



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

(21) BR 10 2012 032156-4 A2



(22) Data de Depósito: 17/12/2012
(43) Data da Publicação: 09/09/2014
(RPI 2279)

(51) Int.Cl.:
C08G 18/00
C08K 11/00

(54) Título: PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MATERIAL COMPÓSITO CONSTITUÍDO POR POLÍMERO DE ORIGEM VEGETAL, CARGA MINERAL E MATERIAL ABRASIVO E SEU USO PARA CORTE DE MACIÇOS ROCHOSOS E SERRAGEM DE BLOCOS DE ROCHA

(73) Titular(es): Centro de Tecnologia Mineral - CETEM

(72) Inventor(es): Leonardo Luiz Lyrio da Silveira

(57) Resumo: PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MATERIAL COMPÓSITO CONSTITUÍDO POR POLÍMERO DE ORIGEM VEGETAL, CARGA MINERAL E MATERIAL ABRASIVO E SEU USO PARA CORTE DE MACIÇOS ROCHOSOS E SERRAGEM DE BLOCOS DE ROCHA. O presente pedido de patente se refere a material compósito constituído por compostos de origem vegetal, carga mineral e material abrasivo, utilizado para confecção de fios diamantados e seu uso para o corte de maciços rochosos em pedreiras e serragem de blocos de rocha.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para “**PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MATERIAL COMPÓSITO CONSTITUÍDO POR POLÍMERO DE ORIGEM VEGETAL , CARGA MINERAL E MATERIAL ABRASIVO E SEU USO PARA CORTE DE MACIÇOS ROCHOSOS E SERRAGEM DE BLOCOS DE ROCHA.**”

Campo da Invenção

O presente pedido de patente se refere a uma composição constituída por polímero de origem vegetal, carga mineral e material abrasivo, utilizada para confecção de fios diamantados e seu uso para o corte de maciços rochosos em pedreiras e serragem de blocos de rocha.

Estado da Técnica

O setor de rochas ornamentais tem grande importância para economia do país diante de seu crescimento acelerado, potencializado pela abundância de fontes lavráveis de rochas para exportação, tendo alcançado no ano de 2011 a marca de 2.188.929,59 t de materiais de revestimentos exportadas, capitalizando cerca de US\$ 999,65 milhões (ABIROCHAS, 2012). O Espírito Santo é o principal pólo produtor de rochas ornamentais do país. Possui cerca de 900 teares em operação, o que representa 57% de todos os teares instalados no Brasil (INFOROCHAS, 2006). No Estado, existem aproximadamente 1.250 empresas com um número de 25 mil empregos diretos e 105 mil empregos indiretos, sendo este segmento responsável por 7% do PIB capixaba. Cachoeiro de Itapemirim, que é o município que mais se destaca nesse âmbito, possui a maior reserva de mármore e o maior parque industrial de rochas ornamentais do país, que responde por 70% do PIB municipal (SEDES, 2011).

Sumário da Invenção

É um objetivo do presente pedido de patente revelar uma

composição de material compósito constituído por polímero de origem vegetal, carga mineral e material abrasivo, a ser utilizado no processo de corte de rochas em pedreiras (lavra), e no beneficiamento primário de blocos (serragem) em ferramenta denominada fio diamantado.

5 **Descrição dos Desenhos**

As figuras mostram:

FIGURA 1 – Mostra modelo de máquina de fio diamantado utilizado em pedreiras de rochas em geral.

10 FIGURA 2 – Mostra tipos de corte mais comuns utilizando fio diamantado em pedreiras de rochas em geral. CH, corte horizontal e CV, corte vertical.

FIGURA 3 – Mostra um fio diamantado utilizado em pedreiras de mármore.

15 FIGURA 4 – Mostra um fio diamantado utilizado em pedreiras de rochas silicáticas.

FIGURA 5A e FIGURA 5B – Apresenta a vista lateral e frontal da pérola diamantada em fios utilizados em pedreiras em geral.

20 FIGURA 6 – Mostra um tear multifio utilizado para a serragem de rochas ornamentais. Notar detalhe da disposição dos fios diamantados no equipamento.

Fundamentos da Invenção

25 Diante dos efeitos poluentes gerados nas indústrias, os governos mundiais têm grande motivação em incentivar a criação de novas tecnologias que empreguem materiais com menor impacto negativo ao meio ambiente. A utilização de materiais biodegradáveis, tais como polímeros (resinas) de origem vegetal, é sempre oportuna. Existe uma necessidade no setor de beneficiamento de rochas em geral, de minimizar os impactos ambientais gerados por esta atividade.

Os óleos vegetais vêm obtendo destaque na obtenção de polímeros com amplas aplicações em várias áreas das atividades humanas podendo ser utilizado os óleos de: mamona, castanha, caju, milho, coco, babaçu, carnaúba, oliva, dendê, soja, girassol, canola e amendoim, combinados ou não. Um dos tipos de polímeros desses óleos vegetais é conhecido como resinas poliuretanas, as quais possuem caráter biodegradável, fato que chamou a atenção para sua aplicação conforme proposto a seguir.

As cargas adotadas juntamente com os polímeros são fontes de homogeneização dos constituintes, elevação da resistência dos compósitos entre outras vantagens, podendo ser aplicável nesse processo como carga: calcita, dolomita, quartzo, Carbetto de Silício, calcários em geral, filito, minerais do grupo das micas, talco, pirofilita, gipsita, barita, wolastonita, esmectita, illita, metacaulinita, caulinita, pó de ferro, entre outros.

O elemento abrasivo apresentado na presente patente de invenção possui dureza elevada e pode ser constituído, isoladamente ou por qualquer combinação dos seguintes elementos: diamante, coríndon, quartzo, granada, pó vulcânico, diatomita, feldspato, dolomita, óxidos metálicos, diamante industrial, nitreto cúbico de boro, carbetto de boro, carbetto de silício, carbetto de tungstênio, óxido de alumínio, entre outros.

A extração de blocos de rochas na pedreira de rochas em geral é realizada com o auxílio de uma máquina denominada de "Máquina de Fio Diamantado", conforme a FIGURA 1, e consiste de uma plataforma para abrigar a motorização e o deslocamento da máquina. A referida máquina é movimentada por meio de um sistema cremalheira-pinhão ou por patins solidários ao chassis, que deslizam sobre os trilhos. Na realização de cortes com fio diamantado torna-se necessário à realização de furos coplanares na parte interna do maciço rochoso, que irão determinar a superfície a ser cortada. Os cortes

são realizados tanto no plano vertical ou no plano horizontal, sendo raros os cortes inclinados, conforme a FIGURA 2. Para facilitar o encontro desses furos utiliza-se normalmente uma perfuratriz denominada de *down-the-hole* ou fundo-furo, destinada à realização dos furos horizontais e verticais, com diâmetro da ordem de 105 mm.

O princípio básico de corte é tracionar uma alça de fio diamantado, enlaçada na rocha pelos dois furos que se interceptam, formando um circuito fechado, onde através do movimento de translação (circular) do fio diamantado e da constante força de tração exercida sobre ele, promove-se o desenvolvimento do corte.

Em função de sua grande flexibilidade e versatilidade, o fio diamantado pode realizar os mais diversos tipos de cortes necessários e suficientes para a extração de rochas. O emprego da tecnologia do fio diamantado permite a organização racional dos trabalhos de lavra, através da realização do planejamento da atividade extrativa, otimizando o ciclo de produção da pedra. Podemos citar como principais vantagens: Regularidade e excelente acabamento das superfícies cortadas; Manutenção da integridade física da rocha, com nenhum tipo de dano à mesma; Espessura média de corte de apenas 10 mm, o que é insignificante quando comparado a outras tecnologias; A partir dos três itens acima, tem-se uma maior qualidade da produção, com obtenção de um maior volume comercial de blocos; Elevadas velocidades de corte (m^2/h), com ganhos de produtividade; Menor custo unitário de corte ($\$/m^2$), em relação a tecnologias tradicionais de corte; Melhor relação custo x benefício, com comprovada viabilidade econômica; Versatilidade de uso para as mais variadas condições operacionais; Mínimo impacto ambiental, pelo menor volume de material descartado; Atividade silenciosa, com ausência de poeira e vibrações, contribuindo para melhoria das condições de trabalho.

Apesar de ser a tecnologia de corte de rocha mais mo-

5 derna e menos impactante ao meio ambiente, a pérola de material compósito utilizada no fio diamantado é fabricado com matrizes compostas de ligas metálicas constituídas pela combinação dos seguintes elementos: Cobalto, Níquel, Cromo, Manganês, Vanádio, Molibidênio e Titânio. As pérolas diamantadas são revestidas por uma camada de diamante natural, que são os responsáveis por promover a abrasão e corte das rochas. Observa-se que quase todos os elementos que constituem as pérolas diamantadas pertencem ao grupo dos metais pesados, elementos esses que podem contaminar cursos d'água e lençóis freáticos e causar passivos ambientais.

10 Em linhas gerais, o fio diamantado utilizado na lavra de rochas em geral é composto por um cabo de aço galvanizado de 5 mm de diâmetro no qual estão alojadas materiais compósitos de matriz metálica conhecidos como pérolas diamantadas, sendo separadas ao longo do cabo por molas metálicas, quando utilizados para a lavra
15 de mármore, conforme a FIGURA 3, ou por plástico ou borracha, quando utilizado para rochas silicáticas, conforme a FIGURA 4. As pérolas diamantadas são constituídas por um anel metálico de aço que suporta um conjunto de segmentos diamantados, também chamados de
20 pasta diamantada. O diâmetro externo da pérola varia de 10,00 mm a 11,50 mm e tem largura de 6,00 mm. A vida útil da pérola se finda quando a pérola atingir 7,00 mm de diâmetro externo, conforme as FIGURAS 5A e 5B.

Após a de lavra da rocha ocorrem as etapas de beneficiamento.

25 A industrialização das rochas em geral, e especialmente o mármore e granito, tem como objetivo o tratamento final da rocha, adequando as chapas as especificações de dimensões e acabamento superficial que o produto final deve apresentar. Em função desse objetivo, pode-se dividir tal etapa em beneficiamento primário e beneficiamento secundário.

O beneficiamento primário de rochas em geral, denominado serragem, é realizado por um conjunto de cabos de aço e de “pérolas diamantadas” por meio de dispositivos denominados “teares multifios” que cortam o bloco de rocha em chapas, conforme a FIGURA 6.

5 O fio diamantado utilizado para serragem de rochas é constituído por um cabo de aço, através do qual são inseridas e fixados elementos abrasivos, denominados no setor como “pérolas diamantadas”. As pérolas diamantadas para equipamentos conhecidos como multifios apresentam, normalmente, dimensões de 7,2 mm de diâmetro externo.

10

Descrição Detalhada da Invenção

O presente pedido de patente será descrito em detalhes como segue. A composição da matriz do material compósito conhecido como pérola de fio diamantado, objeto do presente pedido de patente, é constituída por dois componentes, a saber: polioli e pré-polímero, oriundos da resina poliuretana de mamona, cuja combinação em diferentes proporções produz materiais com propriedades físicas e químicas que podem ser exploradas vantajosamente para operações de corte (lavra e serragem) de materiais rochosos.

20 O polímero utilizado nos produtos posteriormente descritos é proveniente da produção de uma resina poliuretana utilizando o óleo de mamona. Esse compósito é uma alternativa ecológica para a substituição dos materiais usados como matrizes nas pérolas diamantadas atualmente utilizadas no beneficiamento de rochas ornamentais devido ao fato de ser completamente atóxica, —não gerando nenhuma forma de contaminação ambiental perigosa, bem como extinguindo os riscos no manuseio deste produto pelos trabalhadores deste setor industrial. No presente pedido de patente o polímero de óleo de mamona é utilizado com elemento constituinte de

insumos utilizados no setor de mineração. O presente pedido de patente descreve, mas não se limita as seguintes faixas granulométricas de abrasivo, mostradas na Tabela 1, tanto de diamante quanto de qualquer outro elemento abrasivo citado acima, a saber:

FEPa	U.S. MESH	FEPa	U.S. MESH
D852	20/30	D126	120/140
D711	25/30	D107	140/170
D601	30/35	D91	170/200
D602	30/40	D76	200/230
D501	35/40	D64	230/270
D426	40/45	D54	270/325
D427	40/50	D46	325/400
D356	45/50	D35	500
D301	50/60	D30	600
D251	60/70	D24	800
D252	60/80	D20	1000
D213	70/80	D15	1200
D181	80/100	D7	3000
D151	100/120		

O processo de fabricação das pérolas diamantadas é realizado em etapas, onde inicialmente os componentes químicos oriundos do óleo de mamona que formam a resina poliuretana de mamona (poliol e pré-polímero) são misturados e homogeneizados, de forma manual ou por mistura-
 5 ção mecânica entre 1 a 5 minutos com variação na dosagem, sendo utilizadas grandezas entre 5% e 90% tanto para a proporção de poliol quanto a de pré-polímero.

Após a primeira mistura o composto resultante é submetido a um sistema de vácuo para a remoção de bolhas de gás formados pela
 10 reação sendo colocados em um recipiente ou câmara de vácuo e submetidos à ação de uma bomba de pressão negativa, com valores situados entre 600 mmHg e 650 mmHg.

Essa etapa ocorre durante o tempo necessário para total remoção das bolhas, sendo normalmente entre 1 a 9 minutos dependendo da
 15 proporção entre poliol e pré-polímero. Após o processo de remoção de bolhas ocorre a agregação da(s) carga(s) com proporção de 5% a 80% sobre a massa resultante da mistura de poliol e pré-polímero, e também a adição do(s) elemento(s) abrasivo(s) cuja proporção varia entre 1% a 50% da massa resultante de poliol e pré-polímero de acordo com a granulometria do grão.

20 Para se conhecer a proporção ideal da aplicação da carga mineral (calcita) para cada fração granulométrica de abrasivo, foi realizada a agregação da mesma em: 6 traços no abrasivo 24 *mesh*, 5 traços no abrasivo 36 *mesh*, 4 traços no abrasivo 60 *mesh* e 3 traços no abrasivo 120 *mesh*, resultando em 18 corpos de provas que passaram por
 25 todo processo descrito anteriormente. As proporções estão destacadas na Tabela 1.

Nomenclatura	Poliol (%)	Pré-polímero (%)	Abrasivo (%)	Carga (%)
TC24/10	40,74	33,33	11,11	14,82
TC24/20	35,48	29,03	9,68	25,81

TC24/30	31,43	25,71	8,57	34,29
TC24/35	29,73	24,32	8,11	37,84
TC24/40	26,57	21,74	13,04	38,65
TC24/50	23,91	19,57	13,04	43,48
TC36/10	40,74	33,33	11,11	14,81
TC36/20	35,48	29,03	9,68	25,81
TC36/30	31,43	25,71	8,57	34,29
TC36/35	28,13	23,02	13,04	35,81
TC36/40	26,57	21,74	13,04	38,65
TC60/10	40,74	33,33	11,11	14,81
TC60/20	35,48	29,03	9,68	25,81
TC60/30	31,43	25,71	8,57	34,29
TC60/35	28,13	23,02	13,04	35,81
TC120/10	40,74	33,33	11,11	14,81
TC120/20	35,48	29,03	9,68	25,81
TC120/30	31,43	25,71	8,57	34,29

Tabela 1 – Proporções testadas para verificação da distribuição do elemento abrasivo.

Finalizado o período de cura dos corpos de prova de 24 horas, os mesmos foram serrados ao meio em uma serra diamantada com vista a verificar a distribuição das partículas abrasivas ao longo do corpo de prova. Todos os corpos de prova cerrados ao meio foram submetidos a análise de distribuição dos abrasivos com auxílio de uma lupa estereoscópica onde foi observado a distribuição dos grãos tendo alcançado a homogeneidade em etapas diferentes devido a variação granulométrica.

Os resultados apresentando as proporções que obtiveram melhor homogeneidade do abrasivo no material compósito resultante estão especificados na Tabela 2.

Nomenclatura	Poliol (%)	Pré-polímero (%)	Abrasivo (%)	Carga (%)
TC24/50	23,91	19,57	13,04	43,48
TC36/40	26,57	21,74	13,04	38,65

TC60/35	28,13	23,02	13,04	35,81
TC120/30	31,43	25,71	8,57	34,29

Tabela 2 – Melhores resultados na distribuição do elemento abrasivo.

Os corpos de prova que foram confeccionados com abrasivos na granulometria 24 *mesh* apresentaram homogeneidade com adição de 43,48% de carga mineral. Com o decréscimo no tamanho dos grãos abrasivos, o de granulometria 36 *mesh* alcançou a distribuição uniforme com agregação de 38,65% de carga mineral. A aplicação de carga mineral necessária para o abrasivo de granulometria 60 *mesh* foi de 35,81%, e o de menor granulometria que ainda necessitava de carga (120 *mesh*) apresentou boa distribuição com acréscimo de 34,29% de carga mineral. Cabe ressaltar que a partir do grão abrasivo 220 *mesh* não foi necessária a adição de carga para fins de homogeneização.

Em função da proporção entre os compósitos, o tempo de cura ou polimerização da matriz do material compósito resultante varia de 12 a 72 horas. Para a confecção das pérolas utilizadas nos fios diamantados a mistura já curada é preparada para obter as dimensões definidas para esta finalidade.

REIVINDICAÇÕES

1 – “PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MATERIAL COMPÓSITO CONSTITUÍDO POR POLÍMERO DE ORIGEM VEGETAL , CARGA MINERAL E MATERIAL ABRASIVO E SEU USO PARA CORTE DE MACIÇOS ROCHOSOS E SERRAGEM DE BLOCOS DE ROCHA.”

Processo para obtenção de material compósito dotado de característica abrasiva constituída por polímeros de origem vegetal, carga mineral e material abrasivo, em que os referidos polímeros são constituídos por um polioliol e um pré-polímero obtidos da produção de uma resina poliuretana utilizando óleos vegetais **caracterizado pelo fato** de que: - os polímeros de origem vegetal empregados são oriundos de: mamona, castanha, caju, milho, coco, babaçu, carnaúba, oliva, dendê, soja, girassol, canola e amendoim, combinados ou não;

2 – Processo para obtenção de material compósito, conforme a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que a carga mineral pode ser constituída, isoladamente ou por qualquer combinação dos seguintes elementos: calcita, dolomita, quartzo, Carbeto de Silício, calcários em geral, filito, minerais do grupo das micas, talco, pirofilita, gipsita, barita, wolastonita, esmectita, illita, metacaulinita, caulinita, pó de ferro, entre outros.

3 – Processo para obtenção de material compósito, conforme a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que o componente abrasivo pode ser constituído, isoladamente ou por qualquer combinação dos seguintes elementos: diamante, coríndon, quartzo, granada, pó vulcânico, diatomita, feldspato, dolomita, óxidos metálicos, diamante industrial, Nitreto Cúbico de Boro, Carbeto de Boro, Carbeto de Silício, Carbeto de Tungstênio, Óxido de Alumínio, entre outros.

4 – Processo para obtenção de material compósito, conforme a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que utiliza pré-polímero, preferencialmente, oriundo do óleo de mamona, sendo utilizado o mesmo para qualquer um dos quatro polióis sob as seguintes nomenclaturas: 471, 442, 2.2 e 178M.

5 – Processo para obtenção de material compósito cuja composição, conforme as reivindicações 3 e 4, **caracterizada pelo fato** de que, as proporções do polioliol e do pré-polímero variam entre 5% e 90% tanto para a proporção de polioliol quanto para a proporção de pré-polímero, preferencialmente, a proporção de polioliol é de aproximadamente 40% e a de pré polímero é de aproximadamente 60%.

6 – Processo para obtenção de material compósito, conforme as reivindicações 3, 4 e 5 **caracterizado pelo fato** de que os componentes polioliol

e pré polímero são homogeneizados, de forma manual ou mecânica, por um período de 1 a 5 minutos, preferencialmente, o tempo de homogeneização é aproximadamente 1 minuto.

7 – Processo para obtenção de material compósito, de acordo com as reivindicações 3, 4, 5 e 6 **caracterizado pelo fato** de que os componentes homogeneizados são submetidos a um sistema de vácuo em que a pressão negativa varia de 600 mmHg a 650 mmHg, por um período de 1 a 9 minutos, preferencialmente, o período no sistema de vácuo é de 3 minutos.

8 – Processo para obtenção de material compósito, de acordo com a reivindicações 7, **caracterizada pelo fato** de que após o processo de remoção de bolhas ocorre a agregação da(s) carga(s) com proporção de 5% a 80% sobre a massa de poliol e pré polímero em fase de cura , e adição do(s) elemento(s) abrasivo(s) na proporção entre 1% a 50% da massa dos componentes poliol e pré-polímero.

9 – Processo para obtenção de material compósito, de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo fato** de que a fração granulométrica de material abrasivo é obtida em qualquer uma das seguintes proporções: 6 traços no abrasivo 24 *mesh*, 5 traços no abrasivo 36 *mesh*, 4 traços no abrasivo 60 *mesh* e 3 traços no abrasivo 120 *mesh*, conforme a Tabela 2.

10 – Uso do material compósito obtido por Processo para obtenção de uma composição constituída por componentes de origem vegetal , carga mineral e material abrasivo, **caracterizado por** ser utilizado para o corte de maciços rochosos e serragem de blocos de rocha.

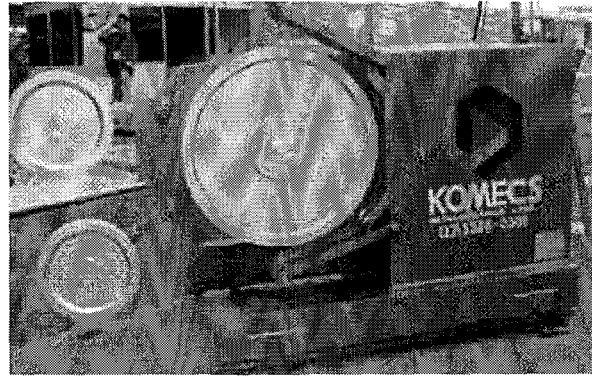


FIGURA 1

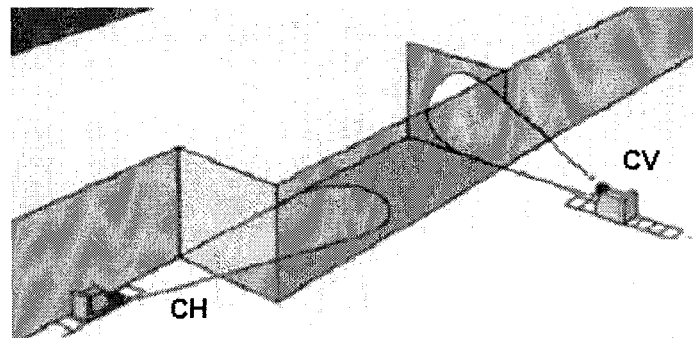


FIGURA 2



FIGURA 3

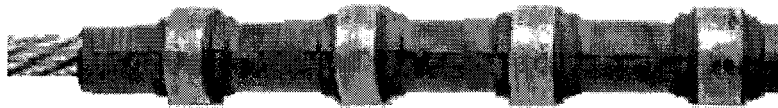


FIGURA 4

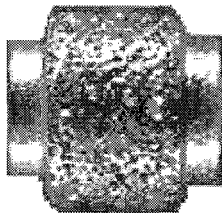


FIGURA 5A

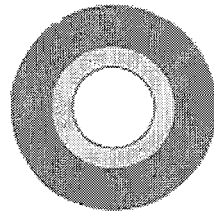


FIGURA 5B



FIGURA 6

RESUMO

Patente de Privilégio de Invenção para **“PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MATERIAL COMPÓSITO CONSTITUÍDO POR POLÍMERO DE ORIGEM VEGETAL , CARGA MINERAL E MATERIAL ABRASIVO E SEU USO PARA CORTE DE MACIÇOS ROCHOSOS E SERRAGEM DE BLOCOS DE ROCHA.”**

O presente pedido de patente se refere a material compósito constituído por compostos de origem vegetal, carga mineral e material abrasivo, utilizado para confecção de fios diamantados e seu uso para o corte de maciços rochosos em pedreiras e serragem de blocos de rocha.