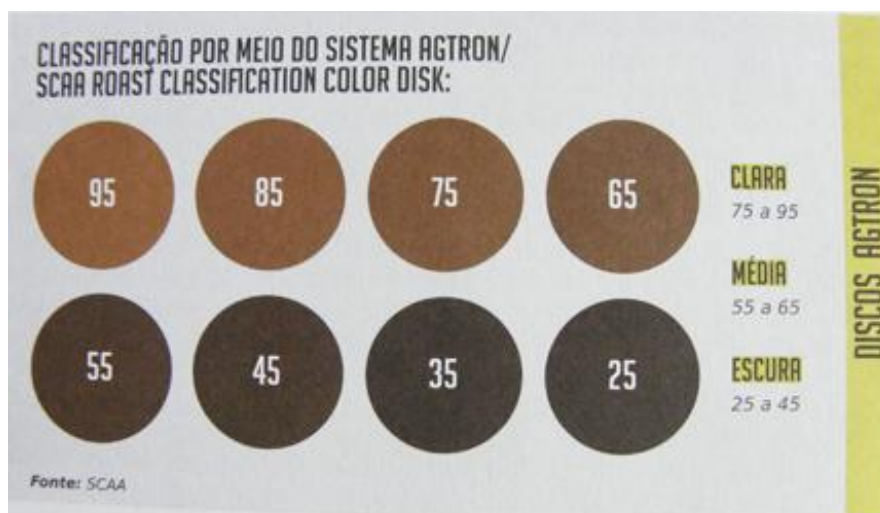
### 4.3 Análises físicas e químicas

#### 4.3.1 Análise de cor

Antes da análise da cor de torra, o café torrado foi moído em moinho da marca Arbel e peneirado em peneira com abertura 0,35 mm de diâmetro para garantir um padrão de qualidade e maior uniformidade da amostra.

A cor das amostras de café solúvel foi realizada diretamente sem a utilização de preparo adicional, e determinada através da determinação do índice de reflectância com a utilização de um colorímetro Photovolt modelo 575 com placa padrão 70,1. Esse sistema de avaliação de cor (IR) utiliza discos padronizados onde a coloração do café é comparada com discos padrão, atribuindo-a a coloração do disco correspondente.

Adicionalmente, a cor do produto torrado foi comparada visualmente com os padrões dos discos de Agtron, conforme demonstrado na Figura 12.



**Figura 12. Discos de Agtron**

Fonte: SCAA (2013)

#### 4.3.2 Determinação da viscosidade dos extratos de café

A viscosidade do extrato de café, proveniente da etapa de extração, foi medida por viscosímetro da marca Brookfield, Modelo DV-II+ PRO com precisão de  $\pm 1,0\%$  e seus valores expressos em centipoise – cP.

As amostras de extrato de café, utilizadas para análises de viscosidade, foram padronizadas para uma mesma concentração de 2,5 °Brix, através da diluição com água destilada, e as análises foram realizadas na temperatura de 20°C.

#### 4.3.3 Determinação de sólidos solúveis do extrato de café concentrado

O teor de sólidos solúveis do extrato foi medida por Refratômetro Digital Automático Modelo Rx-5000α da marca Atago com precisão de medição de °Brix  $\pm 0,03\%$  e seus valores expressos em °Brix em 20°C.

#### 4.3.4 Determinação de Polifenóis Totais e Cafeína dos extratos de café

As análises de polifenóis totais e cafeína, proveniente da etapa de extração, foram realizadas utilizando Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC), equipado com coluna 4,6 x 250 mm, Spherisorb ODS2 (Waters, EUA), com

partículas esféricas de 5 µm. As soluções de eluição utilizadas foram ácido acético 5% (A) e acetonitrila (B), da seguinte forma:

- de 0 – 5 minutos, 4% de B; 5 – 10 minutos, 10% de B; 10 – 30 minutos, 10% de B; 30 – 40 minutos, 0% de B; 40 – 50 minutos, 4% de B
- fluxo de 0,8 mL/minuto

As amostras foram dissolvidas em água ultrapura, filtradas em 0,22µm e diretamente injetadas no sistema cromatográfico.

A cafeína foi detectada em 272 nm e polifenóis em 320 nm, sendo a quantificação realizada seguindo curvas padrões de calibração (VIGNOLI; BASSOLI; BENASSI, 2012).

#### **4.3.5 Proteínas**

Para a determinação de proteínas totais utilizou-se o método espectrofotométrico de Bradford (BRADFORD, 1976). Esse método é uma técnica para determinação de proteínas totais que utiliza o corante de “Coomassie brilliant blue – BG-250”.

A interação entre o corante BG-250 e macromoléculas de proteínas que contém aminoácidos de cadeias laterais básicas ou aromáticas. No pH de reação, a interação entre a proteína de alta massa molecular e o corante BG-250 provoca o deslocamento do equilíbrio do corante para a forma aniônica, que absorve fortemente em 595 nm (ZAIA et al., 1998).

Utilizou-se como padrão de proteína a albumina bovina B.S.A. com concentrações de 10, 30, 50, 100, 150 e 300 µg/mL.

#### **4.3.6 Teor de Carboidratos Totais dos extratos de café**

Foram utilizadas as amostras de extrato para a determinação do teor de carboidratos totais seguindo os parâmetros descritos na norma ISO 11.292 adaptada para a etapa de extração e hidrólise.

Para a determinação do teor de carboidrato total, pesou-se  $300,0 \pm 0,1$  mg de extrato seco, em base seca, em um balão de 100 mL, sendo posteriormente transferido para frasco de vidro (Pyrex) de 100 mL onde adicionou-se 50 mL da



solução de ácido clorídrico 1M. A amostra foi hidrolisada em banho-maria por 2 horas e 30 minutos a temperatura de  $100 \pm 5$  °C. Após resfriamento, a amostra foi transferida para balão volumétrico de 100 mL e completado o volume com água ultrapura (Milli-Q).

A amostra foi tratada em cartucho C<sub>18</sub> – Octadecylated sílica descartáveis (Waters WAT023590 1cc – 100 mg) pré-condicionado com metanol e água, e filtrada em membrana 0,22 µm (Millipore SLGV033NK), descartando-se as primeiras gotas e levando ao sistema cromatográfico para análise. A quantidade de amostra injetada foi de 20 µL.

O sistema instrumental utilizado consistiu-se de Cromatógrafo Líquido com Detector de Pulso Amperométrico – Dionex Modelo ICS 3000; colunas cromatográficas analíticas – Dionex CarboPac PA1 (4 x 250 mm) – PN 035391, guarda – Dionex CarboPac PA1 (4 x 50 mm) – PN 043096 e trap – Dionex Amino Trap (4 x 50 mm).

A aquisição dos dados foi realizada através de corrida isocrática com água ultrapura (Milli-Q®), filtrada em membrana 0,22 µm (Millipore SLGV033NK) submetida à vácuo e sonicação, como fase móvel a uma vazão de 1 mL.min<sup>-1</sup>.

Após as análises, a coluna foi lavada com solução de hidróxido de sódio 300 mM.L<sup>-1</sup> durante 15 minutos.

Para a identificação dos tempos de retenção foram utilizados padrões cromatográficos de Manitol, Glucose, Xilose, Frutose, Ribose, Fucose, Arabinose e Galactose.

#### **4.3.7 Granulometria do café solúvel**

Utilizou-se um conjunto de peneiras analíticas de aberturas de 710, 500, 250, 125 e <125 (fundo) µm, e vibrador modelo AS 200 da Marca Retsch com amplitude de 0,8 mm/g e tempo de análise de 10 minutos. Para cada análise pesou-se 100,00 g ± 0,01 mg de amostra e adicionou-se na peneira superior do conjunto de peneiras.

Após a vibração pesou-se o material e os resultados foram expressos em percentual de material retido.

#### 4.3.8 Umidade do café solúvel

A determinação do teor de umidade foi realizada empregando o método Karl Fisher, conforme descrito nas normas analíticas do IAL – Instituto Adolf Lutz (Instituto Adolf Lutz, 2008).

#### 4.3.9 Estabilidade da espuma da bebida a partir dos cafés solúveis

Para a determinação da estabilidade da espuma foi utilizado o método proposto por YU et al. (2012). O volume de espuma foi calculado a partir da dissolução controlada de 1,5 g de amostra em água com uma vazão média de 3,2 mL.seg<sup>-1</sup> a 20 °C em uma proveta graduada de 50 mL.

A estabilidade da espuma foi mensurada a partir da relação do volume de espuma formado no tempo de 1,0 min e 10,0 min conforme descrito na Equação 1.

$$\text{Estabilidade da espuma} = \frac{\text{Volume de espuma}_{t=1\text{min}}}{\text{Volume de espuma}_{t=10\text{min}}} \times 100 \text{ [Eq. 1]}$$

#### 4.3.10 Quantidade espuma formada na bebida a partir dos cafés solúveis

O método, adaptado de Nunes et al. (1998), baseia-se em determinar a espessura de espuma formada, em milímetros, dentro de um becker calibrado e graduado de 250 mL, a partir da adição de água a 95 °C, em 3,0 g de amostra.

#### 4.3.11 Densidade do café solúvel

Para a determinação da densidade foi utilizado o método Free Flow ISO 8.460 – Instant coffee determination of free flow and compacted bulk densities.

O método baseia-se na utilização de um cilindro metálico com peso e volume conhecidos. Adiciona-se uma quantidade de amostra, através de um funil dosador, até o enchimento do cilindro metálico. A densidade foi determinada através da massa da amostra e do volume do cilindro.

#### **4.3.12 Características micro estruturais do café solúvel**

Para análise das características micro estruturais utilizou-se um microscópio eletrônico de varredura (MEV) da marca FEI, modelo Quanta 200, operado a 20 kV e recobrimento com carbono para a microanálise e recobrimento com ouro para a imagem. Conforme descrito por Dedavid et al. (2007), o MEV é um dos mais versáteis instrumentos disponíveis para a observação e análise de características micro estruturais de objetos sólidos.

A análise micro estrutural do produto seco foi realizada por Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV nos Laboratórios da Universidade Estadual de Londrina - PR.

#### **4.4 Análise estatística**

Os resultados foram tratados em programa de análise estatística (StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system, version 10) aplicando-se Análise de Variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Torrefação

#### 5.1.1 Cor de torra

Os valores de cor de torra das amostras obtidas durante o processo de torra estão apresentados na Tabela 6.

**TABELA 6: Cor (IR) de torra dos grãos de café.**

Fator de extração	Cor (IR)
3	52,7 ± 3,0 <sup>a</sup>
4	52,5 ± 3,0 <sup>a</sup>
5	52,2 ± 3,0 <sup>a</sup>

Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença estatística ao nível de 95% pelo teste de Tukey

Os resultados indicam que não houve variação da cor de torra em todos os experimentos. De acordo com a literatura (OOSTERVELD et al., 2003; MOURA et al., 2007; VIGNOLI, 2009), o processo de torra influencia a composição química do café, onde a cor de torra constante torna-se importante para a caracterização dos demais parâmetros analisados nesse estudo.

A cor das amostras moídas e peneiradas foi comparada visualmente com os padrões dos discos de Agtron. As amostras indicaram semelhança entre os discos padrões de número 45 e 55, caracterizando uma cor de torra média escura, conforme classificação da Norma de qualidade recomendável e boas práticas de fabricação de cafés torrados em grão, e cafés torrados e moídos da ABIC, conforme demonstrado no Anexo I.

## 5.2 Extração

### 5.2.1 Viscosidade

Os resultados das análises de viscosidade dos extratos provenientes do processo de extração estão apresentados na Tabela 7.

**TABELA 7: Viscosidade (cP) dos extratos de café a 20 °C obtidos com diferentes fatores de extração.**

Amostras	Viscosidade (cP)
Fator 3	1,262 ± 0,005 <sup>a</sup>
Fator 4	1,253 ± 0,008 <sup>b</sup>
Fator 5	1,243 ± 0,008 <sup>c</sup>

Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença estatística ao nível de 95% pelo teste de Tukey

O teste estatístico indicou que os três fatores de extração apresentam diferenças estatísticas entre si, mesmo após a correção da concentração dos extratos em 2,5 °Brix, sendo observado uma redução da viscosidade ao se aumentar o fator de extração.

De acordo com as informações técnicas do fabricante do bico atomizador utilizado nos experimentos, a redução da viscosidade é um fator importante uma vez que está relacionada ao ângulo de atomização e, conseqüentemente, na melhoria da eficiência térmica do processo de secagem, além de favorecer uma melhor formação de partículas.

A partir dos resultados, supõe-se que o aumento do fator de extração provocou uma hidrólise dos polissacarídeos, com a liberação de moléculas de mono e dissacarídeos, resultando na redução de suas massas moleculares e no grau de ramificação o que, de acordo com estudos realizados por Arya et al. (2007), influencia na redução da viscosidade.

### 5.2.2 Proteína

Os resultados das análises de proteína das amostras proveniente do processo de extração estão apresentados na Tabela 8.

**TABELA 8: Proteína total dos extratos de café obtidos com diferentes fatores de extração.**

Amostras	Proteína Total (%)
Fator 3	10,27 ± 2,27 <sup>a</sup>
Fator 4	12,14 ± 1,14 <sup>b</sup>
Fator 5	11,31 ± 0,51 <sup>ab</sup>

Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença estatística ao nível de 95% pelo teste de Tukey

Os resultados indicam que o teor de proteína total dos fatores 3 e 4 diferem estatisticamente entre si e o fator 5 é estatisticamente igual aos dois anteriores.

Valores semelhantes do teor de proteína também foram encontrados nos estudos realizados por Mussato et al. (2011) demonstrando que os dados obtidos das amostras corroboram com a literatura.

### 5.2.3 Carboidratos totais

Os valores das análises de carboidratos totais das amostras proveniente do processo de extração estão demonstrados na Tabela 9.

**TABELA 9: Análise de Carboidratos Totais dos extratos de café.**

Tipo de Carboidrato	Fator 3	Fator 4	Fator 5
	(%m/m)		
Manitol	0,20	0,18	0,18
Fucose	0,29	0,24	0,25
Arabinose	6,27	6,05	5,77
Galactose	23,13	20,14	20,57
Glicose	0,97	0,89	0,85
Xilose	0,15	0,14	0,13
Manose	14,98	12,82	13,98
Frutose	0,00	0,00	0,00
Ribose	0,07	0,06	0,05

Os carboidratos totais dos extratos estão relatados na Tabela 10.

**TABELA 10: Carboidratos Totais dos extratos de café.**

Amostras	Carboidrato Total (g.100g <sup>-1</sup> )
Fator 3	46,06 ± 7,60 <sup>a</sup>
Fator 4	40,51 ± 10,01 <sup>a</sup>
Fator 5	41,78 ± 5,88 <sup>a</sup>

Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença estatística ao nível de 95% pelo teste de Tukey.

Os valores obtidos indicam que o teor de carboidratos totais é estatisticamente igual para os três fatores de extração avaliados e que estes não tiveram influência na estabilidade da espuma.

Nesse estudo não houve variação da cor de torra e temperatura de extração variando somente o fator de extração. Pode-se afirmar que estes resultados estão de acordo com as análises realizadas por Petracco (1989), Thaler (1978), Leloup & Liardon (1993) onde verificaram que a quantidade de carboidratos no extrato de café é influenciada pelo grau de torração e da temperatura de extração, enquanto que no

estudo de Nunes et al. (1987) constatou-se que a estabilidade da espuma está relacionada com a quantidade, tipo e massa molecular dos polissacarídeos extraídos.

Os resultados deste trabalho corroboram com os obtidos no estudo de Nunes et al. (2006), onde obteve-se maior extração de galactomananos no café torrado.

Nos fatores de extração utilizados, os resultados de açúcar total indicam que as amostras atendem aos limites de especificação estabelecidos pela Norma ISO 24114:2011, onde os limites de tolerância são de 2,46% para glicose e 0,45% para xilose.

#### 5.2.4 Polifenóis totais

Os resultados das análises de polifenóis totais do extrato proveniente do processo de extração estão apresentados na Tabela 11.

**TABELA 11: Teor de Polifenóis nos extratos de café.**

Amostras	Polifenóis (%)
Fator 3	1,92 ± 0,44 <sup>a</sup>
Fator 4	1,93 ± 0,21 <sup>a</sup>
Fator 5	1,93 ± 0,33 <sup>a</sup>

Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença estatística ao nível de 95% pelo teste de Tukey

Esses valores indicam que o teor de polifenóis é estatisticamente igual para os três fatores de extração avaliados. Dados reportados por Castilho et al. (2002) e Sanches et al. (2005), o teor de polifenóis tem maior dependência com a espécie da matéria prima e cor de torra; como nesse estudo ambas as variáveis não sofreram modificação este resultado está de acordo com o esperado.



### 5.2.5 Cafeína

Os resultados das análises de cafeína do extrato proveniente do processo de extração estão apresentados na Tabela 12.

**TABELA 12: Teor de Cafeína nos extratos de café.**

Amostras	Cafeína (g/100g)
Fator 3	2,78 ± 0,36 <sup>a</sup>
Fator 4	3,08 ± 0,74 <sup>a</sup>
Fator 5	3,01 ± 0,59 <sup>a</sup>

Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença estatística ao nível de 95% pelo teste de Tukey

Os teores de cafeína obtidos são estatisticamente iguais para os três fatores de extração avaliados. Dados reportados na literatura demonstram que os teores de cafeína variam de acordo com a espécie da matéria prima e que para o café solúvel o processo de extração promove um enriquecimento de sólidos solúveis, com consequente aumento no teor de cafeína.

Valores semelhantes de cafeína também foram encontrados nos estudos realizados por Vignoli (2009).

### 5.2.6 Estabilidade da espuma

Os resultados das análises de estabilidade da espuma do extrato proveniente do processo de extração estão apresentados na Tabela 13.

**TABELA 13: Estabilidade de espuma (%) das bebidas obtidas de extrato de café solúvel de diferentes fatores de extração.**

Amostras	Estabilidade da espuma (%)
Fator 3	52,88 ± 4,34 <sup>b</sup>
Fator 4	60,08 ± 1,82 <sup>a</sup>
Fator 5	61,17 ± 6,83 <sup>a</sup>

Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença estatística ao nível de 95% pelo teste de Tukey

Os resultados indicam que a estabilidade da espuma dos fatores 4 e 5 são estatisticamente iguais entre si e que a estabilidade da espuma no fator 3 difere estatisticamente dos dois anteriores.

Com base em estudos realizados por Petracco (1989) e Nunes et al. (1998), pode-se propor uma correlação com os valores de estabilidade da espuma e os de proteína total.

Os resultados demonstram que tanto a estabilidade da espuma como a proteína total são estatisticamente iguais para os fatores de extração 4 e 5.

### 5.3 Concentrado

#### 5.3.1 Sólidos solúveis

Os resultados das análises da quantidade de sólidos solúveis do extrato concentrado estão apresentados na Tabela 14.

**TABELA 14: Sólidos solúveis dos extratos de café.**

Amostras	Sólidos solúveis (°BRIX)
Fator 3	52,0 ± 0,3
Fator 4	52,3 ± 0,3
Fator 5	51,8 ± 0,3

O valor de sólidos solúveis foi estabelecido em função de obter-se condições energéticas favoráveis no processo de secagem por Spray Drier e dos estudos realizados por Panesar et al. (1999), onde o volume de espuma formada é inversamente proporcional ao teor de sólidos solúveis.

## 5.4 Secagem

### 5.4.1 Formação da espuma

Os resultados das análises da quantidade de espuma formada proveniente do produto seco estão apresentados na Tabela 15.

**TABELA 15: Espessura da espuma formada de diferentes amostras de café solúvel.**

<b>Amostras</b>	<b>Espessura (mm)</b>
Amostra de Referência	1,0
F3SG	6,0
F3CG (5,0)	9,0
F4SG	9,0
F4CG (2,5)	12,0
F4CG (5,0)	14,0
F5SG	7,0
F5CG (5,0)	10,0

Introduziu-se uma amostra de referência com o objetivo de avaliar a eficiência do sistema de homogeneização. Esta amostra trata-se do mesmo café solúvel, 100% tipo Robusta (*Coffea canephora*), obtido a partir do fator de extração 3,0, seco pelo processo Spray Drier, sem adição de gás e uso do sistema de homogeneização.

As análises indicaram que as amostras com adição de gás e uso do sistema de homogeneização apresentaram melhores resultados na formação da espuma do que as amostras sem adição de gás e com uso da homogeneização.

Os resultados estão coerentes com os estudos realizados por Panesar et al. (1999) onde verifica-se que o gás preencheu os espaços vazios das partículas formadas durante o processo de secagem; após a adição de água quente, há liberação deste gás, formando uma camada de espuma na superfície da xícara.

O ar comprimido mostrou-se eficiente na formação da espuma, em comparação aos três tipos de gases utilizados no estudo de Panesar et al. (1999), e por isso foi utilizado neste estudo, além de ser o mais barato.

As amostras sem adição de gás e com uso do sistema de homogeneização apresentaram melhores resultados na estabilidade da espuma do que a amostra de referência. O processo de homogeneização reduziu o tamanho de bolhas de gás dissolvidos no extrato de café, favorecendo a formação e estabilidade da espuma, conforme estudos realizados por Panesar et al. (1999).

Os valores obtidos nas análises de estabilidade da espuma correspondem à média obtida das triplicatas realizadas durante o processo de análise.

#### 5.4.2 Cor

Os valores de cor das amostras de café solúvel obtidas, durante o processo de secagem e variação da quantidade de gás utilizado, estão apresentados na Tabela 16.

**TABELA 16: Cor (IR) dos cafés solúveis obtidos nos diferentes tratamentos.**

<b>Tratamento</b>	<b>Cor (IR)</b>
F3SG	35,6 ± 0,1
F3CG (5,0)	62,9 ± 0,3
F4SG	36,7 ± 0,2
F4CG(2,5)	52,3 ± 0,2
F4CG (5,0)	59,4 ± 0,1
F5SG	34,6 ± 0,2
F5CG (5,0)	60,3 ± 0,2

Os resultados indicam que a cor do produto foi influenciada pelo gás e pela quantidade injetada no extrato de café. As amostras secas com o uso de gás apresentaram uma cor mais clara e tonalidade amarelada em comparação com as amostras sem a utilização de gás, conforme visualizados nas Figuras 13 a 16.

O fator de extração não influenciou significativamente na cor do produto pois, de acordo com os resultados das análises, as amostras sem o uso de gás apresentaram valores semelhantes.



(a)

(b)

**Figura 13. Cor do Café Solúvel F3SG (a) e F3CG (5,0) (b)**



(a)

(b)

**Figura 14. Cor do Café Solúvel F4SG (a) e F4CG (2,5) (b)**



**Figura 15. Cor do Café Solúvel F4CG (5,0)**



**(a)**

**(b)**

**Figura 16. Cor do Café Solúvel F5SG (a) e F5CG (5,0) (b)**

### 5.4.3 Umidade

Os valores de umidade das amostras obtidas durante o processo de secagem estão apresentados na Tabela 17.

**TABELA 17: Umidade (%) do café solúvel.**

<b>Amostras café solúvel</b>	<b>Umidade (%)</b>
F3SG	2,70 ± 0,02
F3CG (5,0)	2,71 ± 0,03
F4SG	2,75 ± 0,03
F4CG(2,5)	2,77 ± 0,03
F4CG (5,0)	2,76 ± 0,02
F5SG	2,80 ± 0,02
F5CG (5,0)	2,79 ± 0,04

Todos os tratamentos resultaram na obtenção de pós com umidade inferior a 3,0%. De acordo com os estudos realizados por Panesar et al. (1999), teores de umidade acima de 3,0 % influenciam desfavoravelmente o volume de espuma formada; além de não atender aos requisitos legais de especificações de diversos países consumidores de café solúvel.

Apesar de que a legislação brasileira fixa como Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ), o teor máximo de umidade de 5,0% para o café solúvel, quanto menor for a umidade dos pós, maior a vida útil e melhor características o produto apresentará.

### 5.4.4 Densidade

Os valores de densidade das amostras obtidas durante o processo de secagem estão apresentados na Tabela 18.

TABELA 18: Densidade (g.L<sup>-1</sup>) do café solúvel

Amostras café solúvel	Densidade (g.L <sup>-1</sup> )
F3SG	208 ± 2,0
F3CG (5,0)	151 ± 1,5
F4SG	202 ± 1,0
F4CG(2,5)	171 ± 2,0
F4CG (5,0)	166 ± 1,0
F5SG	196 ± 1,5
F5CG (5,0)	143 ± 1,0

Os resultados indicam que o uso e a quantidade do gás influenciaram na redução da densidade do produto. A influência da alteração do fator de extração não foi evidenciada, pois as amostras obtidas sem o uso de gás apresentaram a mesma densidade.

Os resultados estão coerentes com os estudos realizados por Panesar et al. (1999) onde verificou-se que o gás preencheu os espaços vazios das pérolas aumentando conseqüentemente o seu volume. Esta análise corrobora com os resultados obtidos da distribuição granulométrica, onde as amostras com uso de gás apresentaram tamanho de partículas maiores.

#### 5.4.5 Distribuição granulométrica

Os resultados da granulometria das amostras de café solúvel estão apresentados nas Tabelas 19 e 20.

TABELA 19: Granulometria das amostras secas sem injeção de gás.

DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRIA AMOSTRAS					
Amostras	Abertura Peneiras				
	710	500	250	125	< 125
<b>F3SG</b>	0,3 ± 0,2	7,4 ± 0,1	48,7 ± 0,2	36,5 ± 0,3	7,0 ± 0,2
<b>F4SG</b>	0,4 ± 0,1	7,6 ± 0,1	48,6 ± 0,1	37,0 ± 0,2	6,4 ± 0,2
<b>F5SG</b>	0,3 ± 0,1	8,1 ± 0,2	49,1 ± 0,3	36,4 ± 0,1	6,1 ± 0,2



TABELA 20: Granulometria das amostras secas com injeção de gás.

Amostras	DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRIA AMOSTRAS				
	Abertura Peneiras				
	710	500	250	125	< 125
<b>F3CG (5,0)</b>	2,6 ± 0,2	17,7 ± 0,2	50,3 ± 0,3	26,1 ± 0,5	3,3 ± 0,2
<b>F4CG (5,0)</b>	1,9 ± 0,2	13,4 ± 0,4	49,7 ± 0,2	29,3 ± 0,1	5,7 ± 0,2
<b>F5CG (5,0)</b>	2,2 ± 0,2	16,6 ± 0,2	50,6 ± 0,2	26,8 ± 0,5	3,8 ± 0,3

A presença de gás na etapa de secagem pode ser considerado o único fator causador da variação granulométrica. As amostras provenientes da injeção de gás apresentaram tamanho de partículas superiores, em todas as aberturas de peneiras utilizadas, às secas sem a injeção de gás (Tabelas 19 e 20).

Estes resultados permitem demonstrar que o fator de extração não influenciou no tamanho das partículas.

#### 5.4.6 Análise micro estrutural

A partir da análise das imagens verifica-se que as amostras provenientes da secagem com o uso de gás apresentaram, na média, tamanho de partículas maiores do que amostras secas sem o uso de gás conforme Figuras 17 e 18.

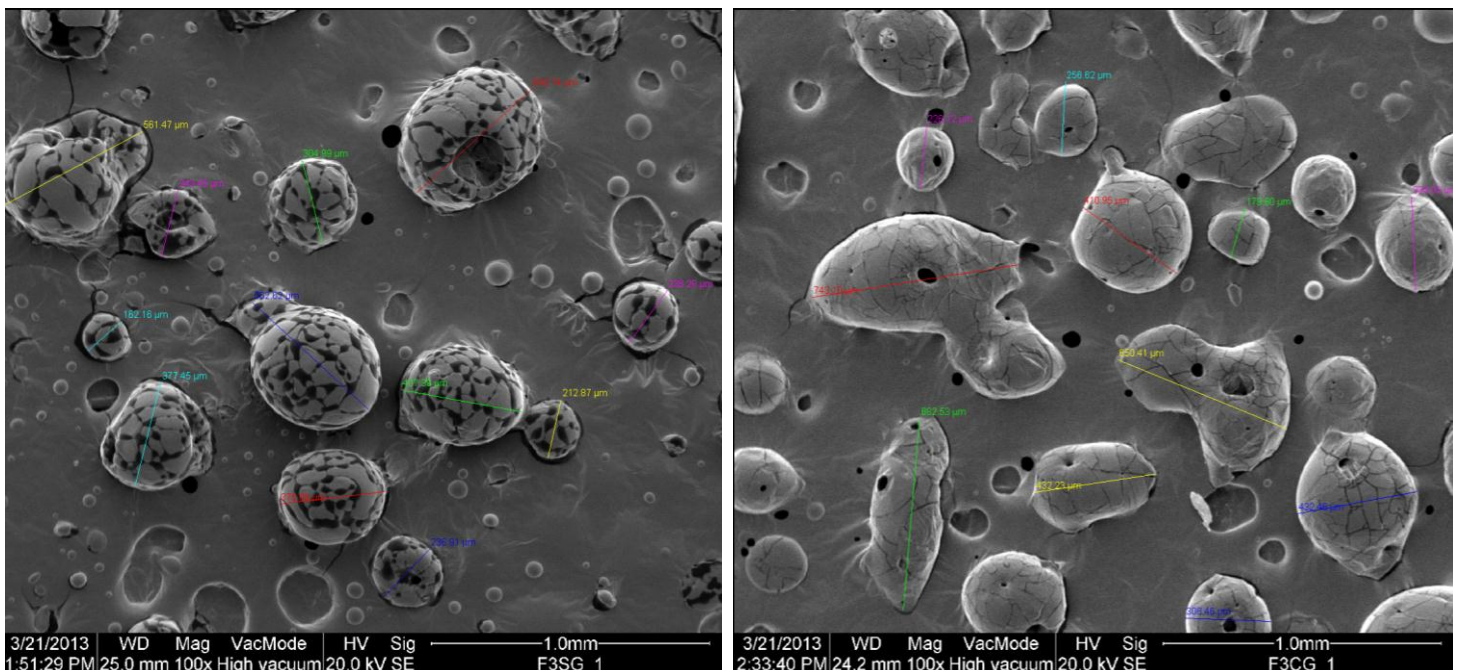
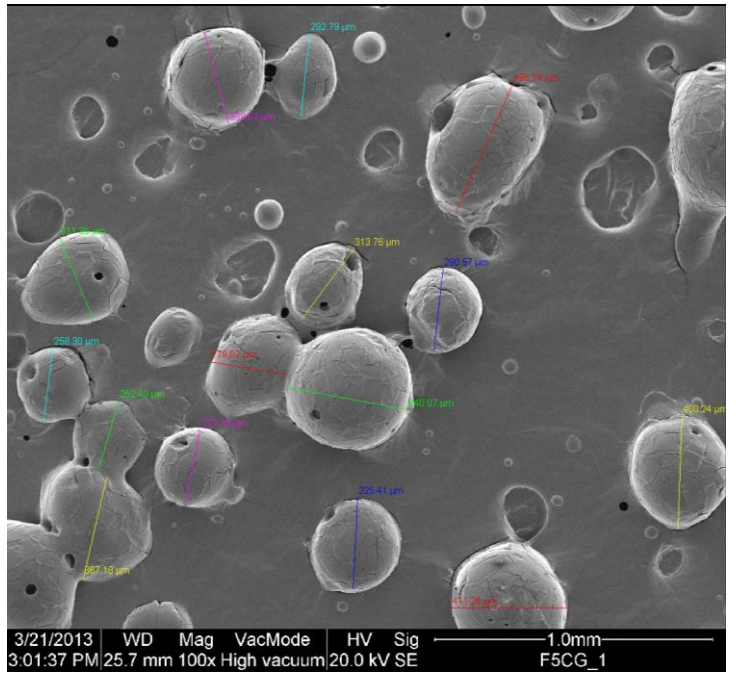
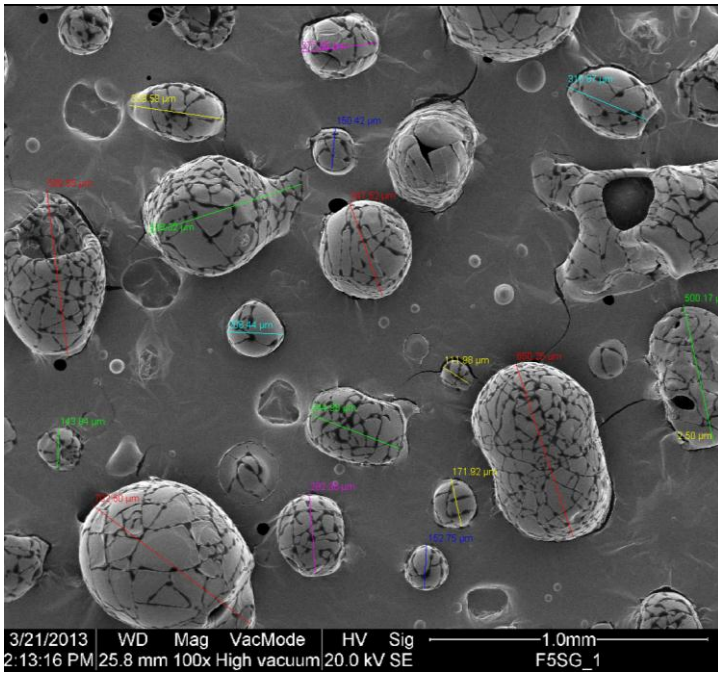


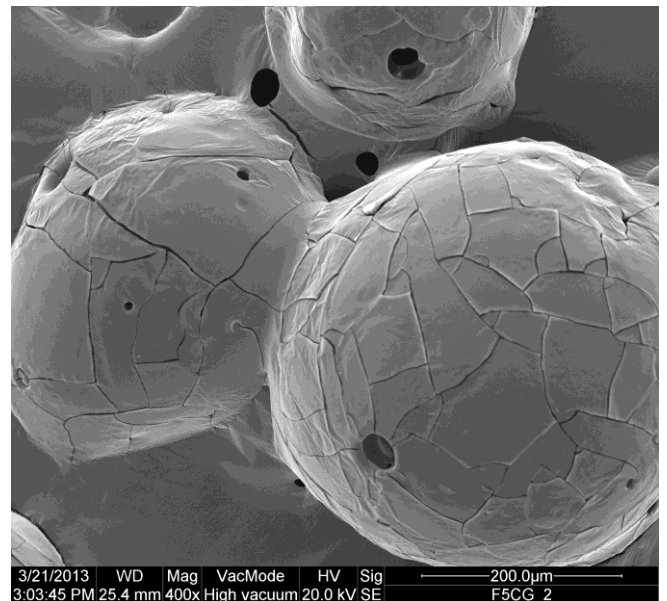
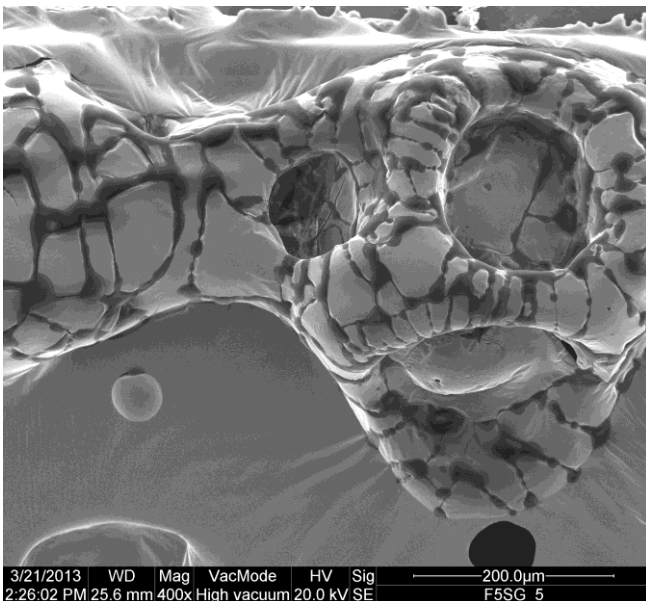
Figura 17. Micrografias de Café Solúvel F3SG e F3CG (5,0) - ampliação de 100x.



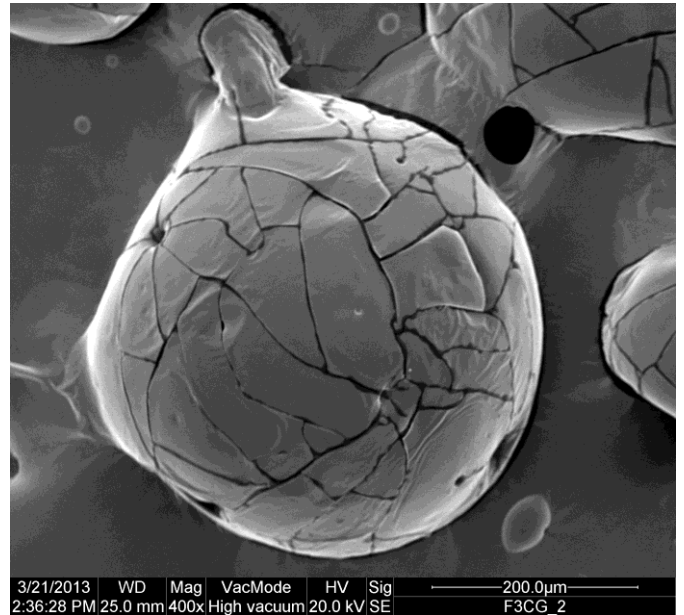
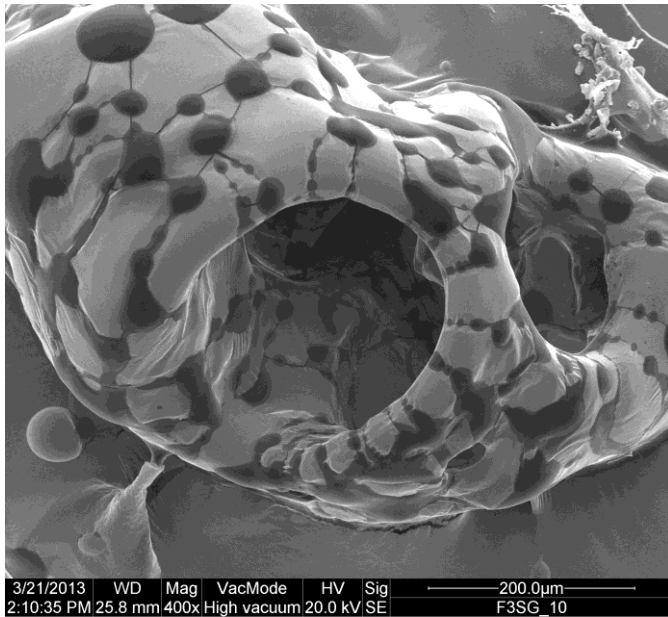
**Figura 18. Micrografias de Café Solúvel F5SG e F5CG (5,0) – ampliação de 100x.**

Esta análise ratifica os resultados das análises de distribuição granulométrica e densidade onde obteve-se as mesmas conclusões.

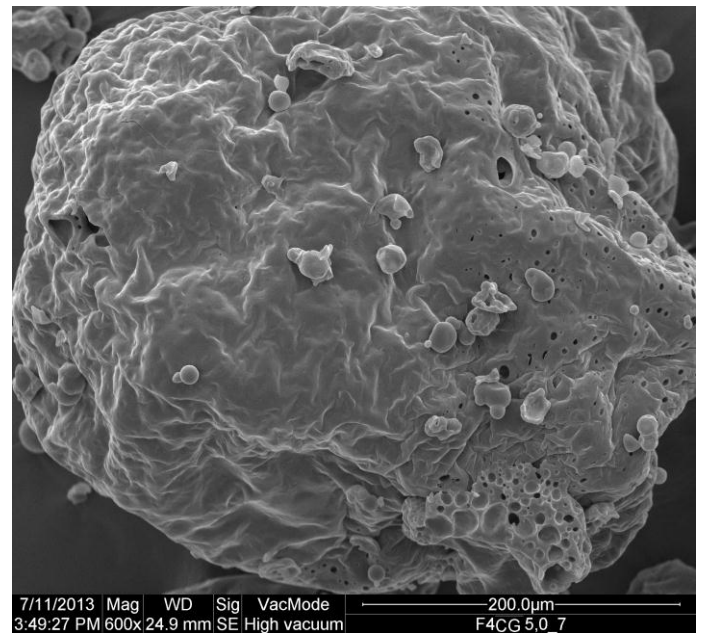
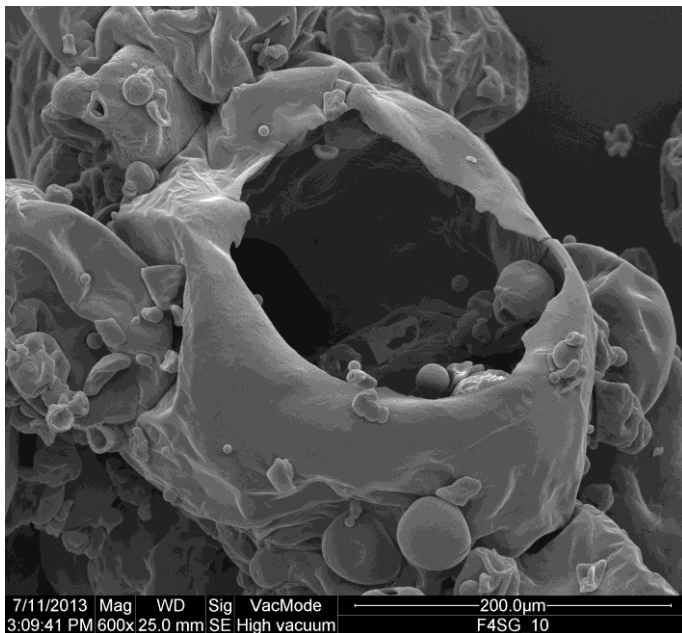
As amostras secas obtidas com o uso de gás apresentam características morfológicas mais uniformes através de uma esfericidade e consistência, provocadas pelo encapsulamento do gás no interior das partículas e com pouco rompimento superficial conforme Figuras 19, 20 e 21 do que as amostras secas sem o uso de gás.



**Figura 19. Micrografias de Café Solúvel F5SG e F5CG (5,0) – ampliação de 400x.**



**Figura 20. Micrografias de Café Solúvel F3SG e F3CG (5,0) – ampliação de 400x.**



**Figura 21. Micrografias de Café Solúvel F4SG e F4CG (5,0) – ampliação de 600x.**

A análise das figuras permite supor que as pérolas formadas nas amostras com o uso de gás na etapa de secagem favorece a formação de espuma na bebida, uma vez que o rompimento da camada externa da partícula das amostras secas com o uso de gás durante a dissolução, provoca a liberação do gás encapsulado.

Com este resultado pôde-se comprovar através das análises de quantidade de espuma formada onde as amostras com adição de gás e uso do sistema de

homogeneização apresentaram melhores resultados na formação da espuma do que as amostras sem adição de gás e com uso da homogeneização.

## 5. CONCLUSÃO

Os dados experimentais foram analisados e subdivididos em função de algumas características químicas e físicas do café e dados específicos utilizados durante a secagem das amostras.

A partir das análises químicas verificou-se que os valores de cafeína, polifenóis totais e carboidratos totais são estatisticamente iguais para os três fatores de extração avaliados.

Apesar de vários estudos apontarem uma correlação do teor de carboidratos totais com a estabilidade da espuma, nesse estudo isto não foi comprobatório uma vez que as amostras obtidas foram provenientes do processo onde a cor de torra e temperatura de extração não sofreram variações.

Em ambos os fatores de extração utilizados, os resultados de açúcar total indicam que amostras atendem os limites de especificação estabelecidos pela Norma ISO 24114:2011.

O teor de proteína e estabilidade da espuma apresentou diferença estatística do fator 3 para o 4 e 5. Os valores obtidos do teor de proteína foi diretamente proporcional à estabilidade da espuma onde propõem-se uma relação entre esses parâmetros.

A viscosidade do extrato mostrou-se inversamente proporcional ao aumento do fator de extração, que pode estar relacionado à hidrólise dos polissacarídeos.

Os resultados das análises físicas apontaram uma relação direta do uso do ar comprimido na etapa de secagem com os parâmetros de cor, densidade, distribuição granulométrica e formação da espuma.

A cor do café solúvel obtida com o uso de ar comprimido foi muito clara em comparação às amostras comerciais encontradas para consumo. Esse fato pode ocasionar ao consumidor uma restrição de consumo devido à impressão de que o produto apresenta uma característica sensorial de bebida “menos encorpada e mais fraca”. Faz-se necessário o estudo de outras condições de secagem para a obtenção da mesma quantidade de espuma formada e escurecimento da cor do produto.

As amostras provenientes da secagem com o uso de gás apresentaram maior quantidade de espuma formada através do encapsulamento do gás no interior

das partículas, tamanhos de partículas maiores e características morfológicas mais uniformes do que as amostras secas sem o uso de gás.

O processo de homogeneização foi eficiente no encapsulamento do ar dissolvido, incorporado durante o processo de produção, e conseqüente redução do tamanho das bolhas de ar. As amostras provenientes da homogeneização apresentaram melhores resultados na estabilidade da espuma do que a amostra de referência.

O ar comprimido mostrou-se eficiente na formação da espuma e seu uso torna-se uma opção economicamente viável no processo industrial. Por ser utilizado em processo alimentício faz-se necessário o uso de um sistema de filtração eficiente para remoção de partículas sólidas, líquidas e odores que podem originar no processo de compressão do ar comprimido industrial.

## REFERÊNCIAS

ARYA, M; RAO, L. J. An Impression of Coffee Carbohydrates. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 47, p. 51-67, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ – ABIC – Legislações.  
Disponível em: <http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=58>.  
Acesso em: 20 Mar. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ SOLÚVEL – ABICS –  
Disponível em: <http://www.abics.com.br/>  
Acesso em: 15 Dez. 2013

BANDEIRA, R.D.C.C.; TOCI, A.T.; TRUGO, L.C.; FARAH, A. Composição Volátil dos defeitos intrínsecos do café por GC/EM – Headspace. **Química Nova**. v.32, n. 2, 2009.

BAZARRA, F; BAZARRA, M. **The espresso coffee production system**. Edizioni 2000, Gorizia, 2004, 192 p.

BORRELI, R. C.; VISCONTI, A.; MENNELLA, C.; ANESE, M.; FOGLIANO, V. Chemical characterization and antioxidant properties of coffee melanoidins. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Columbus, v.50, n.22, p. 6527-6533, 2002.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**. v. 72, p. 248 – 257, 1976.

CAMARGO, M.C.R.; TOLEDO, M. C. F. Teor de cafeína em cafés brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.18, n.4, p.32-38, 1998.

CASTILHO, M. D. del; AMES, J.; M.; GORDON, M. H. Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 50, n. 13, p. 3698-3703, 2002.

CLIFORD, M. N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. **Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage**. p. 305 – 374, 1985.

CORTEZ, J.G. **Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café**. 2001. 71f. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração Fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. 2001.

DAGLIA, M.; RACCHI, M.; PAPETTI, A.; LANNI, C.; GOVONI, S.; GAZZANI, G. In vitro and ex vivo antihydroxyl radical activity of green and roasted coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.52, n.6, p.1700-1704, 2004.

DEDAVID, B. A. Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: material poliméricos, metálicos e semicondutores. **Centro de Microscopia Eletrônica e Microanálise do IDEIA – EDIPUCRS**, Porto Alegre, p.10, 2007.

DELGADO, P.A. **Desenvolvimento de processo enzimático para redução de sedimentos em extrato de café**. 113f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade de Campinas, Campinas, SP, 2008.

DICKINSON, E. An introduction to food colloids. **Molecular Nutrition & Food Research**. v. 36, n.5, p.433-522, 1992.

FARAH, A.; PAULIS, T.; TRUGO, L. C.; MARTIM, P. R. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acids lactones. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.53, n.5, p.1505-1513, 2005.

FISCHER, M.; REIMANN, S. TROVATO, V.; REDGWELL, R. J. Polysaccharides of green Arabica and robusta coffee beans. **Carbohydrate Research**. v. 330, n. 1, p. 93-101, 2001.

FULCRUM ENTERPRISES (KY), Forquer, R. **Method for preparing an espresso-type coffee beverage**. US n. 4,618,500, 20 AUG. 2005.

GEA NIRO – Spray Dryers

Disponível em: <http://www.niro.com/niro/cmsdoc.nsf/WebDoc/webb8ckfle> Acesso em: 11 OUT. 2013.

GÓMEZ-RUIZ, J. A., LEAKE, D. S., AMES, J. M. In vitro antioxidant activity of coffee compounds and their metabolites. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.17, p. 6962-6969, 2007.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 53, n. 6, p. 1.841-1.856, 2005.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the chemistry of quality**. San Diego Academic, 253p, 1996

ILLY, E.; NAVARINI, L. Neglected food bubbles: The espresso coffee foam. **Food Biophysics** n. 6, p. 335 – 348, 2011.

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

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION – ICO – Trade Statistics.

Disponível em: < [http://www.ico.org/trade\\_statistics.asp](http://www.ico.org/trade_statistics.asp) >. Acesso em: 11 Jun. 2012.

INTERNATIONAL STANDARD: ISO 8.460 – Instant coffee determination of free flow and compacted bulk densities, 1987.



INTERNATIONAL STANDARD: ISO 11.292 – Instant coffee determination of free and total carbohydrate contents – Method using high-performance anion – exchange chromatography, 15/06/1995.

INTERNATIONAL STANDARD: ISO 24114:2011 – Instant coffee – Criteria for authenticity, May 2011.

KY, C.L.; LOUARN, J.; DUSSERT, S.; GUYOT, B.; HAMON, S.; NOIROT, M. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica*, *L. and, C. canephora*, *P. accessions*. **Food Chemistry**, v.75, n.2, p. 223 – 230, 2001.

KRAFT FOODS, INC., Panesar, S. S. et al. **A. Soluble Espresso Coffee**. US n. 5,882,717, 16 MAR. 1999.

LAGO, R. C. A. Lipídios em grãos. **Boletim do Ceppa**. v.19, n.2, p. 319-340, 2001.

LELOUP, V.; LIARDON, R. Analytical characterization of coffee carbohydrates. **In Proceedings of Asic**, 15<sup>st</sup> Colloque, Montpellier, France, p. 863-865, 1997.

LELOUP, V. Evaluation of the nutritive value of soluble coffee. **In Proceedings of Asic**, 21<sup>st</sup> Colloque, Montpellier, France, p. 80-87, 2006.

LÓPEZ-GALILEA, I.; DE PEÑA, M.P.; CID, C. Correlation of selected constituents with the total antioxidant capacity of coffee beverages: Influence of the brewing procedure. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**.v.55, n.15, p. 6110-6117, 2007.

MAETZU, L.; ANDUEZA, S.; IBAÑEZ, C.; PAZ DE PEÑA, M.; BELLO, J.; CID, C. Multivariate methods for characterization and classification of espresso coffees from different botanical varieties and types of roast by foam, taste and mouthfeel. **J. Agric. Food Chemical**, v. 49, p. 4743 – 4747, 2001.

MORISHITA, H.; KIDO, R. International scientific colloquium on coffee, 16, 1995, Kyoto. **Antioxidant Activities of Chlorogenic Acids**. Paris: Asic, 1995. 500 p.

MOURA, S.C.R.; GERMER, S. P. M.; ANJOS, V. D. A.; MORI, E. E. M.; MATTOSO, L. H. C.; FIRMINO, A.; NASCIMENTO, C. J. F. Influência dos parâmetros de torração nas características físicas, químicas e sensoriais do café arábica puro. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.10, n.1, p. 17-25, 2007.

MUSSATO, E. I.; MACHADO, E. M. S.; MARTINS, S.; TEIXEIRA, J. A. Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. **Food Bioprocess Technol.** v. 4, p. 661-672, 2011.

NESTEC S.A., Fritz, M. **Self-Foaming Soluble Beverage Powder**. US n. 6,669,976 B2, 30 Dec.2003.

NESTEC S.A., Wimmers, J. E.; Winters, T. B. **Method for preparing an espresso-type coffee beverage**. US n. 4,830,869, 16 MAY. 1984.

NICOLI, M. C., ANESE, M., MANZOCO, L., LERICI, C. R. Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**.v.30, n.3, p.292-297, 1997.

NISHIJIMA, M; SAES, M. S. Análise Econômica das Barreiras Tarifárias ao Café Solúvel Brasileiro. Universidade de São Paulo.  
Disponível em: < <http://www.sober.org.br/palestra/5/435.pdf>>. Acesso em: 18 Out. 2011.

NOGUEIRA, M., TRUGO L.C. Distribuição de isômeros de ácidos clorogênicos e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, 2003.

NUNES, M. F., COIMBRA, M. A. Influence of polysaccharide composition in foam stability of espresso coffee. **Carbohydrate Polymers**, v.37, p. 283-285, 1998

NUNES, M. F., COIMBRA, M. A. Foamability, foam stability, and chemical Composition of Espresso Coffee As Affected by the Degree of Roast. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.45, n.8, p. 3228-3238, 1997.

NUNES, F. M.; REIS, A.; DOMINGUES, M. R.; COIMBRA, M. A. Characterization of galactomannan derivatives in roasted coffee beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Columbus, v.54, n.9, p. 3428-3439, 2006.

OOSTERVELD, A; HARMSSEN, J. S.; VORAGEN, G. A.; SCHOLS, H. A. Extration and characterization of polysaccharides from green and roasted Coffee Arabica beans. **Carbohydrate Polymers**, v. 52, n.3, p. 285 – 296, 2003.

PETRACCO, M. Physico-chemical and structural characterization of espresso coffee bres. Proceedings of the 13th International Colloquium on the Chemistry of Coffee, Paris, p. 319-330, 1989.

RAMIREZ, J. Compuestos fenólicos em la pulpa de café: cromatografia de papel de pulpa fresca de 12 cultivares de *Coffea arabica* L. **Turrialba**. v. 37, n.4, p. 317-323, oct/dec. 1987.

RELVAS, E.; PINTO, M. da C.; MONTEIRO, C. da R. **Arte e segredos do bom café: café básico**. Brasília: Ed Sebrae./ Rio de Janeiro: ABIC, p.40, 1997.

RIBEIRO, A. R. Panorama setorial: o complexo agroindustrial cafeeiro no Brasil. **Revista Análise**. SP, v. VI, n. 11, p. 23-34, 2005.

ROSA, M. D.; NICOLI, M. C.; LERICI, C. R. Quality characteristics of the espresso coffee in relation to the type of preparation (Italian). **Ind. Aliment.**, v. 9, p. 629-633, 1986.

SÁNCHEZ – GONZÁLEZ, I.; JIMÉNEZ – ESCRIG, A.; SAURA – CALIXTO, F. In vitro antioxidant activity of brewed using different procedures (Italian, espresso and filter). **Food Chemistry**. v.90, n.1-2, p.133-139, 2005.

SCHOLZ, M. B. S.; PRETE, C. E. C.; CRUDI, E.; MAGRI, T. B. Composição química de variedades de café (*Coffea arabica*). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, Brasília. Embrapa Café, p.673–676, 2000.

SHI, X., DALAL, N. S. Antioxidant behavior of caffeine: efficient scavenging of hydroxyl radicals. **Food Chemistry Toxicology**, v. 29, n.1, p.1-6, 1991.

SIVETZ, M.; DESROSIER, N. W. **Coffee Technology**, Westpor, p. 335- 337, 1979.

SPX. **High Yield Coffee Extraction Technology. Food Marketing & Technology**. v. 27, p. 24, 2013.

THALER, H. The chemistry of coffee extraction in relation to polysaccharides. **Food Chemistry**, v. 4, p. 13–22, 1978.

TOCI, A.; FARAH, A.; TRUGO, L.C. Efeito do processo de descafeinação com diclorometano sobre a composição química dos cafés arábica e robusta, antes e após a torração. **Química nova**, v.29, p. 965-971, 2006.

TRUGO, L. C. et al. In CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee: V. 1-Chemistry**. London and New York: Elsevier Applied Science Publishers, 306 p, 1985.

VIANI, R. Coffee. In: **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**, Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft, v. A7, p. 315 – 339, 1986.

VIGNOLI, J.A. **Efeito da matéria-prima e do processamento nos compostos bioativos e na atividade antioxidante do café**. 129f. Tese (Doutorado) – Curso de pós graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2009.

VIGNOLI, J.A.; BASSOLI, D.G.; BENASSI, M.T. Atividade antioxidante de cafés torrado e solúvel: padronização e validação de métodos. **Coffee Science**, v.7, n.1, p.68-75, 2012.

VITORINO, M. D.; FRANÇA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; BORGES, M. L. A. Metodologias de obtenção de extrato de café visando a dosagem de compostos não voláteis. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 3, p. 17-24, 2001.

YU, T.; MACNAUGHTAN, B.; BOYER, M. LINFORTH, R.; DINSDALE, K.; FISK, I. D. Aroma delivery from spray dried coffee containing pressurised internalised gas. **Food Research International**. v. 49, p. 702-709, 2012.

ZAIA, D. A. M.; ZAIA, C. T. B.; LICHTIG, J. Determinação de proteínas totais via espectrofotometria: vantagens e desvantagens dos métodos existentes. **Química Nova**. v. 21, n. 6, p. 787-793, 1998.

ZELLER, B. L.; CERIALLI, S.; WAPPENHAM, G. **Foaming Soluble Coffee Powder Containing Pressurized Gas**. US n. 2006/0040038 A1, 23 Feb.2006.

## ANEXOS

### ANEXO I: NORMA DE QUALIDADE RECOMENDÁVEL E BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO DE CAFÉS TORRADOS EM GRÃO E CAFÉS TORRADOS E MOÍDOS

<b>Ficha Técnica – Torração</b>	<b>Número Disco Agtron</b>	<b>Classificação</b>
Não Recomendável	25	Muito escura
Não Recomendável	35	Escura
Escura	45	Moderadamente escura
Média	55	Média
Média	65	Média Clara
Clara	75	Moderadamente Clara
Não Recomendável	85	Clara
Não Recomendável	95	Muito Clara