

SUSPENSÃO OLEOSA BIOCOMBUSTÍVEL, E, PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MESMA

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção está relacionada a combustíveis. Mais especificamente, a presente invenção está relacionada a suspensões oleosas biocombustíveis que empregam biocarbono sólido em sua composição.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[002] Os motores de combustão interna são de grande emprego industrial abrangendo segmentos tais como movimentação de máquinas, cogeração e transporte, cobrindo amplo leque de capacidades. São aplicados nos diversos modais de transporte, em máquinas de grande, médio e pequeno porte, nos setores naval, ferroviário e rodoviário. São de grande relevância os motores de combustão interna de queima por compressão, comumente designados motores diesel, em homenagem a Rudolph Diesel, seu inventor.

[003] Nos motores de combustão interna por compressão usualmente são utilizados combustíveis líquidos fósseis proveniente da destilação de petróleo. Em geral, para motores de grande porte são utilizados combustíveis de maior viscosidade designados de óleo combustíveis pesados (HFO – Heavy Fuel Oil ou HFOLS - Heavy Fuel Oil Low Sulphur), normalmente chamados de óleo bunker, e para motores de médio e pequeno porte são utilizados combustíveis de menor viscosidade, designados óleo diesel e gasóleo.

[004] Apesar dos combustíveis fósseis acima citados serem de amplo uso atualmente, o mundo avança rapidamente em direção à mudança da matriz energética, o que implicará em uma agenda de compromissos ousados rumo a uma economia com emissão zero de carbono. Para atingir essa meta de redução de Gases Efeito Estufa – GEE's no setor de transporte, os países terão que adotar de forma simultânea um conjunto de medidas. Os biocombustíveis estão entre os principais protagonistas da redução das

emissões de carbono no setor de transporte em diversos países.

[005] A título de exemplo, a União Europeia (EU) lançou recentemente um ousado plano para reduzir as emissões de GGE's em pelo menos 55% até 2030, conhecido como Pacote "Fit for 55" (apto para 55, em tradução livre), que contribuirá para que os países membros possam cumprir o objetivo de uma UE neutra em carbono até 2050, de acordo com o estabelecido pelo do Acordo de Paris. O plano inclui os setores de transporte, incluindo aviação e marítimo – atualmente responsável por quase 40% de todas as emissões. O compromisso desses modais com as metas assumidas será fundamental para que o continente europeu alcance uma rápida redução das emissões de CO₂.

[006] Adicionalmente, é proposta a proibição da utilização do diesel convencional, da gasolina, do gás, ou mesmo da tecnologia híbrida, em veículos novos até 2035, criando um espaço para os veículos elétricos ou movidos a biodiesel.

[007] Nesse cenário, que pouco a pouco difunde-se pelo mundo, o biodiesel cumpre um papel muito importante ao fornecer uma alternativa energética ao combustível inteiramente fóssil, já que possui geralmente em sua composição matéria-prima de origem vegetal, tal como óleos de soja, algodão, mamona, girassol, babaçu, amendoim, dendê, etc.

[008] Além da composição convencional de biodiesel anteriormente descrita, estudos recentes mostram a possibilidade de utilização de carvão, especialmente de origem mineral, na forma micronizada (granulometria inferior a 50 µm) misturados a um líquido, tal como água, formando uma suspensão aquosa.

[009] No entanto, a utilização de carvão mineral micronizado para a fabricação de suspensões aquosas, ainda enfrenta diversas barreiras técnicas para sua aplicação prática, já que suas propriedades físico-químicas (poder calorífico, viscosidade e teor de inorgânicos) divergem dos combustíveis

utilizados hoje em dia, o que requer adaptações nos motores atualmente presentes no mercado.

[0010] Além disso, o carvão sólido apresenta natureza química hidrofóbica o que dificulta sua estabilidade ao ser misturado à água. Um outro ponto relevante é que resultados experimentais mostram que o poder calorífico da suspensão aquosa de carvão, e por conseguinte, a densidade energética, é consideravelmente menor do que os combustíveis presentes no mercado.

[0011] Por fim, a presença de inorgânicos na composição dos carvões micronizados empregados em biocombustíveis do estado da técnica comumente geram problemas de incrustações e desgaste por abrasão dos componentes internos dos motores.

[0012] No contexto de busca de sustentabilidade nos processos produtivos, a tecnologia de pirólise de biomassa tem sido reconhecida pela comunidade técnica e científica, como uma poderosa ferramenta de transformação da biomassa em novos produtos como carvão vegetal, gás de síntese (*syngas*) e líquidos como alcatrão e extrato pirolenhoso. Exatamente para caracterizar processo de pirólise de biomassa executado com rigor sob aspectos de segurança operacional e respeito ao meio ambiente, o carvão vegetal passou a receber na literatura outras designações como biocarvão (em inglês *biochar*) ou biocarbono. Este último termo é o que será adotado nesta invenção para designar o produto sólido obtido da pirólise de biomassa.

[0013] A invenção ora proposta soluciona os problemas do estado da técnica acima descritos de forma simples e eficiente.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0014] A presente invenção tem como um primeiro objetivo prover uma suspensão oleosa biocombustível a base de biocarbono mais bem adaptada aos motores de combustão interna por compressão existentes atualmente no mercado, dispensando grandes adaptações nos mesmos.

[0015] A presente invenção tem como um segundo objetivo prover uma suspensão oleosa biocombustível a base de biocarbono altamente sustentável e com poder calorífico, densidade energética e viscosidade comparados aos combustíveis atualmente presentes no mercado.

[0016] De forma a alcançar os objetivos acima descritos, a presente invenção provê uma suspensão oleosa biocombustível, compreendendo 5 a 50% em massa de biocarbono micronizado e 50 a 95% em massa de líquido base da suspensão.

[0017] A invenção também provê um processo de fabricação da suspensão oleosa biocombustível acima mencionada compreendendo as etapas de (i) micronizar biocarbono a um diâmetro máximo de 50 μm e (ii) misturar 5 a 50% em massa de biocarbono micronizado a 50 a 95% em massa de líquido base da suspensão.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0018] A descrição detalhada apresentada adiante faz referência à figura anexa e seus respectivos números de referência.

[0019] A **figura 1** ilustra um diagrama esquemático da interação entre as diversas moléculas em torno de uma partícula de biocarbono na suspensão oleosa biocombustível da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0020] Preliminarmente, ressalta-se que a descrição que se segue partirá de concretizações preferenciais da invenção. Como ficará evidente para qualquer técnico no assunto, no entanto, a invenção não está limitada a essas concretizações particulares.

[0021] A presente invenção provê, portanto, uma suspensão oleosa biocombustível, compreendendo 5 a 50% em massa de biocarbono micronizado e 50 a 95% em massa de base líquida da suspensão. Para fins dessa descrição, entende-se por biocarbono micronizado qualquer carvão de origem vegetal, produzido segundo padrões sustentáveis, com diâmetro

máximo de 50 µm. Preferencialmente, esse biocarbono possui baixo teor de inorgânicos (inferior a 1%).

[0022] Preferencialmente, a base líquida da suspensão acima mencionada é pelo menos um de (i) óleo bunker (também conhecido como HFO – *Heavy Fuel Oil*), (ii) óleo diesel marítimo (do inglês, MDO – *Marine Diesel Oil* ou MGO – *Marine Gasoil*), (iii) óleo vegetal hidrotratado (do inglês, HVO – *Hydrotreated Vegetable Oil*), (iv) óleo de pirólise hidrotratado (do inglês, HPO – *Hydrotreated Pyrolysis Oil*), e (v) alcatrão vegetal (também designado PO – Óleo de Pirólise ou do inglês *Pyrolysis Oil*).

[0023] Mais preferencialmente, a base líquida da suspensão empregada na presente invenção pode ser uma mistura de pelo menos dois dos óleos acima mencionados em proporções adequadas para gerar um biocombustível com viscosidade e densidade energética equivalentes aos óleos combustíveis encontrados no mercado.

[0024] Em uma primeira concretização da presente invenção, a seguinte composição é empregada:

- 5 a 50% em massa de biocarbono micronizado;
- 50 a 95% em massa de óleo bunker; e
- 0 a 30% de óleo diesel marítimo ou gasóleo.

[0025] Nessa primeira concretização, o biocarbono é misturado ao óleo bunker. A engenharia dos motores de combustão de grande porte já está preparada para operar com uma viscosidade típica do óleo bunker. Naturalmente à medida que partículas do sólido biocarbono são introduzidas na suspensão, a viscosidade dela tende a aumentar. Introduce-se, então outra base oleosa que é o óleo diesel ou gasóleo, de forma a ajustar a viscosidade da suspensão e retorná-la a valores próximos a viscosidade original do bunker. Esta é uma suspensão caracterizada pela substituição parcial de combustível fóssil (bunker) por combustível verde (biocarbono). É uma suspensão bastante otimizada no aspecto técnico (queima) e logístico, uma vez que a introdução

de biocarbono pode ser realizada em diferentes proporções e ser implantada de forma gradativa.

[0026] Em uma segunda concretização da presente invenção, 100% sustentável, a seguinte composição é empregada:

5 a 50% em massa de biocarbono micronizado;
50 a 95% em massa de óleo vegetal hidrotratado; e
0 a 50% de alcatrão vegetal.

[0027] Nessa segunda concretização, o biocarbono é misturado a uma base oleosa totalmente verde, podendo a mesma ser HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) ou alcatrão vegetal (PO Pyrolysis Oil) ou uma mistura destes componentes. Esta suspensão é caracterizada por viscosidade menor comparada ao bunker e, neste caso, tem-se uma suspensão composta apenas por produtos sustentáveis, ou seja, de origem renovável.

[0028] Em uma terceira concretização da presente invenção, também 100% sustentável, a seguinte composição é empregada:

5 a 50% em massa de biocarbono micronizado; e
50 a 95% em massa de óleo de pirólise hidrotratado.

[0029] Nessa terceira concretização, a suspensão é composta por biocarbono e a base oleosa HPO (Hydrotreated Pyrolysis Oil) e, da mesma forma que a segunda concretização, totalmente sustentável.

[0030] As três concretizações supracitadas apresentam uma característica em comum: o uso de biocarbono micronizado na composição. Visando suspensões que acarretem o menor nível de desgaste por abrasão nos motores diesel, é preferível produzir o biocarbono a partir de biomassas com baixo teor de cinzas, como eucalipto, preferencialmente sem a casca, que apresenta maior teor de inorgânicos comparado com o cerne da madeira em si.

[0031] A presente invenção também provê um processo de fabricação da suspensão oleosa biocombustível acima descrito, compreendendo as etapas

de (i) micronizar biocarbono a um diâmetro máximo de 50 μm e (ii) misturar 5 a 50% em massa de biocarbono micronizado a 50 a 95% em massa de base líquida da suspensão.

[0032] A presente invenção refere-se a uma suspensão oleosa biocombustível cuja composição apresenta uma parcela de biocarbono proveniente da carbonização de biomassa na forma micronizada (partículas menores que 50 μm). A presença do biocarbono confere vantagens no aspecto ecológico, tal como redução de emissões de gases de efeito estufa e SO_x , nos aspectos mercadológicos, por trazer redução de custos pela utilização de matérias-primas combustíveis mais baratas e nos aspectos técnicos.

[0033] As principais vantagens técnicas são decorrentes dos efeitos catalíticos devido a presença de partículas sólidas de biocarbono na atmosfera reagente, dentro da câmara de combustão do motor. A **figura 1** apresenta uma ilustração destes fenômenos catalíticos trazendo uma alusão das interações moleculares que ocorrem neste meio reagente.

[0034] Primeiramente, a área superficial interna associada à porosidade, bem como a área superficial externa das partículas de biocarbono favorece o processo de adsorção física de moléculas de oxigênio e dos demais combustíveis líquidos promovendo a interação química entre elas, o que caracteriza um efeito catalítico no processo de combustão. Mais especificamente, o biocarbono é um produto com alta concentração de carbono, tipicamente maior que 80%, dependendo da matéria-prima e condições operacionais de produção dele. Trata-se, portanto, de um produto friável e poroso, podendo estes poros se apresentarem da forma fechada ou aberta. Associada ao grau de micronização, é gerada área superficial específica externa das partículas e associado à porosidade é gerada área superficial específica interna das partículas. Tanto a área superficial específica externa quanto interna, contribuem para o fenômeno de catálise heterogênea durante o processo de combustão. Tal efeito é ilustrado na **figura 1**, onde as

moléculas de combustível líquido **HC** interagem de forma mais significativa e com maior frequência com as moléculas de oxigênio **O₂** justamente nas superfícies internas e externas das partículas de biocarbono **BC**. Tais interações estão destacadas na **figura 1** com um círculo azul.

[0035] Adicionalmente, é conhecido o efeito catalítico da injeção de sais de potássio na queima de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos. É também conhecido da literatura pertinente que, durante o processo de carbonização da biomassa, ocorre a migração de elementos inorgânicos presentes na biomassa precursora formando bolsões de SiO₂ e cristais de KCl na superfície da partícula de biocarbono. A biomassa e o respectivo biocarbono, apresentam micronutrientes em sua composição, entre eles sais de potássio. Desta forma, a suspensão heterogênea contendo biocarbono é uma forma intrínseca de se buscar esta ação catalítica do potássio no processo de combustão. Tal efeito, onde o potássio reduz a energia de ativação e catalisa a reação do oxigênio com a própria superfície carbonosa do biocarbono, é ilustrado na **figura 1** e está destacado com um círculo alaranjado.

[0036] Opcionalmente, a presente invenção prevê ainda a introdução de aditivos na suspensão oleosa biocombustível a base de biocarbono, tais como agentes tenso ativos, de forma a melhorar a estabilização da solução e suas propriedades de manuseio, transporte e armazenamento. Os aditivos podem ser empregados em pequenas proporções, tipicamente inferiores a 5%.

[0037] Além dos efeitos inovadores acima listados, as seguintes vantagens são observadas no biocombustível da presente invenção:

1) A friabilidade do biocarbono propicia a moagem obtenção de partículas com dimensões típicas inferiores a 50 µm a custos operacionais relativamente competitivos;

2) Preferencialmente, o biocarbono é micronizado de forma a alcançar uma distribuição de tamanho das partículas bimodal, que favorece a

preparação da suspensão oleosa desta invenção;

3) O biocarbono possui baixo teor de cinzas e de enxofre quando comparado com outros materiais carbonosos, como por exemplo carvão mineral;

4) Os processos catalíticos associados ao biocarbono melhoram as propriedades de queima da suspensão e, desta forma, aumentam o rendimento do motor diesel;

5) Os tempos de queima das micropartículas porosas de biocarbono são baixos, tipicamente aos tempos de curso de muitos motores de ciclo diesel de interesse em termos de aplicação industrial da presente invenção, como, por exemplo, motores de baixa rotação empregados em transporte marítimo. Isto proporciona eficiência de queima completa do combustível sólido e baixo nível de emissão de particulados;

6) A otimização catalítica dos processos de combustão da fase oleosa da suspensão e da própria partícula de biocarbono permite que o motor opere em menores níveis de compressão e, desta forma, acarreta maior rendimento térmico do motor;

7) Melhor desempenho em relação às emissões atmosféricas de contaminantes como particulados e NO_x devido ao processo catalítico de combustão associado às partículas de biocarbono;

8) Por ser renovável, parcial ou totalmente, a suspensão oleosa biocombustível da presente invenção promove redução de emissões de gases de efeito estufa na forma de CO_2 para a atmosfera.

[0038] O biocombustível da presente invenção possui sua viscosidade, poder calorífico e densidade energética ajustáveis às aplicações dele. Dessa forma, ele pode ser ajustado para substituir quaisquer tipos de óleos diesel existentes atualmente no mercado. A título de exemplo, a presente invenção pode ser empregada de forma bastante eficiente na substituição do óleo bunker para aplicações em motores de baixa rotação,

como motores marítimos. No entanto, sua aplicação não está limitada a essa aplicação específica, podendo também ser empregado em motores empregados em transporte ferroviário, rodoviário, aéreo, movimentação de máquinas e cogeração.

[0039] Assim, conforme exposto acima, a presente invenção provê uma suspensão oleosa biocombustível mais bem adaptada aos motores a diesel existentes atualmente no mercado, dispensando grandes adaptações nos mesmos. Além disso, a suspensão oleosa biocombustível da presente invenção é altamente sustentável e com poder calorífico, densidade energética e viscosidade comparados aos combustíveis atualmente presentes no mercado.

[0040] Inúmeras variações incidindo no escopo de proteção do presente pedido são permitidas. Dessa forma, reforça-se o fato de que a presente invenção não está limitada às configurações/concretizações particulares acima descritas.

REIVINDICAÇÕES

1. Suspensão oleosa biocombustível, caracterizada por compreender:

5 a 50% em massa de biocarbono micronizado; e
50 a 95% em massa de base líquida da suspensão.

2. Suspensão oleosa biocombustível, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por a base líquida da suspensão ser pelo menos um de:

óleo bunker;
óleo diesel marítimo ou gasóleo;
óleo vegetal hidrotratado;
óleo de pirólise hidrotratado; e
alcatrão vegetal.

3. Suspensão oleosa biocombustível, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada por a base líquida da suspensão ser uma suspensão de pelo menos dois de:

óleo bunker;
óleo diesel marítimo;
óleo vegetal hidrotratado;
óleo de pirólise hidrotratado; e
alcatrão vegetal.

4. Suspensão oleosa biocombustível, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizada por compreender:

5 a 50% em massa de biocarbono micronizado;
50 a 95% em massa de óleo bunker; e
0 a 30% de óleo diesel marítimo.

5. Suspensão oleosa biocombustível, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizada por compreender:

5 a 50% em massa de biocarbono micronizado;

50 a 95% em massa de óleo vegetal hidrotratado; e
0 a 50% de alcatrão vegetal.

6. Suspensão oleosa biocombustível, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizada por compreender:

5 a 50% em massa de carvão vegetal micronizado; e
50 a 95% em massa de óleo de pirólise hidrotratado;

7. Processo de fabricação de uma suspensão oleosa biocombustível, caracterizado por compreender as etapas de:

micronizar biocarbono a um diâmetro máximo de 50 μm ;
misturar 5 a 50% em massa de biocarbono micronizado a 50 a 95% em massa de base líquida da suspensão.

8. Processo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo biocarbono apresentar uma distribuição de tamanho de partícula bimodal.

9. Processo, de acordo com a reivindicação 7 ou 8, caracterizado por a base líquida da suspensão ser pelo menos um de:

óleo bunker;
óleo diesel marítimo;
óleo vegetal hidrotratado;
óleo de pirólise hidrotratado; e
alcatrão vegetal.

10. Processo, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por a base líquida da suspensão ser pelo menos dois de:

óleo bunker;
óleo diesel marítimo;
óleo vegetal hidrotratado;
óleo de pirólise hidrotratado; e
alcatrão vegetal.

11. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 10, caracterizado por compreender adicionalmente uma etapa de adicionar pelo menos um aditivo tenso ativo à suspensão oleosa biocombustível.