

# 8

# CAPÍTULO

## **UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DA CASTANHA DE MACAÚBA COMO COLETOR NA MICROFLOTAÇÃO DE APATITA**

**Rocha, Tércio William Pereira 1 \*;**

**Silva, André Carlos 2;**

**Silva, Elenice Maria Schons 3**

1 Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional. Universidade Federal de Goiás

2 Professor Adjunto III. Doutor em Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Goiás

3 Professora Assistente II. Doutoranda em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Mina

\* **email: [terciorocha@hotmail.com](mailto:terciorocha@hotmail.com)**

---

**Resumo:** A macaúba (nome científico *Acrocomia Aculeata*) é uma palmeira típica do cerrado brasileiro de grande interesse socioeconômico por sua alta capacidade para a produção de óleo vegetal com elevados teores de ácidos graxos. O presente trabalho avaliou a viabilidade técnica da utilização do óleo da castanha de macaúba (OCM) como coletor na microflotação de apatita em tubo de Hallimond, sendo o óleo caracterizado quimicamente e saponificado antes de sua aplicação nos ensaios. Foram realizados testes no pH 8, variando-se a concentração do coletor (2,5, 5,0, 7,5 e 10 mg/L). De modo a comparar os resultados com o OCM utilizou-se o coletor Flotigam 5806 da Clariant nas mesmas condições testadas. Os resultados obtidos mostram que o OCMS alcançou maiores recuperações de apatita nas concentrações 7,5 e 10,0 mg/L. Entretanto, quando comparado ao Flotigam 5806, o OCMS não se mostrou competitivo, apresentando recuperações menores em todas as concentrações testadas.

**Palavras-chave:** flotação; óleo da castanha de macaúba; apatita

---

## **1. Introdução**

Dados do U.S. Geological Survey (USGS) apontam que a produção mundial de fosfato no ano de 2012 foi de 210.000 t, superando a produção de todos os anos anteriores. A China liderou a produção mundial, com 42,4% do total, seguida, em menor escala, por Estados Unidos, Marrocos, Rússia e Brasil. Estes países são responsáveis (juntamente com a Índia e a União Europeia, excluindo o Marrocos) por 70% do consumo mundial de fertilizantes (FONSECA e SILVA, 2013).

Os principais depósitos de fosfatos brasileiros, quando comparados aos da Flórida (Estados Unidos) e do Marrocos (de origem sedimentar), apresentam como diferença básica a presença de ganga carbonática associada à apatita, com teores

médios variando de 5 a 15% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A maior parte dos minérios de fósforo dessas rochas pertence ao grupo da apatita, representado pela fórmula: Ca<sub>5</sub>(F, Cl, OH)(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> – fosfato cristalino de cálcio com flúor, de cor variável, brilho vítreo, dureza cinco, densidade entre 3,1 a 3,2 g/cm<sup>3</sup>, apresentando fratura conchoidal. Em alguns casos, exibe fluorescência amarela-laranjada e termoluminescência branco-azulada. Quando bem cristalizada pode chegar ao estágio de ser considerada como gema e ser confundida com outros minerais (MONTE e PERES, 2010; SOUZA e FONSECA, 2009).

Para Monte e Peres (2010), a particularidade relacionada à ganga carbonática associada à apatita determinou que fossem definidos esquemas de reagentes específicos, constituindo-se em um dos grandes feitos da engenharia mineral brasileira, o que levou à consagração nacional e internacional do Prof. Paulo Abib Andéry, que desenvolveu o processo de concentração de apatita. Desde então, diversos trabalhos têm sido realizados a fim de se encontrar novos reagentes, principalmente coletores, para a flotação de apatita.

A finalidade básica do coletor é formar seletivamente uma camada hidrofóbica sobre a superfície mineral e, dessa forma, possibilitar condições para a fixação das partículas hidrofobizadas às bolhas de ar e conseqüente recuperação destas partículas na espuma. De acordo com Baltar (2008) os coletores podem ser aniônicos (sulfidrílicos ou oxidrílicos) ou catiônicos (aminas e seus sais). Dentre os oxidrílicos, pode-se destacar a família dos carboxílicos, que contém os ácidos graxos, que apresentam grande destaque na literatura como coletores no processo de flotação. Estes podem ser encontrados em óleos de origem vegetal e animal, por exemplo (BULATOVIC, 2007).

Costa (2012) lembra que, para que possam ser empregados como coletores na flotação mineral, os óleos vegetais necessitam ser convertidos em surfatantes. Geralmente, isto se dá transformando o óleo em uma mistura de sais de ácidos graxos (sabões), através da hidrólise alcalina (saponificação).

O processo de hidrólise alcalina dos óleos, mais conhecido como saponificação, consiste na hidrólise total ou parcial dos triglicerídeos, normalmente em meio aquoso e sob aquecimento (por vezes dispensável), tendo álcali (base) como catalisador. Os produtos resultantes da reação são moléculas de glicerol e a mistura de sais alcalinos de ácidos graxos ou os carboxilatos de sódio (OLIVEIRA, 2005).

Para Abdel-Khalek et al. (2014), os ácidos graxos são os coletores mais usados em flotação direta de minérios de fosfato. Ácidos graxos de cadeias longas e os seus sais são os mais extensivamente utilizados, sobretudo o ácido oleico saponificado (oleato de sódio).

O cerrado brasileiro apresenta uma enorme variedade de espécies vegetais oleaginosas que ainda não foram estudadas. A palmeira da macaúba, típica deste

bioma, pode ser encontrada em extensas áreas do território brasileiro. Esta espécie oferece utilidades em diversas áreas, tais como medicinal, alimentícia, cosmética etc. e tem despertado grande interesse socioeconômico por ser considerada uma das espécies com maior potencial de exploração econômica imediata em solo brasileiro. Tal fato deve-se à sua elevada capacidade de produção de óleo, bem como ao aproveitamento total dos coprodutos gerados. Além disso, seu sistema de cultivo é tido como sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômico. A tabela 1 apresenta o perfil de ácidos graxos do óleo da castanha de macaúba (OCM) segundo três autores diferentes. Notam-se os elevados teores de ácidos graxos (sobretudo, ácidos láurico e oleico).

Ácido graxo	Zuppa (2001)	Hiane <i>et al.</i> (2005)	Amaral <i>et al.</i> (2011)
Ácido Caprílico (C8)	7,40	5,96	5,22
Ácido Cáprico (C10)	4,40	1,79	4,56
Ácido Láurico (C12)	39,70	12,95	44,14
Ácido Mirístico (C14)	9,30	9,49	8,45
Ácido Palmítico (C16)	7,60	12,62	6,57
Ácido Palmitoleico (C16:1)	-	2,29	-
Ácido Esteárico (C18)	2,40	6,58	2,11
Ácido Oleico – $\omega$ 9 (C18:1)	25,80	40,17	25,76
Ácido <i>cis</i> 6, <i>cis</i> -9-octadecadienóico	0,70	-	-
Ácido Linoleico – $\omega$ 6 (C18:2)	2,70	5,91	3,19
Ácido Linolênico - $\omega$ 3 (C18:3)	-	1,92	-
Ácido Araquídico (C20)	-	0,30	-

Tabela 1 – Perfil de ácidos graxos da castanha de macaúba.

Guimarães *et al.* (2004) lembram que a crença no potencial coletor superior do ácido oleico remonta ao início da flotação de fosfatos, em que se realizavam estudos para encontrar coletores alternativos ao tall oil.

Diversos estudos têm sido realizados com o intuito de se identificar óleos vegetais que ofereçam novas opções de coletores aos já disponíveis no mercado. Dentre estes pode-se citar o trabalho de Costa (2012), que estudou óleos vegetais da Amazônia na flotação de apatita e calcita. Foram utilizadas a polpa de Buriti, com maior incidência dos ácidos oleico (70,55%) e palmítico (17,44%); a semente de Maracujá, com maior incidência dos ácidos linoleico (48,82%), oleico (28,94%) e palmítico (12,56%); a polpa de Inajá, com maior incidência dos ácidos oleico (49,90%), palmítico (21,27%) e linoleico (9,40%); a Castanha do Pará, com maior incidência dos ácidos oleico (47,02%), palmítico (18,13%), linoleico (15,20%) e esteárico (13,17%); a semente de Andiroba, com maior incidência dos ácidos oleico (51,47%), palmítico (31,28%) e esteárico (10,27%) e a polpa de Açaí, com maior incidência dos ácidos

oleico (61,55%), palmítico (21,75%) e linoleico (7,58%). Os resultados obtidos demonstraram que os óleos vegetais amazônicos representam uma alternativa aos coletores comumente utilizados na indústria mineral, sendo que alguns óleos (Buriti, Inajá, Andiroba e Açaí) atingiram a máxima recuperação de apatita (próximo de 100%) a partir da concentração de 2,5 mg/L.

Alves et al. (2013) realizaram um estudo utilizando o óleo de Babaçu e da semente de Maracujá como coletores na flotação da apatita. O óleo da semente de Maracujá apresentou maior recuperação da apatita na concentração 5,0 mg/L, enquanto que o óleo de Babaçu atingiu os mesmos valores somente na concentração 10,0 mg/L.

O presente trabalho visou avaliar a viabilidade técnica da utilização do OCM como coletor na microflotação de apatita em tubo de Hallimond. Uma vez que este novo reagente de flotação pode ser obtido a partir de fontes sustentáveis, pretendeu-se reduzir custos operacionais, preservar o meio ambiente, além de gerar novas fontes de renda e emprego para produtores deste fruto.

## **2. Materiais e métodos**

as amostras de apatita utilizadas nos testes de microflotação em tubo de Hallimond foram adquiridas em granulometria acima de 1,0 cm e, para a adequação granulométrica das mesmas, estas foram submetidas à moagem em moinho de bolas e peneiramento a úmido. Para a remoção de eventuais contaminações com material magnético na etapa de cominuição as amostras foram submetidas a uma separação magnética utilizando um ímã de terras raras com campo de 2.000 G.

De modo a estimar a pureza das amostras de apatita foi determinada a massa específica das amostras utilizando-se um picnômetro de 100 mL de volume interno. A análise química das amostras foi realizada em um espectrômetro de fluorescência de raios-X da Panalytical, modelo AXIOX MAX Série DY nº 5001.

O OCM utilizado foi obtido por prensagem mecânica a frio e caracterizado utilizando-se um cromatógrafo a gás modelo HP5890 da UFMG, equipado com detector por ionização de chamas. Utilizou-se uma coluna SP2380 (Supelco) de 30 m x 0,25 mm x 0,20 µm com gradiente de temperatura de 120°C em 1 min e de 7°C/min até 220°C; injetor (split de 1/50) a 250°C e detector a 250°C. Como gás de arraste foi utilizado hidrogênio com uma vazão de 2mL/min e volume de injeção de 2 µL. A identificação dos picos foi feita por comparação com padrões de ácidos graxos metilados SUPELCO37.

A caracterização química do OCM foi desenvolvida a partir dos procedimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008), que se fundamentam nos métodos da American Oil Chemists' Society (AOCS). Os seguintes índices foram determinados: índice de

saponificação (IS), matéria insaponificável (MI), índice de acidez (IA) e índice de iodo (II). Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

Antes de ser submetido aos ensaios de microflotação, fez-se necessário que o OCM passasse pelo procedimento de hidrólise alcalina (saponificação), de modo a torná-lo solúvel em água, e, com isso, contribuir para seu melhor desempenho como coletor. A saponificação foi realizada com a utilização de NaOH a 10%, seguindo a metodologia proposta pela Clariant para saponificação a frio. Nesta metodologia pesa-se 5 g do coletor em um béquer de 150 mL, previamente tarado contendo um bastão de agitação magnética. Adiciona-se 20 g de água destilada, dispendo o conjunto em um agitador magnético. Com a agitação ligada, adiciona-se 7,5 mL de hidróxido de sódio a 10% para saponificar a solução. Ao final retorna-se o conjunto para a balança e adiciona-se água destilada até atingir-se um peso total de 100 g. Coloca-se novamente o conjunto sob agitação para realizar a homogeneização da solução saponificada.

Os ensaios de microflotação foram desenvolvidos em um tubo de Hallimond modificado fabricado pela Hialoquímica, variando-se a concentração do coletor (2,5, 5,0, 7,5 e 10 mg/L), com pH 8. Os parâmetros operacionais adotados podem ser vistos na tabela 2.

<b>Condições</b>	<b>Valores</b>
Vazão de ar (cm <sup>3</sup> /min)	40
Pressão de ar (psi)	10
Tempo de condicionamento (min)	7
Tempo de flotação (min)	1
Massa do mineral (g)	1
Faixa granulométrica (µm)	-150+106
Solução coletora (mL)	320
Concentração do coletor (mg/L)	2,5; 5; 7,5; 10
pH	8

Tabela 2 – Variáveis operacionais adotadas nos testes de microflotação em tubo de Hallimond.

Os testes de microflotação em tubo de Hallimond foram realizados em triplicata e o procedimento operacional foi baseado em Costa (2012). O procedimento operacional consistia em:

1. Pesou-se 1,0 g de amostra de apatita com faixa granulométrica de -150+106

µm (-100+150#);

2. Introduziu-se a amostra de apatita e uma barra magnética na parte inferior do tubo de Hallimond;
3. A concentração do coletor e o pH da polpa eram ajustados no valor desejado;
4. Após a montagem das partes superiores do tubo condicionava-se a polpa por 7 minutos;
5. Adicionou-se 320 mL de água destilada pela parte superior do tubo de Hallimond e, após esta iniciou-se a flotação introduzindo ar em vazão e pressão conhecida durante 1 minuto;
6. Coletou-se o material flotado e o afundado e, após filtragem a vácuo, o material foi encaminhado para a estufa de secagem a 70°C por aproximadamente 9 horas;
7. Após a remoção da estufa de secagem o material foi deixado à temperatura ambiente por 3 horas;
8. Pesou-se o flotado e o afundado para o cálculo da recuperação de apatita.

Para fins de comparação com os resultados obtidos com OCM foram comparados com os resultados obtidos com Flotigam 5806, produzido pela empresa Clariant, que é um coletor amplamente utilizado pela indústria nos processos de flotação de rocha fosfática. O Flotigam 5806 foi submetido aos mesmos processos de saponificação e ensaios de microflotação em tubo de Hallimond adotados para o OCM.

### 3. Resultados e discussão

a massa específica das amostras, obtida pelo método do picnômetro foi de 3,198 g/cm<sup>3</sup>, cujo resultado confirma o exposto na literatura, em que consta que a massa específica da apatita pura varia entre 3,1 e 3,2 g/cm<sup>3</sup>. A tabela 3 detalha os principais óxidos encontrados e seus respectivos percentuais. Nota-se que a amostra utilizada neste estudo apresenta elevadas concentrações de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e CaO (92,54%), constituindo uma amostra com alto grau de pureza.

Óxido	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	BaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
%	40,50	0,07	0,94	0,06	0,38	52,04

Tabela 3 – Análise química da amostra de apatita por fluorescência de raios-X.

Os resultados da cromatografia gasosa (ROCHA, 2014) apontaram maiores concentrações de ácido láurico (34,30%) e ácido oleico (31,60%) no OCM utilizado.

Esta composição se assemelha àquela apresentada no trabalho de Zuppa (2001) e Amaral et al. (2011), mas não a obtida por Hiane et al. (2005), conforme pode ser visto na Tabela 4 e no Gráfico 1.

Ácidos Graxos	Zuppa (2001)	Hiane et al. (2005)	Amaral et al. (2011)	Rocha (2014)
Ácido Caprílico (C8)	7,4	5,96	5,22	3,83
Ácido Cáprico (C10)	4,4	1,79	4,56	3,29
Ácido Láurico (C12)	39,7	12,95	44,14	34,3
Ácido Mirístico (C14)	9,3	9,49	8,45	10,6
Ácido Palmítico (C16)	7,6	12,62	6,57	9,09
Ácido Palmitoleico (C16:1)	-	2,29	-	-
Ácido Esteárico (C18)	2,4	6,58	2,11	4,19
Ácido Oleico – $\omega$ 9 (C18:1)	25,8	40,17	25,76	31,6
Ácido <i>cis</i> 6, <i>cis</i> -9-octadecadienóico	0,7	-	-	-
Ácido Linoleico – $\omega$ 6 (C18:2)	2,7	5,91	3,19	3,07
Ácido Linolênico - $\omega$ 3 (C18:3)	-	1,92	-	0,15
Ácido Araquídico (C20)	-	0,3	-	-

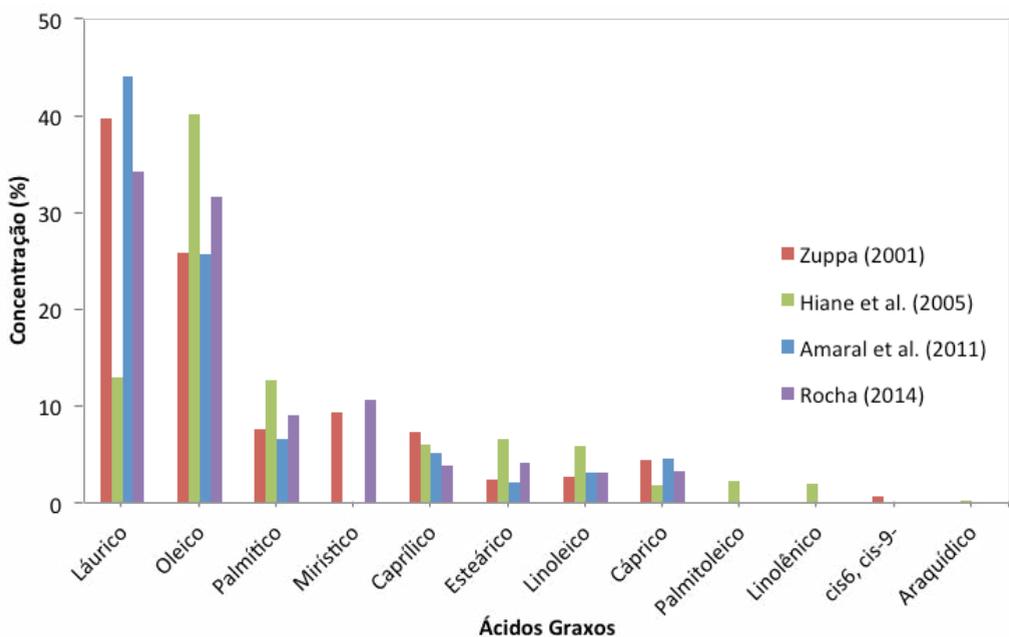


Tabela 4 – Perfil de ácidos graxos da castanha de macaúba.

Gráfico1 – Perfil de ácidos graxos da castanha de macaúba.

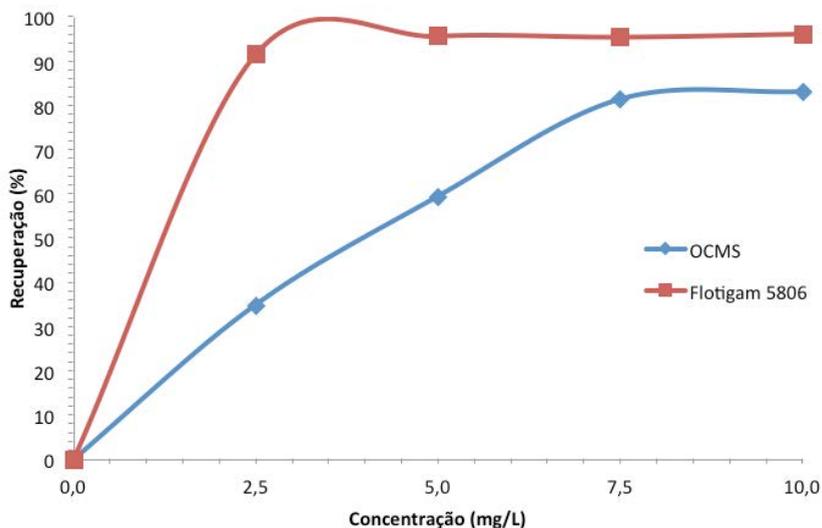
O índice de saponificação, que é a quantidade de hidróxido de potássio necessária para a saponificação dos ácidos graxos em 1 g de amostra, encontrado para o OCM foi de 202,40 mg KOH / g de óleo. Este resultado condiz com o obtido por Melo (2012), que foi de 192,7 mg KOH / g de óleo.

A matéria insaponificável para o OCM foi de 1,61%, que mostra que o OCM não contém apenas ácidos graxos, mas também outras substâncias, sendo que estas não puderam ser saponificadas pelo método utilizado.

O valor do índice de acidez obtido para o OCM foi de 16,72 mg de KOH / g de óleo, o que sugere que este óleo possui quantidade de ácidos graxos livres em sua composição superior aos encontrados dentre os óleos vegetais de frutos amazônicos, conforme o estudo de Costa (2012).

Em relação ao índice de iodo, quando comparado aos resultados dos óleos de frutos amazônicos do estudo de Costa (2012), o OCM apresentou valor relativamente baixo (39,44 g de I / g de óleo). A explicação para isso pode estar na composição do OCM, que apresenta altas concentrações de ácidos graxos saturados.

O Gráfico 2 apresenta a recuperação de apatita para os dois coletores (OCM e Flotigam 5806) no pH 8, com quatro faixas de dosagem. Os resultados obtidos



mostram que o OCM obteve resultados de recuperação de apatita menores que o Flotigam 5806 para todas as concentrações. O OCM apresentou suas maiores recuperações nas concentrações 7,5 e 10,0 mg/L.

A baixa recuperação observada para o OCM pode decorrer da sua composição em ácidos graxos, visto que a literatura ressalta o desempenho superior dos ácidos graxos insaturados sobre os saturados, no que tange a seletividade. Brandão et al. (1994), que também realizaram testes de microflotação em tubo de Hallimond com amostras de apatita, demonstraram que os ácidos graxos insaturados apresentaram melhores resultados em detrimento aos saturados.

## **4. Conclusões**

verifica-se que o óleo da castanha de macaúba saponificado (OCM) apresentou boa recuperação nas concentrações 7,5 e 10,0 mg/L para o pH 8, confirmando, dessa forma, seu potencial como coletor na microflotação de apatita. Todavia, ao ser comparado ao Flotigam 5806 (coletor que já é utilizado industrialmente na flotação de rocha fosfática) o OCM apresentou recuperações menores em todas as concentrações testadas, não se mostrando assim competitivo neste aspecto.

Uma vez que o OCM apresenta maiores concentrações de ácido láurico (saturado) e oleico (insaturado), a ação conjunta destes ácidos, assim como dos outros ácidos com teores menores na composição do óleo, pode ter influenciado para que estes resultados ficassem relativamente abaixo de outros estudos, como o de Costa (2012), por exemplo, que, embora tenha verificado a ação de frutos amazônicos com valores de pH ligeiramente diferentes, obteve altas taxas de recuperação da apatita a partir da concentração 2,5 mg/L para a maioria dos coletores testados.

## **5. Agradecimentos**

os autores agradecem ao apoio financeiro, imprescindível para o desenvolvimento do presente trabalho, das agências brasileiras de fomento à pesquisa CNPq, CAPES, FAPEG e FUNAPE, à empresa Anglo American Fosfatos do Brasil e à Universidade Federal de Goiás, pelo apoio dado ao mesmo.

## UTILIZATION OF THE MACAÚBA'S NUT OIL AS COLLECTOR IN THE MICROFLOTATION OF APATITE

**Abstract:** Macaúba (*Acrocomia Aculeata*) is a palm tree typical of the Brazilian savanna with great socioeconomic interest due to its high capacity of vegetable oil production with high levels of fatty acids. This paper evaluated the technical viability of macaúba's nut oil (MNO) as a collector in apatite's micro flotation in Hallimond tube, being the oil chemically characterized and saponified before its utilization. Tests were performed at pH 8 with variations in the collector concentration (2.5, 5.0, 7.5 e 10 mg/L). To compare the obtained results with MNO another collector made by Clariant, Flotigan 5806, was used in the same tests conditions. Results shows that MNO reached the highest recoveries rates of apatite in the concentrations 7.5 and 10 mg/L. However, when compared to Flotigan 5806, the MNO was not competitive, showing lower recoveries at all concentrations tested.

**Keywords:** froth flotation, macaúba's nut oil, apatite.

---

## Referências bibliográficas

ABDEL-KHALEK, N. A., SELIM, K. A., ABDALLAH, M. M., EL-BELLIHI, A. A., BAYOUMY, W. A. **Flotation of Egyptian Newly Discovered Fine Phosphate Ore of Nile Valley.** In: Proceedings of the International Conference on Mining, Material and Metallurgical Engineering. Prague, Czech Republic, 2014.

ALVES, A.; COSTA, D.; MEIRELES, A.; QUEIROZ, R.; PERES, A. E. C. **Aplicabilidade dos óleos de maracujá (*Passiflora Edulis*) e babaçu (*Orbignya Phalerata*) na flotação de apatita, calcita e quartzo.** In: XXV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa e VIII Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology. Goiânia, 2013.

AMARAL, F.P.; BROETTO, F.; BATISTELLA, C. B.; JORGE, S. M. A. **Extração e caracterização qualitativa de óleo de polpa e amêndoas de frutos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. Ex Mart] coletada na região de Botucatu, SP.** Revista Energia na Agricultura, Botucatu, v.26, n.1, p.12-20, 2011.

BALTAR, C. A. M. **Flotação no Tratamento de Minérios.** 1. ed. Recife, BRASIL: Departamento de Engenharia de Minas/UFPE, 2008.

BULATOVIC, S. M. **Handbook of Flotation Reagents: chemistry, theory and practice: flotation of sulfide ores**. Elsevier Science & Technology Books. Volume 1, 2007.

COSTA, D. S. **Uso de Óleos Vegetais Amazônicos na Flotação de Minérios Fosfáticos**. 2012. 191 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

FONSECA, D. S.; SILVA, T. H. C. **Sumário Mineral Brasileiro – Fosfato**. Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, Brasília, p. 148, 2013.

GUIMARÃES, R. C. ARAÚJO, A. C. PERES, A. E. C. **Reagents in igneous phosphate ores flotation**. Minerals Engineering. 18, 199-204, 2004.

HIANE, P. A.; RAMOS FILHO, M. M.; RAMOS, M. I. L.; MACEDO, M. L. R. **Bocaiuva, Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd., pulp and kernel oils: Characterization and fatty acid composition**. Brazilian Journal of food technology. 8, 256-259, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.

MELO, P. G. **Produção e caracterização de biodiesel obtidos a partir da oleaginosa macaúba (Acrocomia Aculeata)**. 93 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

MONTE, M. B. de M.; PERES, A. E. C. **Química de superfície na flotação**. In: LUZ, Adão Benvindo da et al. (Ed.). Tratamento de Minérios. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

OLIVEIRA, J. **Grau de Saponificação de Óleos Vegetais na Flotação Seletiva de Apatita de Minério Carbonatítico**. 187 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

SOUZA, A.; FONSECA, D. **Economia Mineral do Brasil - Fosfato**. Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, Brasília, 2009.

ZUPPA, Tatiana de Oliveira. **Avaliação das Potencialidades de Plantas Nativas e Introduzidas no Cerrado na Obtenção de Óleos e Gorduras Vegetais**. 2001. 116 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.