



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e Comércio Exterior  
Instituto Nacional de Propriedade Industrial

(21) **PI0903438-2 A2**

(22) Data de Depósito: 18/09/2009  
(43) Data da Publicação: 24/05/2011  
(RPI 2107)



\* B R P I 0 9 0 3 4 3 8 A 2 \*

(51) *Int.Cl.:*  
C08L 95/00 2006.01  
C08K 5/101 2006.01  
C08K 5/11 2006.01

(54) Título: **COMPOSIÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO POR BIODIESEL PARA USO NO PREPARO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE, DE CONCRETO BETUMINOSO MORNO E DE EMULSÃO ASFÁLTICA**

(73) Titular(es): Petroleo Brasileiro S.A. - Petrobras

(72) Inventor(es): Adriana Tinoco Martins, Leni Figueiredo Mathias Leite, Luis Alberto Herrmann do Nascimento, Luiz Rosa Silva Filho, Marcos Chacur, Ulisses Santos Figueiredo

(57) Resumo: COMPOSIÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO POR BIODIESEL PARA USO NO PREPARO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE, DE CONCRETO BETUMINOSO MORNO E DE EMULSÃO ASFÁLTICA. A presente invenção diz respeito à composição de ligante asfáltico modificado por biodiesel para uso no preparo de concreto betuminoso usinado a quente, de concreto betuminoso morno e de emulsão asfáltica, composição esta que faz com que, tanto o concreto betuminoso usinado a quente - CBUQ, quanto o concreto betuminoso morno preparado com a mesma apresentem suscetibilidade térmica e resistência à deformação permanente superiores aos concretos betuminosos preparados com cimentos asfálticos de petróleos (CAP) comuns. Adicionalmente, a composição de ligante asfáltico modificado por biodiesel da presente invenção, também se mostra vantajosa quando utilizada no preparo de emulsões asfálticas, porque intrinsecamente como ligante apresenta melhor suscetibilidade térmica do que o CAP comum.



**COMPOSIÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO POR  
BIODIESEL PARA USO NO PREPARO DE CONCRETO BETUMINOSO  
USINADO A QUENTE, DE CONCRETO BETUMINOSO MORNO E DE  
EMULSÃO ASFÁLTICA**

**5 CAMPO DA INVENÇÃO**

A presente invenção diz respeito à composição de ligante asfáltico modificado por biodiesel para uso no preparo de concreto betuminoso usinado a quente, de concreto betuminoso morno e de emulsão asfáltica, composição esta que faz com que, tanto o concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ, quanto o concreto betuminoso morno, preparados com a mesma apresentem suscetibilidade térmica e resistência à deformação permanente superiores aos concretos betuminosos preparados com cimentos asfálticos de petróleo (CAP) comuns.

Adicionalmente, a composição de ligante asfáltico modificado por biodiesel da presente invenção, também se mostra vantajosa quando utilizada no preparo de emulsões asfálticas, porque, intrinsecamente como ligante apresenta, melhor susceptibilidade térmica do que o CAP comum.

**FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO**

As misturas betuminosas hoje empregadas na construção de estradas de rodagem seguem, basicamente, duas grandes linhas de preparo. A primeira, denominada linha quente, onde os ligantes asfálticos são misturados aos agregados pétreos a altas temperaturas, e cujos produtos finais são conhecidos no Brasil como CBUQ, e, internacionalmente, são chamados de “Hot Mix Asphalts (HMA) pavements”. A segunda, denominada linha fria, comporta as chamadas emulsões asfálticas, onde os ligantes asfálticos são misturados aos agregados pétreos à temperatura ambiente.

Essas duas grandes linhas conseguem eliminar praticamente todas as dificuldades técnicas que possam ser encontradas nos locais de construção das estradas, mas apresentam algumas desvantagens,

particularmente, no que diz respeito ao meio-ambiente

Partilhando de um mesmo conceito, o que se objetiva na prática é colocar o ligante asfáltico numa forma líquida, para que o mesmo possa estabelecer com os agregados uma forte conexão, que propicia consistência ao conjunto, e garante que o mesmo apresente um desempenho reológico e mecânico compatível com as características de uso da estrada de rodagem.

Inúmeros processos tornam possível esta dita liquefação do ligante asfáltico; aquecimento, emulsificação e diluição com solventes.

O processo de aquecimento consiste em elevar a temperatura do ligante asfáltico até cerca de 150°C, aproximadamente, e promover a mistura do mesmo com os agregados já previamente aquecidos à mesma temperatura, visando a obter uma mistura suficientemente fluida e homogênea, pronta para ser aspergida e compactada na superfície da rodovia, enquanto a temperatura permanece alta.

Recentemente foram desenvolvidos processos de misturas asfálticas mornas onde as misturas podem ser preparadas a temperaturas da ordem de 110°C a 130°C, reduzindo emissões e consumo de combustível. Estas misturas mornas podem ser feitas em equipamentos convencionais através da adição de zeolitas ou de areias úmidas ou aditivos que promovem formação de espuma do ligante durante sua mistura com agregados, recobrando melhor os agregados a temperaturas 30°C a 40°C abaixo das temperaturas tradicionais.

O processo de emulsão consiste em colocar o ligante asfáltico numa forma líquida, à temperatura ambiente num estado metaestável, utilizando água. O contato com os agregados promove um balanço químico que leva à ruptura da emulsão, fazendo com que o ligante asfáltico adira à superfície da rodovia, enquanto a água é drenada para fora da mistura.

O processo de diluição consiste em diluir com um solvente o ligante

asfáltico para reduzir significativamente a viscosidade do mesmo e assim permitir uma adequada mistura com os agregados. Após a aplicação na rodovia o solvente evapora e o capeamento se dá pelo aumento da consistência da mistura.

5 Os cimentos asfálticos de petróleo (CAP) são resíduos dos processos de refino de petróleo, de desasfaltação ou de destilação a vácuo de alta severidade. Classificados segundo suas características físico-químicas (especificações brasileiras e européias), ou segundo padrões de desempenho (especificação americana), são considerados  
10 ligantes suficientemente duráveis e adesivos para suportar os agregados e com estes, compor os concretos betuminosos usinados a quente (CBUQ ou HMA) que se destinam a pavimentar estradas de rodagem.

No entanto, em rodovias de grande volume de tráfego, para melhorar as propriedades mecânicas dos CAP's, são geralmente  
15 empregados aditivos, principalmente, visando influenciar as características de flexibilidade do pavimento.

Vários aditivos já foram propostos com esta finalidade, por exemplo, polietileno, borracha natural, borracha sintética (copolímero SBR –  
borracha estireno-butadieno), copolímero SBS (estireno-butadieno-  
20 estireno), copolímero EVA (acetato de vinil-etileno), ácido polifosfórico, entre outros.

Estudos apresentados na literatura técnica ensinam que o CAP se compõe basicamente de asfaltenos e petrolenos, sendo considerado como um sistema coloidal no qual os asfaltenos são a fase dispersa e os  
25 petrolenos a fase dispersora. Por definição, os asfaltenos são aquela fração do CAP que é solúvel em dissulfeto de carbono e insolúvel em n-pentano, na proporção de 50 volumes de n-pentano para um volume de CAP. Os petrolenos são definidos como sendo a fração do CAP que é solúvel em 50 volumes de n-pentano por volume de CAP.

30 Outros autores sugerem que o CAP também pode ser definido como

sendo composto por asfaltenos, resinas asfálticas, frações de hidrocarbonetos, com pequenas quantidades de parafinas e ainda outros componentes. Neste conceito, os asfaltenos estariam peptizados pelas resinas asfálticas e pelas frações de hidrocarbonetos, ficando dispersos no meio desta maneira. Neste caso, os petrolenos seriam a fração do CAP que é extraída pelo n-pentano.

De um modo geral, acredita-se que as propriedades da fração asfáltica do CAP determinam sua adequabilidade do CAP para pavimentação. Conseqüentemente, esta é a fração a ser modificada quando se quer melhorar as características do CAP para tal aplicação.

Hardman, Harley F. et al, no documento de patente **US 2,877,129**, reportaram que a elasticidade do pavimento asfáltico a baixas temperaturas era função das propriedades das frações de petrolenos dos CAP e que estas podiam ser modificadas pela incorporação ao CAP de ésteres orgânicos líquidos de ácidos graxos, mono ou policarboxílicos. Tais ésteres, para cumprirem os fins a que se destinam, teriam de ser bons solventes para os asfaltenos e suficientemente miscíveis nos petrolenos do CAP.

É sabido que o biodiesel é composto de mono ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, e, particularmente os ésteres metílicos de óleos vegetais ou animais provaram ser bons solventes para resíduos asfálticos. Não são considerados tóxicos nem danosos ao meio-ambiente, têm um ponto de fulgor da ordem de 180°C a 200°C, de modo que se apresentam suficientemente seguros para serem processados nas temperaturas de preparo dos CBUQ.

São obtidos, geralmente, pela transesterificação de óleos vegetais ou animais, que são produtos renováveis, de modo que seu uso contribui para a redução de gás carbônico na atmosfera, assim como para a diminuição do efeito estufa.

A presente invenção apresenta uma composição de ligante asfáltico

que possui características inovadoras na medida em que vem a ser uma composição aperfeiçoada de CAP, a qual propicia vantagens econômicas e ganhos ao meio ambiente no preparo do CBUQ, pois possibilita uma usinagem do material asfáltico a temperaturas mais baixas do que as  
5 comumente empregadas. Além disso, a composição da presente invenção confere maior elasticidade, menor suscetibilidade térmica e maior resistência à deformação permanente aos concretos betuminosos mornos preparados com a mesma.

Adicionalmente, como a composição da presente invenção  
10 apresenta melhor suscetibilidade térmica que o CAP comum, as emulsões asfálticas formuladas com a mesma terão um desempenho aperfeiçoado no campo na medida em que é justamente o ligante asfáltico que dita a qualidade final do asfalto aplicado desta forma.

#### **TÉCNICA RELACIONADA**

15 A literatura técnica especializada faz referência ao uso de ésteres de ácidos graxos, ou de óleos de origem natural, em mistura com resíduos asfálticos para produzir selantes, rejuvenecedores de asfalto e asfaltos diluídos.

O documento de patente **EP 0999237** citado aqui como referência  
20 ensina um processo de mistura de um CAP duro com ésteres de óleo de colza ou girassol, para uso como asfalto diluído. Em tal processo, os agregados são misturados ao CAP duro depois de o mesmo ter sido diluído com solventes que contenham pelo menos um tipo destes mencionados ésteres.

25 Segundo o citado documento, tais ésteres têm a propriedade de se transformar quimicamente em contato com o ar, promovendo o aumento de viscosidade do produto que então vai gerar o capeamento asfáltico final.

O documento de patente **US 7,008,670** ensina um processo que  
30 emprega composições feitas à base de resíduos asfálticos misturados com

ésteres metílicos de óleo de soja para uso em selagem e rejuvenescimento de superfícies asfálticas. No caso das composições usadas como selantes, além dos ésteres de óleo de soja empregam-se também solventes terpênicos nas composições. No processo de

5 rejuvenescimento de superfícies asfálticas, os ligantes modificados com ésteres de óleo de soja, chegam a triplicar o valor do índice de penetração depois de aspergidos na superfície do pavimento.

O documento de patente brasileira **PI 0900455-6** ensina um processo no qual as temperaturas de produção de misturas asfálticas

10 são reduzidas de 30°C a 40°C, sem que haja perda da qualidade do pavimento, garantindo a mesma ou maior durabilidade ao produto final. Esta patente trata de um processo de produção de um concreto betuminoso morno feito com adição de água sem que seja necessária a utilização de qualquer aditivo ou de qualquer modificação na usina. Os

15 agregados (grãos e miúdos) são aquecidos a 135°C e o asfalto é mantido na sua temperatura normal (160°C). Contudo, no momento da mistura do asfalto aos agregados, adiciona-se, na temperatura ambiente, de 0,5% a 1,0% da fração de pó-de-pedra (arenosa) dos mesmos agregados, porém saturados com água e com a superfície úmida. Com

20 isto, a água contida nesta pequena fração de agregados saturados é aquecida durante a mistura e transforma-se em vapor, gerando o efeito de espumamento no asfalto, o qual reduz a sua viscosidade, facilitando o recobrimento dos agregados e a posterior compactação da mistura na pista. A temperatura resultante do material fica em torno de 135°C, na

25 qual ele é transportado, sendo aplicado na pista em temperaturas na faixa de 110°C a 120°C.

A composição agora proposta pela presente invenção também faz uso de um tipo especial de ésteres metílicos de óleos de origem natural como agentes modificadores de ligantes asfálticos – os biodiesel – mas,

30 diferentemente do que se apresenta no atual estado da técnica, o faz de

modo isolado, ou seja, sem o emprego de nenhum outro solvente adicional para suportar a incorporação dos ditos ésteres. Por outro lado, visa a uma aplicação diferenciada das que se conhece até hoje, que é o uso de ligantes asfálticos modificados por biodiesel no preparo de concreto betuminoso a quente e morno e de emulsão asfáltica, com significativas vantagens de desempenho em relação aos preparos que utilizam os CAP comuns, tanto ecológicas e toxicológicas, quanto econômicas.

### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção trata de composição de um ligante asfáltico modificado por biodiesel para uso no preparo de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), de concreto betuminoso morno e de emulsão asfáltica, onde o referido ligante contém de 70% a 97% em peso de um resíduo asfáltico de petróleo e de 3% a 30% em peso de um biodiesel. O concreto betuminoso usinado a quente, o concreto betuminoso morno e a emulsão asfáltica podem ser preparados segundo processos convencionais de preparo destes produtos. O resíduo asfáltico de petróleo pode ser proveniente de processo de desasfaltação ou de destilação a vácuo de alta severidade, e atendem às seguintes especificações:

a) resíduo asfáltico proveniente de processo de desasfaltação:

Penetração	1 a 30 dmm
Ponto de Amolecimento	53°C a 80°C
Viscosidade a 60°C	4.000 P a 50.000 P

b) resíduo asfáltico proveniente do processo de destilação a vácuo de alta severidade:

Penetração	1 a 30 dmm
Ponto de Amolecimento	50°C a 70°C
Viscosidade a 60°C	3.000 P a 15.000 P

Os biodieseis podem ser selecionados como originários de um grupo de óleos naturais que compreende: o sebo e os óleos de soja, mamona,

colza, girassol, amendoim, dendê, algodão, babaçu, palma e milho, ou mistura dos mesmos em qualquer proporção. Preferencialmente, devem ser provenientes de óleo de mamona ou de óleo de soja e atender às especificações nacionais e internacionais propostas para o dito tipo de biocombustível, a saber: especificação brasileira - Resolução ANP 07/08; ou especificação europeia – EN 14214: 2003 (E) “*Automotive fuels – Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines – Requirements and test methods*”; ou especificação americana ASTM D6751-09 – “*Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B 100) for Midle Destillate Fuels*”.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Para que possa ser mais bem compreendida e avaliada a composição do ligante asfáltico modificado por biodiesel para uso no preparo de concreto betuminoso usinado a quente, de concreto betuminoso morno e de emulsão asfáltica será agora descrita em detalhe.

Para o preparo do ligante asfáltico utilizou-se um processo convencional, onde a modificação do ligante se dá no estado fundido, a temperaturas da ordem de 100°C a 130°C, com agitação de baixo cisalhamento em torno de 300 rpm, por um período de 10 a 30 minutos, depois de o biodiesel ser adicionado, no vaso agitado, sobre o resíduo.

As características das matérias primas usadas no preparo das composições da presente invenção constam das Tabelas 1 e 2, a seguir:

<b><u>TABELA 1</u></b>		
<b>ENSAIOS</b>	<b>RESÍDUO DE DESASFALTAÇÃO</b>	<b>RESÍDUO DE DESTILAÇÃO</b>
Penetração a 25°C 1/10 mm (ASTM D5)	1 a 30	10 a 30
Ponto de amolecimento °C (ASTM D36)	53 a 80	50 a 70
Viscosidade dinâmica a 60°C P (ASTM D2171)	4.000 a 50.000	3.000 a 15.000

<b>TABELA 2</b>		
<b>ENSAIOS</b>	<b>BIODIESEL/MAMONA</b>	<b>BIODIESEL/SOJA</b>
Densidade a 20/4°C g/cm <sup>3</sup> (ASTM D1298)	0,956	0,877
Viscosidade a 40°C Cst (ASTM D445)	19,4	5,74
Índice de acidez mg/KOH/g (ASTM D664)	0,62	0,51
Ponto de Fulgor °C (ASTM D93)	189	167
Ponto de Fluidez °C (ASTM D97)	-9	-1

O biodiesel metílico de mamona é composto principalmente de ricinoleato de metila, derivado da transesterificação de óleo de mamona, que por sua vez é composto de 90% de ácido ricinoléico, que é um ácido graxo constituído por 18 carbonos e que possui uma dupla ligação no carbono 9 e uma hidroxila no carbono 12.

O biodiesel metílico de soja é composto principalmente de linoleato e oleato de metila, derivado da transesterificação de óleo de soja, que por sua vez é composto de 54,1% de ácido linoléico e de 22,5% de ácido oléico, que são ácidos graxos constituídos por 18 carbonos e que possuem pelo menos uma dupla ligação.

A característica inovadora da presente invenção é a utilização do biodiesel como aditivo para modificar resíduos asfálticos de modo a torná-los adequados ao uso no preparo de concretos betuminosos usinados a quente, de concretos betuminosos mornos e de emulsões asfálticas. Tal aditivação produz um ligante asfáltico modificado de boa qualidade, na medida em que apresenta uma melhor susceptibilidade térmica, maior elasticidade, e ainda, maior resistência à formação de trilhas de roda.

Outra vantagem adicional da presente invenção é o aproveitamento de insumos renováveis em produtos de pavimentação, o que os torna menos tóxicos ao homem e menos agressivos ao meio ambiente, pois, ao

permitirem uma temperatura de usinagem mais baixa do que normal, promovem uma redução no consumo de combustível das usinas, o que significa redução na emissão de poliaromáticos para a atmosfera.

Em países da Europa, a “*Oil Companies’ European Association on Enviroment, Helth and Safety in Refining Distribution (CONCAWE)* – Product Dossier nº 92/104 estabeleceu temperaturas máximas de usinagem como forma de reduzir emissões nas usinas de asfalto assim como nos preparos.

Outro efeito positivo da redução da temperatura de usinagem é o aumento da resistência do ligante asfáltico ao envelhecimento, uma vez que esta temperatura é a variável que mais propicia a oxidação do ligante, enrijecendo-o e tornando-o mais susceptível ao aparecimento de trincas por fadiga.

Os Exemplos apresentados a seguir têm por objetivo ilustrar uma forma de concretização do invento, assim como comprovar sua aplicabilidade prática, não constituindo qualquer forma de limitação da invenção.

### **Exemplo 1**

Efetuu-se uma mistura de 5% e outra de 10%, em peso, de biodiesel de soja com resíduo de desasfaltação de penetração 1.

A mistura foi realizada a temperaturas entre 90°C e 135°C, sob agitação de baixo cisalhamento de 300 rpm, por 30 minutos.

O ligante modificado com 5% de biodiesel de soja apresentou as características mostradas na Tabela 3, em comparação com um CAP10/20 das especificações europeias EN 13924.

O ligante modificado com 10% de biodiesel de soja apresentou as características mostradas na Tabela 4, em comparação com as características (análise típica) de um tradicional CAP 50/60 da especificação brasileira - Resolução ANP nº 07/08.

Os resultados apresentados na Tabela 3 indicam que o produto

resultante da adição de 5% de biodiesel de soja a resíduos de desasfaltação se enquadra nas especificações europeias de asfaltos duros que são os empregados em rodovias de grande volume de tráfego.

<b>TABELA 3</b>		
<b>ENSAIOS</b>	<b>LAM com 5% de BIODIESEL/SOJA</b>	<b>CAP 10/20 (EN 13924)</b>
Penetração a 25°C 1/10 mm (ASTM D5)	14	10 a 20
Ponto de amolecimento °C (ASTM D36)	66	58 a 78
Índice de Suscetibilidade Térmica (IST)	-0,4	-1,5 mín.
Ponto de fulgor °C (ASTM D93)	> 245	245 mín.
Viscosidade dinâmica a 60°C P (ASTM D 2171)	40.000	7.000 mín.
Viscosidade cinemática a 135°C cSt(ASTM D 2170)	1.000	700 mín.
Ponto de ruptura Fraass °C	-5	< 3
RTFOT-aumento do ponto de amolecimento °C (ASTM D2872)	< 10	10 máx.

<b>TABELA 4</b>		
<b>ENSAIOS</b>	<b>LAM com 10% biodiesel/soja</b>	<b>CAP 50/60</b>
Viscosidade Brookfield a 135°C, cP	(ASTM D4402)	618
Viscosidade Brookfield a 155°C, cP		273
Viscosidade Brookfield a 175°C, cP		130
Viscosidade dinâmica a 60°C P (ASTM D2171)		4.896
Penetração a 25°C 1/10 mm (ASTM D5)		76
Ponto de amolecimento °C (ASTM D36)		50,4
Índice de Suscetibilidade Térmica (IST)		0
PG – desempenho SUPERPAVE		70-16
		325
		177
		56
		2.500
		68
		46
		-1,3
		64-16

Os resultados obtidos e mostrados na Tabela acima indicam que o  
5 produto resultante da adição de 10% de biodiesel de soja a resíduos de

desasfaltação, quando comparado a um CAP de especificação similar, apresenta uma suscetibilidade térmica bem superior e também uma viscosidade bastante elevada para um ligante asfáltico de penetração acima dos 70 décimos de milímetros.

5 Tal fato atesta que o ligante modificado apresenta maior resistência à deformação permanente que o seu similar convencional, fato que é ratificado pelo seu maior grau de desempenho quando medido segundo a especificação americana SUPERPAVE – “*Superior Performing Asphalt Pavement*”.

10 Este produto também pode ser usado no preparo de concretos betuminosos a temperaturas bem mais baixas trazendo vantagens na redução de emissões e consumo de combustíveis, ou ainda no preparo de emulsões asfálticas, que não precisam ser usinadas para serem aplicadas.

### **Exemplo 2**

15 Efetuou-se uma mistura de 5% em peso de biodiesel de mamona com resíduo de desasfaltação de penetração 30.

A mistura foi realizada à temperatura de 100°C, sob agitação de baixo cisalhamento de 300 rpm, por 30 minutos.

20 O ligante modificado com 5% de biodiesel de mamona apresentou as características mostradas na Tabela 5, em comparação com um CAP100/150 das especificações européias EN 13924.

25 Os resultados apresentados na Tabela abaixo indicam que a adição de 5% de biodiesel de mamona a resíduos de desasfaltação de penetração 30 permitiu a obtenção de um ligante asfáltico de penetração 100/150.

30 Quando comparado às especificações européias para este tipo de produto, mostra-se perfeitamente enquadrado, apresentando excelente suscetibilidade térmica e ainda viscosidade e ponto de amolecimento acima dos limites mínimos especificados, o que atesta sua maior resistência a deformações permanentes.

<b>TABELA 5</b>		
<b>ENSAIOS</b>	<b>LAM com 5% biodiesel/mamona</b>	<b>CAP 100/150 (EN 13924)</b>
Penetração a 25°C 1/10 mm (ASTM D5)	111	100 a 150
Ponto de amolecimento °C (ASTM D36)	43	35 a 43
Índice de Suscetibilidade Térmica (IST)	0,8	-1,5 mín.
Ponto de fulgor °C (ASTM D93)	> 220	220 mín.
Viscosidade dinâmica a 60°C P (ASTM D2171)	1.428	300 mín.
Viscosidade cinemática a 135°C cSt (ASTM D 2170)	250	175 mín
Ponto de ruptura Fraass, °C	-17	< -12
RTFOT- aumento do ponto de amolecimento, °C (ASTM D2872)	7,4	10 máx.
RTFOT - perda em massa % (ASTM D2872)	0,6	0,8 máx.

### **Exemplo 3**

Efetuarão-se misturas de 7%, 10% e 12%, em peso, de biodiesel de mamona com resíduo de desasfaltação de penetração 3. A mistura foi realizada à temperatura de 100°C, sob agitação de baixo cisalhamento a 300 rpm, por 30 minutos. O ligante modificado com 7% de biodiesel de mamona apresentou as características mostradas na Tabela 6, em comparação com um CAP10/20 das especificações europeias EN 13924.

Na Tabela 7 são mostrados os resultados obtidos na comparação do ligante modificado com 10% de biodiesel de mamona com as características (análise típica) de um tradicional CAP 30/45 da especificação brasileira - Resolução ANP nº 07/08.

Na Tabela 8 são mostrados os resultados obtidos na comparação do ligante modificado com 12% de biodiesel de mamona com as características (análise típica) de um tradicional CAP 50/60 da especificação brasileira - Resolução ANP nº 07/08.

<b>TABELA 6</b>		
<b>ENSAIOS</b>	<b>LAM com 7% biodiesel/mamona</b>	<b>CAP 10/20 (EN 13924)</b>
Penetração a 25°C 1/10 mm (ASTM D5)	13	10 a 20
Ponto de amolecimento °C (ASTM D36)	66,2	58 a 78
Índice de Suscetibilidade Térmica (IST)	-0,5	-1,5 mín.
Ponto de fulgor °C (ASTM D93)	> 245	245 mín.
Viscosidade dinâmica a 60°C P (ASTM D2171)	30.000	7.000 mín.
Viscosidade cinemática a 135°C cSt (ASTM D 2170)	2.110	700 mín.
Ponto de ruptura Fraass °C	2	< 3
RTFOT - aumento do ponto de amolecimento °C (ASTM D2872)	7,3	10 máx.

<b>TABELA 7</b>		
<b>ENSAIOS</b>	<b>LAM com 10% biodiesel/mamona</b>	<b>CAP 30/45</b>
Visc. Brookfield a 135°C cP	(ASTM D4402)	1221
Visc. Brookfield a 155°C cP		426,4
Viscosidade dinâmica a 60°C P (ASTM D2171)	9.000	4.000
Penetração a 25°C 1/10 mm (ASTM D5)	33	33
Ponto de amolecimento °C (ASTM D36)	56	53
Índice de Suscetibilidade Térmica (IST)	-0,7	-1,2
PG – desempenho SUPERPAVE	76	70

Os resultados obtidos e mostrados na Tabela acima indicam que o produto resultante da adição de 7% de biodiesel de mamona a resíduos de

desasfaltação de penetração 3 se enquadra nas especificações europeias de asfaltos duros (CAP 10/20), os quais são empregados em rodovias de grande tráfego de veículos.

<b>TABELA 8</b>			
<b>ENSAIOS</b>		<b>LAM com 12% biodiesel/mamona</b>	<b>CAP 50/60</b>
Visc. Brookfield a 135°C cP	(ASTM D4402)	759	325
Visc. Brookfield a 155°C cP		273	177
Viscosidade dinâmica a 60°C P (ASTM D2171)		3.648	2.500
Penetração a 25°C 1/10 mm (ASTM D5)		52	68
Ponto de amolecimento °C (ASTM D36)		50,9	46
Índice de Suscetibilidade Térmica (IST)		-0,9	-1,3
PG – desempenho SUPERPAVE		70-16	64-16

Os resultados obtidos e mostrados na Tabela acima indicam que os produtos resultantes da adição de 10% e 12% de biodiesel de mamona a resíduos de desasfaltação de penetração 3, quando comparados a CAP de especificação similar, apresentam suscetibilidade térmicas bem superiores e também viscosidades bastante elevadas, atestando que o ligante modificado propicia maior resistência à deformação permanente que os seus similares convencionais, fato este ratificado pelos seus maiores graus de desempenho quando medidos segundo a especificação americana SUPERPAVE.

## REIVINDICAÇÕES

- 1- **COMPOSIÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO POR BODIESEL PARA USO NO PREPARO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE, DE CONCRETO BETUMINOSO MORNO E DE**  
5 **EMULSÃO ASFÁLTICA**, caracterizado por o referido ligante conter de 70% a 97% em peso de um resíduo asfáltico de petróleo e de 3% a 30%, em peso, de um éster metílico de um óleo de origem natural.
- 2- **COMPOSIÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO POR BODIESEL PARA USO NO PREPARO DE CONCRETO BETUMINOSO**  
10 **USINADO A QUENTE, DE CONCRETO BETUMINOSO MORNO E DE EMULSÃO ASFÁLTICA**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o resíduo asfáltico de petróleo ser proveniente de processo selecionado entre desasfaltação e destilação a vácuo de alta severidade.
- 3- **COMPOSIÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO POR BODIESEL PARA USO NO PREPARO DE CONCRETO BETUMINOSO**  
15 **USINADO A QUENTE, DE CONCRETO BETUMINOSO MORNO E DE EMULSÃO ASFÁLTICA**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o resíduo asfáltico proveniente de processo de desasfaltação possuir as seguintes propriedades: penetração, na faixa de 1 a 30 dmm, ponto de  
20 amolecimento na faixa de 53°C a 80°C e viscosidade a 60°C na faixa de 4.000 P a 50.000 P.
- 4- **COMPOSIÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO POR BODIESEL PARA USO NO PREPARO DE CONCRETO BETUMINOSO**  
25 **USINADO A QUENTE, DE CONCRETO BETUMINOSO MORNO E DE EMULSÃO ASFÁLTICA**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o resíduo asfáltico proveniente do processo de destilação a vácuo de alta severidade possuir as seguintes propriedades: penetração na faixa de 10 a 30 dmm, ponto de amolecimento na faixa de 50°C a 70°C e viscosidade a 60°C na faixa de 3.000 P a 15.000 P.
- 30 5- **COMPOSIÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO POR**

**BIODIESEL PARA USO NO PREPARO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE, DE CONCRETO BETUMINOSO MORNO E DE EMULSÃO ASFÁLTICA**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por os biodiesel poderem ser selecionados de um grupo de óleos naturais que compreende: o sebo e os óleos de soja, mamona, colza, girassol, amendoim, dendê, algodão, babaçu, palma e milho, mistura dos mesmos em quaisquer proporção.

**6- COMPOSIÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO POR BIODIESEL PARA USO NO PREPARO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE, DE CONCRETO BETUMINOSO MORNO E DE EMULSÃO ASFÁLTICA**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por os biodiesel serem selecionados, preferencialmente, dentre os provenientes de óleo de mamona e de óleo de soja.

**RESUMO****COMPOSIÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO POR  
BIODIESEL PARA USO NO PREPARO DE CONCRETO BETUMINOSO  
USINADO A QUENTE, DE CONCRETO BETUMINOSO MORNO E DE  
5 EMULSÃO ASFÁLTICA**

A presente invenção diz respeito à composição de ligante asfáltico modificado por biodiesel para uso no preparo de concreto betuminoso usinado a quente, de concreto betuminoso morno e de emulsão asfáltica, composição esta que faz com que, tanto o concreto betuminoso usinado a  
10 quente – CBUQ, quanto o concreto betuminoso morno preparado com a mesma apresentem suscetibilidade térmica e resistência à deformação permanente superiores aos concretos betuminosos preparados com cimentos asfálticos de petróleo (CAP) comuns. Adicionalmente, a  
15 composição de ligante asfáltico modificado por biodiesel da presente invenção, também se mostra vantajosa quando utilizada no preparo de emulsões asfálticas, porque intrinsecamente como ligante apresenta melhor susceptibilidade térmica do que o CAP comum.