



LEONARDO REIS RODRIGUES

**SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO E
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE EXTRATOS
DE FOLHAS DE CAFÉ**

LAVRAS-MG

2011

LEONARDO REIS RODRIGUES

**SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE
EXTRATOS DE FOLHAS DE CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Jefferson Luiz Gomes Corrêa

LAVRAS-MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Rodrigues, Leonardo Reis.

Secagem por atomização e caracterização química de extratos de
folhas de café / Leonardo Reis Rodrigues. – Lavras : UFLA, 2011.
82 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Jefferson Luiz Gomes Corrêa.

Bibliografia.

1. Spray dryer. 2. Microencapsulamento. 3. DCCR. 4. Pó. 5.
Otimização. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.7368

LEONARDO REIS RODRIGUES

**SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE
EXTRATOS DE FOLHAS DE CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 14 de julho de 2011.

Dra. Lanamar de Almeida Carlos UFSJ

Dra. Soraia Vilela Borges UFLA

Dr. Mário Lúcio Vilela Resende UFLA

Dr. Jefferson Luiz Gomes Corrêa
Orientador

LAVRAS - MG

2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado a vida e força para nunca desistir de meus sonhos.

Agradeço de coração a minha esposa por estar sempre ao meu lado, nos momentos bons e ruins, e que durante o curso sempre pude contar com esta pessoa maravilhosa.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao programa de Pós-Graduação do Departamento de Ciência dos Alimentos pela oportunidade e pela contribuição para a conclusão do curso.

Agradeço ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café (INCT-café) pelo apoio financeiro para realização deste projeto.

Agradeço à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço ao meu Orientador Jefferson L. G. Corrêa pela atenção e paciência em orientar-me.

Agradeço ao Prof. Mário Lúcio pela persistência e competência no apoio à realização do projeto.

Agradeço à banca pelas valiosas dicas para melhoria deste trabalho.

Agradeço ao Prof. José Guilherme e seu orientado Evandro pelas valiosas dicas e ajuda na realização das análises estatísticas.

Agradeço a todos os meus amigos e minha família que estiveram presentes durante a realização do curso e estarão pelo resto de minha vida.

RESUMO

O Brasil é atualmente o maior produtor e exportador de café do mundo. O extrato de folha de café tem sido estudado como indutor de resistência em plantas sendo uma nova forma de combate às doenças com bons resultados em diversas cultivares, porém ainda não foi sugerido como chá, apesar de conter diversas substâncias benéficas à saúde humana. O presente trabalho teve como objetivo a obtenção do chá de extrato de folhas de café por secagem por atomização com microencapsulamento do extrato da folha de café, foram comparadas diversas variáveis do processo juntamente com a utilização de maltodextrina como encapsulante na otimização do processo de secagem por atomização através de um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR). As variáveis estudadas foram: temperatura de entrada do ar (180 a 250°C), vazão de entrada do ar (3,5 a 5,5 m³min⁻¹), concentração do produto na solução (2 a 32%) e concentração de maltodextrina DE 10 (0 a 30%). Foram analisadas as respostas: rendimento de secagem, teor de umidade, solubilidade, molhabilidade, teor de fenólicos totais e diâmetro médio das partículas. Além disto, foi feita a comparação dos componentes do chá de folha de café com os do chá verde para as duas principais espécies de café cultivadas no Brasil, café Arábica e café Conilon. Os componentes foram: cafeína, compostos fenólicos totais, ácido clorogênico, pectina, açúcares totais, açúcares redutores e não redutores, encontrados no chá verde. Os resultados com relação ao processo de secagem o rendimento de secagem aumenta com o aumento da temperatura; o teor de umidade diminui com o aumento da concentração de produto ou com a diminuição da temperatura; a solubilidade é maior em concentrações de produto mais altas ou temperaturas mais baixas; o diâmetro médio é maior a maiores concentrações de produto ou a maiores temperaturas do ar; a molhabilidade aumenta com o aumento da temperatura e concentração de produto; o teor de fenólicos é maior a maiores concentrações de maltodextrina e concentração de produto. Com relação à comparação com o chá verde, observou-se que o chá verde contém maiores concentração que as espécies de café somente para cafeína. Para açúcares redutores, não redutores e totais não houve diferença significativa entre Chá Verde e café Conilon. O café Conilon apresentou maiores teores em pectina, ácido clorogênico e compostos fenólicos. Assim, neste trabalho sugere-se a utilização da folha de café como chá, e principalmente chá solúvel que tem se tornado tendência mundial, porém tais estudos são iniciais e comparativos, necessitando ainda de novas pesquisas para assegurar o chá da folha de café como alimento.

Palavras-Chave: Secagem. Extrato da folha de café. Microencapsulamento.

ABSTRACT

Brazil is currently the largest producer and exporter of coffee in the world. The coffee leaf extract has been studied as an inducer of resistance in plants is a new way of fighting disease with good results in several cultivars, but has not been suggested as a tea, although it contains many beneficial substances to human health. This study aimed to obtain the tea leaf extract of coffee by spray drying microencapsulation with the leaf extract of coffee, it was compared several variables of the process with the use of maltodextrin as encapsulant in optimizing the drying process atomization through a Central Composite Rotational Design (DCCR). The variables studied were: inlet air temperature (180 to 250 ° C), inlet air flow (3.5 to 5.5 m³min⁻¹), product concentration in the solution (2-32%) and concentration of maltodextrin DE 10 (00-30%). This work analyzed the answers: income drying, moisture content, solubility, wettability, total phenolic content and diameter of the particles. In addition, the comparison was made of the components of tea leaf coffee with green tea for the two main species of coffee grown in Brazil, Arabica coffee and coffee Conilon. The components were: caffeine, total phenolics, chlorogenic acid, pectin, total sugars, reducing and non reducing sugars, found in green tea. The results with respect to the drying process of drying the yield increases with increasing temperature, the moisture content decreases with increasing concentration of the product or with decreasing temperature, the solubility is greater in product concentrations or higher temperatures lower, the average diameter is greater at higher concentrations of product or to higher air temperatures, the wettability increases with increasing temperature and concentration of product, the phenolic content is greater at higher concentrations of maltodextrin and concentration of product. As to the comparison with green tea, it was observed that green tea contains higher concentration than the species of coffee only to caffeine. For reducing sugars, total non-reducing and there was no significant difference between green tea and coffee Conilon. Coffee Conilon showed higher levels of pectin, phenolic compounds and chlorogenic acid. Thus, this work suggests the use of coffee as tea leaf, and especially soluble tea that has become global trend, but these are initial and comparative studies, and require further research to ensure tea leaf coffee as food.

Keywords: Drying. Extract of coffee leaf. Microencapsulation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Evolução da produção Brasileira de café.....	14
FIGURA 2	Produção mundial de café e principais países produtores...	15
FIGURA 3	Fluxograma de secagem em <i>spray dryer</i>	20
FIGURA 4	<i>Spray dryer</i> : 1- Painel de controle; 2- Bomba peristáltica; 3 - Soprador; 4 - Bico atomizador; 5 -Câmara de secagem; e 6 – Ciclone.....	29
FIGURA 5	Média dos teores de cafeína para Folhas de café Arábia, café Conilon e Chá Verde.....	36
FIGURA 6	Média dos teores de açúcares redutores para Folhas de café Arábia, café Conilon e Chá Verde.....	37
FIGURA 7	Média dos teores de açúcares não redutores para folhas de café Arábia, café Conilon e Chá Verde.....	39
FIGURA 8	Média dos teores de açúcares não redutores para Folhas de café Arábia, café Conilon e Chá Verde.....	41
FIGURA 9	Média dos teores de pectina para Folhas de café Arábia, café Conilon e Chá Verde.....	42
FIGURA 10	Média dos teores de ácido clorogênico para Folhas de café Arábia, café Conilon e Chá Verde.....	44
FIGURA 11	Média dos teores de compostos fenólicos para Folhas de café Arábia, café Conilon e Chá Verde.....	46
FIGURA 12	Distribuição e acumulativo dos diâmetros das partículas em função da fração volumétrica.....	62
FIGURA 13	Mediana da granulometria em função da concentração de produto [P] e teor de maltodextrina (%malto).....	66
FIGURA 14	Mediana da granulometria em função da temperatura do ar (T) e teor de maltodextrina (% malto).....	66
FIGURA 15	Mediana da granulometria em função da vazão de ar (W ar)e teor de maltodextrina (% malto).....	67
FIGURA 16	Mediana da granulometria em função da temperatura do ar e concentração de produto([P]).....	67
FIGURA 17	Mediana da granulometria em função da vazão de ar (W ar) em função da concentração de produto ([P]).....	68
FIGURA 18	Mediana da granulometria em função da vazão de ar (W ar) e temperatura (T).....	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Valores dos níveis das variáveis independentes utilizados no DCCR.....	26
TABELA 2	Matriz experimental utilizada no modelo DCCR.....	27
TABELA 3	Análise de variância para a resposta cafeína.....	36
TABELA 4	Análise de variância para a resposta cafeína.....	38
TABELA 5	Análise de Variância para a resposta açúcares não redutoras...	40
TABELA 6	Análise de variância para a resposta açúcares totais.....	41
TABELA 7	Análise de variância para a resposta pectina.....	43
TABELA 8	Análise de variância para a resposta ácido clorogênico.....	45
TABELA 9	Análise de variância para a resposta compostos fenólicos.....	46
TABELA 10	Matriz utilizada no modelo DCCR com seus respectivos fatores e resultados das respostas.....	48
TABELA 11	Resultados dos efeitos sobre o rendimento a 10% de significância.....	50
TABELA 12	Análise de variância para a resposta rendimento.....	51
TABELA 13	Resultados dos efeitos sobre o teor de umidade a 10% de significância.....	52
TABELA 14	Análise de variância para a resposta umidade.....	53
TABELA 15	Resultados dos efeitos sobre a molhabilidade a 10% de significância.....	55
TABELA 16	Análise de variância para a resposta molhabilidade.....	55
TABELA 17	Resultados dos efeitos sobre a solubilidade a 10% de significância.....	57
TABELA 18	Análise de variância para a resposta solubilidade.....	58
TABELA 19	Resultados dos efeitos sobre o teor de fenólicos a 10% de significância.....	60
TABELA 20	Análise de variância para a resposta teor de fenólicos.....	61
TABELA 21	Resultados dos efeitos sobre a mediana da distribuição do diâmetro das partículas a 10% de significância.....	64
TABELA 22	Análise de variância para a resposta mediana da distribuição de diâmetro.....	65
TABELA 23	Resultados dos efeitos sobre o diâmetro médio das partículas a 10% de significância.....	70
TABELA 24	Análise de variância para a resposta distribuição de diâmetro.....	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	Produção de café no Brasil.....	13
2.2	Chá e folha de café.....	16
2.3	<i>Spray dryer</i>	18
2.4	Microencapsulamento.....	21
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
3.1	Caracterização da matéria-prima.....	23
3.1.1	Açúcares totais, redutores e não redutores.....	23
3.1.2	Pectina total e solúvel.....	24
3.1.3	Compostos fenólicos.....	24
3.1.4	Cafeína.....	25
3.1.5	Ácido clorogênico.....	25
3.2	Planejamento experimental utilizando DCCR.....	26
3.3	<i>Spray dryer</i>	28
3.4	Extração dos compostos solúveis.....	30
3.5	Caracterização do pó.....	31
3.5.1	Rendimento.....	31
3.5.2	Teor de umidade.....	31
3.5.3	Molhabilidade.....	32
3.5.4	Solubilidade.....	32
3.5.5	Diâmetro médio e distribuição de tamanho das partículas.....	33
3.5.6	Teor de compostos fenólicos.....	33
3.6	Chá verde e chá de café.....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
4.1	Comparação entre extrato de folha de café e chá verde.....	35
4.1.1	Teor de cafeína.....	35
4.1.2	Açúcares redutores.....	37
4.1.3	Açúcares não redutores.....	38
4.1.4	Açúcares totais.....	40
4.1.5	Pectina.....	42
4.1.6	Ácido clorogênico.....	43
4.1.7	Compostos fenólicos.....	45
4.2	Caracterização do extrato em pó.....	47
4.2.1	Rendimento.....	49
4.2.2	Teor de umidade.....	51
4.2.3	Molhabilidade.....	53
4.2.4	Solubilidade.....	56
4.2.5	Teor de compostos fenólicos.....	58
4.2.6	Diâmetro das partículas.....	61

4.2.6.1	Mediana.....	62
4.2.6.2	Diâmetro médio das partículas.....	69
5	CONCLUSÃO.....	72
	REFERÊNCIAS.....	74

1 INTRODUÇÃO

Em alguns períodos da década de 1980, o café era a segunda *commodity* mais negociada no mundo por valor monetário, atrás apenas do petróleo. Este dado estatístico ainda é amplamente citado, mas tem sido impreciso por cerca de duas décadas, devido à queda do seu preço durante a crise do produto na década de 90, reduzindo o valor total de suas exportações. Em 2003, o café foi o sétimo produto agrícola de exportação mais importante em termos de valor, atrás de culturas como trigo, milho e soja (MARTINS; AQUINO, 2008).

O consumo mundial de café aumenta a cada ano, na forma de bebida e em outras aplicações na culinária. Sua produção e comercialização empregam cerca de 20 milhões de pessoas em todo o mundo e envolve grandes cifras e disputas pelos mercados atuais e futuros (FERREIRA JÚNIOR; MORAIS, 2007).

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. Sua produção chega a representar mais de 30% de toda a produção mundial. Neste cenário, Minas Gerais representa mais de 50% de toda a produção nacional de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2011). Além disto, o Brasil é também o maior exportador de outros extratos, essências e concentrados de café.

Dada a grande produção de grãos, segue a necessidade de pesquisas focadas no aproveitamento da cadeia produtiva do café, desenvolvimento de novos produtos a partir da matéria-prima e de outras partes de sua planta. Tais pesquisas são bastante escassas.

Alimentos podem ser definidos como substâncias ingeridas em estado natural, semi-industrializada ou industrializada destinadas ao consumo humano. Inclui-se bebidas e quaisquer outras substâncias que se utilizem em sua elaboração, preparação ou tratamento (SALINAS, 2002). Desta forma, todo chá

de qualquer espécie vegetal contida na RDC nº267 de 2005, ou qualquer outra que satisfaça as condições da referida norma, podem ter suas características físicas e químicas estudadas como alimento, pois fazem parte dos hábitos e contribuem para a saúde e bem-estar dos consumidores (BRASIL, 2005b).

O objetivo geral deste trabalho foi a obtenção extrato de folhas de café por secagem por atomização utilizando a maltodextrina como material de parede e avaliação das melhores condições dos parâmetros de processo de encapsulamento em um secador *spray*. Foram feitas análises de rendimento, umidade, solubilidade, molhabilidade, compostos fenólicos e granulometria das partículas. Além disto, foi feita a comparação entre os principais componentes químicos encontrados no chá verde e nas folhas das espécies de café Arábica e Conilon para servirem como sugestão a próximos estudos a utilização da folha de café como chá. A comparação com chá verde foi com relação às concentrações de compostos fenólicos, cafeína, açúcares redutores e não redutores, pectina, ácido clorogênico e compostos fenólicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção de café no Brasil

Segundo a Associação Brasileira de Indústrias de Café - ABIC (2010), historicamente, o Brasil é atualmente o maior produtor e exportador de café do mundo. Este setor já passou por diversas fases, boas e ruins. Como exemplo, pode-se notar que foram industrializadas 8,2 milhões de sacas/ano em 1965 e apenas 6,5 milhões de sacas em 1985.

Segundo a CONAB (2011), a produção nacional de café beneficiado em 2010 foi de 48,09 milhões de sacas de 60 kg, acréscimo de 19,2% com relação à produção de 2009. A estimativa para 2011 é de 43,54 milhões de sacas. O estado de Minas Gerais destaca-se como o estado de maior produção, com 24,9 milhões de sacas.

A Figura 1 representa o consumo de café no Brasil nos últimos anos e a Figura 2 representa o histórico de produção mundial e representação dos principais países produtores na fatia do mercado (CONAB, 2011).

A produção de café é essencial para cerca de 50 países em desenvolvimento, incluindo o Brasil, representando assim uma contribuição importante para o Produto Interno Bruto (PIB) destes países. A produção nestes países representa mais de 30% de toda a produção mundial (Figura 2). Devido ao aumento na demanda pelo café, principalmente nos países de clima mais frio, seu cultivo vem se mostrando sempre crescente.

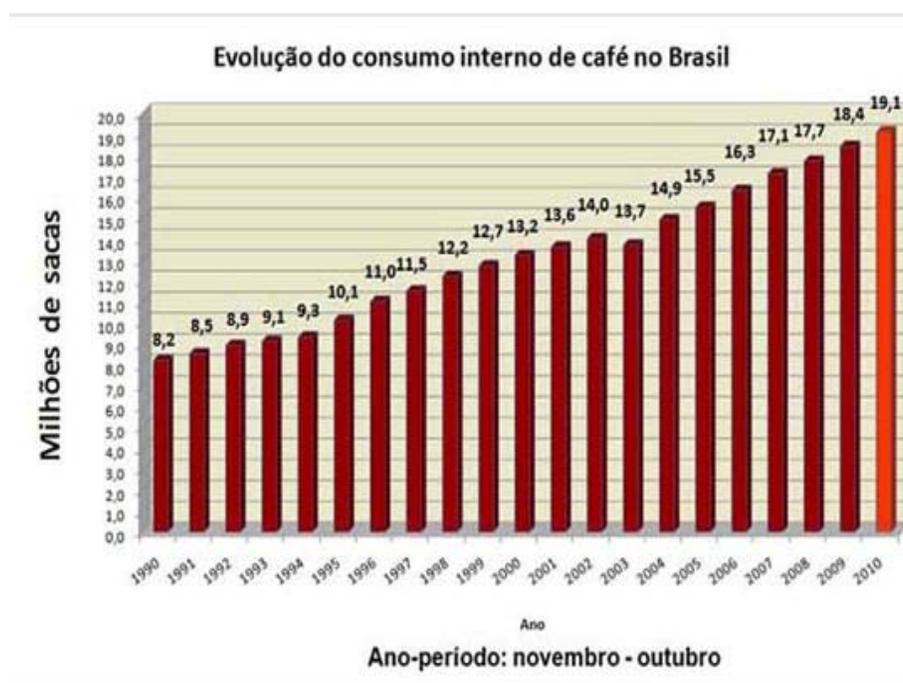


Figura 1 Evolução da produção brasileira de café

Países	2009		2008		2007		2006		2005	
	Produção	Particip. (%)								
Brasil (*)	39.470	32,88	45.992	35,91	36.070	30,21	42.512	32,92	32.944	29,98
Vietnã	18.000	14,99	18.500	14,44	16.467	13,79	19.340	14,98	13.842	12,42
Colômbia	9.000	7,50	8.664	6,76	12.504	10,47	12.541	9,71	12.564	11,27
Indonésia	10.632	8,86	9.350	7,30	7.777	6,51	7.483	5,79	9.159	8,22
Etiópia	4.500	3,75	4.350	3,40	4.906	4,11	4.636	3,59	4.003	3,59
Índia	4.827	4,02	4.371	3,41	4.460	3,74	5.158	3,99	4.396	3,94
México	4.200	3,50	4.651	3,63	4.150	3,48	4.200	3,25	4.225	3,79
Guatemala	3.500	2,92	3.785	2,95	4.100	3,43	3.950	3,06	3.676	3,30
Peru	3.315	2,76	3.872	3,02	3.063	2,57	4.319	3,34	2.489	2,23
Honduras	3.527	2,94	3.450	2,69	3.842	3,22	3.461	2,68	3.204	2,87
Costa do Marfim	1.850	1,54	2.353	1,84	2.598	2,18	2.847	2,20	1.962	1,76
Nicaragua	1.686	1,40	1.615	1,26	1.700	1,42	1.300	1,01	1.718	1,54
El Salvador	1.065	0,89	1.547	1,21	1.621	1,36	1.371	1,06	1.502	1,35
Outros países	14.473	12,06	15.588	12,17	16.139	13,52	16.021	12,41	15.779	14,16
TOTAL	120.045	100,00	128.088	100,00	119.397	100,00	129.139	100,00	111.463	100,00

Países	2004		2003		2002		2001	
	Produção	Particip. (%)						
Brasil (*)	39.272	33,68	28.820	27,44	48.480	39,22	31.300	28,96
Vietnã	14.174	12,16	15.231	14,50	11.555	9,35	13.133	12,15
Colômbia	12.033	10,32	11.197	10,66	11.889	9,62	11.999	11,10
Indonésia	7.536	6,46	6.571	6,26	6.785	5,49	6.833	6,32
Etiópia	4.568	3,92	3.874	3,69	3.693	2,99	3.756	3,47
Índia	4.592	3,94	4.508	4,29	4.588	3,71	4.970	4,60
México	3.867	3,32	4.201	4,00	4.350	3,52	4.200	3,89
Guatemala	3.703	3,18	3.610	3,44	4.070	3,29	3.669	3,39
Peru	3.355	2,88	2.616	2,49	2.900	2,35	2.749	2,54
Honduras	2.575	2,21	2.968	2,83	2.496	2,02		
Costa do Marfim	2.301	1,97	2.689	2,56	3.145	2,54	3.595	3,33
Nicaragua	1.130	0,97	1.547	1,47	1.200	0,97	1.116	1,03
El Salvador	1.437	1,23	1.477	1,41	1.438	1,16	1.667	1,54
Outros países	16.064	13,78	15.739	14,98	17.027	13,77	19.101	17,67
TOTAL	116.607	100,00	105.048	100,00	123.616	100,00	108.088	100,00

Figura 2 Produção mundial de café e principais países produtores

De acordo com Esteves (2006), a planta *Coffea*, da família Rubiaceae, dá origem ao café que conhecemos e inclui mais de 6 mil espécies. Porém, apenas duas espécies são importantes economicamente:

Coffea arábica - que origina o café de sabor suave, aromático, ideal para ser bebido puro, sem nenhum *blend*. É uma planta mais delicada, que se desenvolve em altas altitudes (os melhores cafés são plantados acima de 1000 m) e exige clima ameno (entre 15 e 22 °C). Esta espécie geralmente é plantada entre os trópicos.

Coffea canephora, - variedade robusta que produz o café Conilon. Esta variedade é mais resistente a pragas e aos fatores climáticos (desenvolve-se bem em temperaturas entre 24 e 29 °C). Tem uma raiz mais profunda, de árvores mais altas. Entretanto, não origina um café com a mesma qualidade do Arábica, pois tem o sabor mais adstringente a amargo.

2.2 Chá e folha de café

Diversos produtos de origem vegetal vêm sendo estudados por serem fontes de antioxidantes, podendo ser uma alternativa aos antioxidantes sintéticos. O chá verde tem se destacado um potencial quanto ao seu uso como antioxidante alimentício comparado a outros chás como a erva-mate (SALDANHA, 2005).

Estudos sugerem que o chá tem efeito protetor contra diversos tipos de câncer e doenças cardiovasculares devido à presença de polifenóis denominados catequinas, que são oxidadas enzimaticamente durante o processamento das folhas, gerando uma mistura constituída principalmente de teaflavinas, teasinensinas e tearubiginas (LIMA, 2009).

Camelia sinensis (L) O. Kuntze é uma planta da família Theaceae, conhecida popularmente por chá verde, chá da Índia ou “*green tea*”. Representa

22% de todo o chá consumido no mundo (SCHIMITZ et al., 2005). Suas folhas possuem cerca de 30% compostos polifenólicos, principalmente epicatequinas, cuja principal propriedade terapêutica é a de antioxidante (PRADO et al., 2005). No chá verde, estão presentes, além de compostos fenólicos, outros compostos orgânicos tais como cafeína, aminoácidos e ácido clorogênico.

Os ácidos clorogênicos são importantes antioxidantes presentes em chás e no café. Além disso, produzem derivados com diferentes atividades biológicas e representam a maior fração de polifenóis presentes no café e no chá verde (FERREIRA JÚNIOR; MORAIS, 2007). Os ácidos clorogênicos também são importantes fatores interferentes no processo do chá solúvel e café, pois se degradam e oxidam facilmente durante o processamento, alterando características sensoriais por se polimerizarem e também por formarem diversos compostos como as lactonas. Sendo assim, são as maiores causas de degradação dos polifenólicos presentes na bebida (WANG; HO, 2009). Wang e Ho (2009) relataram que os ácidos clorogênicos são os maiores responsáveis pela degradação dos compostos fenólicos presentes no café devido sua polimerização e lactomização.

Estudos têm demonstrado que o chá verde e seus componentes são eficazes para o tratamento de obesidade além de auxiliarem na prevenção e tratamento de suas comorbidades, e que a mistura de componentes do chá verde e cafeína aumentam a termogênese e a oxidação lipídica promovendo gasto energético (FREITAS; COLLETT, 2009). O chá verde também é evidenciado por Schimitz et al. (2005), como quimoprotetor pela presença de catequinas em sua composição.

Estudos realizados por Santos et al. (2007) mostraram que o extrato de folha de café se mostra com ótimo desempenho à proteção de cafeeiros contra cercosporiose, ferrugem e mancha de foma. Resultados similares foram apresentados por Costa, Zambolim e Rodrigues (2007).

A cafeína é um importante estimulante encontrado em diversas bebidas, sendo as principais e mais consumidas são o café, chá verde e refrigerantes. A principal bebida fonte deste alcaloide estimulante é o grão do café, e apesar de a folha apresentar um teor menor que a do chá verde, ainda pode ser uma alternativa como fornecedora de cafeína em bebida (JAMES, 1991).

Apesar de ser constatado por Chaves et al. (2004), altos teores de cafeína nas folhas de café, em média 10 g/kg, e estudos apresentados por Martins e Aquino (2008) evidenciando altos teores de polifenóis na palha do café, não foram encontrados estudos sugerindo a utilização da folha de café como chá.

2.3 *Spray Dryer*

O processo de secagem por atomização, ou pulverização, também conhecido por *Spray drying* consiste na transformação de um fluxo bombeável (solução, suspensão, pasta ou lama) em produto seco em um único processo de secagem. A vaporização da água acontece a partir da desintegração de uma corrente líquida em pequenas gotas (atomização) que entram em contato com uma quantidade de ar quente suficiente para suprir o calor latente de vaporização (ESTEVES, 2006). A aspersão é feita por um bico atomizador que pode ser rotativo ou por aspersão, em uma câmara, geralmente cônica, com dimensões devidamente calculadas (AZEREDO et al., 2004). Após o produto estar seco, é feita a separação sólido-gás, etapa que representa entre 20 a 25% do custo total da planta de secagem. Usualmente, utiliza-se para esta separação, um ciclone, e em alguns casos, coloca-se um filtro de manga em série ao ciclone. Este filtro serve para aumentar a captação de pó, principalmente de partículas muito finas. Porém, ele eleva significativamente os custos do processo de secagem, além de ter operação trabalhosa (APV DRYER HANDBOOK, 2010).

O processo de secagem por atomização consiste em basicamente quatro etapas:

- a) atomização, que consiste no espalhamento do líquido em milhares de gotículas aumentando assim a superfície de contato total, e ao qual depende do tipo de bico atomizador (rotativo ou por bocal);
- b) contato do líquido com o ar quente em um intervalo de tempo pequeno e suficiente para fornecer calor suficiente para a evaporação;
- c) evaporação da água, que depende do tempo de contato e da temperatura do ar;
- d) coleta do produto microencapsulado que pode ser na base do *spray* e/ou na base do ciclone, em que tal retenção depende do tamanho das partículas e do tamanho do ciclone. Está representado na Figura 3, que corresponde a um fluxograma de secagem no *spray* proposto por Esteves (2006).

Em uma secagem por atomização, a qualidade do pó seco depende muito do tamanho da gota obtida no atomizador e de maneira que o meio gasoso se mistura com as gotas. O atomizador é um dispositivo que provoca a desintegração de líquidos em gotas de tamanhos especificados, que controla a respectiva distribuição de espaço. O tamanho das gotículas está diretamente relacionado ao tempo de secagem e tamanho das partículas secas (MASSON et al., 1985).

A concentração e a desidratação são as etapas seguintes à extração, em que geralmente a concentração é feita por evaporação térmica e a desidratação por atomização. As altas temperaturas durante a extração (175 °C) podem ocasionar a decomposição térmica de compostos do aroma e reações químicas como a degradação de polissacarídeos de elevada massa molecular, o que provoca alterações indesejáveis no aroma e sabor (VARNAM; SUTHERLAND, 1994).

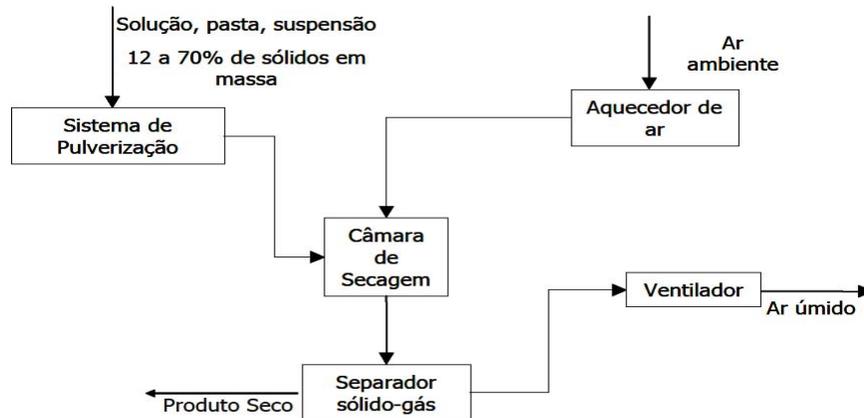


Figura 3 Fluxograma de secagem em *spray dryer*

Diversos produtos têm sido secados em *spray dryer*, com boas características dos produtos e na maioria das vezes menos custo comparado a outros processos de secagem, são exemplos os fármacos, proteína animal, sucos, hidrolizados protéicos, e resíduos agroindustriais como é o caso do resíduo agroindustrial da acerola estudado por Moreira (2007) e antocianinas do bagaço de uva estudados por Valduga et al. (2008).

Tonon, Brabet e Hubinger (2009), secando suco de açaí, observaram que a secagem por *spray dryer* contribuiu para a obtenção de pós com altas solubilidades e molhabilidades.

Apesar de boas características encontradas em pós produzidos por *spray dryer*, o café solúvel produzido pelo processo de liofilização apresenta maior vida de prateleira comparativamente ao do processo *spray drying*, provavelmente por que a umidade final do café solúvel produzido pelo processo *freeze drying* é em torno de 2%, enquanto que a do processo *spray drying* é de 4,5% (ALVES; BORDIN, 1998). Contudo, em termos de custo a liofilização se

caracteriza por ser um processo caro comparado ao *spray dryer* e outros processos convencionais, inviabilizando, de certa forma, a secagem de diversos produtos.

Muitos produtos como aromas e corantes apresentam alta higroscopicidade, e na saída do separador gás-sólido deve-se ter uma atenção especial, como embalar o produto rapidamente, pois o mesmo pode reabsorver umidade alterando suas características físico-químicas e diminuindo a vida de prateleira. Além disso, deve-se tomar cuidado com a temperatura de saída de ar que é o fator de maior impacto na degradação térmica dos compostos termolábeis (APV DRYER HANDBOOK, 2010).

2.4 Microencapsulamento

O microencapsulamento, ou seja, a imobilização de materiais pelo aprisionamento numa matriz sólida ou em cápsulas de tamanho micrométrico vem ganhando destaque ultimamente. Este processo possui muitas vantagens como permitir a proteção do material de diversos fatores como luz, oxigênio, umidade e calor (ONEDA; RÉ, 2003). Em alguns casos, como na indústria de alimentos, a microencapsulação é utilizada para reter aroma e sabor, além de impedir a degradação química e/ou física. Para o microencapsulamento, o *spray drying* é o mais utilizado, já que apresenta inúmeras vantagens, por ser uma técnica mais econômica e bastante flexível, pois o equipamento possui variáveis adaptáveis, podem-se usar diferentes matrizes e propicia partículas de boa qualidade (DESAI; PARK, 2005).

A técnica de *spray drying* com o auxílio de uma mistura de ciclodextrinas e maltodextrinas foi utilizada para encapsular/reter o sabor de *shiitake* (*Lentinus edodes*), um dos cogumelos comestíveis mais populares da culinária asiática, particularmente na China e no Japão.

Estudos realizados por Ascheri, Marquez e Martucci (2003), com microencapsulação de óleo essencial de laranja, constataram maior solubilidade e diâmetros de partículas no produto microencapsulado, o que também foi constatado por Lopez et al. (2009) que microencapsulou azeite de semilha.

Existem vários trabalhos analisando o efeito de diferentes tipos de microencapsulação em diferentes tipos de materiais utilizando spray dryer, como coacervação simples para fármacos (SANTINHO et al., 1999), coacervação complexa em alimentos para peixes (ALVIN, 2005), para sucos, óleos essenciais, pigmentos e proteína animal (ASCHERI; MARQUEZ; MARTUCCI, 2003; TONON; BRABET; HUBINGER, 2009; VALDUGA et al., 2008). Entretanto, dentre os métodos o *spray dryer* é o mais utilizado e indicado para microencapsulação. A maior higroscopicidade se deve ao fato de além do agente microencapsulante proteger a partícula, geralmente também tem maior afinidade com água que a base do produto utilizada (ONEDA; RÉ, 2003).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da matéria-prima

Como matérias-primas foram utilizadas folhas dos dois tipos de espécies de café mais comuns encontrados no Brasil e região de Minas que são: café Arábica e Café Conilon, além de amostras de Chá Verde, adquiridas no comércio de Lavras - MG.

As amostras de folhas das espécies de café, variedade Robusta da espécie Conilon e variedade Mundo Novo da espécie Arábica foram cedidas gentilmente pelo Instituto Nacional de Ciência e tecnologia do Café (INCT-CAFÉ) situado na Universidade Federal de Lavras.

As amostras foram caracterizadas com relação aos principais componentes presentes em chás consumidos no Brasil e no café (TRUGO; MONTEIRO, 2005; WANG; HO, 2009), que são: fenólicos totais, ácido clorogênico, cafeína, pectina, teor de açúcares redutores, não redutores e totais.

3.1.1 Açúcares totais, redutores e não redutores

As determinações de açúcares totais e açúcares redutores foram realizadas pelo método espectrofotométrico descrito por Nelson (1944) e Somogyi (1952), descrito pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1992). A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro Beckman 640B a 510nm, com sistema computadorizado.

3.1.2 Pectina total e solúvel

As pectinas total e solúvel foram extraídas segundo técnica padronizada por McCready e McComb (1952). Para a dosagem, utilizou-se a técnica de Bitter e Muir (1962). A leitura foi realizada em espectrofotômetro Beckman 640B. Os resultados foram expressos em mg de ácido poligalaturônico por 100g de amostra.

3.1.3 Compostos fenólicos

A determinação do teor de compostos fenólicos totais nas amostras foi feita pelo método Folin-Denis, proposto pela AOAC (1995). Esse método baseia-se na redução em meio alcalino de fosfomolibdato-fosfotungstato pelos **fenóis** a molibidênio de coloração azul.

Para a extração de polifenóis, 1g de amostra foi transferida para um erlenmeyer de 250 ml e acrescentado 50 ml de solução metanol a 50%. A mistura foi aquecida a 80 °C e após 15 minutos foram filtradas em papel de filtro. Retirou-se 10 µL dessa solução que foram colocados em tubos de ensaio e foram acrescentadas aos 1,69 ml de água, 100 µL do reagente Folin-Denis com 200 µL de solução saturada de carbonato de sódio (Na₂CO₃) e agitados em agitador do tipo vórtex. As amostras apresentaram uma coloração azul característica da reação. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 760nm, no Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. Para a determinação de polifenóis foi realizada uma curva analítica da solução padrão.

3.1.4 Cafeína

O extrato aquoso da amostra foi tratado com óxido de magnésio e ferrocianeto de zinco para a remoção de trigonelina e outros compostos interferentes. A quantificação da cafeína foi conduzida com base na análise de absorvância no comprimento de onda de 273 nm e utilizando a curva analítica das diluições de padrão de cafeína em água (LI; BERGER; HATLAND, 1990).

3.1.5 Ácido clorogênico

As análises de determinação de ácido clorogênico total foram realizadas no laboratório da fazenda experimental da EPAMIG em Lavras MG, situado junto à Universidade Federal de Lavras. O método foi segundo adaptação por Silva (1999) da técnica de Menezes (1990), onde o teor de ácido clorogênico total foi determinado usando-se o reagente de metaperiodato ou seja, 0,25% de metaperiodato de sódio em água. Amostras de 1ml dos extratos foram misturados com 10 ml de reagente. Após 10 min. à 27 °C, a absorvância foi determinada a 406 nm usando-se um branco preparado da mesma forma com 1ml de isopropanol 70% mais 10 ml de reagente. As leituras foram feitas em um espectrofotômetro Coleman modelo 295 E. O padrão foi preparado usando-se ácido 5-cafeioquímico (5-ACQ) dissolvido em isopropanol 70 % e uma curva padrão feita entre 0 e 2 µmoles de 5-ACQ para verificar qualquer desvio da curva padrão.

3.2 Planejamento experimental utilizando DCCR

O experimento de secagem foi realizado utilizando um delineamento composto central rotacional (DCCR), em esquema fatorial completo com quatro variáveis independentes, com 16 pontos fatoriais, 8 pontos axiais e 4 pontos centrais, totalizando 28 ensaios. Os pontos axiais de cada fator foram determinados da seguinte forma: $Nível = (2^k)^{1/4}$. Número de ensaios = $2^k + 2 * k + 4$ repetições nos pontos centrais, onde k é o número de fatores do experimento, ou seja, 2^4 , mais os 8 ensaios axiais e 4 repetições no ponto central, totalizando 28 ensaios. As variáveis estudadas foram: concentração de maltodextrina DE 10 na matéria seca como agente microencapsulante (% de Malto), concentração de sólidos no extrato da folha (% Prod), temperatura de entrada do ar de secagem (T °C) e vazão de ar de secagem na entrada do *spray dryer* (W_{ar} m³/min). As variáveis respostas foram rendimento, teor de umidade, teor de compostos fenólicos, solubilidade, molhabilidade, diâmetro médio das partículas e mediana do diâmetro. Os níveis estudados de cada variável são representados na Tabela 1 e a matriz do DCCR na tabela 2, de acordo com Rodrigues e Iemma (2005).

Tabela1 Valores dos níveis das variáveis independentes utilizados no DCCR .

Variáveis	Níveis				
	-2	-1	0	1	2
% Malto	0	7,5	15	22,5	30
% Prod	2	9,5	17	24,5	32
T (°C)	180	197,5	215	232,5	250
W_{ar} (m ³ /min)	3,5	4	4,5	5	5,5

Tabela 2 Matriz experimental utilizada no modelo DCCR.

ENSAIOS	% Malto (x_1)	% Prod (x_2)	T (°C) (x_3)	W_{ar} (m^3/min) (x_4)
1	-1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1	-1
3	-1	+1	-1	-1
4	+1	+1	-1	-1
5	-1	-1	+1	-1
6	+1	-1	+1	-1
7	-1	+1	+1	-1
8	+1	+1	+1	-1
9	-1	-1	-1	+1
10	+1	-1	-1	+1
11	-1	+1	-1	+1
12	+1	+1	-1	+1
13	-1	-1	+1	+1
14	+1	-1	+1	+1
15	-1	+1	+1	+1
16	+1	+1	+1	+1
17	-2	0	0	0
18	+2	0	0	0
19	0	-2	0	0
20	0	+2	0	0
21	0	0	-2	0
22	0	0	+2	0
23	0	0	0	-2
24	0	0	0	+2
25	0	0	0	0
26	0	0	0	0
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0

Onde X_1 = % de maltodextrina; X_2 = Concentração de produto na solução (%); X_3 = Temperatura do ar de entrada (°C); X_4 = Vazão do ar de secagem (m^3min^{-1}); Y_1 = Rendimento de secagem(%); Y_2 = teor de umidade(%); Y_3 = Teor de fenólicos (%); Y_4 = Solubilidade (%); Y_5 = Molhabilidade (s); Y_6 = Granulometria média (μm); Y_7 = mediana

da distribuição de granulometria das partículas (μm). Os valores de seus respectivos níveis e pontos axiais foram estabelecidos na Tabela 2.

Para análise dos resultados, foi utilizado o programa Statistica 8.0 (STAT-SOFT, 2008).

Os efeitos das variáveis foram considerados estatisticamente significativos quando $p < 0,1$. Tentou-se ajustar regressão polinomial aos dados experimentais, mostrada na equação 1. O ajuste da equação foi analisado de acordo com o valor de coeficiente de determinação R^2 e do valor de F_{calc} da regressão.

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_4x_4 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + \beta_{33}x_3^2 + \beta_{44}x_4^2 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{14}x_1x_4 + \beta_{23}x_2x_3 + \beta_{24}x_2x_4 + \beta_{34}x_3x_4 \quad (1)$$

3.3 *Spray Dryer*

No experimento de secagem do extrato de folhas de café, foi utilizado um *Spray Dryer* da marca Labmaq do Brasil LTDA., modelo SD 5.0 composto por câmara cilíndrica com 105 cm de altura, 80 cm de diâmetro e altura total de 2,4 m. A atomização é feita por bico de aspersão e suas condições de operação podem ser: vazão de ar de secagem (0 a $5,5 \text{ m}^3\text{min}^{-1}$), temperatura de entrada de ar (0 a 250°C), vazão máxima da bomba peristáltica de 5 L/h e vazão de ar comprimido entre 0 e 100 L/min^1 . A separação de sólidos é feita por um ciclone tipo Laple de 20 cm de diâmetro.

Este equipamento (Figura 4) está instalado na Incubadora de empresas da Universidade Federal de Lavras INCT – Café. O LM SD 5.0. Possui um sistema de nebulização baseado em um bico duplo fluido com 2 mm de diâmetro, também chamado de pneumático.

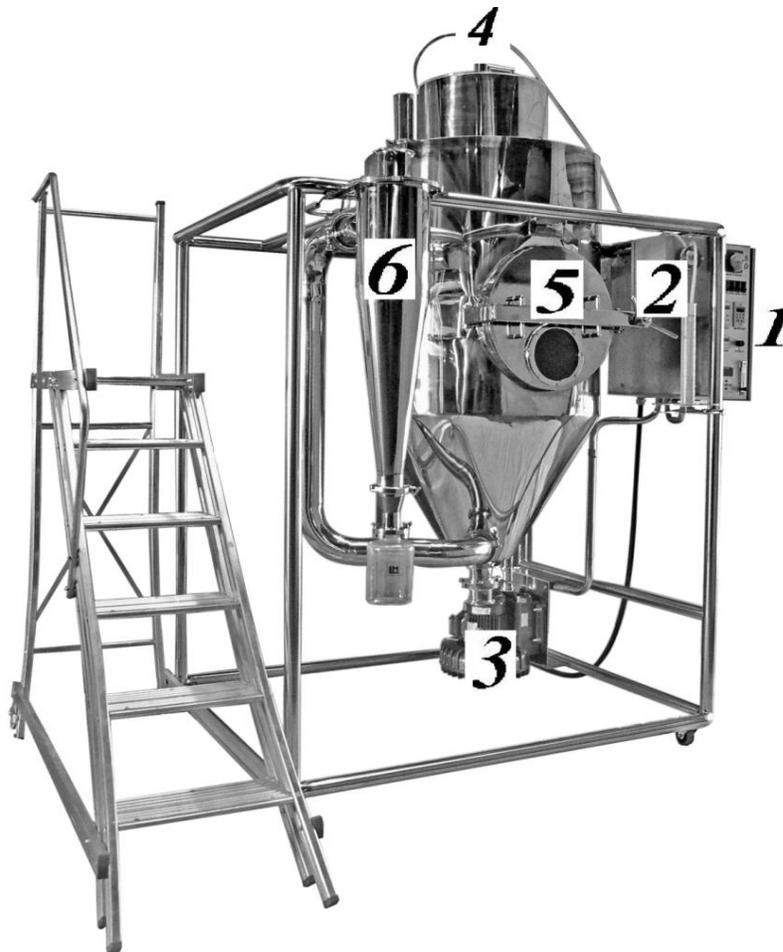


Figura 4 *Spray dryer*: 1- Painel de controle; 2- Bomba peristáltica; 3 - Soprador; 4 - Bico atomizador; 5 -Câmara de secagem; e 6 – Ciclone

Neste equipamento, o ar é alimentado por um soprador tipo centrífugo, de média pressão e vazão, as quais podem ser controladas.

O sistema de aquecimento do ar é feito através de resistências elétricas e dotado de um controle automático de temperatura tipo PID ajustável para as condições do processo. O aparelho dispõe de um indicador digital de

temperatura de saída do ar. A alimentação do extrato foi feita através de uma bomba peristáltica digital, também chamada de bomba volumétrica associada ao controle digital do microprocessador.

3.4 Extração dos compostos solúveis

Foram utilizadas amostras de folha de café Arábica cultivar Mundo Novo, da região de Lavras cedidas gentilmente pelo INCT-café/Ufla. Os compostos solúveis foram extraídos a uma pressão de 1,2 atm e a temperatura de 120 °C por um período de 15 min com o volume de solvente 10 vezes maior que a massa de folha. O equipamento utilizado foi projetado especialmente para esta finalidade, feito em Inox com capacidade de 300 L e pressão manométrica de trabalho de até 1,8atm, com agitação feito por pás com rotação de 20 rpm. Posteriormente filtrada por centrífuga a 2000 rpm, marca Consul com capacidade de 10 L, a borra foi descartada e a solução com os sólidos solúveis foi levada para a concentração em um evaporador a vácuo projetado pelo INCT-café especialmente para esta finalidade, encamisado e utilizando o vapor como fonte de aquecimento, agitação com eixo central e rotação de 40 rpm, vácuo de trabalho entre 600-650 (± 20) mm de Hg, com capacidade para 150 L, à temperatura de 50 (± 2) °C, até se atingir a concentração desejada para os experimentos. Após a concentração o produto foi resfriado à temperatura de 1 a 5°C até a preparação para a secagem.

Para a secagem o produto foi retirado da câmara de refrigeração, aquecido até atingir temperatura de 40 °C. Posteriormente agitado em agitador mecânico marca Fisatom, modelo 711, n° de série 1034377, com rotação em seu nível 4, por 15 min., onde em ensaios necessários também adicionou-se a maltodextrina para solubilização.

3.5 Caracterização do pó

Após ser seco, o material foi caracterizado segundo seu rendimento, teor de umidade, molhabilidade, solubilidade, diâmetro médio das partículas e teor de compostos fenólicos.

3.5.1 Rendimento

O rendimento para cada tratamento experimental foi calculado utilizando a equação 2, como reportada por Vasconcelos et al. (2005).

$$\eta = \frac{M_p}{M_s} * 100 \quad (2)$$

η = rendimento (%) M_p = Massa de pó coletado

M_s = Massa de produto na alimentação sem solvente (base seca)

3.5.2 Teor de umidade

A determinação do teor de umidade foi feita por método gravimétrico, à temperatura de 105 °C, até peso constante conforme Brasil (2005a). A determinação do teor de água em base úmida foi calculada de acordo com a Equação 3.

$$X_{w>bu} = \frac{M_A}{M_T} * 100 \quad (3)$$

em que: $X_{w, bu}$ é o teor de umidade em grama/100g de amostra em base úmida;

M_A é a massa de água contida no produto

M_T é a massa total da amostra

3.5.3 Molhabilidade

A instantaneização e melhoria da molhabilidade do produto são fatores muito importantes na obtenção de um produto em pó ou para produtos microencapsulados, em que a técnica de secagem vem a ser um meio para obtenção destas características. Trata-se de um ensaio simples que fornece um parâmetro de tempo necessário para que o produto em pó seja absorvido pelo líquido. Esta propriedade foi medida adaptando-se metodologia proposta por Lannes e Medeiros (2003). O método consistiu na queda de 1,0 g de amostra sobre 200 mL de água destilada a 25 °C, em béquer de 250 mL, sem agitação e medição do tempo necessário para que todas as partículas se molhassem sendo determinado visualmente.

3.5.4 Solubilidade

O método descrito por Cano-Chauca et al. (2005) consiste na transferência de 100 mL de água destilada para um béquer e colocados para agitação a 2500 rpm, em um homogeneizador Ultraturrax. Adiciona-se 1 g do pó cuidadosamente com a agitação mantida por 5 min. Da solução, transferida para um tubo e centrifugada a 2600 rpm por 5 min, retira-se uma alíquota (25 mL) do sobrenadante, transferida para uma placa de Petri previamente pesada e submetida a secagem por 5 h a 105 °C. Por diferença de peso, o peso final de pó na placa é determinado e calcula-se o percentual de solubilidade.

3.5.5 Diâmetro médio e distribuição de tamanho das partículas

As análises de diâmetro médio e distribuição de tamanho das partículas foram realizadas no Instituto de Mecânica da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Os diâmetros médios das microcápsulas foram determinados por espalhamento de luz, utilizando *laser* de alta potência em um equipamento Mastersizer 2000, Marca Malvern Instruments, modelo Hydro 2000 MU. A dispersão das partículas foi feita na unidade de dispersão do equipamento, utilizando 600 mL de etanol 92,8% como meio dispersante. O tempo de agitação da solução foi de 10 minutos, e foram feitas 5 medidas com intervalo de 10 segundos de cada amostra. Os dados foram analisados através da teoria de Fraunhofer, ao qual o índice de refração da partícula foi desconsiderado, e o modelo de análise foi de partícula esférica.

3.5.6 Teor de compostos fenólicos

Foram seguidos os mesmos procedimentos descritos no item 3.1.5 para a caracterização do extrato da folha de café em pó.

3.6 Chá verde e chá de café

Foram utilizadas folhas secas por tambor rotativo de três tratamentos, sendo eles: Café Arábica (*C. arábica*) variedade Mundo Novo, Café Robusta (*C. Canephora*) variedade Conilon e Chá Verde (*Thea sinensis* –Rich.)

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 repetições e parcela experimental composta por 500g de folhas secas. Todas as análises foram realizadas em triplicata no Laboratório de Pós-

Colheita do DCA-UFLA, e laboratório da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) instalados na Universidade Federal de Lavras. Os fatores avaliados foram: folha de café Arábia, folha de café Conilon e folha de Chá verde. As respostas foram os resultados de teor de Cafeína (%), Açúcares Redutores (%), Açúcares não redutores (%), Açúcares totais (%), Pectina (mg/100g), Ácido Clorogênico (%) e Compostos Fenólicos (%).

A análise estatística foi realizada utilizando como *software* o SISVAR 5.1 Build 72, e quando as medidas significativas pelo teste f, com $p < 0,05$ de significância, foram comparadas utilizando-se o teste Tukey.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comparação entre extrato de folha de café e chá verde

Foi feita a comparação simultânea entre as respostas da folha de café Arábica, café Conilon e Chá verde. A seguir serão discutidos os resultados de cada variável dependente.

4.1.1 Teor de cafeína

O teor de cafeína das folhas das duas espécies de café não variaram significativamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância, concordando com Chaves et al. (2004) e Fernandes et al. (2009), sendo $0,8189\% \pm 0,0991$ e $0,8411\% \pm 0,06736$ para o café Arábica e o Conilon respectivamente. No entanto, o teor de cafeína para o chá verde apresentou-se significativamente maior que as duas espécies de café, com média de $1,0320 (\pm 0,0882)$ (Figura 5). Suas médias estão expressas em %.

Analisando-se a Tabela 3, para a resposta cafeína, verifica-se que o F_{cal} (16,71) é maior que o F_{tab} (3,4), $p < 0,05$, além do Coeficiente de variação para as médias apresentar-se baixo (9,58%). Pode-se concluir que a análise das médias foi significativa e com baixa variação entre as amostras.

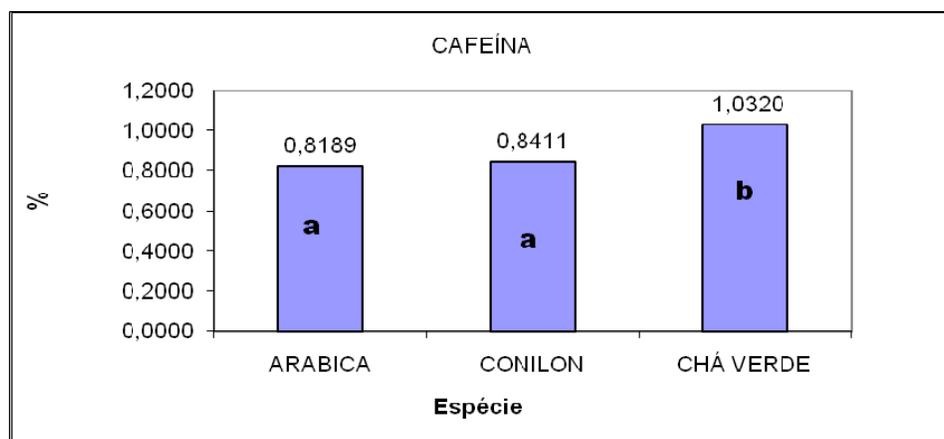


Figura 5 Média dos teores de cafeína para Folhas de café Arábia, café Conilon e Chá Verde

Médias com mesmas letras minúsculas não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste Tukey.

Tabela 3 Análise de variância para a resposta cafeína.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	0,2469	0,1234	16,710	0,0000
erro	24	0,1773	0,0073		
Total corrigido	26	0,4243			

CV (%) = 9,58

Média geral: 0,8973 Número de observações: 27

$F_{2;24;0,05} = 3,40$

4.1.2 Açúcares redutores

O teor de açúcares redutores no café Arábica apresentou-se menor que do café Conilon e o Chá Verde, sendo sua média $0,0940 \pm 0,0080\%$, porém não houve diferença significativa entre o café Conilon e Chá Verde ao nível de 5% de significância no teste Tukey, com suas médias $1,7078 \pm 0,1293$ e $1,8363 \pm 0,2490$ respectivamente (Figura 6). Os açúcares redutores representam uma fração de carboidratos de baixo peso molecular que auxiliam na palatabilidade do chá dando-o mais doçura. Não foram encontrados estudos com relação ao teor de açúcares redutores nas folhas de café e chá verde na literatura, porém existem trabalhos que avaliaram este carboidrato nos grãos de café.

Pimenta e Vilela (2000) encontraram valores entre 0,57 e 0,81% de açúcares redutores nos grãos crus do café Arábica, o que condiz com Malta, Nogueira e Guimarães (2003).

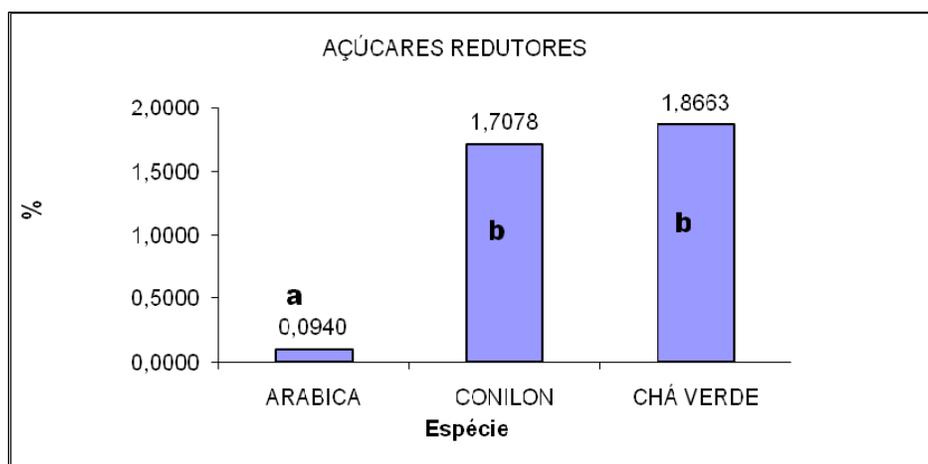


Figura 6 Média dos teores de açúcares redutores para Folhas de café Arábica, café Conilon e Chá Verde

Médias com mesmas letras minúsculas não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste Tukey.

Analisando-se a Tabela 4, para a resposta açúcares redutores, verifica-se que o F_{cal} (329,411) é maior que o F_{tab} (3,4), $p < 0,05$, além do Coeficiente de variação para as médias apresentar-se baixo (13,26%). Pode-se concluir que a análise das médias foi significativa e com baixa variação entre as amostras.

Tabela 4 Análise de variância para a resposta cafeína.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	17,3126	8,6563	329,411	0,0000
erro	24	0,6306	0,0262		
Total corrigido	26	17,9432			
CV (%) =	13,26				
Média geral:	1,2226	Número de observações:	27		
$F_{2;24;0,05} = 3,40$					

4.1.3 Açúcares não redutores

O teor de açúcares redutores expresso em % para o café Arábica apresentou média inferior à de café Conilon e Chá verde, ou seja, $0,0402 \pm 0,0259$. Por sua vez o café Conilon e Chá verde não apresentaram diferenças em suas médias ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey (Figura 7), com médias de $0,4836 \pm 0,2757$ e $0,5179 \pm 0,2751$ respectivamente.

Os açúcares não redutores são representados pelo teor de sacarose presente no material, que também tem função adoçante na bebida, pois é praticamente extraído em sua totalidade durante a produção do chá.

Não foram encontrados em literatura estudos de açúcares redutores em folhas de café e chá verde.

Pimenta e Vilela (2000) encontraram valores entre 4,39 e 6,74% de açúcares redutores nos grãos crus de café Arábica.

Analisando-se a Tabela 5 para a resposta açúcares não redutores, verifica-se que o F_{cal} (12,572) é maior que o F_{tab} (3,4), e $p < 0,05$. Apesar do Coeficiente de variação para as médias apresentar-se alto (64,92%), pode-se concluir que a análise das médias foi significativa.

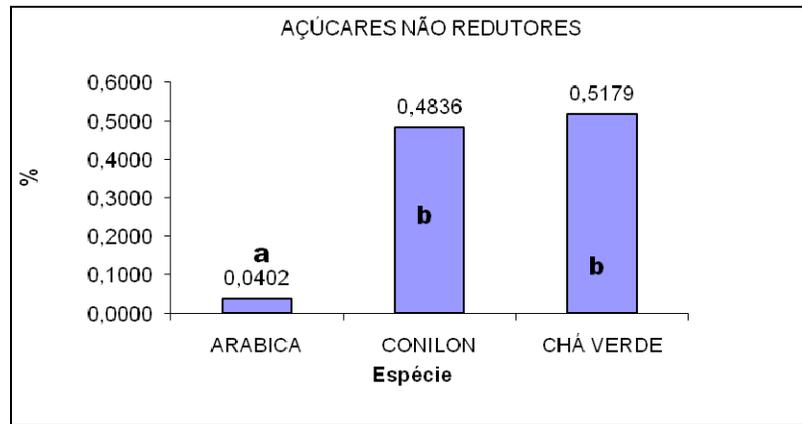


Figura 7 Média dos teores de açúcares não redutores para Folhas de café Arábica, café Conilon e Chá Verde

Médias com mesmas letras minúsculas não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste Tukey.

Tabela 5 Análise de variância para a resposta açúcares não redutores.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	1,277666	0,638833	12,572	0,0002
erro	24	1,219509	0,050813		
Total corrigido	26	2,497175			
CV (%) =	64,92				
Média geral:	0,3472222	Número de observações:	27		
$F_{2;24;0,05} = 3,40$					

4.1.4 Açúcares totais

Os teores de açúcares totais foram expressos em %, onde o café Arábica apresentou sua média inferior ao café Conilon e do Chá Verde, ou seja $0,1342 \pm 0,0252$. Porém não houve diferença entre o café Conilon e o chá Verde ao nível de 5% de significância. Suas médias foram $2,1913 \pm 0,2945$ e $2,3842 \pm 0,0728$ respectivamente (Figura 8).

Pimenta e Vilela (2000) encontraram valores entre 5,22 e 7,91% de açúcares totais nos grãos crus do café Arábica, o que condiz com Malta, Nogueira e Guimarães (2003) que encontrou valores entre 5,71 e 6,78%.

Os açúcares totais são carboidratos de baixo peso molecular que além de caracterizar o sabor doce no produto também interferem no processo de extração e características do produto final, pois em contato com aminoácidos em meio básico e a altas temperaturas ocorre o escurecimento, pela reação de Maillard e/ou simplesmente em contato com altas temperaturas ocorre a hidrólise ácida destes açúcares formando compostos furfurais e melanoidinas caracterizados pela coloração escura (FENNEMA, 1993).

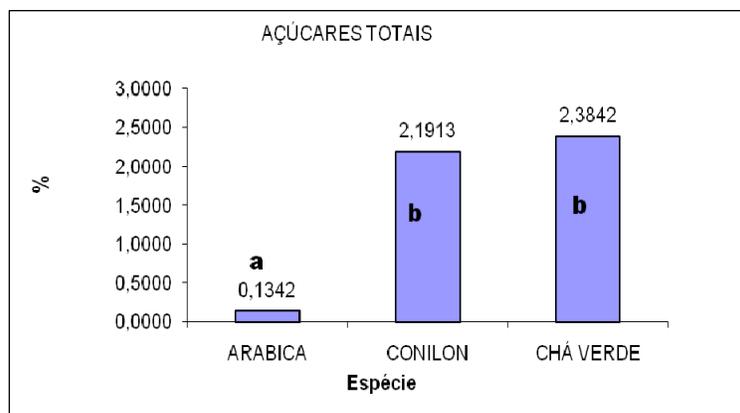


Figura 8 Média dos teores de açúcares não redutores para Folhas de café Arábica, café Conilon e Chá Verde

Médias com mesmas letras minúsculas não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste Tukey.

Analisando-se a Tabela 6 para a resposta açúcares totais, verifica-se que o F_{cal} (452,938) é maior que o F_{tab} (3,4), e $p < 0,05$, além do coeficiente de variação para as médias apresentar-se baixo (11,20%). Pode-se concluir que a análise das médias foi significativa e com baixa variação entre as amostras.

Tabela 6 Análise de variância para a resposta açúcares totais.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	27995347	13,997673	452,938	0,0000
Erro	24	0,741700			
Total corrigido	26	28,737047			
CV (%) =	11,20				
Média geral:	1,5699111	Número de observações: 27			

$F_{2;24;0,05} = 3,40$

4.1.5 Pectina

O teor de Pectina do café arábica apresentou-se menor que do café Conilon e Chá Verde, sendo sua média $721 \pm 14,97$. O Chá Verde apresentou média inferior à do café Conilon, sendo $777 \pm 36,73$ e $1593 \pm 68,88$ respectivamente, ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey. Seus resultados foram expressos em mg/100g (Figura 9).

As pectinas são polissacarídeos, de elevado peso molecular formados por unidades de ácido D-galacturônico. Elas têm grande capacidade de retenção de água e boa parte é insolúvel o que pode prejudicar no processo de extração de solúveis dos materiais (FENNEMA, 1993).

Não foram encontrados estudos de pectina em folha de café nem de Chá Verde. O teor médio de pectina total para o grão cru de café Arábica foi constatado por Pimenta e Vilela (2000). Os autores observaram valores médios de 1,92%.

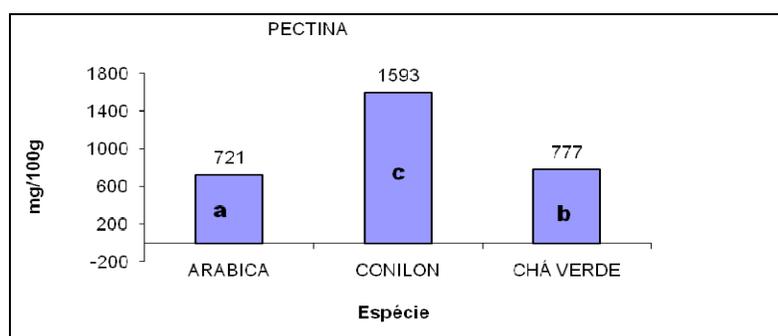


Figura 9 Média dos teores de pectina para Folhas de café Arábica, café Conilon e Chá Verde

Médias com as mesmas letras minúsculas não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste Tukey.

Analisando-se a Tabela 7 para a resposta cafeína, verifica-se que o F_{cal} (1018,15) é maior que o F_{tab} (3,4), $p < 0,05$, além do coeficiente de variação para as médias apresentar-se baixo (4,45%). Pode-se concluir que a análise das médias foi significativa e com baixa variação entre as amostras.

Tabela 7 análise de variância para a resposta pectina.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	4289119,04	2144559,52	1018,15	0,0000
Erro	24	50551,66	2106,31		
Total corrigido	26	4339670,70			
CV (%) =	4,45				
Média geral:	1030,35	Número de observações: 27			

$$F_{2;24;0,05} = 3,40$$

4.1.6 Ácido clorogênico

Todas as amostras apresentaram diferenças entre suas médias ao nível de 5% de significância para o teor de ácido clorogênico, expressos em %. Dentre elas, o café Conilon apresentou a maior média, $2,17 \pm 0,17$, seguido do Chá Verde com $1,67 \pm 0,03$. Por último o café Arábica apresentou média de $1,109 \pm 0,02$ (Figura 10).

Em estudos realizados por Fernandes et al. (2009), foram observados teores de ácido clorogênico nas folhas de café Arábica em média de 0,82% o que condiz com valores próximos ao observado neste trabalho.

Para grãos de café Arábica torrados foram estudados por Fernandes et al. (2009) e observados valores de ácido clorogênico entre 4,13 e 5%. Desta forma

pode-se prever que a folha contém ácido clorogênico em uma quantidade bastante inferior a de seus respectivos grãos.

Não foram encontrados trabalhos sobre teor de ácido clorogênico em folhas de café Conilon e Chá Verde.

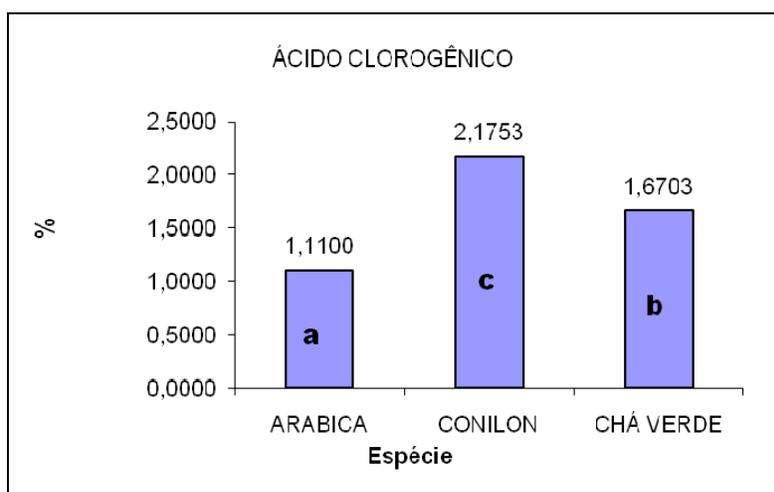


Figura 10 Média dos teores de ácido clorogênico para folhas de café Arábica, café Conilon e Chá Verde

Médias com mesmas letras minúsculas não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste Tukey.

Analisando-se a Tabela 8 para a resposta ácido clorogênico, verifica-se que o F_{cal} (244,743) é maior que o F_{tab} (3,4), $p < 0,05$, além do Coeficiente de variação para as médias apresentar-se baixo (6,19%). Pode-se concluir que a análise das médias foi significativa e com baixa variação entre as amostras.

Tabela 8 Análise de variância para a resposta ácido clorogênico.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	51,1188	25,5594	244,743	0.0000
erro	24	2,5064	0,1044		
Total corrigido	26	53,625			
CV (%) =	6,19				
Média geral:	1,6518	Número de observações:	27		
$F_{2;24;0,05} = 3,40$					

4.1.7 Compostos fenólicos

Dentre as amostras analisadas todas as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância com os resultados expressos em %. O café Conilon apresentou o maior teor de compostos fenólicos com média de $13,1907 \pm 0,2237$ e o Chá verde maior que o café Arábica com médias $5,8184 \pm 0,3981$ e $3,2444 \pm 0,2021$ respectivamente (Figura 11).

Os compostos fenólicos estão presentes em abundância nos chás e café, suas propriedades ressaltam grande importância no sabor da bebida e em benefícios para a saúde como agentes antioxidantes (WANG; HO, 2009).

Estudos realizados por Prado et al. (2005), obtidos à partir de *Carmellia sinensis*, observaram teores de compostos fenólicos nas folhas do chá verde próximos aos encontrados neste trabalho. No chá verde os compostos fenólicos representam a maior fração de sólidos solúveis em água, chegando entre 30 – 42% (WANG; HO, 2009).

Para grãos de café Arábica torrado Fernandes et al. (2009) observaram valores de fenólicos entre 5,4 e 6,55%, concordando com valores para o café Conilon estudados por Ferreira Júnior e Morais (2007). Tais valores são representativamente maiores que para as folhas encontradas neste trabalho.

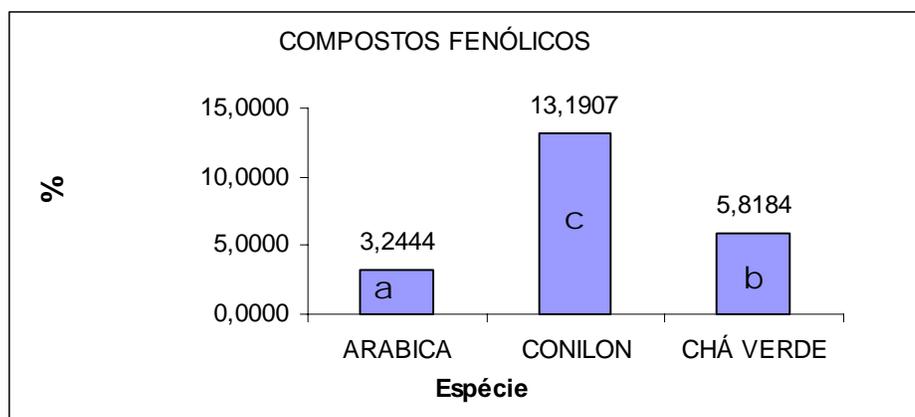


Figura 11 Média dos teores de compostos fenólicos para Folhas de café Arábica, café Conilon e Chá Verde

Médias com mesmas letras minúsculas não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste Tukey.

Analisando-se a Tabela 9 para a resposta fenólicos, verifica-se que o F_{cal} (2884,93) é maior que o F_{tab} (3,4), $p < 0,05$, além do Coeficiente de variação para as médias apresentar-se baixo (3,89%). Pode-se concluir que a análise das médias foi significativa e com baixa variação entre as amostras.

Tabela 9 Análise de variância para a resposta compostos fenólicos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	479,7187	239,8593	2884,93	0,0000
erro	24	1,9954	0,0831		
Total corrigido	26	481,7141			

CV (%) = 3,89

Média geral: 7,4178 Número de observações: 27

$F_{2;24;0,05} = 3,40$

4.2 Caracterização do extrato em pó

Os resultados para as variáveis estudadas estão representados na tabela 10. Onde X_1 = % de maltodextrina; X_2 = concentração de produto na solução (%); X_3 = temperatura do ar de entrada ($^{\circ}\text{C}$); X_4 = vazão do ar de secagem ($\text{m}^3\text{min}^{-1}$); Y_1 = rendimento de secagem (%); Y_2 = teor de umidade (%); Y_3 = teor de fenólicos (%); Y_4 = solubilidade (%); Y_5 = molhabilidade (s); Y_6 = granulometria média (μm); Y_7 = mediana da distribuição de granulometria das partículas (μm). Os valores de seus respectivos níveis e pontos axiais foram estabelecidos na Tabela 2.

Pela análise estatística, foram considerados significativos os parâmetros com p valores menores que 10% ($p < 0,10$).

Tabela 10 Matriz utilizada no modelo DCCR com seus respectivos fatores e resultados das respostas.

Ensaio	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇
1	-1	-1	-1	-1	50,12	4,81	13,52	95,02	1378	12,92	15,42
2	1	-1	-1	-1	48,57	5,29	6,28	94,2	1005	12,28	14,66
3	-1	1	-1	-1	44,20	2,26	10,46	98,06	1941	14,94	21,49
4	1	1	-1	-1	37,90	2,34	10,67	95,96	2374	22,25	27,80
5	-1	-1	1	-1	47,73	3,42	6,46	94,36	2403	18,16	18,16
6	1	-1	1	-1	43,50	3,78	7,01	93,9	2665	13,34	16,13
7	-1	1	1	-1	57,27	2,53	9,40	95,24	2478	23,37	28,70
8	1	1	1	-1	57,73	0,60	9,21	97,18	3509	23,08	28,23
9	-1	-1	-1	1	67,62	4,03	8,19	94,16	1550	11,24	13,85
10	1	-1	-1	1	57,90	3,87	6,30	87,96	1550	12,73	15,83
11	-1	1	-1	1	49,73	1,95	9,75	96,8	2771	18,14	23,27
12	1	1	-1	1	48,91	2,60	8,08	97,22	1130	17,91	22,76
13	-1	-1	1	1	54,41	2,71	8,09	93,14	375	13,73	16,73
14	1	-1	1	1	65,87	1,04	7,76	96,74	1943	14,06	18,57
15	-1	1	1	1	36,63	2,31	11,10	98	5230	22,93	28,88
16	1	1	1	1	44,99	2,18	10,20	94,5	3290	24,79	31,59
17	-2	0	0	0	49,10	2,11	7,86	94,6	1268	15,44	17,97
18	2	0	0	0	50,14	1,18	7,68	96,02	2416	16,34	19,05
19	0	-2	0	0	31,73	8,15	9,15	90,3	1835	15,86	24,57
20	0	2	0	0	40,92	1,58	10,53	97,06	3470	23,05	28,80
21	0	0	-2	0	40,82	4,66	8,89	92,84	1823	14,30	17,32
22	0	0	2	0	49,37	11,08	7,88	86,5	1542	46,87	60,32
23	0	0	0	-2	35,93	4,44	9,03	94,2	2103	17,79	20,81
24	0	0	0	2	50,33	2,26	9,81	96,56	2179	18,91	24,68
25	0	0	0	0	49,00	2,85	8,97	96,48	2008	20,13	25,58
26	0	0	0	0	46,52	2,16	8,41	96,66	2762	17,35	23,21
27	0	0	0	0	47,27	2,96	10,52	93,48	3010	17,37	20,54
28	0	0	0	0	45,75	2,72	11,14	95,1	1761	18,76	24,73

Onde X₁= % de maltodextrina; X₂ = Concentração de produto na solução (%); X₃= Temperatura do ar de entrada (°C); X₄= Vazão do ar de secagem(m³min⁻¹); Y₁ = Rendimento de secagem (%); Y₂=teor de umidade (%); Y₃= Teor de fenólicos (%); Y₄= Solubilidade (%); Y₅ = Molhabilidade (s); Y₆= Granulometria média (µm); Y₇= mediana da distribuição de granulometria das partículas (µm). Os valores de seus respectivos níveis e pontos axiais foram estabelecidos na Tabela 2.

4.2.1 Rendimento

Através da análise dos resultados da tabela 10 pode-se verificar que o rendimento variou de 31,73 a 67,62% . Os ensaios 9 e 14 apresentaram melhor resultado com relação ao rendimento de secagem, 67,62 e 65,87% respectivamente. Ambos apresentam como vantagem a utilização de baixa temperatura de trabalho (197,5°C), no entanto o ensaio 9 apresenta também outra vantagem que é a utilização de baixo teor de maltodextrina na solução (7,5%), o que representa menores custos de produção do pó.

A Tabela 11 representa os efeitos das variáveis estudadas no rendimento de secagem. Os termos lineares do modelo matemático estão associados à letra L e os termos quadráticos à letra Q. Observa-se que o termo linear da vazão de ar e sua interação com a concentração de produto foram significativos. Com relação à dependência linear do rendimento com a vazão do ar, considera-se que o aumento da vazão do ar aumenta a relação ar/partícula a ser seca, e com isso há mais ar para secar a mesma quantidade de extrato de folha de café, ou seja, maior a força motriz de secagem representada pelo ar aquecido. A interação vazão de ar concentração com efeito negativo mostra que apesar da vazão de ar ter efeito positivo sobre o rendimento de secagem, a associação com o aumento de concentração de extrato se refere a maior quantidade de material a ser seco.

Tabela 11 Resultados dos efeitos sobre o rendimento a 10% de significância.

Fator	Efeito	Erro Padrão	t(13)	p	-90,00%	90,00%
Média	47,135	3,795301	12,41931	0	40,4138	53,85622
(1)% malto(L)	-0,02167	3,09885	-0,00699	0,994528	-5,5095	5,46619
% malto(Q)	3,6675	3,09885	1,1835	0,2578	-1,8204	9,15536
(2)[P](L)	-3,33167	3,09885	-1,07513	0,301866	-8,8195	2,15619
[P](Q)	-2,98	3,09885	-0,96165	0,353774	-8,4679	2,50786
(3)T (L)	1,69	3,09885	0,54536	0,594737	-3,7979	7,17786
T (Q)	1,405	3,09885	0,45339	0,657741	-4,0829	6,89286
(4)W ar(L)*	5,65333	3,09885	1,82433	0,091163	0,1655	11,14119
W ar(Q)	0,4225	3,09885	0,13634	0,893641	-5,0654	5,91036
1L x 2L	0,7175	3,795301	0,18905	0,852973	-6,0037	7,43872
1L x 3L	4,305	3,795301	1,1343	0,277153	-2,4162	11,02622
1L x 4L	2,6125	3,795301	0,68835	0,503331	-4,1087	9,33372
2L x 3L	3,5725	3,795301	0,9413	0,363717	-3,1487	10,29372
2L x 4L*	-9,09	3,795301	-2,39507	0,032383	-15,8112	-2,36878
3L x 4L	-5,9625	3,795301	-1,57102	0,14019	-12,6837	0,75872

* Efeitos significativos para $p < 0,1$.

Analisando-se a Tabela 12 para a resposta rendimento, verifica-se que o F_{calc} (1,30) é menor do que o F_{tab} ($F_{4,23;0,1} = 2,21$) e a porcentagem de variação explicada pelo modelo não é boa (59,30). Portanto, pode-se concluir que o modelo não se ajusta bem aos dados experimentais.

Tabela 12 Análise de variância para a resposta rendimento.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
REGRESSÃO	14	1049,6620	74,9758	1,3013	0,3204
erro	13	749,0240	57,6172		
Total	27	1798,6860			

$F_{4;23;0,1} = 2,21$ $R^2 = 0,5930$

4.2.2 Teor de umidade

Através da análise dos resultados da Tabela 10, pode-se verificar que o teor de umidade variou de 0,6 a 11,8% (b.u.).

Na Tabela 13, os termos lineares do modelo matemático estão associados à letra L e os termos quadráticos à letra Q. Na interpretação de teor de umidade, é bom ressaltar que o interesse prático em operações de secagem é a obtenção de fatores que sejam negativos ao teor de umidade. O efeito linear da concentração de produto foi negativo. Isto está de acordo com o fenômeno envolvido, pois quanto maior a concentração do produto, menor a quantidade de água da partícula a ser seca e menor a quantidade de água a ser retirada. Embora não estatisticamente significativos, a maior concentração de maltodextrina leva a um menor teor de umidade, pelo mesmo motivo exposto acima, ou seja, menor quantidade de água a ser retirada. A vazão de ar também apresentou efeito negativo no teor de umidade, pois quanto maior a quantidade de ar frente à quantidade de material a ser seco maior a facilidade da operação de secagem e menor o teor de umidade obtido. Não foram encontrados valores de molhabilidades em estudos realizados com estratos de folhas.

Uma resposta não esperada foi o efeito positivo da temperatura sobre o teor de umidade, tanto linearmente, quanto quadraticamente, sendo este último

estatisticamente significativo. Estas respostas estão, a princípio, em discordância com postulados da física, pois quanto maior a temperatura, maior a facilidade da operação de secagem. Porém, isto pode ser explicado pelo fato que a temperaturas maiores, a taxa de secagem é alta no início e ocorre formação de uma crosta na camada externa que dificulta a remoção da umidade interna para o exterior da partícula.

Tabela 13 Resultados dos efeitos sobre o teor de umidade a 10% de significância.

Fator	Efeito	Erro padrão	t(13)	p	-90,00%	90,00%
Média	2,672	0,932324	2,86595	0,013246	1,02091	4,323079
(1)% malto(L)	-0,34678	0,761239	-0,45555	0,656233	-1,69488	1,001325
% malto(Q)	-1,03706	0,761239	-1,36233	0,196232	-2,38516	0,311046
(2)[P](L)*	-2,11009	0,761239	-2,77191	0,01586	-3,45819	-0,76198
[P](Q)	0,57168	0,761239	0,75099	0,466038	-0,77642	1,919785
(3)T (L)	0,35468	0,761239	0,46593	0,648978	-0,99342	1,702785
T (Q)*	2,07467	0,761239	2,72538	0,017334	0,72657	3,422773
(4)W ar(L)	-0,72386	0,761239	-0,9509	0,358999	-2,07197	0,624239
W ar(Q)	-0,18692	0,761239	-0,24555	0,809863	-1,53503	1,16118
1L x 2L	-0,04227	0,932324	-0,04534	0,964524	-1,69336	1,60881
1L x 3L	-0,55219	0,932324	-0,59227	0,563831	-2,20327	1,098897
1L x 4L	-0,03917	0,932324	-0,04201	0,967127	-1,69025	1,611913
2L x 3L	0,68985	0,932324	0,73993	0,472497	-0,96123	2,340933
2L x 4L	0,87029	0,932324	0,93347	0,367593	-0,78079	2,521378
3L x 4L	0,02094	0,932324	0,02247	0,982418	-1,63014	1,672028

* Efeitos significativos para $p < 0,1$.

Analisando-se a Tabela 14 para a resposta teor de umidade, verifica-se que o F_{calc} (1,48) é menor do que o F_{tab} ($F_{4,23;0,1} = 2,21$) e a porcentagem de variação explicada pelo modelo não é satisfatória (0,6422).

Tabela 14 Análise de variância para a resposta umidade.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
REGRESSÃO	14	71,9518	5,1394	1,4781	0,2439
erro	13	45,1998	3,4769		
Total	27	117,1516			

$F_{4;23;0,1} = 2,21$ $R^2=0,6422$

4.2.3 Molhabilidade

Através da análise dos resultados da Tabela 10 pode-se verificar que a molhabilidade variou de 375 a 5230 s. Os ensaios 13 e 02 apresentaram melhor resultado com relação à molhabilidade, pois o que se espera de um pó instantâneo é que as partículas se molhem o mais rápido possível. No entanto o ensaio 02 apresenta a vantagem de se trabalhar com níveis baixos de temperatura (197,5°C) e vazão de ar de secagem ($4 \text{ m}^3\text{min}^{-1}$) o que favorece em termos de diminuição de custo de secagem.

Na Tabela 15, os termos lineares do modelo matemático estão associados à letra L e os termos quadráticos à letra Q, onde se observa que os termos lineares da concentração de produto e da temperatura foram significativos. Analisando os efeitos foi verificado que tanto o efeito linear da concentração de produto quanto o efeito linear da temperatura foram positivos, sendo estes fatores favorecem positivamente para o aumento da molhabilidade.

Possivelmente, este fator também está ligado à eficiência energética de secagem, pois com menor quantidade de água a ser evaporada por tempo e com maior energia fornecida a temperaturas mais altas, menor a umidade da partícula que está relacionada com melhor molhabilidade.

Apesar de o tempo para o produto molhar seja uma escolha arbitrária, Lannes e Medeiros (2003) sugerem que 300 s seja um bom parâmetro, valores os quais conseguiu para suco de frutas em pó. Sierra, Rosa e Gabas (2007) observaram valores entre 78 e 324 s para polpa de manga microencapsulada com matodextrina. Ambos os trabalhos demonstraram valores consideravelmente menores que os relatados neste estudo. Apesar de neste trabalho ter sido observado um efeito positivo da temperatura na molhabilidade, Chegeni e Ghobadian (2005) constataram efeito negativo na molhabilidade, por ser formada uma camada dura na superfície das partículas, dificultando a difusividade e diminuindo a molhabilidade.

Analisando-se a Tabela 16 para a resposta molhabilidade, verifica-se que o F_{calc} (1,45) é menor do que o F_{tab} ($F_{4;23;0,1} = 2,21$) e a porcentagem de variação explicada pelo modelo não é boa (61,16). Portanto, pode-se concluir que o modelo não se ajusta bem aos dados experimentais.

Tabela 15 Resultados dos efeitos sobre a molhabilidade a 10% de significância.

Fator	Efeito	Erro Padrão	t(13)	p	-90,00%	90,00%
Mean/Interc.	2385,250	430,1752	5,54483	0,000095	1623,44	3147,062
(1)% malto(L)	136,333	351,2366	0,38815	0,704185	-485,68	758,350
% malto(Q)	-223,292	351,2366	-0,63573	0,535984	-845,31	398,725
(2)[P](L)*	1093,667	351,2366	3,11376	0,008226	471,65	1715,683
[P](Q)	181,958	351,2366	0,51805	0,613126	-440,06	803,975
(3)T (L)*	636,000	351,2366	1,81075	0,093342	13,98	1258,017
T (Q)	-303,042	351,2366	-0,86279	0,403892	-925,06	318,975
(4)W ar(L)	19,833	351,2366	0,05647	0,955828	-602,18	641,850
W ar(Q)	-73,792	351,2366	-0,21009	0,836854	-695,81	548,225
1L by 2L	-446,750	430,1752	-1,03853	0,317955	-1208,56	315,062
1L by 3L	312,750	430,1752	0,72703	0,480096	-449,06	1074,562
1L by 4L	-420,750	430,1752	-0,97809	0,345881	-1182,56	341,062
2L by 3L	548,500	430,1752	1,27506	0,224604	-213,31	1310,312
2L by 4L	519,000	430,1752	1,20649	0,249128	-242,81	1280,812
3L by 4L	-65,000	430,1752	-0,15110	0,882215	-826,81	696,812

* Efeitos significativos para $p < 0,1$.

Tabela 16 Análise de variância para a resposta molhabilidade.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
REGRESSÃO	14	14994450	1071032	1,4470	0,2560
erro	13	9622635	7,8897		
Total	27	24617085			
$F_{4,23;0,1} = 2,21$		$R^2 = 0,6116$			

4.2.4 Solubilidade

Através da análise dos resultados da tabela 10 pode-se verificar que a solubilidade variou de 86,5 a 98,06% . Os ensaios 03 e 15 apresentaram melhor resultado com relação à solubilidade, próximos aos trabalhos realizados por Moreira (2007), trabalhando com resíduo agroindustrial da acerola, Cano-Chauca et al. (2005) microencapsulando suco de manga e Barbosa (2010) com suco de frutas. Ambos os ensaios apresentam a vantagem de se trabalhar com níveis baixos de maltodextrina (7,5%) e altos de concentração de produto (24,5%), porém o ensaio 03 apresenta a vantagem de se trabalhar com níveis baixos de temperatura (197,5°C) e de vazão de ar ($4\text{m}^3\text{min}^{-1}$).

Na Tabela 17, os termos lineares do modelo matemático estão associados à letra L e os termos quadráticos à letra Q, onde observa-se que o termo linear de concentração de produto e o termo quadrático de temperatura tiveram efeitos significativos.

Analisando os efeitos foi verificado que o efeito de concentração de produto foi positivo, contribuindo positivamente para o aumento da solubilidade do pó, representando uma vantagem para o processo, aumentando a produtividade do processo com o aumento da concentração de produto. Além disso, o efeito quadrático da temperatura foi negativo, contribuindo negativamente para o aumento da solubilidade.

Concentrações maiores de produto podem ter auxiliado no processo de microencapsulamento, causando uma liberação mais fácil dos núcleos das microcápsulas, com efeito contrário, altas temperaturas podem ter causado crostas rígidas nas microcápsulas pela rápida retirada da superfície, dificultando a saída dos núcleos conseqüentemente prejudicando a solubilidade do material.

Estudos realizados com suco em pó de mistura de frutas, mostram que a temperatura teve efeito significativo e negativo sobre a solubilidade, além da maltodextrina não ter tido efeito significativo (BARBOSA, 2010).

Entretanto, Abadio (2004) observou efeito negativo da maltodextrina em suco de abacaxi em pó sobre a solubilidade e com valores médios de 82% sugerindo a utilização de níveis de 10% de maltodextrina.

Tabela 17 Resultados dos efeitos sobre a solubilidade a 10% de significância.

Fator	Efeito	Erro padrão	t(13)	P	-90,00%	90,00%
Média	95,43	1,216353	78,45582	0	93,27592	97,58408
(1)% malto(L)	-0,35667	0,993148	-0,35913	0,725266	-2,11547	1,40213
% malto(Q)	0,4875	0,993148	0,49086	0,631705	-1,2713	2,2463
(2)[P](L)	3,08333	0,993148	3,10461	0,008372	1,32453	4,84213
[P](Q)	-0,3275	0,993148	-0,32976	0,746835	-2,0863	1,4313
(3)T (L)	-0,75	0,993148	-0,75517	0,463607	-2,5088	1,0088
T (Q)	-2,3325	0,993148	-2,34859	0,035319	-4,0913	-0,5737
(4)W ar(L)	-0,05667	0,993148	-0,05706	0,955367	-1,81547	1,70213
W ar(Q)	0,5225	0,993148	0,5261	0,607674	-1,2363	2,2813
1L x 2L	0,08	1,216353	0,06577	0,948561	-2,07408	2,23408
1L x 3L	1,285	1,216353	1,05644	0,310006	-0,86908	3,43908
1L x 4L	-0,53	1,216353	-0,43573	0,670181	-2,68408	1,62408
2L x 3L	-1,24	1,216353	-1,01944	0,326592	-3,39408	0,91408
2L x 4L	0,695	1,216353	0,57138	0,577488	-1,45908	2,84908
3L x 4L	1,1	1,216353	0,90434	0,382267	-1,05408	3,25408

* Efeitos significativos para $p < 0,1$.

Analisando-se a Tabela 18 para a resposta teor de umidade, verifica-se que o F_{calc} (1,42) é menor do que o F_{tab} ($F_{4,23;0,1} = 2,21$) e a porcentagem de variação explicada pelo modelo não é boa (62,32). Portanto pode-se concluir que o modelo não se ajusta bem aos dados experimentais.

Tabela 18 Análise de variância para a resposta solubilidade.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
REGRESSÃO	14	118,2266	8,4447	1,4269	0,2640
erro	13	76,9348	5,9180		
Total	27	195,1614			
$F_{4;23;0,1} = 2,21$		$R^2=62,32$			

4.2.5 Teor de compostos fenólicos

Através da análise dos resultados da tabela 10 pode-se verificar que o teor de compostos fenólicos variou de 6,28 a 13,52% . Os ensaios 01 e 28 apresentaram melhor resultado com relação ao teor de fenólicos. Enquanto o ensaio 28 é um ponto central, o ensaio 01 trabalha-se com todos os fatores em seus níveis baixos, apesar de ser desfavorável trabalhar com níveis baixos de concentração de produto na solução, a vantagem é que se trabalha com baixa concentração de maltodextrina (7,5 %), além de se trabalhar com baixos níveis de temperatura (197,5 °C) e vazão de ar(4 m³min⁻¹).

Na Tabela 19, os termos lineares do modelo matemático estão associados à letra L e os termos quadráticos à letra Q, onde se observa que os termos lineares de teor de maltodextrina, concentração de produto, interação

entre teor de maltodextrina e temperatura, interação entre temperatura e vazão de ar, e o termo quadrático de maltodextrina foram significativos.

Analisando os efeitos foi verificado que o efeito linear e quadrático de concentração de teor de maltodextrina foi negativo, contribuindo negativamente para o aumento do teor de fenólicos do pó. Efeito este, devido à diminuição da fração deste produto na cápsula. Apesar desta diminuição, a presença da maltodextrina favorece a retenção de fenólicos na cápsula. Um estudo mais aprofundado em que se avalia a presença de fenólicos retidos no interior da microcápsula poderia mostrar este favorecimento (LOPEZ et al., 2009). Enquanto isso, a concentração de produto pode favorecer a formação das microcápsulas e suas liberações em meio aquoso.

Apesar de não terem sido constatados neste trabalho, estudos realizados por Gil-Izquierdo, Gil e Ferreres (2002) relatam que a temperatura durante a pasteurização, degradou compostos fenólicos derivativos do ácido cafeico de sucos de laranja, enquanto Gahler, Otto e Bohm (2003) constataram um aumento no teor de compostos fenólicos do extrato de tomate durante o processamento entre temperaturas de 180 a 220°C por 15 a 45 min, possivelmente devido à sua liberação da matriz. Roy et al. (2007), ao estudarem a influência do tratamento térmico sobre a atividade antioxidante de compostos fenólicos presentes em hortaliças, verificaram que o aquecimento a temperaturas inferiores a 50 °C, preservou o conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidante.

Além disso, o efeito linear da concentração de produto foi positivo, contribuindo positivamente para o aumento do teor de fenólicos do produto final, o que significa que trabalhando-se com altas concentrações de produto, além de se aumentar a produtividade, obtém-se um produto com maior teor de fenólicos. Não foram encontrados trabalhos que correlacionem a concentração do produto e teor de maltodextrina na solução com efeitos pós-secagem no teor de fenólicos.

Tabela 19 Resultados dos efeitos sobre o teor de fenólicos a 10% de significância.

Fator	Efeito	Erro Padrão	t(13)	p	-90,00%	90,00%
Média	9,761699	0,673633	14,49112	0	8,56874	10,95466
(1)% malto(L)*	-0,984836	0,550019	-1,79055	0,096668	-1,95888	-0,01079
% malto(Q)*	-0,979485	0,550019	-1,78082	0,098308	-1,95353	-0,00544
(2)[P](L)*	1,500819	0,550019	2,72867	0,017226	0,52677	2,47487
[P](Q)	0,055873	0,550019	0,10158	0,920637	-0,91817	1,02992
(3)T (L)	-0,505341	0,550019	-0,91877	0,374949	-1,47939	0,46871
T (Q)	-0,670036	0,550019	-1,2182	0,244794	-1,64408	0,30401
(4)W ar(L)	-0,164783	0,550019	-0,29959	0,769223	-1,13883	0,80926
W ar(Q)	-0,154286	0,550019	-0,28051	0,7835	-1,12833	0,81976
1L x 2L	0,794851	0,673633	1,17995	0,259164	-0,39811	1,98781
1L x 3L*	1,213765	0,673633	1,80182	0,094799	0,02081	2,40672
1L x 4L	0,234192	0,673633	0,34766	0,733663	-0,95877	1,42715
2L x 3L	0,740118	0,673633	1,0987	0,291833	-0,45284	1,93308
2L x 4L	0,288224	0,673633	0,42786	0,675752	-0,90474	1,48118
3L x 4L*	1,709166	0,673633	2,53724	0,024784	0,51621	2,90213

* Efeitos significativos para $p < 0,1$.

Analisando-se a Tabela 20 para a resposta teor fenólicos, verifica-se que o F_{calc} (1,45) é menor do que o F_{tab} ($F_{4;23;0,1} = 2,21$) e a porcentagem de variação explicada pelo modelo é baixa (61,16), portanto o modelo não se ajusta bem aos dados experimentais.

Tabela 20 Análise de variância para a resposta teor de fenólicos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
REGRESSÃO	14	52,4887	3,7492	2,0655	0,1000
erro	13	23,5966	1,8151		
Total	27	76,0854			

$F_{4,23;0,1} = 2,21$ $R^2=0,6873$

4.2.6 Diâmetro das partículas

A Figura 12 representa a distribuição de tamanho das microcápsulas representadas através do diâmetro médio volumétrico, e observa-se que há uma distribuição bimodal, ao qual cerca de 4,5% das partículas tem tamanho entre, aproximadamente 0,3 e 3 μ m (à esquerda da curva).

Estudos realizados com microcápsulas de café crioconcentrado mostram que a presença de partículas de menor tamanho, pode ser atribuída às partículas que não conseguiram encapsular o material ativo. Podemos avaliar o mesmo fato neste trabalho, com o extrato de folha de café em pó, além disso, as partículas de maior tamanho podem ser atribuídas a um possível início de processo de aglomeração, onde ocorre a formação de pontes de ligações irreversíveis entre as partículas, e conseqüente formação de partículas de maior tamanho (RODRIGUES, 2004).

Verifica-se também que a maior parte das partículas (cerca de 9%), encontra-se entre 18 e 25 μ m. Aburto, Tavares e Martucci (1998), encapsularam óleo essencial de laranja e encontraram valores entre 2 e 40 μ m de diâmetro, perfazendo uma média de 20 μ m, sendo semelhantes às variações obtidas neste trabalho.

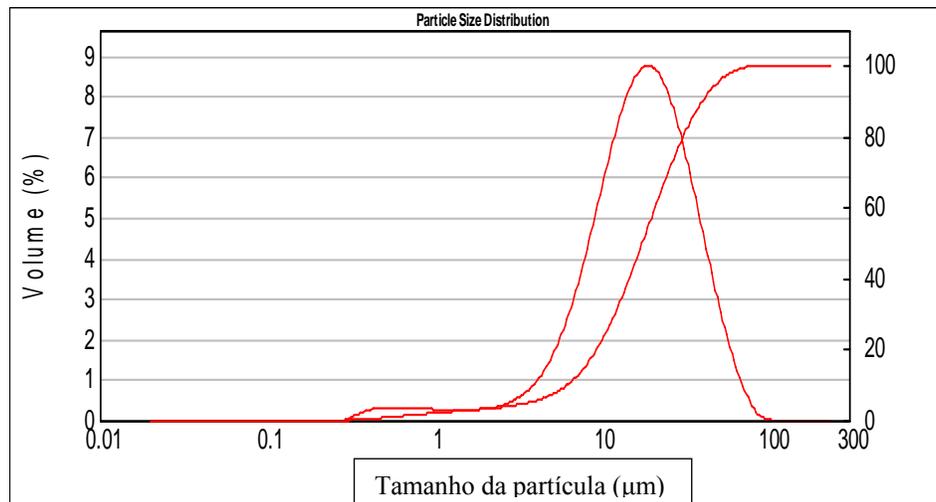


Figura 12 Através Distribuição e acumulativo dos diâmetros das partículas em função da fração volumétrica

4.2.6.1 Mediana

Através da análise de distribuição e o acumulativo da distribuição acumulativa dos diâmetros das partículas em função da fração volumétrica da amostra, nos resultados da tabela 10 pode-se verificar que a mediana da distribuição dos diâmetros das partículas de extratos da folha de café em pó varia de 11,24 e 46,87 μm .

Diâmetros maiores geram custos de fabricação por necessitarem de quantidade maior de material na confecção do produto, enquanto diâmetros pequenos fazem com que a atomização seja afetada, pois a probabilidade de haver material depositado nas paredes do equipamento aumenta, além de haver perdas de produto não retido no ciclone (ESTEVES, 2006).

Na Tabela 21, os termos lineares do modelo matemático estão associados à letra L e os termos quadráticos à letra Q, onde observa-se que os

termos lineares do teor de concentração de produto e da temperatura foram significativos concordando com os resultados obtidos por Reineccius (2001) que estudou microencapsulamento de aditivos alimentares, por Tonon, Brabet e Hubinger (2009) secando suco de açaí em *spray dryer* e por Souza (2003) que estudou a secagem de extratos vegetais em *spray dryer*.

Analisando os efeitos foi verificado que os lineares da concentração de produto e da temperatura foram positivos, aumentando positivamente a mediana do diâmetro das partículas, o que condiz com Souza (2003). Este fato é esperado devido ao aumento de viscosidade da solução com aumento da concentração de produto, conseqüentemente aumento do tamanho da partícula na atomização. Possivelmente a temperatura influencia positivamente no tamanho da partícula devido ao aumento da taxa de secagem pelo fornecimento de maior quantidade de energia, havendo formação mais rápida da estrutura, não permitindo que as partículas sofram encolhimento durante a secagem (MORASSI; KUROZAWA; HUBINGER, 2008).

Tabela 21 Resultados dos efeitos sobre a mediana da distribuição do diâmetro das partículas a 10% de significância.

	Efeito	erro padrão	t(13)	P	-90,00%	90,00%
Média	18,4025	2,53401	7,26221	0,000006	13,91494	22,89006
(1)% malto(L)	0,56975	2,06901	0,27537	0,787358	-3,09433	4,23383
% malto(Q)	-2,53098	2,06901	-1,22328	0,242936	-6,19506	1,1331
(2)[P](L)*	6,11042	2,06901	2,9533	0,011201	2,44634	9,7745
[P](Q)	-0,75023	2,06901	-0,3626	0,722729	-4,41431	2,91385
(3)T (L)*	8,01558	2,06901	3,87411	0,001918	4,3515	11,67966
T (Q)*	4,81377	2,06901	2,32661	0,036794	1,14969	8,47785
(4)W ar(L)	-0,21175	2,06901	-0,10234	0,920046	-3,87583	3,45233
W ar(Q)	-1,30048	2,06901	-0,62855	0,54053	-4,96456	2,3636
1L x 2L	1,53488	2,53401	0,60571	0,555136	-2,95269	6,02244
1L x 3L	-1,35687	2,53401	-0,53547	0,601369	-5,84444	3,13069
1L x 4L	0,23537	2,53401	0,09289	0,92741	-4,25219	4,72294
2L x 3L	1,35038	2,53401	0,5329	0,603093	-3,13719	5,83794
2L x 4L	0,63462	2,53401	0,25044	0,806159	-3,85294	5,12219
3L x 4L	-0,00863	2,53401	-0,0034	0,997336	-4,49619	4,47894

* Efeitos significativos para $p < 0,1$.

Analisando-se a Tabela 22 para a resposta mediana da distribuição do diâmetro, verifica-se que o $F_{calc}(2,3)$ é maior do que o $F_{tab}(F_{4;23;0,1} = 2,21)$ e a porcentagem de variação explicada pelo modelo é boa (72,77). Portanto pode-se concluir que o modelo se ajusta bem aos dados experimentais.

Tabela 22 Análise de variância para a resposta mediana da distribuição de diâmetro.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
REGRESSÃO	14	828,6440	59,1890	2,3044	0,0707
erro	13	333,903	25,6848		
Total	27	1162,5470			
$F_{23,3;0,1} = 2,21$		$R^2=72,77$			

O modelo é representado pela equação 3, e as superfícies de respostas nas Figuras 13 a 18.

(eq. 3)

$$\begin{aligned}
 (3) \text{ Mediana do diâmetro } (\mu\text{m}) = & 18,4025 + 0,28488x_1 - 1,26549x_2 + \\
 & 3,05521x_3 + -0,3751x_4 + 4,00779x_1^2 + 2,40689x_2^2 - 0,10588x_3^2 - 0,65024x_4^2 \\
 & + 0,76744x_1x_2 - 0,67844x_1x_3 + 0,11769x_1x_4 + 0,67519x_2x_3 + 0,31731x_2x_4 - \\
 & 0,00431x_3x_4
 \end{aligned}$$

Estão representados os gráficos de superfície de resposta para a relação entre as variáveis de duas a duas entre as Figuras 13 e 18, analisando-se os níveis estudados.

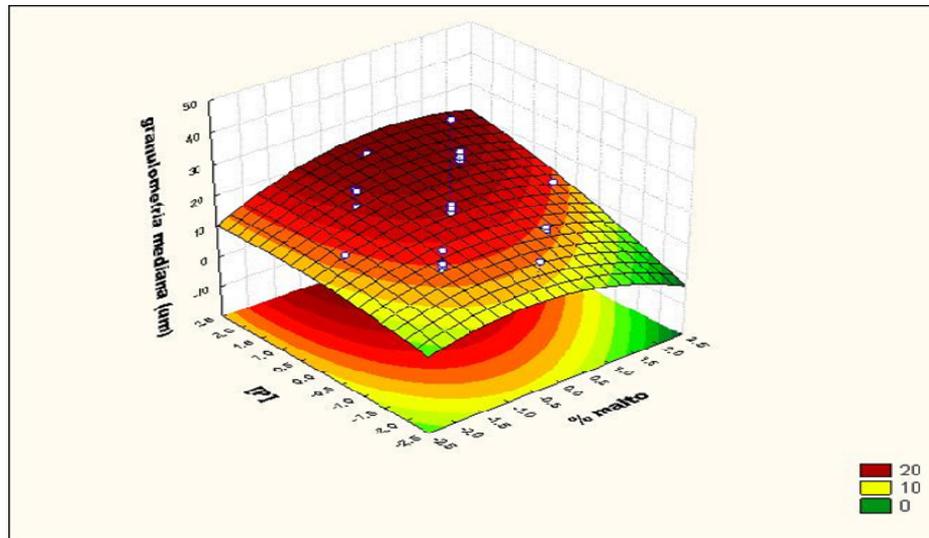


Figura 13 Mediana da granulometria em função da concentração de produto [P] e teor de maltodextrina (%malto)

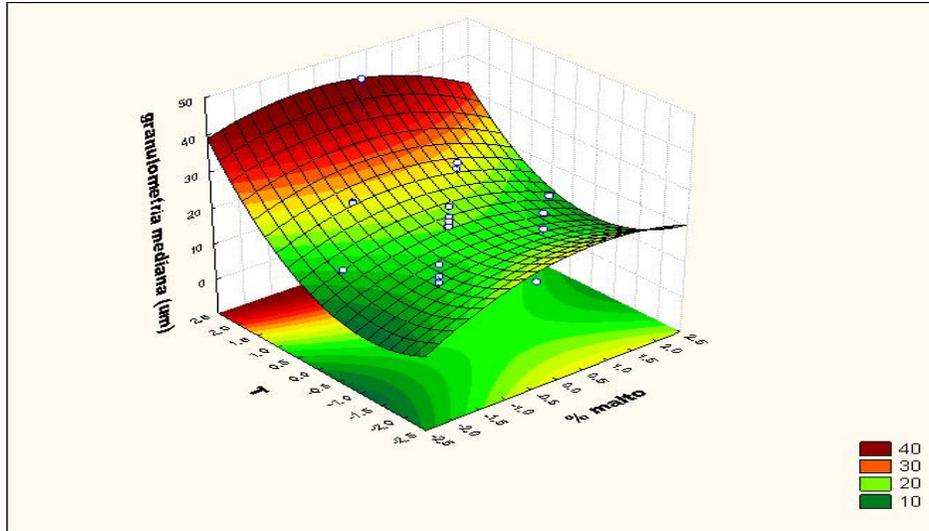


Figura 14 Mediana da granulometria em função da temperatura do ar (T) e teor de maltodextrina (% malto)

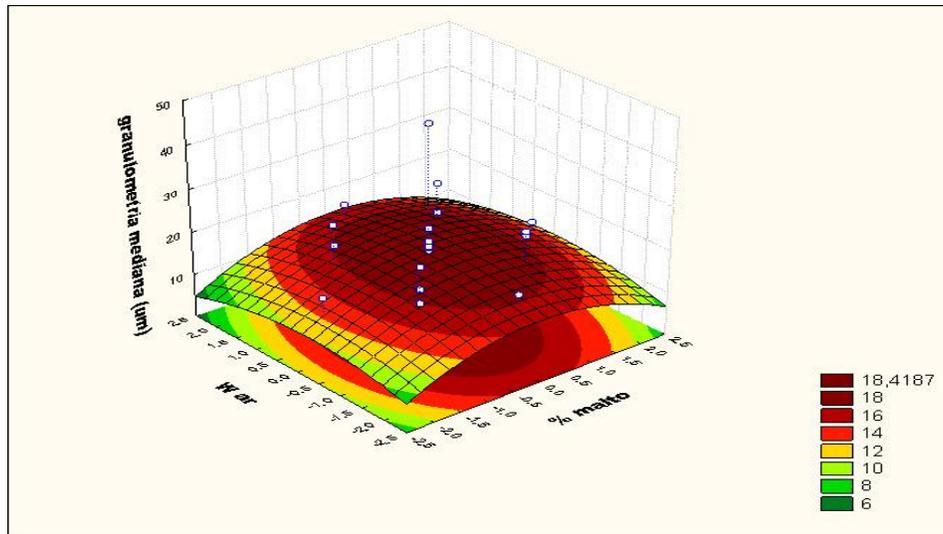


Figura 15 Mediana da granulometria em função da vazão de ar (W_{ar}) e teor de maltodextrina (% malto)

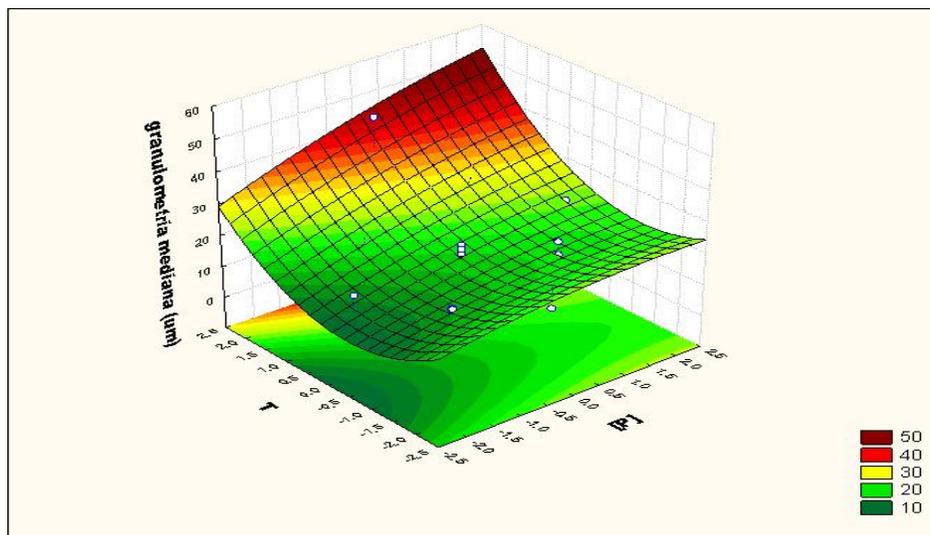


Figura 16 Mediana da granulometria em função da temperatura do ar e concentração de produto([P])

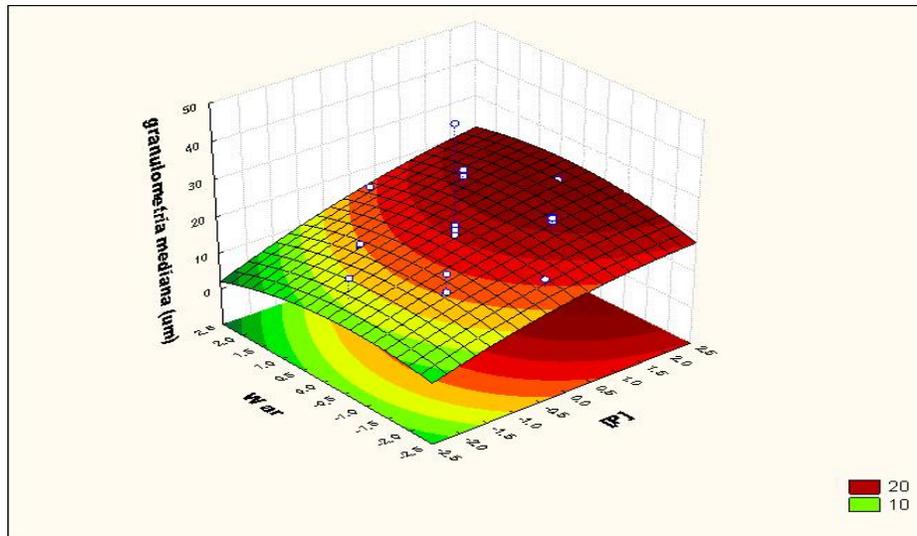


Figura 17 Mediana da granulometria em função da vazão de ar (W_{ar}) em função da concentração de produto ($[P]$)

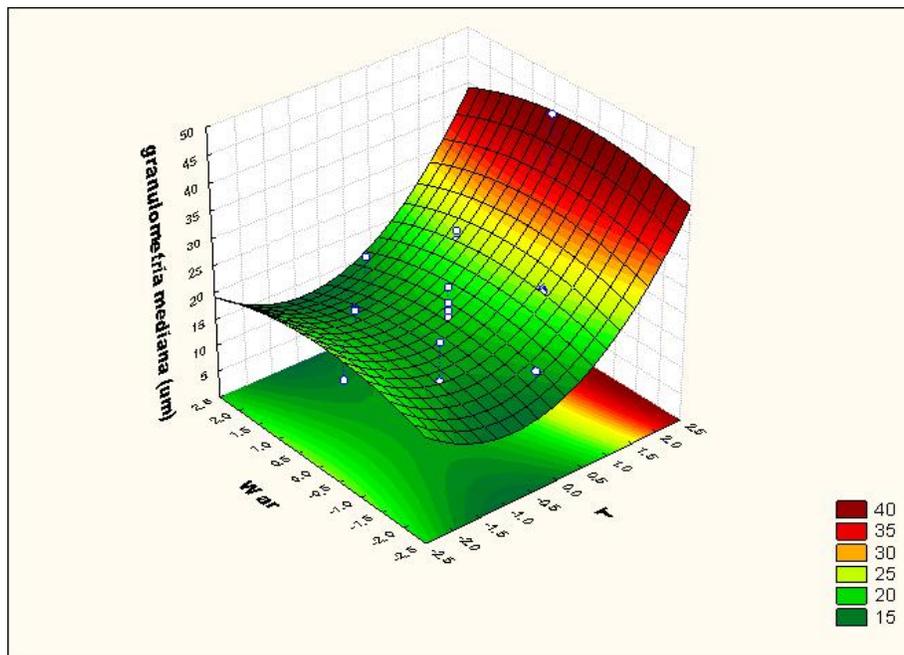


Figura 18 Mediana da granulometria em função da vazão de ar (W_{ar}) e temperatura (T)

4.2.6.2 Diâmetro médio das partículas

Através da análise dos resultados da tabela 10 pode-se verificar que o diâmetro médio das partículas variou de 13,85 e 60,32 μm , valores semelhantes aos encontrados por Aburto, Tavares e Martucci (1998), Lopez et al. (2009) e Oneda e Ré (2003).

Na Tabela 23, os termos lineares do modelo matemático estão associados à letra L e os termos quadráticos à letra Q, onde observa-se que o termo linear do teor de concentração de produto e o termo linear e quadrático da temperatura foram significativos.

Analisando os efeitos foi verificado que os efeitos lineares da concentração de produto e da temperatura foram positivos aumentando positivamente o diâmetro das partículas.

Tonon, Brabet e Hubinger (2009), estudando suco de açaí em pó, constataram que o aumento da temperatura causa também em um aumento do diâmetro médio das partículas devido à maior expansão causada pelas temperaturas mais altas. De acordo com Reineccius (2001), os processos realizados em condições de maiores taxas de secagem (maiores temperaturas) produzem partículas maiores que aqueles realizados com menores taxas. Apesar de não ter sido constatado neste trabalho, Tonon, Brabet e Hubinger (2009) observaram o efeito positivo da concentração da maltodextrina no diâmetro médio das partículas. Nijdam e Langrish (2006) obtiveram resultados semelhantes, trabalhando com produção de leite em pó a 120 e 200 °C, bem como Souza (2003), trabalhando com extratos vegetais.

Esteves (2006), relata diâmetros de partículas de café solúvel entre 60 e 400 μm , o que mostra que as partículas obtidas neste trabalho são muito menores que as encontradas comercialmente comparadas a café solúvel.

Tabela 23 Resultados dos efeitos sobre o diâmetro médio das partículas a 10% de significância.

	Efeito	Erro Padrão	t(13)	p	-90,00%	90,00%
Média	23,51575	3,648525	6,44528	0,000022	17,05446	29,97704
(1)% malto(L)	0,93775	2,979008	0,31479	0,75792	-4,33787	6,21337
% malto(Q)	-4,2734	2,979008	-1,4345	0,175045	-9,54902	1,00223
(2)[P](L)*	7,65142	2,979008	2,56844	0,023363	2,37579	12,92704
[P](Q)	-0,18615	2,979008	-0,06249	0,951126	-5,46177	5,08948
(3)T (L)*	9,82658	2,979008	3,29861	0,005763	4,55096	15,10221
T (Q)*	5,8836	2,979008	1,97502	0,069892	0,60798	11,15923
(4)W ar(L)	0,71958	2,979008	0,24155	0,812896	-4,55604	5,99521
W ar(Q)	-2,1559	2,979008	-0,7237	0,482073	-7,43152	3,11973
1L x 2L	0,87838	3,648525	0,24075	0,813506	-5,58292	7,33967
1L x 3L	-0,62162	3,648525	-0,17038	0,867337	-7,08292	5,83967
1L x 4L	0,36937	3,648525	0,10124	0,920905	-6,09192	6,83067
2L x 3L	1,53362	3,648525	0,42034	0,681101	-4,92767	7,99492
2L x 4L	-0,04238	3,648525	-0,01161	0,99091	-6,50367	6,41892
3L x 4L	1,02913	3,648525	0,28207	0,782333	-5,43217	7,49042

* Efeitos significativos para $p < 0,1$.

Analisando-se a Tabela 24 para a resposta teor de umidade, verifica-se que o F_{calc} (1,7482) é menor do que o F_{tab} ($F_{4;23;0,1} = 2,21$) e a porcentagem de variação explicada pelo modelo não é boa (67,20), portanto pode-se concluir que o modelo não se ajusta bem aos dados experimentais.

Tabela 24 Análise de variância para a resposta distribuição de diâmetro.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
REGRESSÃO	14	1303,2140	93,0867	1,7482	0,16102
erro	13	692,2100	53,2470		
Total	27	1995,4240			
$F_{23;3;0,1} = 2,21$		$R^2 = 0,6720$			

5 CONCLUSÃO

Na comparação entre as folhas das duas espécies de café e o Chá Verde, o café Conilon se mostrou com maiores concentrações de compostos antioxidantes e elevados teores de cafeína, sendo uma alternativa em se tratando como fonte destes compostos em chás.

No processo de secagem por atomização com microencapsulamento, o rendimento de secagem se mostrou baixo, porém constatou-se o crescimento com o aumento da temperatura.

O teor de umidade apresentou-se em uma ampla faixa e aproximadamente 90% dos ensaios apresentaram teor de umidade dentro da faixa estabelecida por legislação, além desta variável diminuir com o aumento da concentração de produto ou com a diminuição da temperatura.

A solubilidade encontrada é próxima a valores observados na literatura para produtos similares a base de extratos vegetais. Ela é maior em concentrações de produto mais altas ou temperaturas mais baixas.

O diâmetro é maior a maiores concentrações de produto ou a maiores temperaturas do ar.

Os valores encontrados para a molhabilidade são maiores que os observados na literatura para produtos diversos, onde ele aumenta com o aumento da temperatura e concentração de produto.

O teor de fenólicos é maior a maiores concentrações de maltodextrina e concentração de produto.

Assim, neste trabalho observa-se o potencial da folha de café como fonte de cafeína, compostos fenólicos e pectina. Além disso, observa-se o comportamento do efeito de variáveis do processo de secagem por *spray dryer* em diversas características deste produto.

Apesar de terem sido observados componentes desejáveis em um chá na folha de café, é necessário ainda mais estudos para comprovação da folha de café como alimento, abrindo assim novas oportunidades para pesquisa no setor de café.

REFERÊNCIAS

ABADIO, F. D. B. et al. Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice: effect of malt dextrin concentration and atomization speed. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 64, n. 2, p. 285-287, June 2004.

ABURTO, L. C.; TAVARES, D. Q.; MARTUCCI, E. T. Microencapsulação de óleo essencial de laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 45-48, jan./abr. 1998.

ALVES, R. M. V.; BORDIN, M. R. Estimativa da vida útil de café solúvel por modelo matemático. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 19-24, 1998.

ALVIN, D. I. **Produção e caracterização de micropartículas obtidas por spray drying e coacervação complexa e seu uso para alimentação de lavras de peixes**. 2005. 243 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

APV DRYER HANDBOOK. **Improving process profitability**. Disponível em: <<http://www.che.utexas.edu/cache/trc/dryer.pdf>>. Acesso em: 2 jul. 2010.

ASCHERI, D. P. R.; MARQUEZ, M. O. M.; MARTUCCI, E. T. Microencapsulação de óleo essencial de laranja: seleção de material de parede. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 1-6, 2003. Suplemento.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DE CAFÉ. **Indicadores da indústria de café no Brasil 2010**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=61#472>>. Acesso em: 24 maio 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. Arlington, 1992. 1298 p.

_____. _____. Arlington, 1995. v. 1.

AZEREDO, H. M. C. et al. Métodos de conservação de alimentos. In: AZEREDO, H. M. C. (Ed.). **Fundamentos da estabilidade de alimentos**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2004. p. 97-128.

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

BITTER, V.; MUIR, H. M. A modified uronic acid arbazole action. **Analytical Biochemistry**, Bethesda, v. 34, n. 4, p. 330-334, July 1962.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília, 2005a. 1018 p.

_____. **Resolução RDC n. 277**, 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para café, cevada, chá, erva mate e produtos solúveis. Brasília, 2005b. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/res0277_22_09_2005.html>. Acesso em: 10 mar. 2011.

CANO-CHAUCA, M. et al. Effect of carriers of microstructure of mango powder spray drying and its functional and characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, London, v. 6, n. 4, p. 420-428, Aug. 2005.

CHAVES, J. C. D. et al. Estimativa do teor de cafeína nas sementes de café baseada na sua concentração nas folhas de mudas e de plantas adultas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 287-292, 2004.

CHEGENI, G. R.; GHOBADIAN, G. Effect of spray drying conditions on physical properties of orange juice powde. **Drying Technology**, New York, v. 23, n. 4, p. 657-668, Aug. 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café safra 2010, segunda estimativa, maio/2010**. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2_levantamento_2008.pdf>
. Acesso em: 24 maio 2011.

COSTA, M. J. N.; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F. A. Avaliação de produtos alternativos no controle da ferrugem do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 150-155, jan./fev. 2007.

DESAI, K. G. H.; PARK, H. J. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. **Drying Technology**, New York, v. 23, n. 7, p. 1361-1394, July 2005.

ESTEVES, B. N. **Influência do processo de secagem por pulverização mecânica (spray dryer) no tamanho de partícula e densidade aparente do café solúvel**. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1993. 1095 p.

FERNANDES, F. L. et al. **Constituintes químicos em frutos e folhas em diferentes cultivares de café e relação com insetos**. Goiânia: Centro Científico Conhecer, 2009. v. 7.

FREITAS, O.; COLLETT, J. H. Influence of formulation on the physicochemical properties of casein microparticles. **International Journal of Pharmaceutics**, Amsterdam, v. 186, n. 2, p. 191-198, Aug. 2009.

GAHLER, S.; OTTO, K.; BOHM, V. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 27, p. 7962-7968, Dec. 2003.

GIL-IZQUIERDO, A.; GIL, M. I.; FERRERES, F. Effect of processing techniques at industrial scale on orange juice antioxidant and beneficial health compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 18, p. 5107-5114, Sept. 2002.

JAMES, J. E. **Caffeine and health**. London: Academic, 1991. 432 p.

FERREIRA JÚNIOR, M. F.; MORAIS, S. A. L. Estudo da composição química do café conilon (c. canephora) proveniente do cerrado mineiro. **Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 1-23, 2007.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray dryer. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 115-123, jan./mar. 2003.

LI, S.; BERGER, J.; HARTLAND, S. UVspectrophotometric determination of theobromine and caffeine in cocoa beans. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 232, n. 2, p. 409-412, Apr. 1990.

LIMA, L. C. de O. **Caracterização físico-química, química e sensorial de frutos e vinhos da cv. Patrícia (*Vitis labrusca* L.)**. 2005. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

LOPEZ, O. D. H. et al. Características del aceite de semillas de *Cucurbita pepo* L. microencapsulado mediante secado por aspersion con maltodextrina y goma arabiga. **Latin American Journal of Pharmacy**, Buenos Aires, v. 28, n. 4, p. 628-632, 2009.

MALTA, M. R.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Composição química, produção e qualidade do café com diferentes fontes e dose de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1246-1251, nov./dez. 2003.

MARTINS, C. M.; AQUINO, F. J. T. Estudo da composição química e da atividade antioxidante de cafês (*Coffea arabica*) e de suas palhas provenientes do cerrado. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, 12., 2008, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2008. p. 10.

MASSON, M. L. et al. Tecnologia do café II. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 3, n. 1, 1985. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/alimentos/article/view/15184>>. Acesso em: 25 mar. 2010.

MCCREADY, P. M.; MCCOMB, E. A. Extration and determination of total pectin materials. **Analytical Chemistry**, London, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MENEZES, H. C. **Variação dos monoisômeros e diisômeros do ácido cafeoilquínico com maturação de café**. 1990. 171 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

MORASSI, A. G.; KUROZAWA, L. E.; HUBINGER, M. D. Efeito das condições de processo nas características físico-químicas do hidrolizado protéico obtido por spray dryer. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 16., 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2008. 1 CD-ROM.

MOREIRA, G. E. G. **Obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola**. 2007. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

NELSON, H. A photometric adaptation of the Somogyi method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 153, p. 375-380, 1944.

NIJDAM, J. J.; LANGRISH, T. A. J. The effect of surface composition on the functional properties of milk powders. **Journal of Food Engineering**, New York, v. 77, n. 4, p. 919-925, 2006.

OLIVEIRA, O. W.; PETROCIVK, P. R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 641-650, ago./set. 2010.

ONEDA, F.; RÉ, F. I. The effect of formulation variables on the dissolution and physical properties of spray-dried microspheres containing organic salts. **Powder Technology**, Lausanne, n. 130, p. 377-384, 2003.

PIMENTA, C. J.; VILELA, E. R. Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) lavado e submetido a diferentes tempos de amontoa no terreiro. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 2, p. 3-10, 2000. Número especial.

PRADO, C. C. et al. Avaliação do teor de polifenóis da *Carmellia sinensis* (Chá Verde). **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 2, p. 664-665, 2005. Suplemento.

REINECCIUS, G. A. Multiple-core encapsulation: the spray drying of food ingredients. In: VILSTRUP, P. (Ed.). **Microencapsulation of food ingredients**. Surrey: Leatherhead, 2001. p. 151-185.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e timização de processos**: uma estratégia seqüencial de planejamentos. Campinas: Casa do Pão, 2005. 325 p.

RODRIGUES, R. A. F. **Preparo, caracterização e avaliação funcional de microcápsulas obtidas por spray drying, contendo extrato de café**

crioconcentrado. 2004. 227 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ROY, M. K. et al. Antioxidant potential, anti-proliferative activities, and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: effects of thermal treatment. **Food Chemistry**, London, v. 103, n. 1, p. 106-114, Jan. 2007.

SALDANHA, L. A. **Avaliação da atividade antioxidante *in vitro* de extratos de erva mate (*Ilex paraguariensis*) verde e tostada e chá verde (*Camellia sinensis*)**. 2005. 120 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SALINAS, R. D. **Alimentos e nutrição: introdução à bromatologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 278 p.

SANTINHO, A. J. P. et al. Influence of formulation on the physicochemical properties of casein microparticles. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 186, n. 2, p. 191-198, Sept. 1999.

SANTOS, F. et al. Efeitos de extratos vegetais no progresso de doenças foliares do cafeeiro orgânico. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 59-63, jan./fev. 2007.

SCHIMITZ, W. et al. O chá verde e suas ações como quimioprotetor. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 119-130, jul./dez. 2005.

SIERRA, D. M.; ROSA, N. N.; GABAS, A. L. Influencia de Maltodextrina na atomização da poupa de manga em spray dryer. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 15., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2007. 1 CD-ROM.

SILVA, E. B. **Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do café provenientes de plantas cultivadas em duas condições edafoclimáticas**. 1999. 105 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

SOMOGYI, M. Notes on sugar determination. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 195, n. 1, p. 19-23, 1952.

SOUZA, C. R. F. de. **Estudo comparativo da produção de extrato seco de *Bauhinia Forficata* Link pelos processos de spray dryer e leito de jorro**. 2003. 180 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2003.

STAT-SOFT. **Statistica**: data analysis software system. Version 8.0. New York, 2008. Disponível em: <<http://www.statsoft.com>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 444-450, mar./abr. 2009.

TRUGO, L. C.; CARLOS, M. C. Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 637, jul./ago. 2005.

VALDUGA, E. et al. Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva Isabel (*Vitis labrusca*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1568-1574, set./out. 2008.

VARNAM, A. H.; SUTHERLAND, J. P. **Bebidas**: tecnología, química y microbiología. Zaragoza: Acribia, 1994. 236 p. (Série Alimentos Básicos, 2).

VASCONCELOS, E. A. F. et al. Influência da temperatura de secagem e da concentração de Aerosil®200 nas características dos extratos secos por aspersão

da *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 243-249, jul./set. 2005.

WANG, Y.; HO, C. T. Polyphenolic chemistry of tea and coffee: a century of progress. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 57, n. 22, p. 8109-8114, Nov. 2009.