



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Influência da origem de alguns coletores compostos por ácidos graxos nas características de espuma e desempenho na flotação de um minério fosfatado.

Trabalho de formatura apresentado ao Departamento de Engenharia de Minas da EPUSP

José Antonio Sbrissa Tortorelli

Prof. Orientador: Laurindo de Salles Leal Filho

1993

EPMI
TF-1993
T638i
Syms 1587471



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Informações de origem de alguns coletores, compostos por dados
fornecidos nas características de espessura e desenvolvimento no plano de um
retrato.

Informações de origem de alguns coletores, compostos por dados
fornecidos nas características de espessura e desenvolvimento no plano de um
retrato.

João Antônio Ribeiro Tortorella

M 19938

DEDALUS - Acervo - EP-EPMI



31700005930

Agradecimentos

À Fوسفertil S.A. pela cessão do minério e realização das análises químicas.

À Comel Doro Ltda. pela cessão dos reagentes.

Ao Prof. Wildor Theodore Hennies

Ao Prof. Laurindo de Salles Leal Filho.

Aos técnicos do laboratório de tratamento de minérios da EPUSP
Alfredo dos Santos Freitas e Celso Pinto Braga pela contribuição dada na realização dos ensaios.

Ao Prof. Henrique Kahn pela execução das análises de difração de raios-X

À bibliotecária Maria Cristina Martinez Bonesio pela ajuda prestada na normalização da bibliografia.

Abstract

This work tries to investigate the role played by the nature of some natural oils in the direct anionic flotation of a phosphate ore from Tapira-MG.

Four different natural oils (soy bean (s), grape seeds (g), tall-oil (t) and a mixture of soy and grape (sg)) were tested in laboratory scale by using batch flotation experiments and characterization of their froth by means of an specific apparatus named Modified Ross-Miles test.

The results showed a strong influence between the nature and the performance of the the natural collectors.

From flotation data, in order to obtain a 33% P_2O_5 concentrate grade, it was possible to observe the following P_2O_5 recoveries: 46% (s), 52% (g), 62% (t), 69% (sg). Remarkable is the synergism observed between (g) and (s) oils either at Modified Ross-Miles frothing test or at flotation tests.

Resumo

Este trabalho tenta investigar a influência da natureza de alguns óleos naturais na flotação aniônica direta de um minério fosfatado de Tapira-MG.

Quatro óleos naturais diferentes (soja (s), uva (u), tall-oil (t) e uma mistura de óleos de soja e uva (su)) foram testados em escala de laboratório através de ensaios de flotação em bancada e ensaios de espumamento em um aparato específico denominado teste Ross-Miles Modificado.

Os resultados mostraram uma forte influência entre a natureza do óleo e seu desempenho como coletor.

Dos resultados obtidos na flotação observou-se que, para um teor de P_2O_5 da ordem de 33% de P_2O_5 , os óleos apresentavam as seguintes recuperações: 46% (s), 52% (u), 62% (t), 69% (su).

Foi notável o sinergismo observado entre os óleos (s) e (u) tanto nos testes de espumamento como nos de flotação.

Índice

1.	Introdução	2
2.	Revisão Bibliográfica:	
2.1	Ácidos Graxos	3
2.2	Caracterização de Ácidos Graxos	6
2.3	Parâmetros de espuma	7
3.	Objetivos e Relevância	9
4.	Materiais e Métodos:	
4.1	Caracterização do minério	10
4.2	Reagentes Utilizados	12
4.3	Ensaio de flotação	13
4.4	Ensaio de espumamento	14
5.	Resultados e discussão:	
5.1	Desempenho dos coletores na flotação em escala de bancada	16
5.2	Caracterização de espuma gerada em ensaios trifásicos	22
6.	Conclusão	25
7.	Bibliografia	26
	Anexo1 (Tabelas dos resultados)	28
	Anexo2 (Difratoograma)	32

Introdução (1)(2)(3)

A prática usual de beneficiamento para minérios de fosfato de origem ígnea comumente utiliza a flotação aniônica direta da apatita como a principal operação unitária de concentração. A eficiência desta operação, por sua vez, está diretamente relacionada ao desempenho dos reagentes utilizados. No Brasil, temos o uso predominante de:

- i. Coletores: Ácidos graxos de tall-oil, soja, arroz, etc.
- ii. Modificadores: Amido de milho gelatinizado e soda cáustica.
- iii. Auxiliares de coleta: Nonil fenol etoxilado, álcoois graxos etoxilados, etc.

O uso generalizado dos ácidos graxos como coletores de minerais oxidados semi-solúveis como é o caso da apatita é devido principalmente à sua grande capacidade de coleta, alta disponibilidade e baixo custo. Por outro lado, estes coletores apresentam baixa seletividade e têm a sua eficiência fortemente influenciada pelas características da cadeia hidrocarbônica, como número de carbonos, grau de saturação, etc. Tais características estão associadas ao tipo de ácido graxo utilizado na flotação.

Os produtos desta natureza disponíveis no mercado são constituídos por misturas de diferentes ácidos graxos, além de outras substâncias. A composição destas misturas varia em função da origem dos produtos. O tall-oil, por exemplo, é constituído predominantemente pelos ácidos oléico, linoléico e resínicos, enquanto que o óleo de linhaça tem uma grande participação do ácido linolênico em sua constituição.

Este trabalho visa investigar a influência da origem de alguns coletores compostos por ácidos graxos tanto no desempenho da flotação de um minério fosfatado de Tapira-MG, como também na natureza da espuma gerada tais produtos em sistemas trifásicos (ar, minério e solução).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ácidos Graxos

Ácidos graxos são coletores oxidrflicos onde a parte apolar da molécula é formada por uma cadeia hidrocarbônica ligada a um radical carboxila. Tais reagentes possuem, em geral, cadeia linear e número par de átomos de carbono. Os ácidos graxos com 12 a 18 átomos de carbono e seus sais sódicos têm sido largamente utilizados como coletores aniônicos para não-sulfetos, particularmente os oxi-minerais e similares.(4)

As espécies mais comuns de ácidos graxos usados na flotação são:

C ₁₁ H ₂₃ COOH	Ácido láurico
C ₁₃ H ₂₇ COOH	Ácido mirístico
C ₁₅ H ₃₁ COOH	Ácido palmítico
C ₁₇ H ₃₅ COOH	Ácido esteárico
C ₁₇ H ₃₃ COOH	Ácido oléico
C ₁₇ H ₃₁ COOH	Ácido linoléico
C ₁₇ H ₂₉ COOH	Ácido linolênico
C ₁₉ H ₂₉ COOH	Ácido resnício

O caráter hidrófobo e a atividade superficial dos carboxilatos de uma mesma série homóloga aumentam quando o número de átomos de carbono na cadeia aumenta. Consequentemente, a quantidade de carboxilato necessária para se obter a mesma flotabilidade ou recuperação diminui com o aumento ou comprimento da cadeia hidrocarbônica.(2,4)

Além do aumento do poder de coleta dos carboxilatos com o aumento da cadeia hidrocarbônica, observa-se, também, que os ácidos graxos (e seus sabões alcalinos) insaturados são coletores mais eficientes que os saturados de mesmo número de átomos de carbono.(2,4)

Também é importante considerar a número de duplas ligações presentes na cadeia hidrocarbônica dos carboxilatos. Com objetivo de estabelecer uma correlação entre o poder de coleta e o grau de insaturação dos mesmos, vários pesquisadores já empregaram os ácidos: esteárico, oléico, linoléico e linolênico em testes de flotação(ou microflotação) de diferentes amostras minerais. Entretanto não houve consenso entre os resultados obtidos pelos diferentes pesquisadores e, portanto, o assunto ainda é objeto de estudos.(2,6)

Os sabões dos principais ácidos graxos componentes do tall-oil foram testados, individualmente, por Hsieh (5), como coletores para uma fluorapatita metamórfica e duas apatitas sedimentares. Hsieh observou que os coletores mais eficientes foram: oleato, linoleato e linolenato. Entretanto, a eficiência relativa destes sabões variava conforme a natureza da apatita. A ordem decrescente de poder de coleta, para a fluorapatita metamórfica, foi: oleato, linoleato e linolenato. E, para as apatitas sedimentares foi linoleato, oleato e linolenato. Este comportamento foi atribuído a diferenças na textura e na composição química dos minerais. Os sais dos ácidos eláidico e ricinoléico, bem como os sais dos ácidos graxos insaturados não foram bons coletores para os dois tipos de apatita. Hsieh atribuiu o fato do elaidato e dos sabões de ácidos graxos saturados com mais de 12 átomos de carbono não terem sido bons coletores a seus pontos de fusão elevados e a possibilidade de formação de ácido graxo ou sabão insolúveis. A justificativa para o baixo poder de coleta do ricinoleato foi a presença de um grupo OH na sua cadeia hidrocarbônica, fazendo decrescer a sua hidrofobicidade. (2)

Os ácidos graxos formam sabões muito insolúveis com metais alcalino-terrosos, servindo assim como coletores para minerais como apatita, barita, calcita, fluorita, etc. Por outro lado, sua utilização em água dura causa a precipitação desses sabões, aumentando muito o consumo de reagentes e diminuindo a seletividade.(4)

Os sabões podem ser preparados através da neutralização dos ácidos graxos, obtidos por hidrólise do óleo ou gordura com água ou por outros processos (2,7):



Geralmente, utiliza-se hidróxido de sódio para neutralizar os ácidos graxos (ou saponificar as gorduras). Mas, algumas vezes, é usado o hidróxido de potássio ou uma mistura dos hidróxidos de sódio e potássio, ou ainda, carbonatos de sódio e de potássio, amônia e várias bases orgânicas nitrogenadas (como por exemplo, as etanolaminas). Os sais de ácidos graxos de outros metais são consideravelmente insolúveis em água.(2,7)

O processo de saponificação mais rudimentar consiste em adicionar ao óleo, um excesso de soda cáustica, e aquecer a mistura durante um tempo prolongado (vários dias). Este prolongado aquecimento pode levar à decomposição de alguns componentes dos óleos, principalmente aqueles da fração insaponificável.(2,7)

A saponificação dos óleos ocorre em etapas, isto é, forma-se primeiro um diacilglicerol, depois um monoacilglicerol e, finalmente, o glicerol é formado.

A velocidade de saponificação aumenta com a temperatura. Uma vez que as gorduras e soluções aquosas de soda cáustica são imiscíveis na faixa de temperatura que pode ser atingida na pressão atmosférica, alguns processos utilizam temperaturas que só poderiam ser atingidas em soluções aquosas através do uso de pressões elevadas.(2,7)

Uma maneira de minimizar a quantidade de óleo não reagida é realizar a saponificação em duas etapas. Na primeira etapa, é adicionado um excesso de óleo, de modo a obter uma lixívia com o mínimo de álcali livre. Na segunda etapa, completa-se a saponificação, usando um excesso de álcali. A lixívia contendo este excesso retorna à primeira etapa.(2,7)

2.2 Caracterização de ácidos graxos (1) (2)

A caracterização dos óleos e gorduras pode ser realizada por métodos analíticos que permitem a determinação de índices que expressam suas propriedades químicas. Dentre esses índices podemos citar:

Índice de acidez: É o número de mg de KOH necessário para neutralizar os ácidos graxos livres contidos em um grama de amostra.

Índice de saponificação: É o número de mg de KOH necessário para neutralizar os ácidos graxos livres e saponificar os ácidos esterificados, contidos em um grama de amostra.

Índice de breu: É o teor de ácidos resínicos ou calofônicos existentes na amostra. Pode ser determinado por volumetria (titulação com KOH) ou potenciometria.

Matéria insaponificável: O conjunto de todos os constituintes dos óleos que não são saponificáveis por KOH e que são solúveis em éter de petróleo ou outro solvente indicado pelo método analítico utilizado na determinação.

Índice de iodo: É o número de gramas de halogênio, expresso em iodo que reage com 100 gramas de amostra. Este índice fornece o grau de insaturação de um óleo.

Índice de peróxido: É o conteúdo de oxigênio reativo, em termos miliequivalentes de oxigênio ou milimoles de peróxido por 1000g de amostra. Este índice é uma medida do grau de oxidação de um óleo.

A composição dos óleos, em termos de ácidos graxos constituintes, pode ser obtida por técnicas cromatográficas.

2.3 Fatores que afetam a estabilidade de espumas

Os fatores que afetam a estabilidade de espumas são a drenagem de líquido na lamela, a difusão de gás através da mesma, a viscosidade superficial e a espessura da dupla camada elétrica.(8)

A drenagem do filme pode ocorrer sob influência da gravidade e/ou tensão superficial. A drenagem por influência da gravidade é importante quando as lamelas são grossas e por efeito da tensão superficial quando são finas. A viscosidade da solução espumante é o principal fator determinante da velocidade de drenagem por gravidade em lamelas espessas. A drenagem por diferença de tensão superficial depende da diferença de pressão em vários pontos da lamela. Quanto maior o tamanho da bolha na espuma, maior a tensão superficial da solução na lamela e maior a diferença de pressão causando drenagem.(8,9)

Outro fator determinante da estabilidade da espuma é a velocidade de difusão de gás de uma bolha para a outra através da lamela que as separa. A transferência de gás deve ocorrer através dos poros aquosos entre as moléculas do surfactante na superfície dos filmes. Um maior empacotamento das moléculas de surfactante no filme fará decrescer a velocidade de difusão do gás entre as bolhas. A resistência interfacial para difusão do gás aumenta com o aumento do número de átomos de carbono no grupo hidrofóbico do surfactante e com o decréscimo da massa molecular do grupo hidrofílico.(8,9)

A repulsão eletrostática entre os dois lados do filme da lamela pode evitar o seu afinamento pelo menos no caso de surfactantes iônicos. A adição de eletrólitos causa compressão das duplas camadas elétricas associadas com a superfície do filme, decrescendo a mútua repulsão e diminuindo a estabilidade da espuma.
(8,9)

Muito do conhecimento hoje disponível sobre o comportamento de espumas está baseado em sistemas bifásicos, isto é, sistemas compostos apenas por ar e solução. A flotação, por outro lado, envolve um sistema trifásico, composto pelo ar, solução e partículas dos minerais. Dudenkov e colaboradores (10) chamam muita atenção para este fato, apresentando dados bastante convincentes sobre o papel exercido pelas partículas sólidas no volume, forma, tempo de quebra e grau de mineralização da espuma formada em sistemas de flotação. Leal Filho (11), estudou a influência de

alguns parâmetros como tensão superficial e concentração de reagentes com a altura de espuma gerada em sistemas trifásicos de espuma na flotação do fosfato de Jacupiranga, SP. Tais estudos mostraram que tanto a concentração dos reagentes como a tensão superficial foram capazes de alterar consideravelmente tanto o volume de espuma gerado como o diâmetro das bolhas e sua mineralização. Para que tal estudo fosse executado, foi proposta a utilização de um ensaio tecnológico específico, que será adotado na parte experimental deste trabalho.

3. Objetivos e relevância

A flotação de fosfatos no Brasil utiliza predominantemente os ácidos graxos como coletores. Sendo estes reagentes de origem natural (soja, uva, arroz, etc...) é muito importante estudar a influência de tal origem no desempenho dos coletores.

Para que este estudo seja executado é necessário que sejam cumpridos os objetivos:

- i. Avaliar o desempenho dos coletores de diferentes origens, tanto em ensaios de flotação quanto em ensaios de geração de espumas.
- ii. Investigar a influência da origem destes coletores no desempenho da flotação e na geração de espuma.

4. Materiais e Métodos

4.1 Caracterização do Minério

O minério utilizado nos ensaios de flotação é procedente da mina de Tapira, MG, cujos direitos de lavra pertencem à Fosfertil S.A.. Tal minério é classificado pela mesma empresa como sendo do tipo 'friável' e foi recomendado para o presente trabalho. A obtenção de amostras foi executada pela própria Fosfertil, que também executou os processos de britagem, peneiramento, moagem e deslamagem visando colocar o minério nas exatas condições granulométricas com que é alimentado na usina de flotação.

As atividades de caracterização consistiram de análises:

- i. Granulométricas, executadas por peneiramento a úmido;
- ii. Mineralógicas qualitativas, realizadas por difratometria de raios-X;
- iii. Químicas, realizadas por via úmida pela Fosfertil S.A..

O minério apresenta distribuição granulométrica descrita abaixo:

Fração	%retida
+ 35#	6.07
-35 + 48#	5.72
-48 + 65#	12.60
-65 + 100#	24.37
-100 + 150#	16.48
-150 + 200#	10.86
-200 + 270#	12.48
-270 + 400#	5.95
-400#	5.47

(abertura das peneiras em Mesh Tyler)

Através destes dados, podemos verificar que o minério se encontra bitolado entre 28 e 400#, sendo que a fração abaixo de 400# é de apenas 5.47% da massa total, o que não chega a interferir no processo de flotação.

A análise da mineralogia, realizada por difração de raios-X indicou os principais minerais constituintes da amostra:

Mineral de minério: Apatita

Minerais de ganga: Vermiculita, Quartzo, Diopsídio, Schorlomita, Perovskita, Calcita, Anatásio, Flogopita e outros minerais em menor escala.

A análise química do minério, realizada por via úmida, para a determinação do teor de P_2O_5 forneceu os resultados:

Fração	Teor (% P_2O_5)
+ 35#	2.75
-35 + 48#	6.53
-48 + 65#	9.42
-65 + 100#	10.45
-100 + 150#	10.53
-150 + 200#	11.05
-200 + 270#	12.23
-270 + 400#	12.05
-400#	11.52

(abertura das peneiras em Mesh Tyler)

Conforme observado nos dados apresentados, as frações mais ricas do minério estão abaixo de 65# (Mesh Tyler), indicando um gradual enriquecimento até a faixa de 400# (Mesh Tyler), quando o teor de P_2O_5 começa a cair.

Concluimos também das informações apresentadas que o teor médio de P_2O_5 na alimentação é de 10.08%, o que indica a presença de 24% de apatita na amostra, sendo os 76% restantes compostos por minerais de ganga.

Não foi executado o ensaio de liberação uma vez que a própria Fosfértil processa o minério 'friável' na mesma granulometria.

4.2 Reagentes Utilizados

a) Coletores:

- i. Óleo de Uva;
- ii. Óleo de soja;
- iii. Mistura de óleos de soja e uva, denominada sojuva;
- iv. Tall-oil

Os óleos i, ii e iii foram fabricadas pela empresa Comel Doro Ltda. O tall-oil foi fabricado pela Enzo Gutzeit - Finlândia.

b) Depressor: Amido de Milho Colamil, produzido pela Refinação de Milho Brasil.

c) Reguladores de PH: Hidróxido de sódio P.A. produzido pela Merck.

4.3 Ensaio de Flotação

Os ensaios de flotação foram realizados em uma célula CIMAQ, modelo CFB1000, conforme o procedimento proposto pela Fosfertil para a flotação do minério friável.

O procedimento consistia inicialmente em condicionar 1000g de minério em uma cuba de 3.0 litros, a uma porcentagem de sólidos de 60%, com amido gelatinizado a uma concentração de 2% e dosagem de 400g/t durante 5.0 minutos, a uma rotação de 900rpm. Após o condicionamento com o depressor, o minério era condicionado com o coletor na dosagem desejada durante 2.0 minutos, na mesma rotação e porcentagem de sólidos.

Uma vez condicionado o minério, a polpa tinha a sua porcentagem de sólidos reduzida para 30%, a rotação da célula era aumentada para 1400rpm e o ar era admitido no sistema, iniciando-se a flotação rougher. O produto desta flotação era colocado em uma cuba de 1500ml, o nível de célula era completado com água e o minério era flotado novamente para se obter um concentrado mais enriquecido em apatita (cleaner).

Após a flotação os produtos obtidos eram filtrados a vácuo, secados, pesados e enviados para análises químicas no laboratório da Fosfertil em Tapira-MG.

Cada ensaio de flotação gerava três produtos: concentrado final, rejeito rougher e rejeito cleaner.

4.4 Testes de Espumamento

Os testes de espumamento foram realizados no aparato Ross-Miles Modificado que consiste em uma coluna graduada de vidro, com diâmetro interno de 0.05m e altura de 0.90m.(Foto 1)

A coluna possui em sua entrada, um recipiente cilíndrico que tem por função receber a polpa e conduzi-la para o interior da coluna.

O teste de espumamento consistiu em se condicionar 500g do minério nas mesmas condições dos ensaios de flotação. A dosagem de coletor era determinada em função dos resultados metalúrgicos obtidos nos testes de flotação previamente executados. Escolhia-se a concentração de coletor que proporcionava a melhor recuperação de apatita no concentrado.

Uma vez condicionado o minério com o depressor e o coletor, a polpa era avolumada para 1500ml e colocada no aparato Ross-Miles Modificado. Durante a execução dos testes, realizavam-se medições de: volume total de espuma gerada, tempo de quebra, distribuição do diâmetro das bolhas geradas e diâmetro máximo de bolha.



Foto 1: Aparato Ross-Miles Modificado

5. Resultados e discussão

5.1 Desempenho dos coletores na flotação em escala de bancada.

O desempenho dos quatro coletores testados na flotação do minério 'friável' de Tapira é apresentado nas figuras 1 e 2.

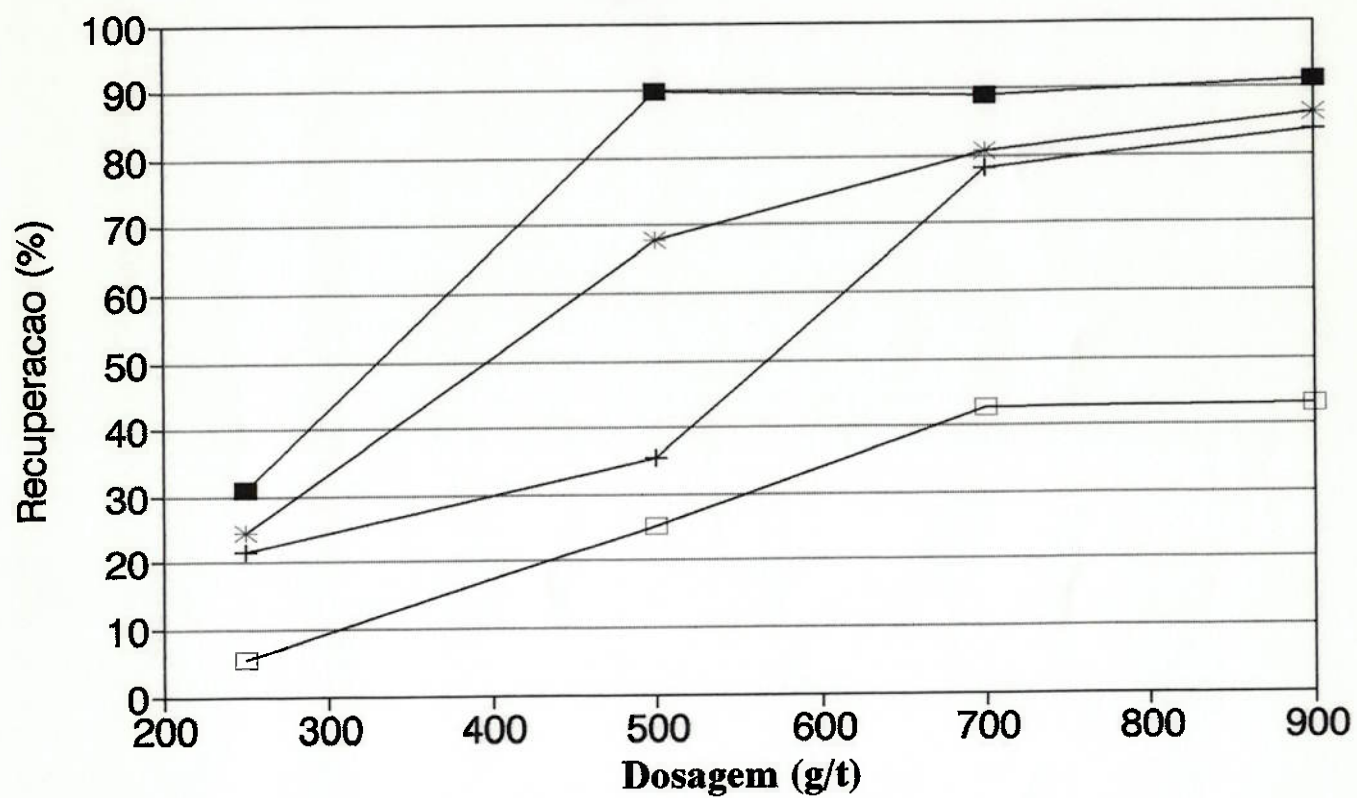
A influência da dosagem dos coletores versus recuperação de P_2O_5 está ilustrada na figura 1, onde se observa marcantes diferenças no desempenho dos reagentes em função de sua origem. Através da interpolação nesta mesma figura, é possível verificar que, para obtenção de uma recuperação de P_2O_5 da ordem de 45%, foi necessária utilizar:

- i. 900g/t de óleo de uva
- ii. 600g/t de óleo de soja
- iii. 450g/t da mistura soja+uva
- iv. dosagens inferiores a 125g/t de tall-oil

Estes resultados sugerem a existência de forte influência da origem dos coletores sobre o seu desempenho.

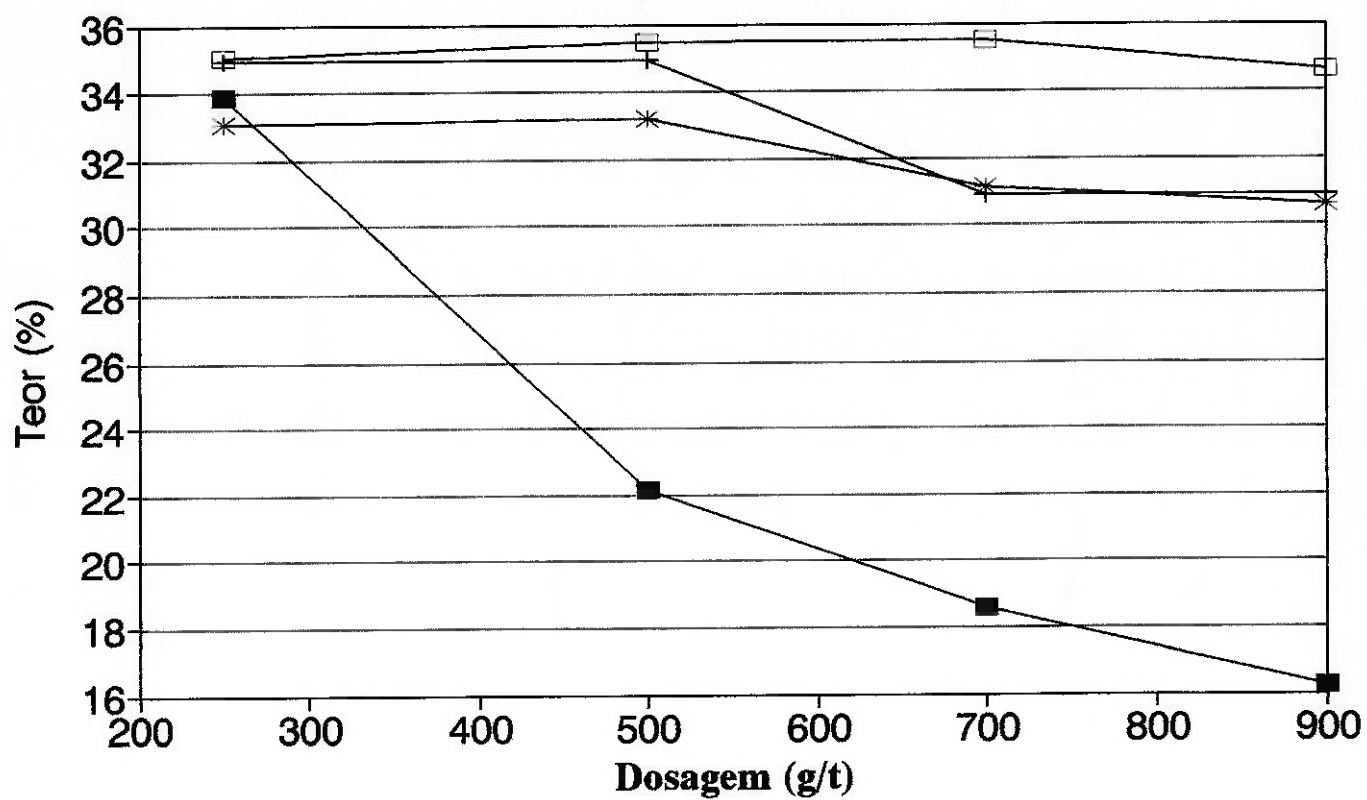
Através das figuras 1 e 2 podemos ainda observar que o coletor à base de óleo de uva proporciona os concentrados com mais altos teores de P_2O_5 , porém as recuperações por ele alcançadas são muito baixas. Por outro lado, o coletor à base de tall-oil proporcionava as mais altas recuperações, mas com teores muito baixos.

Figura 1



—■— Tall-oil —+— Soja —*— Sojuva —□— Uva

Figura 2



—■— Tall-oil —+— Soja —*— Sojuva —□— Uva

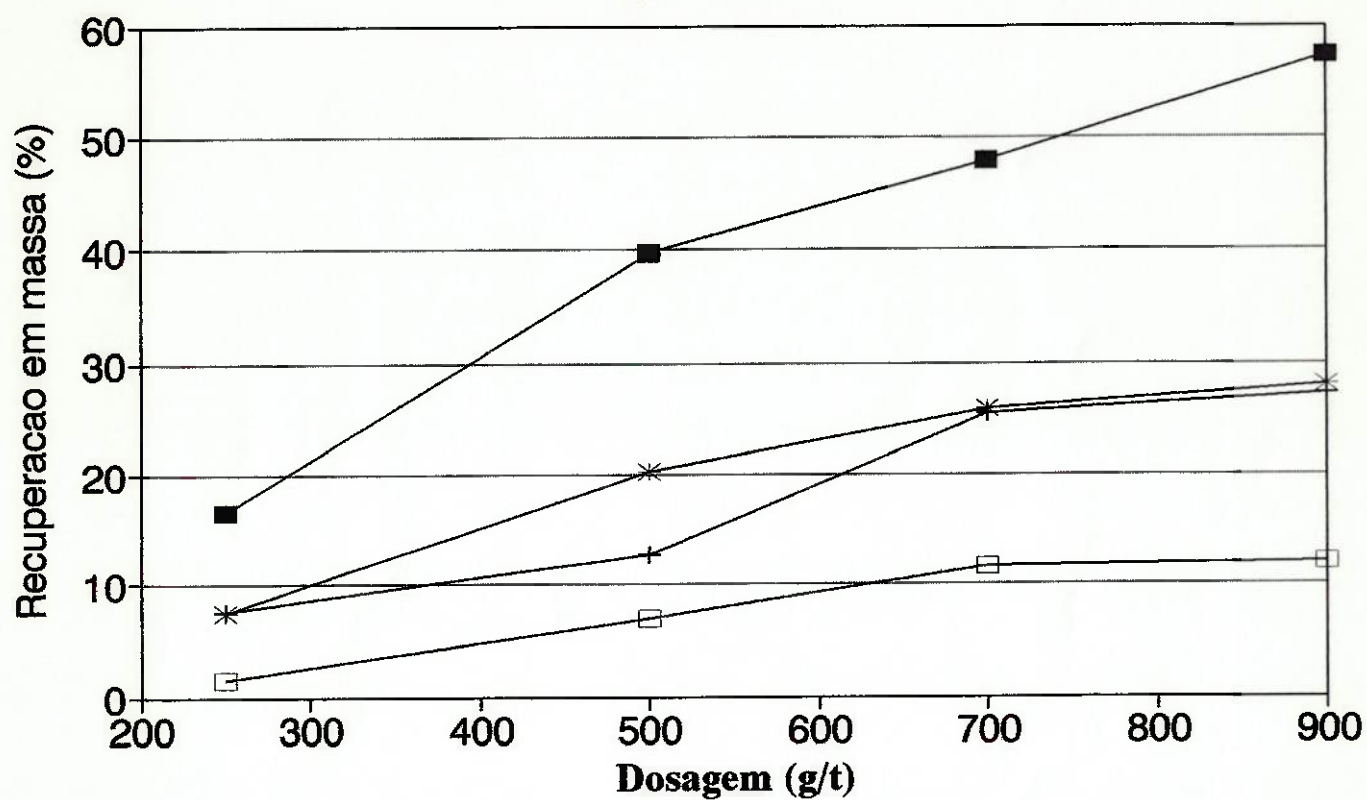
A representação gráfica dos dados desta forma não nos permite visualizar com clareza qual o coletor mais eficiente. Para que pudéssemos analisar os dados de forma conclusiva, foi necessária a representação dos resultados na forma de gráficos de recuperação em massa de concentrado versus dosagem de coletor e ainda recuperação de P_2O_5 versus teor de P_2O_5 (figuras 3 e 4).

Através da figura 3 selecionaram-se os ensaios que apresentaram um rendimento mássico na faixa de 12.5%. Com os resultados destes ensaios construiu-se a figura 4. Nesta figura verifica-se que para um teor de P_2O_5 da ordem de 33%, obtiveram-se as recuperações de P_2O_5 abaixo:

Coletor	Recuperação de P_2O_5 (%)
Soja	46
Uva	52
Tall-oil	62
Soja+Uva	69

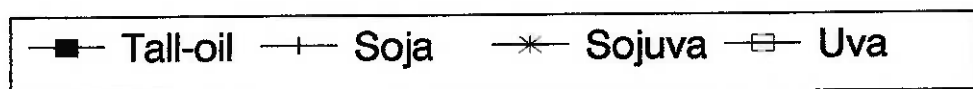
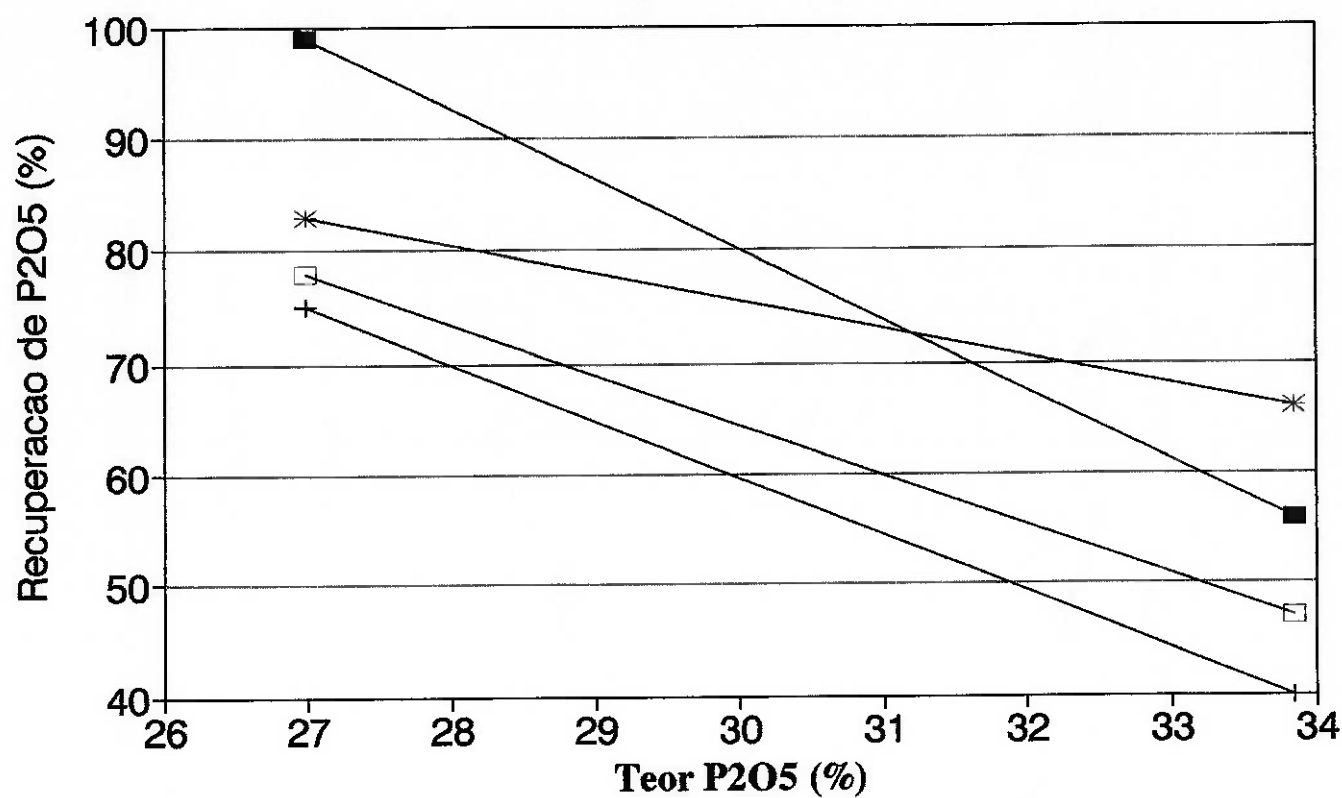
Estes resultados mostram um desempenho bastante medíocre dos coletores compostos por óleo de soja e uva, todavia o sinergismo entre estas duas espécies produziu excelentes resultados.

Figura 3



—■— Tall-oil —+— Soja —*— Sojuva —□— Uva

Figura 4



5.2 Caracterização de espuma gerada em ensaios trifásicos

Selecionando-se as dosagens de coletor próximas àquelas que proporcionaram os melhores resultados metalúrgicos, executaram-se ensaios trifásicos de geração de espuma, utilizando-se tais dosagens ótimas:

tall-oil: 300g/t
soja: 500g/t
sojuva: 500g/t
uva: 1100g/t

Os resultados são apresentados abaixo. Na figura 5, está apresentada a variação do volume de espuma em função do tempo.

Coletor	Tamanho Máximo de Bolha	Distribuição dos tamanhos
tall-oil	8.0mm	$0.8 < d < 5.0\text{mm}$
soja	5.0mm	$0.5 < d < 1.0\text{mm}$
sojuva	4.0mm	$0.5 < d < 1.0\text{mm}$
uva	2.0mm	$0.5 < d < 0.8\text{mm}$

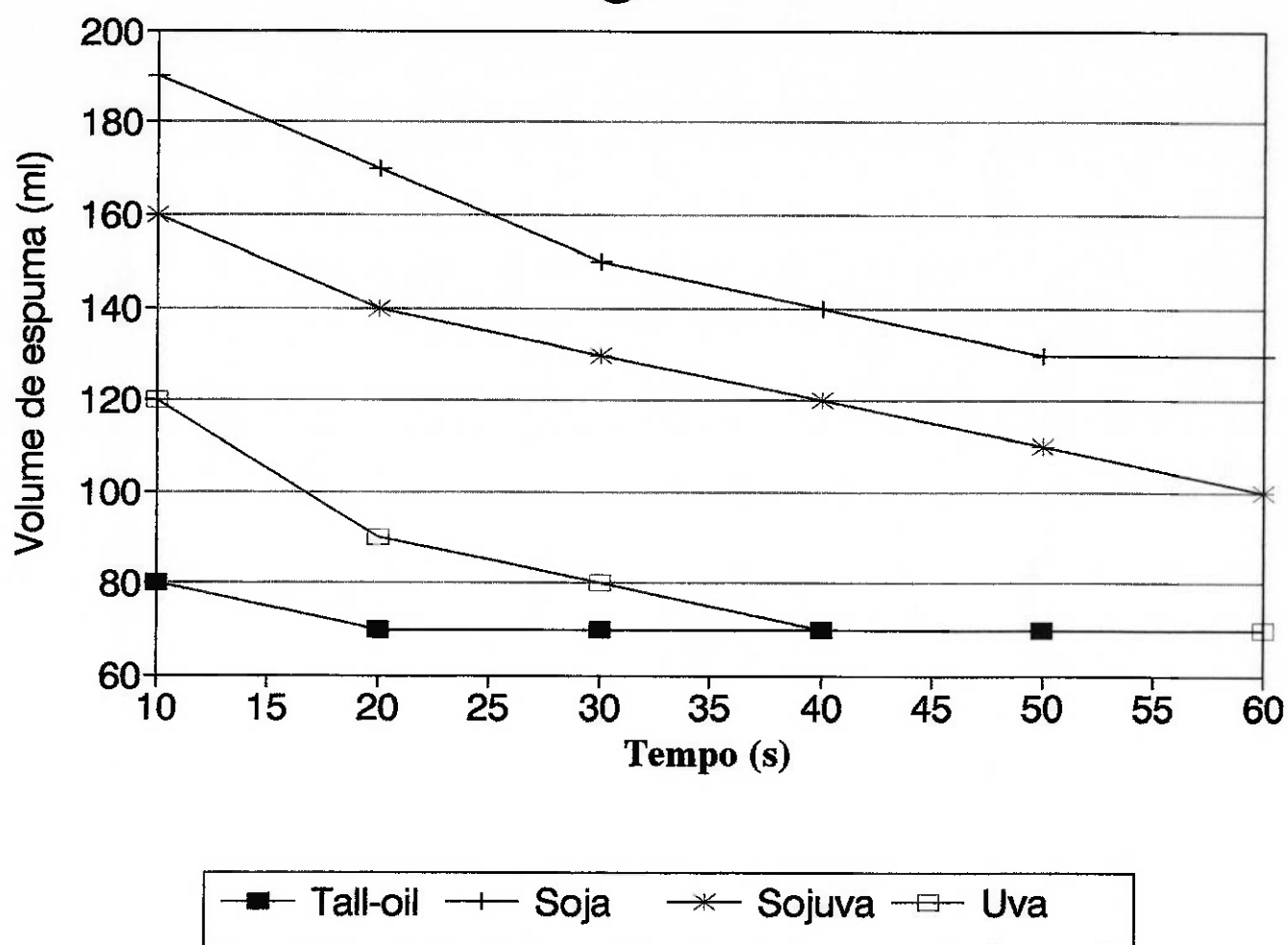
Observamos na espuma formada pelo coletor à base de óleo de soja o surgimento de micro-bolhas, na base da coluna de espuma. No centro da coluna as bolhas apresentavam diâmetro entre 0.5 e 1.0mm, com aumento gradual para 5.0mm, no topo.

Na espuma formada pelo coletor à base de tall-oil, as bolhas apresentavam diâmetro de 0.8mm na base da coluna de espuma. No centro da coluna existia a predominância de bolha com diâmetro entre 0.8 e 5.0mm, com aumento gradual até o topo, onde se verificava o diâmetro máximo de 8mm.

Na espuma formada pelo coletor à base de óleos de soja e uva (sojuva), não se observaram micro-bolhas e a coluna de espuma apresentou predominância de bolhas com diâmetro entre 0.5 e 1.0mm. Apenas no seu topo, observavam-se bolhas com diâmetro de 4mm.

Na espuma formada pelo coletor à base de óleo de uva, observamos bolhas cujo diâmetro era de 0.5mm na base e que aumentava gradualmente para 2mm no topo, passando por 0.8mm no centro, sendo que não havia a predominância de uma faixa de diâmetros. As bolhas eram muito bem formadas e com contornos bem definidos em toda a extensão da coluna de espuma.

Figura 5



Comparando as características de espuma com o desempenho do coletor na flotação, observamos que os coletores que apresentaram espuma cuja faixa de variação de diâmetros de bolhas era menor, também apresentavam desempenho em flotação melhor, que é o caso do sojuva e do tall-oil. Os outros dois coletores geravam espuma cujas bolhas apresentavam dispersão de diâmetros muito grande e possuíam baixo desempenho na flotação.

6. Conclusão

Dentro do escopo deste trabalho, é possível concluir que a origem dos óleos naturais apresenta grande influência sobre seu desempenho como coletores na flotação aniônica direta do fosfato de Tapira-MG.

Para um teor de concentrado da ordem de 33% de P_2O_5 , os óleos apresentaram as seguintes recuperações apresentadas em ordem crescente: óleo de soja (46%), óleo de uva (52%), tall-oil (62%), mistura soja/uva (69%).

Observou-se também nítida correlação entre a origem dos óleos, desempenho na flotação e suas características de espuma. Os coletores de melhor desempenho (sojuva e tall-oil) apresentaram distribuição mais homogênea de diâmetro de bolhas, assim como ausência de micro-bolhas (diâmetro $< 0.5\text{mm}$).

Notável foi o sinergismo observado entre os dois óleos de soja e uva que, quando misturados, apresentaram melhor desempenho.

7. Bibliografia

1. LEAL FILHO, L.S. ; OLIVEIRA, R.N. ; BRANDÃO, P.R.G. Caracterização de coletores compostos por ácidos graxos para flotação de fosfatos. In: SIMPÓSIO EPUSP DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA NA ENGENHARIA E INDÚSTRIA MINERAL, São Paulo, 1990. Anais. São Paulo, EPUSP, 1990. p 249-67.
2. CAIRES, L.G. Óleos vegetais como matérias primas para coletores. Belo Horizonte, 1992. 251p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.
3. HUKKI, R.T. ; VARTIAINEM, O. An investigation of the collecting effects of fatty acids in tall-oil on oxide minerals, particularly on ilmenite. Trans. AIME, p.818-820, agosto 1953.
4. BERALDO, J.L. Flotação. São Paulo, 1986. 335p. Apostila.
5. HSIEH, S.S. Flotation studies on carboxylic acid components of tall-oils. AIME, preprint number 80-300, for presentation at the SME-AIME Fall Meeting, Minneapolis, Minnesota, outubro, 1980, 10p.
6. PURCELL, G. ; SUN, S.C. Significance of double bonds in fatty acid flotation: an electrokinetic study. Trans. AIME, v.226, p.6-12, março 1963.
7. WOOLLATT, E. The manufacture of soaps, other detergents and glycerine. England: Ellis Horwood Limited, 1985.
8. NEVES, I.D. ; ASSIS, S.M. ; PERES, A.E.C. Aspectos da interação amido/ácidos graxos na formação de espumas aquosas e mineralizadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E HIDROMETALURGIA, 15. , São Lourenço, 1992. Anais: flotação. Belo Horizonte, ABTM, 1992. p.305-20.

9. LOVELL, V.M. Froth characteristics in phosphate flotation. In: Fuerstenau, M.C. Flotation A.M. Gaudin Memorial Volume: New York, AIME, vol.1 p 597-621, 1976.
10. DUDENHOV, S.V. ; SHUBOV, L.Y. ; GLAZUNOV, L.A. E OUTROS. Fundamentos de la teoría y la práctica de empleo de reactivos de flotación.402p. MIR 1980.
11. LEAL FILHO, L.S. Aspectos relevantes na separação apatita/minerais de ganga via processo Serrana. São Paulo, 1991. 266p. Tese (Doutorado) - EPUSP.
12. American Society for Testing and Materials. Standart test method for foaming properties of surface - active agents, Designation: D 1173-53. Annual Book of ASTM Standarts, part.30 p 184-186, 1980.

Anexo 1

Nas tabelas a seguir, os produtos rejeito rougher, rejeito cleaner e concentrado cleaner estão representados pelas letras A, B e C respectivamente.

* Errata: Na tabela 1B, na coluna referente a recuperação de P_2O_5 , na linha referente a concentração de 250 g/t, onde se lê 31.10, leia-se 56.50

TALL-OIL	PRODUTOS			TEOR (%P2O5)		
CONCENTRACAO	A	B	C	A	B	C
250	70,13	13,26	16,61	2,70	18,40	33,85
500	45,82	14,36	39,82	1,20	3,20	22,15
700	37,39	14,68	47,93	2,02	2,47	18,60
900	30,84	11,83	57,34	2,17	1,95	16,25

tabela1A

SOJA	PRODUTOS			TEOR (%P2O5)		
CONCENTRACAO	A	B	C	A	B	C
250	77,4	14,97	7,63	7,73	25,20	34,95
500	73,25	14,01	12,73	2,08	17,37	34,95
700	59,61	14,88	25,51	1,38	9,00	30,90
900	60,26	12,86	27,18	1,55	5,45	30,90

tabela2A

SOJA+UVA	PRODUTOS			TEOR (%P2O5)		
CONCENTRACAO	A	B	C	A	B	C
250	77,82	14,65	7,53	4,70	27,55	33,05
500	66,61	13,14	20,25	1,75	15,30	33,20
700	62,06	12,01	25,93	1,73	7,20	31,15
900	60,49	11,43	28,08	0,95	7,02	30,60

tabela3A

UVA	PRODUTOS			TEOR (%P2O5)		
CONCENTRACAO	A	B	C	A	B	C
250	90,72	7,71	1,57	8,13	25,55	35,05
500	80,58	12,47	6,95	5,13	25,70	35,50
700	76,28	12,04	11,68	3,55	23,90	35,55
900	74,87	13,03	12,10	3,54	22,10	34,65

tabela4A

RESULTADOS METALURGICOS						
TALL OIL	TEORES (P2O5)				RECUPERACAO DE P2O5	
CONCENTRACAO	ALIMENTACAO	ROUGHER	CONCENTRADO	REJEITO	ROUGHER	CLEANER
250,00	8,12	28,89	33,85	5,20	99,29	31,10
500,00	9,83	17,13	22,15	1,68	94,40	89,70
700,00	10,03	14,82	18,60	2,15	92,50	88,80
900,00	10,22	13,80	16,25	2,11	93,43	91,20

tabela1B

RESULTADOS METALURGICOS						
SOJA	TEORES (P2O5)				RECUPERACAO DE P2O5	
CONCENTRACAO	ALIMENTACAO	ROUGHER	CONCENTRADO	REJEITO	ROUGHER	CLEANER
250,00	12,42	28,48	34,95	10,58	51,84	21,70
500,00	8,41	25,74	34,95	4,53	81,84	35,50
700,00	10,04	22,83	30,90	2,90	91,85	78,20
900,00	10,03	22,73	30,90	2,24	90,72	83,70

tabela2B

RESULTADOS METALURGICOS						
SOJA+UVA	TEORES (P2O5)				RECUPERACAO DE P2O5	
CONCENTRACAO	ALIMENTACAO	ROUGHER	CONCENTRADO	REJEITO	ROUGHER	CLEANER
250,00	9,70	28,42	33,05	8,32	67,27	24,44
500,00	10,18	26,18	33,20	3,98	85,79	67,92
700,00	10,01	23,57	31,15	2,62	89,33	80,65
900,00	9,87	23,78	30,60	1,91	94,23	86,19

tabela3B

RESULTADOS METALURGICOS						
UVA	TEORES (P2O5)				RECUPERACAO DE P2O5	
CONCENTRACAO	ALIMENTACAO	ROUGHER	CONCENTRADO	REJEITO	ROUGHER	CLEANER
250,00	9,90	27,18	35,05	9,49	25,47	5,56
500,00	9,81	29,21	35,50	7,89	57,84	25,16
700,00	9,74	29,84	35,55	6,32	72,19	42,64
900,00	9,72	28,14	34,65	6,29	72,74	43,12

tabela4B

TALL-OIL 300g/t	
TEMPO(s)	VOLUME(ml)
10	80
20	70
30	70
40	70
50	70
60	70

tabela1C

SOJA 500g/t	
TEMPO(s)	VOLUME(ml)
10	190
20	170
30	150
40	140
50	130
60	130

tabela2C

SOJA+UVA 500g/t	
TEMPO(s)	VOLUME(ml)
10	160
20	140
30	130
40	120
50	110
60	100

tabela3C

UVA 1100g/t	
TEMPO(s)	VOLUME(ml)
10	120
20	90
30	80
40	70
50	70
60	70

tabela4C

Anexo 2

O difratograma foi dividido em duas partes para que pudesse ser visualizado com maiores detalhes.

No difratograma, os minerais estão representados por códigos cujo significado é apresentado abaixo:

160613.RP	Vermiculita
150876.RP	Apatita
50490.RP	Quartzo
110654.RP	Diopsídio
70390.RP	Schorlomita
80081.RP	Perovskita
50586.RP	Calcita
211272.RP	Anatásio
100481.RP	Flogopita



LCT

Laboratório de Caracterização Tecnológica - Departamento de Engenharia de Minas

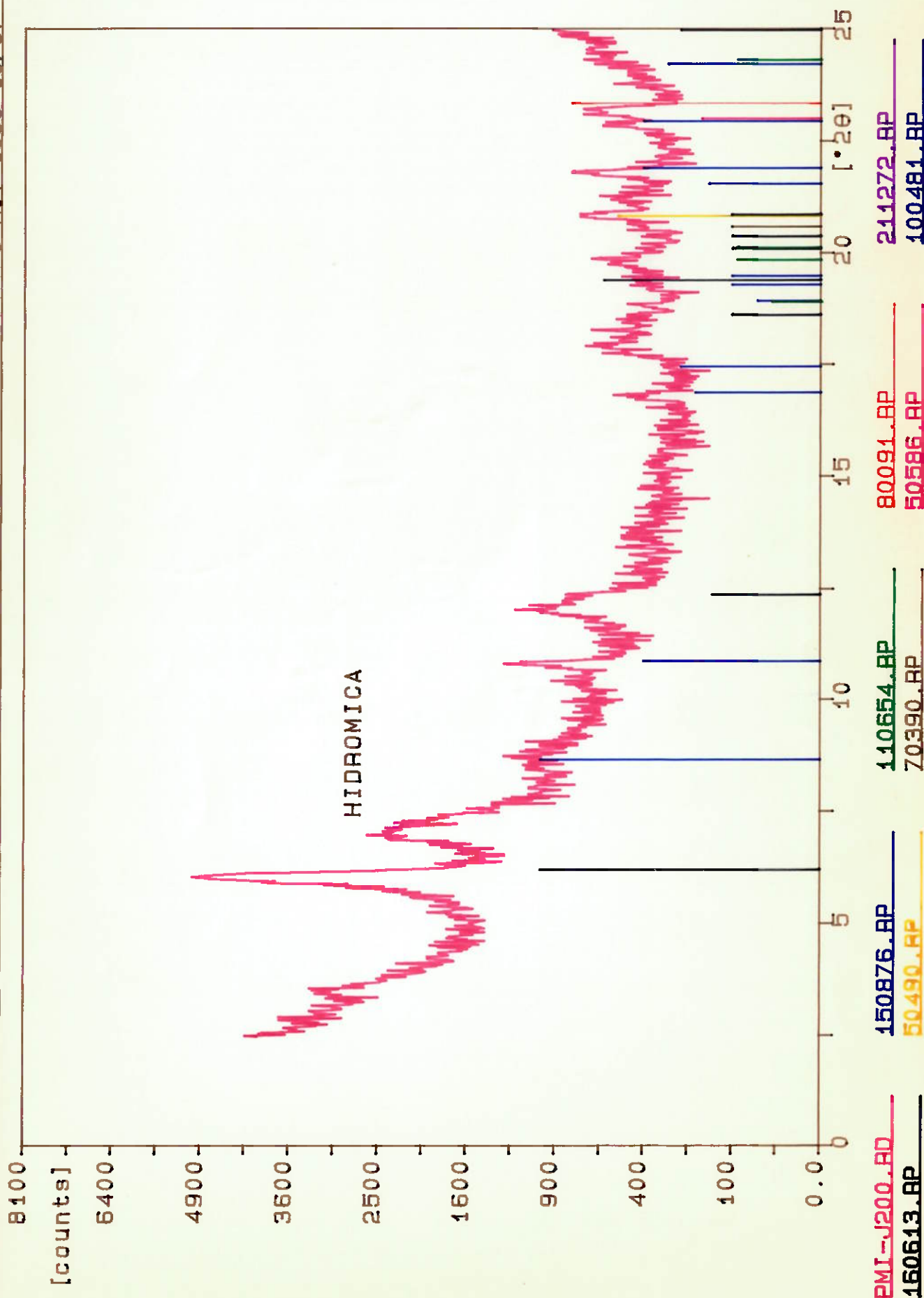
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - 05508-900 São Paulo-SP

TEL: (011) 815-9322 Ramal 5787. FAX (011) 211-4308

5-NOV-1993 15:37

MINERIO FRIAVEL -200#





5-NOV-1993 15:36

MINERIO FRIAVEL -200#

