



Extração dos Óleos de Café Verde e da Borra com Etanol Comercial

Regina Celi Araújo Lago¹
Suely Pereira Freitas²

O processo de produção de café solúvel gera uma quantidade substancial de resíduos (borra). Em média, para cada tonelada de café verde obtém-se 480 kg da borra. Enquanto o café solúvel possui 0,1% de lipídios, base seca, a borra possui cerca de 20% de óleo. Estimativa feita em 1977 mostrou que as plantas industriais de produção de café solúvel no Brasil geravam, aproximadamente, 34 toneladas de borra por dia, o que representa um potencial para a produção diária de 1,5 toneladas do óleo de café (ADANS; DOUGAN, 1985).

A industrialização de oleaginosas constitui-se em uma das mais importantes atividades do agronegócio brasileiro pela utilização dos seus produtos na formulação de alimentos, de cosméticos e de fármacos. Recentemente o uso de óleos vegetais para fins energéticos tem ampliado o interesse do governo, empresas privadas e das instituições de pesquisa tanto no aperfeiçoamento dos processos de extração de óleos quanto na busca de fontes alternativas deste produto. O processo convencional de extração de óleos vegetais a partir de sementes é realizado em extrator horizontal pelo método de percolação com hexano a 45°C, em fluxo contra-corrente cruzado. A proporção de solvente em relação à matéria prima é cerca de 2:1 v/p. A concentração de soluto (óleo) obtida na micela rica varia de 15 a 35% e depende do teor de óleo na amostra e das características físicas da fase porosa obtida no pré-tratamento das sementes (VELOSO, 2003).

De acordo com Parmentier et al. (2004), nos Estados Unidos não é mais permitida a construção de novas usinas de extração de óleos vegetais usando solventes derivados de petróleo. Portanto, para garantir o crescimento deste setor será necessário aperfeiçoar o uso de solventes alternativos, menos tóxicos para o homem e para o meio ambiente.

O óleo de café pode ser extraído usando diferentes solventes, resultando em produtos com diferentes quantidades de aromáticos e ceras. Convencionalmente, o óleo de café industrializado é obtido pelo processo de prensagem dos grãos em expeller, mas há uma escassez de dados atualizados na literatura brasileira sobre processamento e caracterização do óleo de café. Recentemente, novas técnicas para extração do óleo foram avaliadas, em escala de laboratório, visando o aumento no rendimento do processo: extração supercrítica e extração com etanol comercial (FREITAS; GARCIA; LAGO, 2001; OLIVEIRA et al., 2001).

Além do fato da produção de etanol de fontes vegetais ser uma tecnologia competitiva, não existe problema técnico na substituição do hexano por etanol, mas a viabilidade econômica do processo depende de algumas condições locais (RITTNER, 1991).

A obtenção de etanol a partir da cana de açúcar coloca o Brasil em uma posição privilegiada para desenvolver tecnologias energeticamente vantajosas e/ou

¹ Quím., D.Sc., Pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas 29501, CEP 23.020-470, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: lago@ctaa.embrapa.br

² Eng. Quím., D. Sc., UFRJ/Escola de Química, Cidade Universitária, Centro de Tecnologia, Bl. E, Sala e-207, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro/RJ. E-mail: freitasp@eq.ufrj.br.

ambientalmente preferíveis. A escolha do etanol para o processo de extração da fração lipídica do café deve-se principalmente ao fato do Brasil ter aperfeiçoado uma tecnologia para a produção em larga escala deste solvente que, além de renovável e não tóxico, independe do mercado internacional do petróleo (CARVALHO, 2001).

Considerando as metas do governo brasileiro para a produção de Biodiesel a partir da reação de óleos vegetais e álcool, a substituição do hexano por etanol no processo de extração do óleo reduziria consideravelmente o consumo de energia na etapa de evaporação da micela. Convencionalmente, o solvente é eliminado da micela em um evaporador de dois estágios. No primeiro estágio a micela é concentrada até 65% e no segundo, o solvente é praticamente eliminado do óleo. Quanto mais concentrada a micela mais energia, na forma de vapor, é consumida por kg de solvente evaporado (PARAÍSO; ANDRADE; ZEMP, 2003).

Os objetivos deste trabalho foram analisar os parâmetros do processo de extração do óleo de café verde e da borra de café com etanol e avaliar as características químicas dos óleos brutos.

Material e métodos

Foram utilizados grãos de café verde, variedade robusta, borra industrial de café solúvel e etanol comercial (99,2%).

O teor de óleo nas amostras foi determinado em aparelho tipo Butt, com éter de petróleo. O índice de peróxido e teor de matéria insaponificável do óleo foram determinados pelos métodos da American Oil Chemists' Society (1996).

Os ésteres metílicos foram preparados a partir do óleo bruto filtrado, de acordo com método de Hartman e Lago (1973), e analisados em cromatógrafo gasoso (HP

5890) equipado com detector de ionização de chama (FID) para determinação da composição em ácidos graxos (LAGO, 2001).

Pré-tratamento das amostras. As amostras foram previamente processadas de duas formas: moídas em moinho de facas piloto contínuo ou moídas e extrusadas. Em sequência, ambas as amostras foram secas em estufa ventilada a 70°C, até atingir umidade inferior a 3%.

Moagem da borra. A borra foi triturada usando-se uma peneira de 3 mm. Não foi possível selecionar uma fração granulométrica menor devido à rigidez da amostra.

Moagem do café verde. Os grãos de café verde foram triturados e classificados em duas frações granulométricas: 0,1mm<d<0,5 mm e 0,5mm<d<1 mm.

Extrusão termoplástica. A extrusão foi efetuada, usando-se uma matriz circular de 8 mm, 80°C e 100 rpm em um extrusor BRABENDER DSE 45 de dupla rosca, contrarotacional.

Incubação com etanol. As amostras, moídas ou extrusadas, foram incubadas com etanol comercial (99,2%) em banho termostático, sob pressão atmosférica e agitação constante e lenta (o suficiente para manter os sólidos em suspensão). A seguir a mistura foi filtrada a vácuo e o etanol removido em evaporador rotativo.

Planejamento experimental

Visando otimizar o rendimento de extração do óleo de café, foram avaliados diferentes parâmetros associados tanto ao pré-tratamento das amostras como à etapa de incubação, de acordo com os planejamentos experimentais apresentados nas Tabelas 1 e 2. A faixa de temperatura e a razão solvente/amostra foram definidos em função de dados de solubilidade de óleos vegetais em etanol (RITTNER, 1991).

Tabela 1. Planejamento experimental para seleção dos parâmetros de pré-tratamento dos grãos de café verde.

Fatorial 2 ² com repetição			
	Nível inferior	Nível superior	
Pre-tratamento	extrusado	moído	
Umidade (%)	3,0 (após secagem)	11,4 (<i>in natura</i>)	
Planejamento 2x2x3			
	Nível inferior	Nível intermediário	Nível superior
Temperatura (°C)	65	-	75
Tamanho de partícula (mm)	0,1<d<0,5	-	0,5<d<1,0
Razão etanol/amostra w/w	2	3	6

Parâmetros de extrusão: rotação de 100 rpm, 80°C, matriz circular de 8 mm, alimentação de 45 gramas/minuto

Tabela 2. Planejamento experimental para seleção dos parâmetros da extração do óleo da borra de café com etanol.

Fatorial 2 ³			
Parâmetros	Nível inferior (-)	Nível superior (+)	
Pré-tratamento	extrusão	moagem	
Razão etanol/amostra w/w	3	6	
Temperatura (°C)	60	70	
Fatorial com ponto central			
Razão etanol/amostra	5	6	7
Temperatura (°C)	65	70	75

Parâmetros de extrusão: rotação de 100 rpm, 80°C, matriz circular de 8 mm, alimentação de 45 gramas/minuto

Extração contra-corrente. Grãos de café verde foram submetidos a um processo de extração contra-corrente em 10 estágios, nas condições experimentais previamente otimizadas: amostras moídas, $0,1 < d_p < 0,5$ mm, umidade inferior a 3%, $T=75^{\circ}\text{C}$, razão etanol/amostra 3:1 v/w. O processo contínuo foi realizado em 20 minutos, equivalente a um tempo de contato de 2 minutos por estágio. Para simular o experimento em cascata utilizou-se um módulo piloto contendo extratores de vidros encamisados com capacidade útil de 300 mL cada. Cada unidade de extração era equipada com agitadores mecânicos e banho termostático com circulação forçada de água.

Resultados

Caracterização das matérias-primas e do óleo

O teor de óleo no café verde, obtido por extração com éter de petróleo, foi $10,36 \pm 0,01\%$, semelhante ao dos dados publicados por Macrae (1993). No caso da borra obteve-se $25,6 \pm 0,1\%$. Este valor é superior aos reportados para diferentes variedades de grãos por

Ravindranath et al. (1972), que variam entre 8 e 17%. Os óleos do café verde e da borra de café apresentaram consistência bem viscosa e cor verde escura e marrom escura, respectivamente. O teor de matéria insaponificável expresso em g/100g, no óleo de café verde extraído com etanol (11,80) foi similar ao do óleo extraído com éter de petróleo (12,34). O teor de matéria insaponificável do óleo da borra de café extraído com etanol (6,40) foi menor que o obtido com éter de petróleo (7,12), porém na mesma faixa dos valores registrados por Ravindranath et al. (1972) para os óleos de diferentes borras de café comerciais (5,9 a 9,4). Pelos valores dos índices de peróxidos (4,65 a 5,88 meq/kg) não se pode afirmar que tenha ocorrido um processo oxidativo acentuado durante a extração, tendo em vista que as amostras foram conservadas em câmara fria por cerca de 12 meses antes do processamento. A composição em ácidos graxos do óleo de café verde extraído com etanol não difere de forma significativa dos valores obtidos a partir de óleos extraídos pelos processos convencionais (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação entre a composição em ácidos graxos (%) dos óleos de cafés verde extraídos com hexano e etanol comercial.

Ácidos graxos* (%)	Extração com etanol	Extração com hexano	Desvio padrão	Literatura ¹
C16:0	32,26	32,63	0,49 a 2,15	32,1 a 33,2
C18:0	7,39	7,27	0,28 a 0,40	7,5 a 8,2
C18:1	11,11	11,09	0,89 a 2,49	8,2 a 12,5
C18:2	39,54	41,96	2,43 a 2,50	42,6 a 46,2
C18:3	1,19	1,37	0,08 a 0,14	0,9 a 1,4
C20:0	2,63	2,63	0,14 a 0,32	2,6 a 3,3

¹FOLSTAR, citado em CLAKKE & MACRAE (1985); *níveis maiores que 1%.

Extração com etanol

A partir da análise estatística dos efeitos pôde-se concluir, a nível de 90% de significância, que o rendimento do processo de extração do óleo de café verde depende de todos os parâmetros analisados. O tamanho de partícula foi a variável mais relevante ($p=1,08E-05$) seguida da razão etanol/amostra ($p=1,50E-04$), do pré-tratamento do grão ($p=1,54E-04$), temperatura e umidade ($p=0,07$). O rendimento do processo aumenta quando a razão etanol/amostra e temperatura aumentam e quando o tamanho de partícula e umidade diminuem (Fig.1). As condições otimizadas para a extração do óleo de café verde com etanol foram: sementes moídas, tamanho de partícula menor que 0,5mm, umidade do grão inferior a 3%, temperatura de 75°C e razão etanol/amostra 3:1.

O rendimento do processo de extração do óleo da borra de café com etanol, obtido a partir do planejamento fatorial preliminar variou de 30 a 65% (Fig.2). Os maiores rendimentos foram sempre alcançados para a

borra processada na proporção 6:1 solvente/amostra e temperatura de 70°C. A análise de variância, nesta etapa, indicou que a razão etanol/amostra foi o parâmetro estatisticamente mais relevante ($p=0,003$) seguido da temperatura ($p=0,10$). O rendimento aumentou de 65 para 88% quando se aplicou uma razão etanol/borra 7:1 e temperatura de 75°C. A partir dos dados obtidos nos experimentos com ponto central, a análise de variância indicou que a temperatura foi o parâmetro estatisticamente mais relevante ($p=0,01$). Os coeficientes dos efeitos para temperatura e razão solvente/amostra foram, respectivamente, 20 e 11, indicando que o rendimento aumenta para valores crescentes destas variáveis. Entretanto, o aumento de temperatura acima de 75°C não é tecnicamente recomendado, uma vez que na pressão atmosférica a temperatura de ebulição do etanol é 78°C. O aumento da proporção de solvente acima dos valores já analisados não é econômico em escala comercial (RITTNER, 1991).

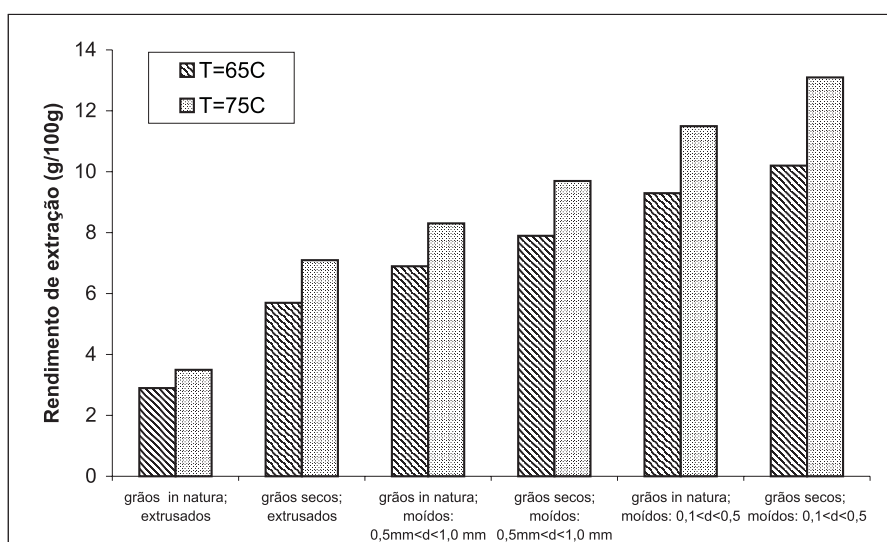


Fig. 1. Efeito do pré-tratamento, granulometria, umidade e temperatura no rendimento do processo de extração do óleo de café verde. Razão etanol/amostra 3:1

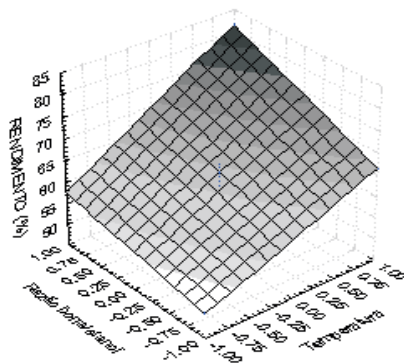


Fig. 2. Efeito da temperatura e razão borra/etanol no rendimento do processo de extração do óleo da borra de café com etanol comercial. Faixa de temperatura analisada: 65 (-1); 70 (0); 75 (+1). Razão borra/etanol analisada: 1:5 (-1); 1:6(0); 1:7(+1)

O pré-tratamento das amostras por extrusão termoplástica não favoreceu o rendimento do processo como usualmente observado em diversas sementes oleaginosas. Isto ocorreu, provavelmente, devido à presença de lignina, cerca de 3%, na composição da parede celular do grão de café verde (TRUGO, 2001).

A curva cinética mostrou que o rendimento de extração do óleo de café verde permaneceu praticamente estável a partir dos 18 minutos de incubação. Para tempos maiores, até 30 minutos, não se obteve um aumento relevante na quantidade de óleo extraído (Fig. 3). No

caso da borra o tempo necessário foi de 40 minutos (Fig.4).

A máxima concentração de óleo na micela, obtida durante a extração contra-corrente, em 10 estágios a 75°C, foi cerca de 10%. Este valor é inferior aquele alcançado na extração de óleos vegetais usando hexano como solvente onde a concentração de óleo na micela varia entre 15 e 30% para o processo otimizado (RITTNER, 1991). Isto ocorre devido à menor solubilidade do óleo em etanol na faixa de temperatura analisada.

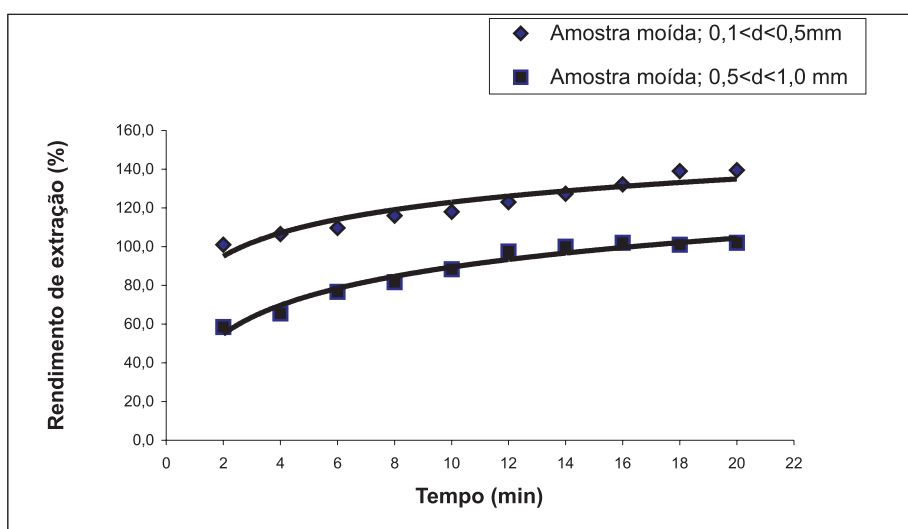


Fig.3. Cinética do processo de extração do óleo de café verde com etanol. Razão etanol/ amostra 3:1, umidade 3% e temperatura: 75°C.

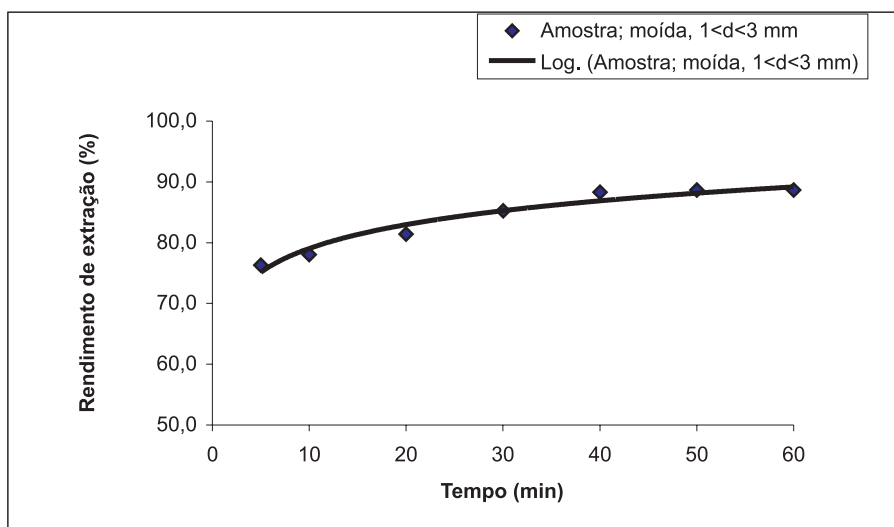


Fig.4. Cinética do processo de extração do óleo da borra de café com etanol. Razão borra/etanol 1:7, umidade 3% e temperatura: 75°C.

Conclusões e sugestões

- O uso de etanol para substituir solventes derivados de petróleo na extração do óleo de café é tecnicamente viável.
- A proporção solvente/amostra foi alta para ambas as amostras, café verde (3:1 v/p) e borra (7:1 v/p).
- Para se obter uma micela com teor de óleo comparável ao obtido com solvente convencional, entre 15 e 35%, deve-se otimizar o processo de extração com etanol variando-se a pressão do vaso extrator entre 1,5 e 2 atm. Neste caso, a temperatura de extração pode ser mais elevada, cerca de 85°C, que é a temperatura de completa solubilidade de óleos vegetais em etanol na composição azeotrópica (95,6%).

Referências Bibliográficas

ADANS, M. R.; DOUGAN, J. Waste products. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee: technology**. London: Elsevier Applied Science Pub., 1985. v. 2, p. 282-291.

AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. Champaign, IL, 1996.

CARVALHO, L. C. C. Álcool do Brasil: energia limpa e renovável. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 9, set, 2001.

CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee: technology**. New York: Elsevier Applied Science Pub., 1985. v. 2, p. 33-34.

FREITAS, S. P.; GARCIA, T. N.; LAGO, R. C. A. Green coffee oil extraction with ethyl alcohol. In: LIPIDEX SUDAMERICA, 2001, Asaga, dmg, Buenos Aires, 2001. p. 35.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, London, v. 22, p. 475-476, 1973.

LAGO, R. C. A. Lipídios em grãos de café. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 319-352, 2001.

MACRAE, R. **Encyclopaedia of food science: food technology and nutrition**. London: Academic Press, 1993.

OLIVEIRA, A. L.; SILVA, S. S.; SILVA, M. A. P.; EBERLIN, M. N.; CABRAL, F. A. Sensory and yield response surface analysis of supercritical CO₂ extracted aromatic oil from roasted coffee. **Journal of Food Science and Technology**, India, v. 38, p. 38-42, 2001.

PARAÍSO, P. R.; ANDRADE, C. M. G.; ZEMP, R. J. Destilação da micela I: modelagem e simulação da evaporação do hexano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 459-467, 2003.

PARMENTIER, M.; GUILLEMIN, S.; BARBAR, R.; LINDER, M.; FANNI, J. De nouveaux procédés d'extraction des huiles pour des produits finis de haute qualité. **Oleagineux Corps Lipids**, Edinbourg, v. 11, n. 6, p. 377-380, 2004.

RAVINDRANATH, R.; YOUSUF ALI KHAN, R.; OBY REDDY, T.; THIRUMALA RAO, S. D.; REDDY, B. R. Composition and characteristics of Indian coffee bean, spent ground and oil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 23, p. 307-310, 1972.

RITTNER, H. Extraction of vegetable oils with ethyl alcohol. In: INTERNATIONAL MEETING ON FATS AND OILS TECHNOLOGY, 1991, Campinas. **Proceedings...** Campinas: FEA/GTZ, 1991. p. 17-30.

TRUGO, L. C. Café: composição química e potencial nutracêutico. In: CIÊNCIA de alimentos: avanços e perspectivas. Campinas: UNICAMP, 2001. cap. 55, p. 206-208.

VELOSO, G. O. **Modelagem física e matemática dos processos de extração de óleo de soja em fluxo contra-corrente cruzados**. 2003. 158 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Comunicado Técnico, 92

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Agroindústria de Alimentos
Endereço: Av. das Américas, 29.501 - Guaratiba
 23020-470 - Rio de Janeiro - RJ
Fone: (0XX21) 2410-9500
Fax: (0XX21) 2410-1090 / 2410-9513
Home Page: <http://www.ctaa.embrapa.br>
E-mail: sac@ctaa.embrapa.br

1ª edição
 1ª impressão (2006): tiragem (50 exemplares)

Comitê de publicações

Presidente: *Virgínia Martins da Matta*
Membros: *Marcos José de Oliveira Fonseca, Marília Penteado Stephan, Márcia Nitschke, Ronoel Luiz de O. Godoy e André Luis do Nascimento Gomes*
Secretárias: *Renata Maria Avilla Paldês e Célia Gonçalves Fernandes*

Expediente

Supervisor editorial: *André Luis do N. Gomes*
Revisão de texto: *Comitê de Publicações*
Normatização bibliográfica: *Luciana S. de Araújo*
Editoração eletrônica: *André Guimarães de Souza e André Luis do N. Gomes*