



II-372 – REAPROVEITAMENTO DE REJEITOS PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS FÍSICOS DE SEPARAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO.

Cristina Deperon Maluf⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Marcus César Avezum Alves de Castro

Professor Doutor da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Mestrado e Doutorado em Resíduos. Linha de pesquisa em Biocombustíveis.

Endereço⁽¹⁾: Rua Sócrates, 515, ap. 31 – Vila Sofia – São Paulo - SP - CEP: 04671-071 - Brasil - Tel: (11) 5522-7970 e-mail: cdeperonmaluf@yahoo.com.br

RESUMO

A produção de biocombustíveis é crescente, assim como sua demanda, e enquanto busca-se realizar estudos mais aprofundados a respeito da magnitude de seus impactos ambientais e sociais, faz-se imperativo buscar formas de minimizar os impactos causados pelos diversos componentes de sua cadeia produtiva. Dentre as recentes pesquisas sobre o tema, destaca-se a possibilidade de obtenção de matéria-prima para produção de biocombustíveis a partir dos rejeitos da produção do óleo de palma, notadamente do rejeito da etapa inicial de extração do óleo. No presente estudo propõe-se a avaliação e o estudo de métodos físicos para separação sólido-líquido de efluente industrial oriundo da primeira etapa da extração de óleo de palma, visando otimizar o processo de reaproveitamento deste rejeito no processo de biocombustível. Como fase inicial buscar-se-á a análise do teor de sólidos e a caracterização destes (teores de sólidos totais dissolvidos e suspensos), para a investigação do método de separação mais adequado a ser empregado: gravitacional (sedimentação), centrípeta (hidrociclone) ou filtração, podendo haver uma combinação de dois ou mais métodos. Posteriormente, serão realizados ensaios em protótipos de maneira a definir as dimensões necessárias e compatíveis com as particularidades dos sólidos em estudo, para obtenção da maior eficiência no processo de remoção.

PALAVRAS-CHAVE: Rejeitos, Separação Física, Biocombustível.

INTRODUÇÃO

Na busca por novas fontes de energia e combustíveis destaca-se no Brasil o incentivo a produção e utilização dos Biocombustíveis de óleo vegetal. Neste contexto, destaca-se o óleo de dendê (palma), com produção elevada e crescente, devido às suas características de produção e adequação como biocombustível. O Biocombustível de palma é feito a partir dos resíduos da extração do óleo de dendê (ácidos graxos residuais do processamento do óleo). Parte deste óleo emulsiona-se em água no processo de extração, onde também o efluente adquire grande carga de sólidos, representando uma perda de ácidos graxos que poderiam converter-se em biocombustível.

Todos os contaminantes da água, exceto os gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Por esta razão, os sólidos são analisados separadamente antes de se apresentarem os diversos parâmetros de qualidade da água (VON SPERLING, 2005).

Visando o reaproveitamento deste óleo residual para o processo de fabricação de biocombustível de palma, o presente trabalho vem buscar métodos de separação física para remoção de sólidos com vistas à viabilização da extração de óleo do efluente gerado.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral estudar e avaliar em escala de laboratório os métodos e técnicas para a separação sólido/líquido (emulsão oleosa) resultante do efluente do processo de extração do óleo de palma.

Os objetivos específicos consistem em: caracterização geral dos sólidos sedimentáveis, sólidos totais dissolvidos (fixos e voláteis), sólidos totais suspensos (fixos e voláteis); realização de ensaios de sedimentação em cone Inhoff em diferentes temperaturas visando analisar a influência desta variável na separação sólido/líquido; montar, em escala de laboratório, experimentos para ensaios de operações unitárias para separação sólido/líquido.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE SÓLIDOS

De maneira simplificada, os sólidos podem ser classificados de acordo com (VON SPERLING, 2005):

- Suas características físicas (tamanho e estado) em: sólidos em suspensão, sólidos coloidais e sólidos dissolvidos.
- Suas características químicas: sólidos orgânicos e sólidos inorgânicos.

Segundo McCabe (1976) é necessário conhecer as características dos sólidos para desenhar os processos e os equipamentos em que intervêm tais sólidos.

A figura a seguir mostra a distribuição e classificação das partículas segundo o tamanho. Outras importantes características físicas incluem: distribuição de tamanho das partículas, turbidez, cor, temperatura, condutividade, densidade e peso específico (METCALF & EDDY, 2003).

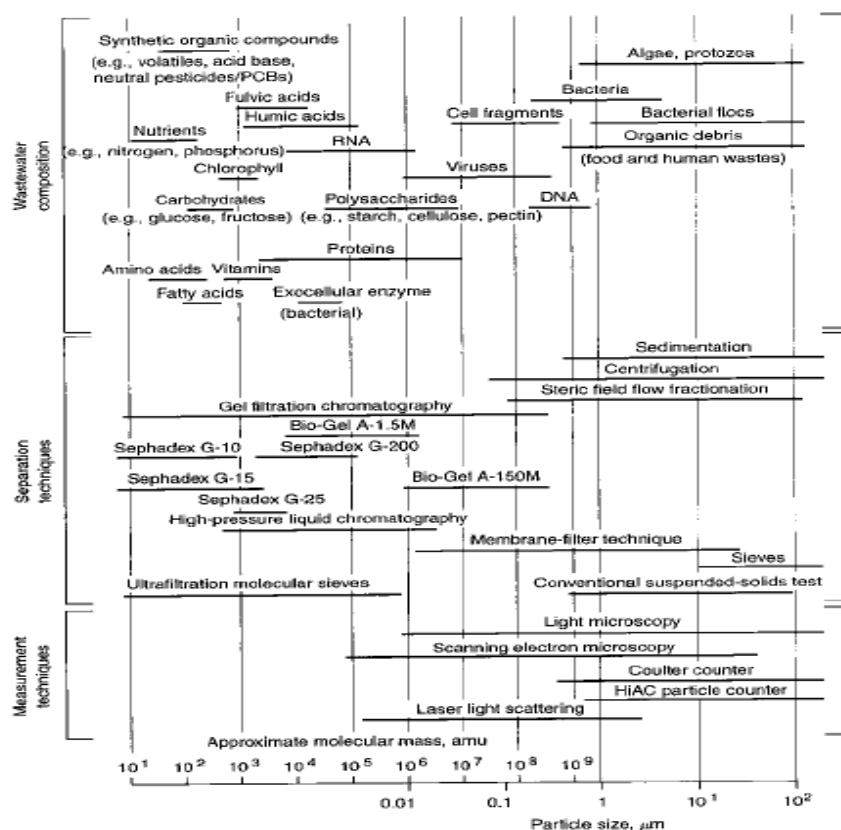


Figura 1: Tamanho de partículas, técnicas de separação e técnicas de medição.

Fonte: Metcalf & Eddy (2003).

Os sólidos voláteis (SV) representam a parte orgânica dos sólidos, ao passo que os sólidos fixos ou inertes (SF) representam a matéria inorgânica ou mineral (VON SPERLING, 2005).

**Tabela 1: Testes para determinação das características dos sólidos.****Fonte: Metcalf & Eddy (2003).**

Teste ¹	Descrição
Sólidos Totais (ST)	O resíduo restante após a amostra com efluente ter sido evaporada e secada a uma temperatura específica (entre 103 e 105°C)
Sólidos Voláteis Totais (SVT)	Os sólidos que se volatilizam com a ignição dos ST a 500±50°C
Sólidos Fixos Totais (SFT)	O resíduo restante no filtro após a ignição dos ST
Sólidos Suspensos Totais (SST)	Porção restante dos ST, em filtro, com um tamanho específico de poro, medido após seco à temperatura de 105°C. O tamanho nominal de poro mais utilizado é de 1,58 µm
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	Os sólidos que se volatilizam após a ignição dos SST a 500±50°C
Sólidos Suspensos Fixos (SSF)	O resíduo restante após a ignição dos SST
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	Sólidos que passam pelo filtro e, posteriormente, sofrem evaporação e secagem à temperatura específica. Os SDT abrangem sólidos dissolvidos e coloidais
Sólidos Dissolvidos Voláteis Totais (SDV)	Sólidos que podem ser volatilizados com a ignição dos SDT a 500±50°C
Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF)	O resíduo restante após a ignição dos SDT
Sólidos Sedimentáveis (SS)	Sólidos suspensos, expressos em mm/L que sedimentam após um período de tempo específico

Sólidos suspensos são de importante consideração, pois podem levar ao desenvolvimento de depósitos de lama e de condições anaeróbicas quando um efluente não tratado é jogado em corpos d'água (LUNA, 2005). Os diferentes tipos de sólidos podem, ainda, gerar diversas consequências indesejáveis quando presentes em águas, tais como:

Tabela 2: Efeitos dos sólidos.**Fonte: Metcalf & Eddy (2003).**

Constituinte residual	Efeito
Sólidos suspensos	Pode causar depósitos de lama ou interferir no clareamento da água
	Pode impactar na desinfecção “mascarando” organismos
Sólidos coloidais	Pode afetar a turbidez do efluente
Particulado orgânico	Pode mascarar bactérias, pode depletar fontes de oxigênio
Compostos orgânicos voláteis	Tóxico à humanos; carcinogênicos; formam oxidantes fotoquímicos
Sólidos dissolvidos totais	Interferem em processos agrícolas e industriais

Partículas sólidas dispersas na fase óleo podem potencializar a estabilização de uma emulsão água em óleo (LUNA, 2005). O conjunto de partículas pode inclusive estruturar-se entre si criando, juntamente com as gotículas de água dispersas, um agregado capaz de alterar de forma significativa às propriedades físicas do fluido (TAMBE e SHARMA, 1993). O decorrente aumento na viscosidade da emulsão reduz as possibilidades de segregação da água no óleo.

TÉCNICAS PARA SEPARAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO

Neste tópico, serão destacados os principais processos e técnicas físicos para separação de sólidos/líquido, com vistas ao embasamento para aplicação no projeto das possíveis técnicas passíveis de utilização na separação para obtenção do óleo-base do processamento de biocombustíveis.

Em estudo detalhado, Metcalf & Eddy (2003) listaram uma série de separações possíveis para diferentes constituintes residuais sólidos e as operações unitárias cabíveis aos mesmos de acordo com o tamanho das partículas:



Tabela 3: Principais processos de separação de constituintes residuais.

Fonte: Metcalf & Eddy (2003).

Constituinte residual	Filtração profunda	Filtração superficial	Micro e ultra-filtração	Osmose reversa	Eletrodialise	Adsorção	Troca iônica	Destilação	Air stripping
Sólidos suspensos	x	x	x	x	x	x	x	x	
Sólidos coloidais	x	x	x	x	x	x	x	x	
Particulado orgânico				x	x			x	
Compostos orgânicos voláteis				x	x	x		x	x
Sólidos dissolvidos totais				x	x		x	x	

Tabela 4: Operações e processos utilizados para remoção de alguns constituintes de águas residuárias.

Fonte: Metcalf & Eddy (2003).

Constituinte	Operação unitária ou processo
Sólidos Suspensos	Gradeamento
	Remoção de areia
	Sedimentação
	Clarificação de alta velocidade
	Flotação
	Precipitação química
	Filtração profunda
Colóides e sólidos dissolvidos	Filtração de superfície
	Membranas
	Tratamento químico
	Adsorção de carbono
	Troca iônica

Tais separações, de maneira geral, obedecem aos seguintes processos, tradicionalmente utilizados (adaptado de HOWES *et al.*, 1991):

- Sedimentação;
- Floculação;
- Filtração;
- Centrifugação;

A seguir, serão discutidos e detalhados os principais processos de separação física empregados em processos industriais, pelos quais dar-se-á a separação dos sólidos:

Separação por Gravidade

Sedimentação: os equipamentos consistem de uma câmara de grandes dimensões, na qual ocorre a sedimentação das partículas maiores por perderem a velocidade. As câmaras de sedimentação são pouco empregadas devido a sua baixa eficiência e necessidade de grandes espaços. Por seu custo baixo e funcionamento simples, podem ser utilizadas como equipamento prévio de limpeza (FERREIRA, 2007).

O processo de sedimentação pode ser classificado em quatro tipos (FABRETI, 2006):

1. Sedimentação de partículas discretas;
2. Sedimentação floculenta;
3. Sedimentação por zona;
4. Sedimentação por compressão.



As principais variáveis de um decantador são a taxa de escoamento superficial e o tempo de retenção hidráulica, podendo os decantadores serem convencionais ou lamelares.

Floculação: processo físico em que as partículas coloidais são colocadas em contato umas com as outras, de modo a permitir o aumento do seu tamanho físico, alterando sua distribuição granulométrica (FERREIRA FILHO, 2004).

Separação por Força Centrípeta

Os equipamentos baseados neste mecanismo recebem o nome genérico de hidrociclones. É um artifício mecânico que obriga a corrente a percorrer uma trajetória helicoidal. A força centrípeta gerada impulsiona as partículas contra a parede do aparelho e em seguida elas caem, se separando da corrente (FERREIRA, 2007). Os hidrociclones têm grande aplicação na classificação de partículas com diâmetros na faixa de 5 a 200 μm (CETEM, 2004).

Em geral, têm aplicação bem sucedida para óleos leves e misturas com baixa viscosidade. Em alguns casos, a queda na eficiência de separação ou mesmo a sua completa falha pode ser atribuída ao aumento na viscosidade do líquido devido à formação de emulsão óleo em água (MARINS, 2006).

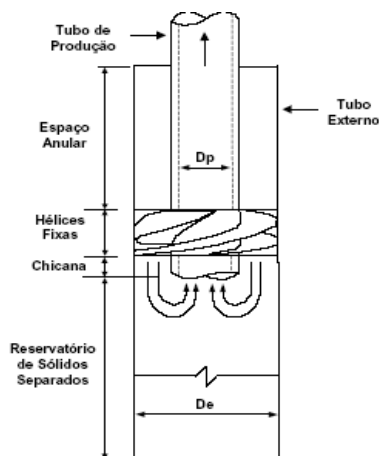


Figura 2: Esquema de separador de sólidos tubo-ciclônico.

Fonte: Martins (2006).

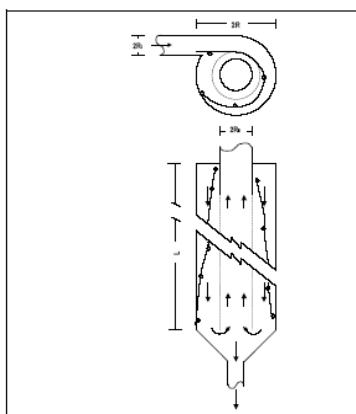


Figura 3: Trajetória da menor partícula separada com eficiência de 100% no ciclone

Fonte: (CETEM, 2004).



A eficiência de separação de sólidos é dependente de 11 parâmetros independentes (MARTINS, 2006):

$$\eta = f(d_p, \rho_p, C_i, \rho, \mu, W, U, L, D_e, D_p, g) \quad \text{equação (1)}$$

dentre os quais, os parâmetros relacionados as partículas são: diâmetro d_p , densidade ρ_p e concentração de entrada C_i ; aqueles relacionados ao líquido são: densidade ρ , viscosidade μ , velocidade no tubo produção W , e velocidade tangencial do jato U ; os relacionados à geometria do separador são: comprimento da chicana L , diâmetro do tubo externo D_e , diâmetro do tubo de produção D_p , a rugosidade dos tubos é ignorada; por último, relacionados ao campo de força é a aceleração da gravidade g .

Os separadores ciclônicos são vantajosos devido à: ausência de partes móveis, compacticidade, alta capacidade de vazão, baixo custo e praticamente nenhuma necessidade de manutenção. Em processos de separação de fases que envolvem diferença de densidades, a força centrífuga resultante nestes separadores pode ser muitas vezes maior que a gravitacional, possibilitando uma eficiência de separação maior do que a que seria obtida em processos puramente gravitacionais (MARTINS, 2006).

Embora de geometria relativamente simples, a complexidade de seu comportamento e o grande número de parâmetros envolvidos no projeto de separadores ciclônicos faz com que o projetista desses dispositivos freqüentemente necessite de correlações experimentais para a previsão da eficiência de separação. Complementarmente, simulações numéricas podem auxiliar no entendimento dos mecanismos de escoamento responsáveis pela separação em separadores ciclônicos, desde que validadas experimentalmente (MARTINS, 2006; HOFFMAN E STEIN, 2002).

Separação por Filtração

Os filtros são mecanismos de impactação direta, onde as partículas de tamanho superior à dos interstícios, ficam retidos (FERREIRA, 2007). A filtração é fundamentalmente de natureza física (COLLE, 2005).

Os filtros convencionais costumam reter partículas de, no mínimo, 10 μ m, podendo funcionar pela ação da gravidade ou pela filtração a vácuo (METCALF & EDDY, 2003).

Para partículas inferiores a 10 μ m, utiliza-se a filtração por membranas (COLLE, 2005). De um modo geral as membranas podem ser classificadas em duas grandes categorias: densas e porosas. As características da superfície da membrana que está em contato com a solução problema é que vão definir sua categoria (MOTTA, 2005). Os principais processos de separação com membrana utilizam como força motriz o gradiente de potencial químico e/ou o gradiente de potencial elétrico (MOTTA, 2005).

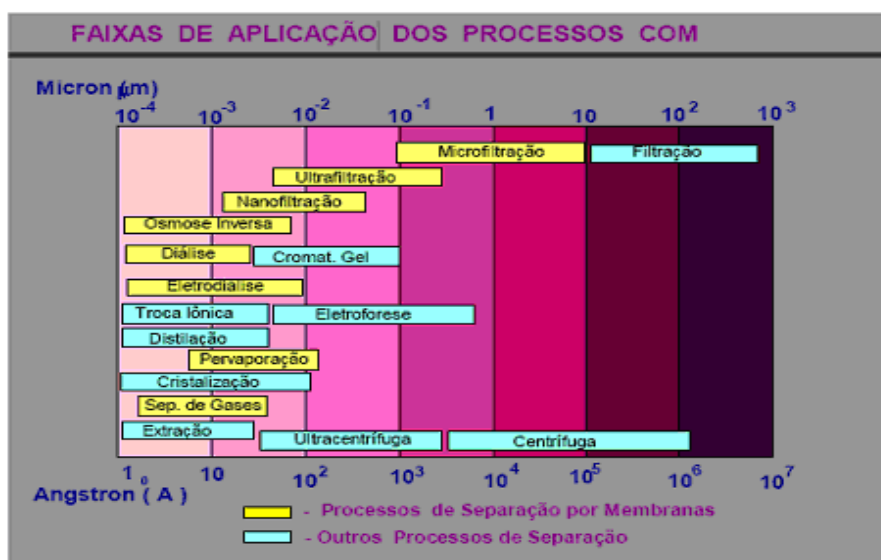


Figura 4: Quadro comparativo entre processos clássicos de separação e os processos com membranas, em função das dimensões das espécies a serem separadas.

Fonte: Motta (2005).

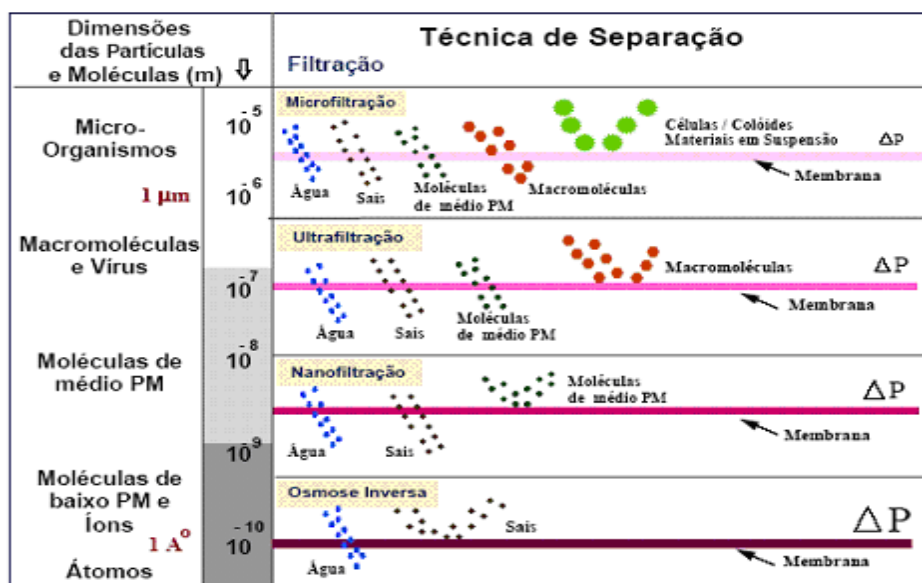


Figura 5: Principais características dos processos que utilizam diferença de pressão como força motriz.
Fonte: Motta (2005).

A microfiltração é o processo de separação com membranas mais próximo da filtração clássica. Utiliza membranas porosas com poros na faixa entre 100 e 10.000 nm, sendo, portanto processos indicados para a retenção de materiais em suspensão e emulsão.

A ultrafiltração é um processo de separação por membranas utilizado quando se deseja purificar e fracionar soluções contendo macromoléculas. As membranas de ultrafiltração apresentam poros na faixa entre 1 e 100 nm, portanto mais fechadas do que as membranas de microfiltração.

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO UTILIZADO NA EMPRESA OBJETO DE ESTUDO

O ÓLEO DE PALMA

A produção mundial de óleos vegetais e graxos em 2006 foi de 147 milhões de toneladas. Deste total, 113,6 milhões de toneladas são óleos vegetais (KALTNER, 2007). O mercado cresce continuamente a taxas de aproximadamente 5% ao ano e, devido ao avanço na produção de biodiesel, para o ano safra de 2007, a estimativa de aumento de produção é de 6,5 milhões de toneladas, o aumento do consumo está estimado em 9 milhões de toneladas (KALTNER, 2007).

A produção total de óleos vegetais e gorduras representa cerca de 3% da produção de petróleo que foi de 4.252 milhões de toneladas em 2005 (KALTNER, 2007).

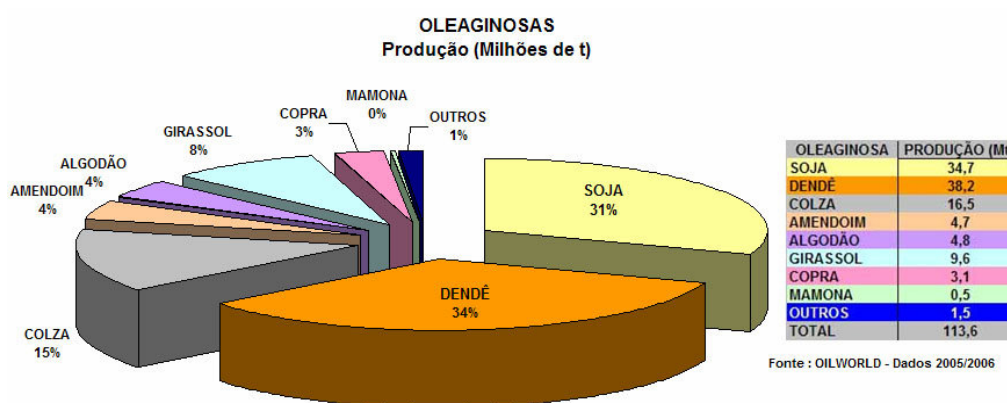


Figura 6 - Produção percentual de Oleaginosas no mundo.
Fonte: OILWORLD (2005/2006)

Dentre as oleaginosas, destaca-se o dendê, representando a maior produção e com perspectivas de crescimento.

Características:

O dendezeiro (*Elae guineensis* Jaquin) é uma palmeira com até 15m de altura originária da costa oriental da África (COLLARES, 2006). A polpa produz o óleo de Dendê (óleo de palma).

O óleo de dendê como fonte para combustíveis, se comparado a outros óleos vegetais e ao diesel, apresenta as seguintes características:

Tabela 5: Propriedades e características dos principais combustíveis.

Fonte: ARAÚJO *et. al* (2002).

Características/Óleos	Diesel	Amendoim	Soja	Algodão	Girassol	Babaçu	Dendê	Mamona
Densidade Relativa	0,828	0,919	0,920	0,919	0,923	0,921	0,915	0,959
Viscosidade Cinemática	1,6-6,0	38	36	40	37	32	39	297
Início Destilação	165	173	152	-	211	-	-	-
Resíduo de Carbono	0,3 (max)	0,42	0,45	0,42	0,42	0,22	-	0,18
Número de Cetano	45 (min)	33	36	40	39	38	42	-
Poder calorífico Inf. Kcal/l	8.400	7.900	7.850	8.050	7.950	7.800	8.330	8.000
Água por Destilação	<0,05	<0,05	<0,08	<0,05	<0,05	<0,05	-	0,20
Ponto de Névoa	9-19	19,0	13,0	9,0	-	26,0	-	-
Enxofre	1,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Após todo o processo de colheita do dendê, procede-se às etapas de extração e ao início das fases de processamento que culminarão no biocombustível.

DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO

Segundo Castro; Moruzzi; Oliveira (2008), os cachos extraídos das palmeiras são descarregados em um dosador que separa o fruto do cacho. Em seguida, os frutos são encaminhados para a fase de extração do óleo, composta por dois processos mecânicos: a maceração e a prensagem. Durante o processo de maceração do fruto, é adicionada água quente para melhorar a remoção do óleo das fibras. Após a extração, o óleo é destinado a um decantador (“decanter”) e, posteriormente, a uma centrífuga para a remoção dos sólidos sedimentáveis (principalmente areia) e da borra (água e impurezas misturadas com óleo). A fibra é encaminhada para um desagregador rotativo para a separação das nozes, as fibras são descartadas e as nozes cozidas e prensadas para a extração do óleo de palmiste. A figura abaixo apresenta um fluxograma simplificado do processo.

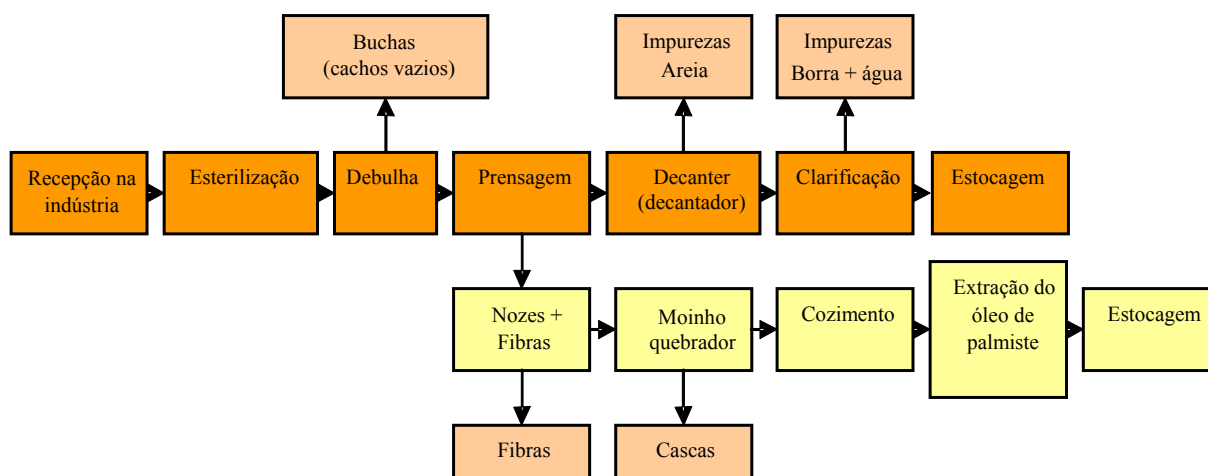


Figura 7: Fluxograma simplificado do processo de extração de palma

Fonte: Castro; Moruzzi; Oliveira (2008).



SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE

Os resíduos sólidos gerados no processo de extração do óleo de palma são os cachos sem os frutos (“bucha”), as fibras do fruto, ambos dispostos no solo dos palmares. Além dos resíduos sólidos, são gerados 42 m³/h de efluente composto por sólidos (principalmente areia) e água com 1% de óleo, destinados ao sistema de tratamento.

O sistema de tratamento de efluentes é composto por uma caixa de gordura, denominado “fat pit” e três lagoas que operam em série. Após o tratamento, o efluente é bombeado para os palmares para fertirrigação (CASTRO; MORUZZI; OLIVEIRA, 2008).



Figura 8: Caixa de gordura (fat-pit) do sistema de tratamento
Fonte: Castro; Moruzzi; Oliveira (2008).



Figura 9: Detalhe da emulsão de óleo e água na caixa de gordura
Fonte: Castro; Moruzzi; Oliveira (2008).



Figura 10: Lagoas de tratamento
Fonte: Castro; Moruzzi; Oliveira (2008).

A baixa eficiência do tratamento é perceptível, tanto para a remoção dos sólidos e do material orgânico, quanto para a recuperação do óleo emulsionado, por motivos tais como elevada temperatura do efluente que dificulta a separação física óleo/água, inexistência de caixa de areia devidamente dimensionada para a vazão e o tamanho das partículas, densidade da mistura óleo/água que dificulta a sedimentação dos sólidos (CASTRO; MORUZZI; OLIVEIRA, 2008).

JUSTIFICATIVA E PLANO DE TRABALHO

Com base nos dados apresentados, pode-se observar que há uma baixa eficiência da operação de separação do óleo, haja visto a alta concentração de sólidos e óleo emulsionado no efluente, tornando praticamente inviável qualquer tentativa de reaproveitamento do óleo visando a otimização de matéria-prima para produção do biocombustível de dendê.

Assim sendo, urge a necessidade da implementação de métodos eficientes de quebra da emulsão e separação dos sólidos presentes no efluente, para posterior remoção do óleo e seu reaproveitamento, elevando os índices de eficiência da produção e o correto destino dos sólidos obtidos com a separação, fator que também culmina na melhoria da água empregada na fertirrigação.

Os principais tópicos do projeto consistem em:

- Levantamento bibliográfico acerca dos processos físicos de separação sólido/líquido (sólido = impurezas, líquido = emulsão água/óleo), por meio de consultas em livros, teses e catálogos de equipamentos;
- Visita técnica às instalações do empreendimento com vistas ao reconhecimento do espaço e das instalações de interesse à concretização do trabalho (distribuição dos equipamentos, dimensões dos espaços, acompanhamento e descrição detalhada dos processos, aquisição de dados, caracterização dos sólidos e demais parâmetros necessários para caracterizar física e quimicamente o efluente);
- Etapa laboratorial:
 1. Aquisição de efluente da empresa;
 2. Estudo detalhado dos sólidos (granulometria, peso, densidade, tipos, curvas de sedimentação, características gerais);
 3. Estudo do comportamento do efluente a mudanças de temperatura, no que diz respeito à sedimentação, via cone de Imhoff;
 4. Testes em escala laboratorial de separação;
- Proposição de testes em escala piloto para efetivação da escolha do melhor método, baseado nas pesquisas laboratoriais e teóricas realizadas nas etapas anteriores.

MÉTODO

O trabalho proposto conta com quatro principais etapas: pesquisa bibliográfica, trabalho de campo e ensaios de laboratório.



Num primeiro momento, a pesquisa bibliográfica versará sobre os principais métodos físicos de separação sólido/líquido, tanto em âmbito acadêmico quanto em âmbito industrial, advindo o conhecimento, respectivamente, de livros e teses e de catálogos comerciais. Nesta etapa, a principal finalidade é levantar a maior gama possível de métodos eficientes e que respondam às proposições apresentadas, como forma de embasamento às futuras decisões com o menor erro possível no que tange a técnicas e conceitos. Serão observadas, prioritariamente, características como: regime de vazão necessário, eficiência de remoção de partículas sólidas, tamanho e espécie de partícula removida por cada método, materiais constituintes dos equipamentos (evitando possíveis danos), comportamento dos equipamentos quando submetidos a passagem de um efluente contendo óleo emulsionado.

Após todo o levantamento, pretende-se realizar uma visita técnica às instalações da Agropalma intencionando o reconhecimento do espaço e das instalações direta e indiretamente atingidas pelo trabalho, sendo esta fase imprescindível à determinação do posicionamento e dimensão do equipamento proposto na etapa final do projeto. Serão observados aspectos como: distribuição das máquinas existentes, dimensões e espaços ociosos, acompanhamento do processo de extração do óleo de palma e de todas as etapas contribuintes para geração do efluente, aquisição de dados de modo a caracterizar da forma mais completa e satisfatória possível o resíduo química e fisicamente.

Cumprida a etapa de campo, dar-se-á início aos procedimentos laboratoriais. Inicialmente, está prevista a aquisição de efluente da empresa. Não acreditamos ser recomendável a aquisição de efluente sintético para o presente estudo, pois dificilmente conseguiríamos obter uma caracterização de sólidos fidedigna à original. Toda a etapa laboratorial está prevista para ocorrer no campus da UNESP de Rio Claro, com a aquisição dos equipamentos necessários às análises.

No efluente, será realizada a caracterização detalhada dos sólidos, medindo parâmetros essenciais, tais como: sólidos sedimentáveis, sólidos totais voláteis e sólidos totais fixos. Logo após tal estudo, terá princípio o esboço de sedimentação em diferentes temperaturas utilizando cone de Inhoff e, em seguida, serão realizados testes laboratoriais de separação. Primeiramente buscar-se-á a remoção pela técnica mais simples (sedimentação), passando posteriormente para estudos com técnicas mais avançadas (hidrociclones, filtração) até a obtenção de resultado satisfatório. Cabe ressaltar que toda caracterização inicial dos sólidos será realizada segundo metodologia da Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998).

Na etapa final, haverá a proposição de testes em escala piloto para a escolha do melhor método, ou conjunto de métodos, de separação sólido/líquido, com base em todas as etapas anteriormente descritas.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados serão analisados de forma qualitativa visando concluir qual método é mais eficaz em termos absolutos (total de sólidos removidos), e em termos específicos (qual obteve maior eficiência). Posteriormente, será realizada uma análise da viabilidade técnica da aplicação prática do método ou ainda a combinação de 2 métodos, caso se verifique eficiências específicas justifiquem esta opção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Agropalma aposta em gorduras e biodiesel.** Jornal Valor Econômico, 21 de outubro de 2004. Disponível em <<http://www.biodieselbr.com/noticias>>. Acesso em 12 jun. 2008.
2. ARAÚJO, K. M.; *et al.* **Estudo Comparativo Técnico e Econômico de Diferentes Óleos Vegetais Brasileiros para Produção de Biocombustível.** 2002. Disponível em <<http://www.ufrngpec.hpg.com.br>>. Acesso em 07 jun. 2008.
3. CASTRO, M. C. A. A.; MORUZZI, R. B.; OLIVEIRA, S. C. **Relatório Técnico de Visita à Agropalma.** UNESP. 2008.
4. CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM). **Tratamento de Minérios.** 4 ed. Rio de Janeiro: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. p. 503-609.
5. COLLARES, Tânia Helena Nunes. **Estudo das características do dendê (*Elae guineensis*) e do murumuru (*Astrocaryum murumuru*) com vistas a produção de biodiesel.** 2006. Iniciação Científica – Departamento de Engenharia Química e de Alimentos – Universidade Federal do Pará.



6. COLLE, Roberta del. **Desemulsificação de Emulsões Estáveis de Água e Óleo de Girassol por Processo de Filtração Tangencial**. 2005. 99p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade de São Paulo – São Carlos, 2005.
7. FABRETI, Aline Akabochi. **Pós Tratamento de Efluente de Lagoa de Estabilização Através de Processo Físico-químico**. 2006. 179p. Dissertação de Mestrado em Engenharia – Universidade de São Paulo – São Paulo, 2006.
8. FERREIRA, José Antônio Monteiro. **Tratamento de Efluentes de Laboratório**. São Paulo, 2007. Disponível em <<http://www.expolabor.com.br/mcleod-ferreira.html>>. Acesso em 02 mai. 2008.
9. FERREIRA FILHO, S.S. **Notas de Aula da Disciplina “Processos Físico-químicos I”** – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, 2004.
10. HOFFMAN, A. C., STEIN, L. E. **Gas Cyclones and Swirl Tubes: principles, design and operation**. Springer-Verlag, 2002, 334p.
11. HOWES, T.D., TÔNSHOFF, H. K., HEUER, W. Environmental Aspects of Grinding Fluids. **Annals of CIRP**, Vol. 40, fev. 1991.
12. KALTNER, Franz. **A Expansão da Agro-Energia e seus Impactos sobre os Ecossistemas Brasileiros**. Rio de Janeiro, 26-27 de março de 2007. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em <<http://www.fbds.org.br>>. Acesso em 15 abr. 2008.
13. LUNA, Virgínia Gonçalves de. **Estudo da Separação de Sólidos do Óleo Produzido na Retortagem Conjunta de Xisto Betuminoso e Borracha de Pneus Usados**. 2005. 70p. Dissertação de Mestrado em Processos Químicos – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2005.
14. MARTINS, Jason Alves. **Separador Sólido-Líquido para Operação em Fundo de Poços de Petróleo**. 2006. 180 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – UNICAMP – Campinas, 2006.
15. McCABE, Warren L. **Unit Operations of Chemical Engineering**. 3 ed. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, 1976. 1028p.
16. METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: treatment and reuse**. 4 ed. New York: McGraw-Hill, 2003. 1820p.
17. MOTTA, Maurício. **Introdução aos Processos de Separação por Membrana**. Apostila didática com conteúdo extraído do curso de “Processos de Separação por membranas”, ministrado pelos Prof. Cláudio Habert, Ronaldo Nóbrega e Cristiano Borges, da COPPE/UFRJ. Departamento de Engenharia Química. Universidade Federal de Pernambuco, 2005.
18. STANDARD Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20.ed., Ed American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment federation, Washington DC, USA, 1998.
19. TAMBE, D. E.; SHARMA, M.M.,J. **Factors Controlling the stability of colloid- stabilized Emulsions**, Colloid Interface Science, V.157,p.244-253, 1993.
20. VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 452p.