



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

CARTA PATENTE Nº BR 102016010194-8

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

**(21) Número do Depósito:** BR 102016010194-8

**(22) Data do Depósito:** 05/05/2016

**(43) Data da Publicação Nacional:** 07/11/2017

**(51) Classificação Internacional:** C10M 175/02.

**(54) Título:** MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO BÁSICO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO (OLUC) POR APLICAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS

**(73) Titular:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES. Endereço: AVENIDA FERNANDO FERRARI, Nº514, ES, BRASIL(BR), 29075-910

**(72) Inventor:** MARISTELA DE ARAUJO VICENTE; MARIA DE FÁTIMA PEREIRA DOS SANTOS; FELIPE OLIVEIRA SOUZA; SANDRA MARA SANTANA ROCHA; CRISTINA MARIA DOS SANTOS SAD; CEZAR AUGUSTO BIZZI; WELLINGTON LUIS DE OLIVEIRA; LUAR SANTANA DE PAULA.

**Prazo de Validade:** 20 (vinte) anos contados a partir de 05/05/2016, observadas as condições legais

**Expedida em:** 28/12/2021

Assinado digitalmente por:

**Liane Elizabeth Caldeira Lage**

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados



## **RELATÓRIO DESCRITIVO**

Relatório Descritivo da patente de Invenção “MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO BÁSICO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO (OLUC) POR APLICAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS”

[001] Refere-se a presente invenção a uma método de extração de óleo básico de óleo lubrificante usado / contaminado (OLUC) por extração por solvente orgânico e aplicação de ondas ultrassônicas, mais precisamente a um método de extração de óleo básico de em óleo lubrificante usado / contaminado (OLUC) pela aplicação indireta de ultrassom (US) de baixa frequência, na faixa de entre 25 a 130 kHz, por meio de um fluido intermediário que conduz ultrassom, com a finalidade de reutilização do óleo base lubrificante. O método compreende as seguintes etapas: tais como a homogeneização do OLUC (I); extração com solvente orgânico (II); homogeneização (III); aquecimento (IV); agitação (V); aplicação de ondas ultrassônicas (VI); sedimentação (VII); separação de fases (VII); fase topo (IX); destilação simples (X); obtenção de óleo básico (XI); recuperação de fase fundo para utilização em outros campos industriais como a indústria cimenteira (XII).

### **CAMPO DA INVENÇÃO**

[002] A modalidade de invenção refere-se a a um método de extração de óleo básico de óleo lubrificante usado / contaminado (OLUC) por aplicação de ondas ultrassônicas, mais precisamente a um método de extração de óleo básico de em óleo lubrificante usado / contaminado (OLUC) pela aplicação indireta de ultrassom (US) de baixa frequência, na faixa de 25 a 130 kHz, com a finalidade de reutilização do óleo base lubrificante.

### **FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO**

[003] Os óleos lubrificantes possuem a característica de não ser totalmente consumido durante a sua vida útil, o que diferencia dos demais derivados de petróleo, criando responsabilidades em relação à adequada destinação dos resíduos gerados ao final do seu uso. Óleos lubrificantes usados são contaminantes ambientais recalcitrantes, bioacumulativos e de difícil destinação final adequada. Os principais impactos produzidos pelos óleos lubrificantes usados no meio ambiente devem-se ao fato de conterem diversos metais pesados em suas fórmulas, podendo contaminar os lençóis freáticos e rio, ou ainda sobrenadarem nos lagos e mares, impedindo assim a oxigenação dos seres vivos e a passagem dos raios solares. No Brasil,

a legislação específica que a responsabilidade da gestão e destinação adequada dos OLUC é dos produtores e importadores e que a reciclagem seja feita através da recuperação por meio do processo industrial do rerrefino. A descontaminação de OLUC permite a reutilização das moléculas de óleos lubrificantes por diversos ciclos, visto sua origem fóssil e limitada, possibilitando assim a garantia de disponibilidade futura. As vantagens ambientais deste processo de reciclagem consistem, principalmente, na eliminação da utilização de ácidos e a subsequente geração de borras ácidas. À capacidade de reutilização como matéria-prima por outro processo industrial. Ademais, a conversão de um nocivo ambiente em matéria-prima para um ciclo produtivo atende os preceitos de sustentabilidade e baixo impacto ambiental.

[004] Os atuais métodos industriais de descontaminação do OLUC são onerosos e exigem diversas etapas como: desidratação, destilação flash, termo-craqueamento, extração por propano liquefeito, acidificação, clarificação e neutralização. Somado a complexidade das técnicas industriais há ainda a grande demanda energética e de tempo. Os métodos de descontaminação com emprego de energia US podem ser resumidos em três etapas simples: (i) Incorporação; (ii) Formação de sistema bifásico utilizando extração US; (iii) Decantação e destilação do solvente.

[005] O consumo energético do processo assistido por US é, pelo menos, 10 vezes menor que os processos atualmente praticados na indústria. A energia para funcionamento o sistema de US pode ser provido de energia solar, eólica tornando o sistema ainda sustentável.

[006] Há diversas formas de descontaminação de óleos lubrificantes, entretanto, tem sido convencionalmente feita com utilização de diversas etapas. As principais etapas empregadas são: decantação, desidratação, destilação flash, termo-craqueamento, extração por propano liquefeito, sulfonação com ácido sulfúrico, centrifugação, neutralização e clarificação. Alguns processos compreendidos nas etapas de reciclagem muitas vezes requerem o uso de ácidos, resultando na geração de borras ácidas. São também utilizados diversos tipos de solventes, como metil-etil-cetona (MEK), metil-propil-cetona, metil-pirrolidona, pentanol, butanol, gás propano, gás butano simultâneo a processo preferencialmente utilizados no processo de rerrefino, como os descritos a seguir:

[007] - Processo ácido sulfúrico-argila: um dos processos mais antigos que vem sendo adotado no Brasil. Basicamente, consiste nas seguintes etapas: a) tratamento térmico (desidratação); b) acidificação; c) decantação; d) neutralização; e) destilação; e, f) filtração.

[008] Ao final do processo, uma quantidade considerável de resíduos é produzida, sendo classificada em dois tipos básicos: (i) resíduo obtido na borra de ácido (decantação); e, (ii) a torta de filtro (Argila impregnada com óleo). Tanto a escória e a torta de filtro podem apresentar caráter ácido, ou podem ser neutralizadas com hidróxido de sódio (NaOH) ou o carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>). O tratamento com “ácido e argila” utiliza ácido sulfúrico concentrado para remover compostos asfálticos, resultando na obtenção de materiais ácidos altamente tóxicos. Além da questão ambiental, como desvantagem deste procedimento pode-se citar os elevados custos relacionados ao consumo de grandes quantidades de ácido sulfúrico e argila ativada. A borra acida, obtida como resíduo, é encaminhada para a incineração, o que pode ser um problema quando não respeitado os limites de emissões exigidos pelos órgãos ambientais, pois podem ser lançados na atmosfera pela chuva ácida.

[009] Processo de Destilação-Hidrogenação: Este processo tem a grande vantagem de eliminar o uso de ácido sulfúrico e incluir técnicas modernas que permitem completa automatização e obtenção de um produto de alta qualidade. Porém, o grande inconveniente é o grande investimento inicial, o que torna o procedimento viável somente quando grandes quantidades de OLUC são utilizadas.

[0010] Processo de ultrafiltração por membranas e absorção: O processo consiste em uma filtração em escala molecular, onde as substâncias de massa molar menor são permeadas e as de massa molar maior são retidas por uma membrana. A grande vantagem é o descarte total de produtos de difícil eliminação agressivos ao meio ambiente, como por exemplo, as borras ácidas. As maiores desvantagens são o elevado calor e baixa durabilidade das membranas.

[011] Processo utilizando solvente: extração por solvente (metil etil cetona, 1-butanol, terc-butanol, 2-propanol e etanol), adsorção em sólidos e a remoção do solvente por evaporação. Como desvantagem, este procedimento necessita de alguns dias para a execução, tornando o processo moroso.

### **ESTADO DA TÉCNICA**

[0012] Abaixo serão citadas algumas patentes relevantes do estado da técnica, e em seguida de cada, serão especificadas as principais diferenças relativas à patente aqui pleiteada.

[0013] Sendo assim, primeiramente foi revelado no estado da técnica a patente PI 1100219-0 A2 referida por “BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS OU SUBPRODUTOS DO BENEFICIAMENTO OU RERREFINO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES AUTOMOTIVOS USADOS COMO LIGANTES BETUMINOSOS”, que consiste em uma invenção para beneficiar resíduos ou subprodutos de beneficiamento ou rerrefino de óleos lubrificantes automotivos, com cimento asfáltico de petróleo (CAP), em um tanque agitador, e elevados à temperaturas variadas entre 100<198> e 220<198> Celsius, permitindo sua homogeneidade, e gerando subprodutos já beneficiados. A presente invenção envolve a utilização de um tanque agitador com temperaturas de 100 a 220°C, que assim difere do método proposto, pois a patente aqui pleiteada será utilizada ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0014] Revela-se também a PI 0607478-2 A2 titulada por “MÉTODO PARA PRODUZIR ÓLEO LUBRIFICANTE BÁSICO A PARTIR DE ÓLEO USADO”, de tal forma que refere-se a um método para recuperar óleo básico a partir de óleo lubrificante mediante separação dos constituintes da faixa de óleo básico a partir de uma mistura de óleo lubrificante usado, posteriormente separado os constituintes de óleo básico superior e os constituintes de óleo básico de qualidade inferior a partir do óleo básico recuperado a partir da mistura de óleo lubrificante usado e posteriormente tratando os constituintes de óleo básico de qualidade inferior para produzir óleo básico comercializável.

[0015] O óleo básico total produzido a partir de uma mistura de óleo lubrificante usado por intermédio desse processo é superior à quantidade que pode ser produzida pelos processos anteriores utilizando apenas a separação de óleo básico a partir da mistura de óleo lubrificante usado ou processos que utilizam apenas o tratamento do óleo básico recuperado a partir da mistura de óleo lubrificante usado para produzir o óleo básico de produto. Tal método evidenciado nesta patente relaciona processos de várias etapas de separação (três) para obtenção do óleo básico, enquanto o método proposto a seguir, na patente aqui depositada, apresentará apenas uma etapa.

[0016] Em seguida, foi encontrado a PI 0622125-4 A2 por “PROCESSO DE REFINAÇÃO DE ÓLEO”, onde descreve um processo para aquecer óleo lubrificante usado para desidratar e/ou recuperar componentes destiláveis do mesmo. O óleo lubrificante é aquecido por troca de calor de contato direto com um fluido fundido não pirolisante, operando em uma temperatura acima do ponto de ebulição da água e abaixo de 600°C. Os hidrocarbonetos no âmbito de ebulição de lubrificantes são recuperados como produto de vapor. Visto acima tal processo, o mesmo difere do proposto, pois utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0017] Continuando com a pesquisa, foi revelada a patente PI 0213160-9 A2 por “PROCESSO PARA BENEFICIAMENTO ADICIONAL DE UM ÓLEO LUBRIFICANTE USADO PRÉ-PROCESSADO”, que caracteriza-se por um processo de beneficiamento adicional de óleo lubrificante usado através de contato e presença de hidrogênio. Esse método acaba por diferir do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0018] Prosseguindo, revela-se a PI 9812054-9 A2 “MÉTODO DE RE-REFINAR ÓLEO RESIDUAL POR DESTILAÇÃO E EXTRAÇÃO”, a qual descreve um processo de re-refinar óleo básico lubrificante usado por destilação e extração. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0019] Continuando, observa-se a seguir determinadas patentes e suas principais diferenças com a patente aqui pleiteada:

[0020] - CN103387847 (A): Onde tal método descreve um processo de tratamento do óleo lubrificante usado para obtenção de óleo básico através de processo de hidrogenação. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0021] - CN 102504933 (A): O qual descreve uma invenção para regeneração de óleo lubrificante usado utilizando um rápido pré-tratamento, destilação e hidrogenação. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0022] - WO 2012047840 (A2): A invenção compreende um processo de hidrogenação e hidroprocesso utilizando reatores. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0023] - US 4169044 (A): O método aqui descreve um processo de introdução de hidrocarbonetos leves, como o propano, para rerrefino do óleo lubrificante usado. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0024] - US 6117309 (A): O método aqui descreve um processo de destilação e extração das impurezas utilizando solvente N-Methyl-2-Pyrrolidone (NMP) a baixas temperaturas. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0025] - US 4101414 (A): A invenção aqui compreende em um processo de pré-destilação por 4 horas ou mais, seguido de evaporação em destilação à vácuo a baixas temperaturas. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0026] - US 4399025 (A): O método aqui descreve a remoção da fração leve do óleo lubrificante usado utilizando álcool Tetrahydro-2-furanmethanol e extração por coluna. Após esse processo, o solvente é removido por destilação a pressão reduzida. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0027] - US 4342645 (A): O método descreve o rerrefino do óleo lubrificante usado utilizando destilação e evaporação. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0028] - US 4360420 (A): a invenção aqui compreende em um método de rerrefino do óleo lubrificante usado utilizando álcool Tetrahydro-2-furanmenhanol e destinação. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0029] - US 4302325 (A): O método aqui descreve o tratamento de óleo lubrificante usado para remoção de impurezas utilizando álcool Tetrahydro-2-furanmethanol e extração por coluna. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0030] - US 6068759 (A): O método aqui descreve a remoção de organometálicos de óleo lubrificante usado utilizando vapor quente e destilação. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0031] - JPH 10130673 (A): O método aqui descreve o tratamento do óleo lubrificante usado com alcoóis de 4-18 carbonos e trimetilhexanol. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0032] - US 20100032342 A1: O método descreve o tratamento do óleo lubrificante usado com uma mistura de óleo/propano. Esse método difere do proposto, pois este utiliza ondas ultrassônicas para separação do óleo lubrificante usado.

[0033] Levando em consideração às patentes citadas acima, bem como as diferentes formas de tratamento, remoção, entre outros processos separação do óleo lubrificante, foi desenvolvido o MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO BÁSICO DE LUBRIFICANTE USADO POR APLICAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS que consiste de uma nova metodologia para extração de óleo básico a partir de óleo lubrificante de óleo usado/contaminado (OLUC) sem a necessidade de acrescentar produtos tóxicos, sem produzir subprodutos nocivos à saúde ou gerar outros produtos que requeiram cuidados especiais de descarte. O processo proposto ainda permite uma fácil aplicação e implantação. A metodologia é inovadora para o fim proposto e não tem comparações com modelos industriais. Outras aplicações são possíveis em outros tipos e fontes de óleo lubrificante usado / contaminado (automotivos e industriais). O maior potencial desse processo é descontaminação do OLUC, possibilitando a reutilização deste produto e, assim, potencializando o uso das fontes de energia não renováveis.

[0034] O mesmo processo pode ser indicado para a extração de metais, materiais particulados de carbono e resíduo de oxidação de moléculas orgânicas em matrizes oleosas.

[0035] Portanto nota-se um diferencial da tecnologia proposta em relação às existentes no mercado, de tal forma que o processo desenvolvido:

[0036] - Permite a recuperação do óleo lubrificante sem adição de ácidos ou bases fortes reduzindo a utilização de reagentes e minimizando a formação de subprodutos tóxicos ao final do processo;



[0037] - Utiliza a energia ultrassônica para promover a remoção de óleo, que além de reduzir o gasto energético permite avaliar qual a contribuição que este tipo de energia alternativa pode agregar ao processo e recuperação de OLUC;

[0038] - Utiliza solventes alcoólicos que são produzidos no Brasil e apresentam menor custo de aquisição;

[0039] - Possibilita a reutilização do óleo lubrificante e de borra;

[0040] - Baixo custo de implantação tendo em vista que para aplicação em processos de escala piloto ou industrial, poderia ser utilizado o mesmo sistema já utilizado;

[0041] - Recuperação de 80% do óleo lubrificante;

[0042] - Versatilidade do US para aplicação em diferentes tipos de óleo lubrificante (industrial e motores). Portanto, a metodologia proposta é simples e de fácil implantação, possibilitando a instalação de sistemas de rerrefino em mais localidades por exigir pouco aporte tecnológico.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS/DESENHOS**

[0043] O processo descrito na modalidade da presente invenção pode ser melhor detalhado e compreendido mediante à referência à seguinte figura (1) que apresenta Diagrama simplificado do método de extração de óleo básico a partir de óleo lubrificante usado / contaminado (OLUC) por extração por solvente orgânico e aplicação indireta de ondas ultrassônicas, da presente invenção.

#### **DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

[0044] A presente invenção consiste em um método de extração de extração de óleo básico de em óleo lubrificante usado / contaminado (OLUC) por extração com solvente orgânico e pela aplicação indireta de ultrassom (US) de baixa frequência, na faixa de entre 25 a 130 kHz, por meio de um fluido intermediário que conduz ultrassom, com a finalidade de reutilização do óleo base lubrificante.

[0045] O óleo lubrificante usado / contaminado (OLUC) de motor de origem mineral ou sintético. A presente invenção aplica-se, preferencialmente, em óleo lubrificante usado/contaminado (OLUC) de troca de óleo de motores.

[0046] Com referência a Figura 01, observa-se que o método de extração de óleo lubrificante usado por aplicação de ondas ultrassônicas corresponde a método de extração de

óleo básico de óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC) por extração com solvente orgânico e pela aplicação indireta de ultrassom (US) de baixa frequência, na faixa de 15 a 130 kHz, com a finalidade de reutilização do óleo lubrificante.

[0047] O método da presente invenção pode ser dividido em 5 etapas: (I) - Fase de incorporação;(II) – Formação de sistema bifásico;(III) – Destilação do solvente;(IV) – Obtenção de Óleo Base;(V) – Obtenção de Sedimento.

[0048] Foi utilizado um sistema de aplicação indireta de energia ultrassônica (banho de US) para sonicação da mistura de OLUC (1) e solventes (2) alcoólicos presentes em um reator de vidro graduado. Os testes de laboratório que culminaram na invenção foram realizados pela mistura homogênea (A) de OLUC (1) e solventes (2) na razão mássica adequada. Ambos os componentes foram pré-aquecidos (3) na faixa de 30 a 100°C e a mistura foi preparada por agitação constante (4), na faixa de 150 a 500 rpm, em períodos de 2 a 60 minutos. A extração das moléculas de óleos lubrificantes não degradadas foi feita pela aplicação indireta de ondas ultrassônicas (5), com emprego de frequência de 15 a 130 kHz (5 A), com potência de 0,5 a 100 W/cm<sup>2</sup> (5 B), com temperatura na faixa de 20°C a 100°C, com tempos de extração na faixa de 2 a 60 minutos conforme o solvente utilizado.

[0049] Após o processo de sedimentação (6), por centrifugação ou gravitacional, as fases formadas foram separadas. A fase de topo (7) (sobrenadante) foi coletada e levada para uma destilação simples (9) para a recuperação do solvente extrator e obtenção do óleo base (10). A fase de fundo (8), que contém grande parcela dos resíduos metálicos, oxidados e materiais particulados diversos, poderá ser reinserida em processos de extração pela aplicação de ondas ultrassônicas ou, por exemplo, ser destinada a indústria cimenteira (11), por servir de insumo.

[0050] Assim, a invenção proposta pode ser aplicada na forma de um processo isolado, ou ser combinada a outras tecnologias existentes, visando aumentar a eficiência de extração do óleo básico do OLUC.

[0051] Além disso, a invenção pode ser aplicada em escalas variadas e, assim, as potências, vazões e intervalos de tempo de aplicação de ultrassom podem variar, dependendo da quantidade de OLUC a ser tratado.

[0052] A eficiência de extração do óleo básico é alcançada pelo método da presente invenção pode ser determinada pela relação percentual entre o volume de óleo base recuperado e o volume de OLUC inicialmente utilizado na extração.

[0053] Verificou-se que o método desta invenção pode promover uma eficiência de extração de óleo básico do OLUC superior a 80%(m/m), dependendo da temperatura e tempo de aplicação de ultrassom.

### **EXEMPLO DA INVENÇÃO**

[0054] A fim de avaliar a eficiência método de extração de óleo básico de óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC) por extração com solvente orgânico e aplicação indireta de ultrassom, foram realizados experimentos em escala de bancada.

[0055] Nos experimentos executados, foram avaliadas diferentes temperaturas, razão mássica solvente:OLUC e intervalos de tempo de aplicação indireta de ultrassom. Embora tenham sido estabelecidas condições, diversas modificações, mudanças, variações, substituições e equivalentes poderão ocorrer, sem desviar do escopo da presente invenção.

[0056] O banho utilizado para exemplificar o método é composto por 6 transdutores, responsáveis pela geração e propagação do US utilizado possui capacidade de 12,75 L, com dimensões internas 300 mm de largura, 240 mm de altura e 200 mm de profundidade. A temperatura da água do banho de US foi monitorada.

[0057] Nos exemplos apresentados, a mistura solvente:OLUC a ser tratada foi submetida à aplicação indireta do ultrassom, em frascos graduados de vidro borossilicato, de modo a permitir a fácil mensuração da separação de fases topo e fundo durante e após o tratamento.

[0058] Para todos os experimentos, após a obtenção do tempo de equilíbrio para separação das fases, as misturas reacionais foram coletadas em frascos graduados, em duplicata. O tempo necessário para separação das fases é dependente do tempo de exposição da mistura reacional ao US. A determinação do rendimento de óleo recuperado foi feito em alíquotas da mistura de OLUC (1) e solvente (2) em duplicata após a aplicação indireta de US, com a etapa de sedimentação. Como ilustra o fluxograma do processo representado na Figura 01.

[0059] O óleo obtido na fase de topo (7), após a recuperação do solvente, é constituído de moléculas de óleos lubrificantes minerais recuperados. Teores de contaminantes metálicos, materiais particulados a base de carbono, bem como frações parcialmente oxidadas das moléculas, parcialmente existentes no óleo lubrificante, são reduzidos. Os resultados de caracterização de uma amostra que exemplifica o método podem ser observados abaixo.

ENSAIO	PROCEDIMENTO	UNIDADE	Resultado OLUC
Número de Acidez Total	ASTM D664-06	mgKOH/g	0,637 (±0,024)
Ponto de Fluidez	ASTM D97	°C	-39,0 (±3)
Viscosidade Cinemática a	ASTM D7042	mm <sup>2</sup> /s	48,40 (±1,10)
Viscosidade Cinemática a	ASTM D7042	mm <sup>2</sup> /s	23,90 (0,77)
Ponto de Fulgor	ASTM D93	°C	147,7 (±2,0)
Enxofre	ASTM D4298	%m/m	0,3507(±0,0011)

ENSAIO	PROCEDIMENTO	UNIDADE	OLUC	OLBT	OLIS	RESULTADO				
						OLET	OLBT S	OLIS S	OLET S	
Cor	ASTM D1500	ASTMColors		7,5	8	7,5	8	8	7,5	
Número de Acidez Total	ASTM D664-06	mgKOH/g	0,637 (±0,024)	<0,1 (0,0141)	<0,1 (0,0191)	<0,1 (0,02051)	<0,1 (0,0203)	<0,1 (0,0146)	<0,1 (0,01732)	
Ponto de Fluidez	ASTM D97	°C	-39,0 (±3)	-36,0 (±3,0)	-36,0 (±3,0)	-36,0 (±3,0)	-36,0 (±3,0)	-39,0 (±3,0)	-39,0 (±3,0)	
Viscosidade Dinâmica a 40°C	ASTM D7042	mPa.s	48,40 (±1,10)	18,069 (±1,021)	39,470 (±1,601)	24,067 (±1,001)	162,2 (±7,459)	65,433 (±2,064)	42,376 (±1,442)	
Viscosidade Dinâmica a 60°C	ASTM D7042	mPa.s	23,90 (0,77)	8,023(±0,678)	19,325(±1,332)	11,543(±0,889)	80,4(±4,674)	30,355(±1,132)	20,002(±0,901)	

- OLUC : Óleo lubrificante usado / contaminado;
- OLBT, OLIS, OLET : Óleo base obtidos pelo processo
- OLBT S, OLIS S, OLET S : sedimentos obtidos pelo processo.

[0060] Os resultados (B) indicam que os óleos obtidos após o tratamento com US, apresentaram uma recuperação superior a 80% e podem ser enquadrados em óleo base neutro leve, neutro médio, e *spindle* (topo). Este óleo deverá ser clarificado e realocado na cadeia produtiva de óleos lubrificantes comerciais. Quanto à fração residual (fundo / sedimento), poderá ser encaminhado para reutilização em outros setores como a indústria para reutilização.

## REIVINDICAÇÕES

1. METODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO BÁSICO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO (OLUC) POR APLICAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS, caracterizado por um método de extração de óleo básico em óleo lubrificante usado / contaminado (OLUC) pela aplicação indireta de ultrassom (US) de baixa frequência, na faixa de 15 a 130 kHz, com a finalidade de reutilização do óleo lubrificante; utiliza a energia ultrassônica para promover a remoção de óleo, utiliza-se de solventes alcoólicos e apresentam menor custo de aquisição; o método ainda possibilita a reutilização do óleo lubrificante e de borra; após a utilização do método, observa-se uma recuperação de 80% do óleo lubrificante; o US para aplicação em diferentes tipos de óleo lubrificante (industrial e motores);

2. METODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO BÁSICO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO (OLUC) POR APLICAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por fato de primeiramente será utilizado um sistema de aplicação indireta ultrassônica (banho de US) para sonicação da mistura de OLUC (1) e solvente (2) alcoólico presentes em um reator de vidro graduado; com os testes, pega-se a mistura homogênea (A) de OLUC (1) e solventes (2) na razão mássica adequada; em seguida, ambos os componentes serão pré-aquecidos (3) na faixa de 30 a 100°C e a mistura será preparada por agitação constante (4), na faixa de 150 a 500 rpm, em períodos de 2 a 40 minutos;

3. METODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO BÁSICO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO (OLUC) POR APLICAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por fato de que a extração das moléculas de óleos lubrificantes não degradadas será feita pela aplicação de ondas ultrassônicas (5), com emprego de frequência de 35 a 130 kHz, com potência de 0,5 a 100 W/cm<sup>2</sup>, com temperatura na faixa de 20°C a 100°C, com tempos de extração na faixa de 2 a 60 minutos conforme o solvente utilizado;

4. METODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO BÁSICO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO (OLUC) POR APLICAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por fato de que o banho utilizado é composto por seis transdutores, responsáveis pela geração e propagação do US utilizado, contendo capacidade de 12,75 L, com dimensões internas 300 mm de largura, 240 mm de altura e 200 mm de profundidade; e sendo

que a temperatura da água do banho de US será monitorada. A amostra obtida será deixada em repouso de 01 às 48h à temperatura ambiente;

5. METODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO BÁSICO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO (OLUC) POR APLICAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por fato de que o repouso, processo de sedimentação (6), formaram fases que serão separadas, de tal forma que a fase de topo (7) (sobrenadante) será coletada e levada para uma destilação simples (9) para a recuperação do solvente extrator e obtenção do óleo de topo; já a fase de fundo (8), que contém grande parcela dos resíduos metálicos, oxidados e materiais particulados diversos, poderá ser reinserida em processos de extração pela aplicação de ondas ultrassônicas ou, por exemplo, ser destinada a indústria cimenteira (11), por servir de insumo;

6. METODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO BÁSICO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO (OLUC) POR APLICAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS, de acordo com a reivindicação 1 e 5, caracterizado por fato de que o óleo obtido na fase de topo (7), após a recuperação do solvente, será constituído de moléculas de óleos lubrificantes minerais recuperados, e os teores de contaminantes metálicos, materiais particulados a base de carbono, bem como frações parcialmente oxidadas das moléculas parcialmente existentes no óleo lubrificante, são reduzidos;

7. METODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO BÁSICO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO (OLUC) POR APLICAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS, de acordo com a reivindicação 1 e 5, caracterizado por fato de que os resultados (B) indicam que os óleos obtidos após o tratamento com US apresentaram uma recuperação superior a 80% e podem ser enquadrados em óleo base neutro leve, neutro médio, e *spindle* (topo).

8. METODO DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO BÁSICO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO (OLUC) POR APLICAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS, caracterizado por o processo aqui desenvolvido poderá ter aplicação em qualquer tipo de óleo lubrificante (automotivo, industrial), e com instrumentação de baixo custo para realizar o processo. O qual funciona desde que haja a disponibilidade de um sistema de ultrassom e solvente alcoólico. Devendo ser realizado em ambiente com equipamentos de segurança de trabalho (EPI e EPC) inerentes a este tipo de trabalho.



FIG. 01

