



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 122016018714-4 A2



(22) Data do Depósito: 19/12/2013

(43) Data da Publicação Nacional: 26/06/2014

(54) Título: FIO MULTIFILAMENTO, TECIDO, LUVA, PRODUTO, MONOFILAMENTO UHMWPE FIADO DO REFERIDO FIO MULTIFILAMENTO E MÉTODO PARA FABRICAR O REFERIDO FIO MULTIFILAMENTO

(51) Int. Cl.: D01D 5/16; D01F 6/04; D02G 3/44.

(30) Prioridade Unionista: 20/12/2012 EP 12198531.1.

(71) Depositante(es): DSM IP ASSETS B.V..

(72) Inventor(es): ROELOF MARISSSEN; PETO VERDAASDONK; JOHANNES HENDRIKUS MARIE HEIJNEN.

(86) Pedido PCT: PCT EP2013077449 de 19/12/2013

(87) Publicação PCT: WO 2014/096228 de 26/06/2014

(85) Data da Fase Nacional: 15/08/2016

(62) Pedido original do dividido: BR112015014483-7 - 19/12/2013

(57) Resumo: A invenção refere-se a um fio multifilamento que tem uma tenacidade de pelo menos 12 cN/dtex e que compreende uma pluralidade de filamentos de polietileno de peso molecular ultra-alto fiados e um preenchimento duro, em que a titulação de qualquer um dos ditos filamentos fiados é pelo menos 10 dtex, a um tecido, a uma luva, a um produto, a um monofilamento UHMWPE fiado do referido fio multifilamento e a um método para fabricar o referido fio multifilamento.

"FIO MULTIFILAMENTO, TECIDO, LUVA, PRODUTO, MONOFILAMENTO UHMWPE FIADO DO REFERIDO FIO MULTIFILAMENTO E MÉTODO PARA FABRICAR O REFERIDO FIO MULTIFILAMENTO"

Dividido do BR1120150144837, depositado em 19/12/2013.

[001] A invenção refere-se a um fio de polietileno de peso molecular ultra-alto (UHMWPE) multifilamento que tem uma resistência alta e um método para fabricar o mesmo. A invenção refere-se adicionalmente a vários produtos que contêm o dito fio, particularmente ao uso do dito fio em aplicações em que a resistência ao corte é desejada, por exemplo, artigos de vestuário e vestuário externo reforçado tais como luvas, aventais, perneiras, calças, botas, polainas, camisas, jaquetas, casacos, meias, sapatos, roupas de baixo, coletes, botas de pesca, chapéus, protetores de mãos e similares. A invenção refere-se adicionalmente aos monofilamentos compreendidos nos fios multifilamentos descritos.

[002] Os fios de UHMWPE multifilamentos são conhecidos, por exemplo, a partir do documento nº WO 2005/066401 em que um fio de polietileno multifilamento de alto desempenho é revelado, sendo que o dito fio tem propriedades mecânicas e físicas muito boas, por exemplo, alta tenacidade, módulo, resistência à abrasão e deformação. Também, os fios do documento nº WO 2005/066401 preservam suas boas propriedades mesmo ao conter uma grande quantidade de filamentos, tornando os mesmos altamente adequados para o uso em vários artigos semiacabados ou de uso final, os exemplos dos mesmos incluindo cordas, cordões, redes de pesca, equipamento para esportes, implantes médicos e compósitos resistências à balística.

[003] Dentre os artigos semiacabados ou de uso final mencionados acima, os artigos de vestuário ou vestuário externo reforçado usados para proteger o utente contra cortes formam uma classe especial. Por exemplo, a resistência ao corte de luvas e outro vestuário protetor, usado por indivíduos, por exemplo, ao manipular e processar alimentos, precisa, para uma indústria particular, estar acima de um determinado nível para pelo menos qualificar a utilização dos mesmos. Uma amostra clara constitui a indústria de embalagem de carnes em que, juntamente com um nível aumentado de resistência ao corte, os artigos protetores precisam fornecer ao utente também destreza e sensibilidade tátil.

[004] Em consequência, observou-se que, embora os fios multifilamentos conhecidos do documento nº WO 2005/066401 mostrem uma coleção de propriedades muito boas, os mesmos têm um desempenho mesmo ideal em algumas aplicações, particularmente aplicações resistentes ao corte. Há, assim, uma necessidade de melhorar adicionalmente os fios conhecidos para fornecer uma resistência ao corte ideal a produtos que contêm os mesmos. Particularmente, há uma necessidade de panos resistentes ao corte que são mais versáteis, isto é, panos que podem ser usados em uma faixa mais ampla de aplicações em que sua resistência ao corte é primariamente necessário.

[005] A invenção fornece, assim, um fio multifilamento que tem uma tenacidade alta, por exemplo, uma tenacidade, de preferência, de pelo menos 30 cN/dtex e que compreende uma pluralidade de filamentos de polietileno de peso molecular ultra-alto fiados caracterizado pelo fato de que

a titulação de qualquer um dos ditos filamentos fiados é pelo menos 10 dtex.

[006] Observou-se que o fio da invenção, doravante o fio inventivo, é altamente tolerante a danos e quimicamente resistente e fornece produtos que contêm o mesmo com resistência ao corte e/ou conforto melhorados. Particularmente, observou-se que os produtos que compreendem um pano que contém o fio inventivo se comportam muito bem durante a manipulação de artigos oleosos ou úmidos, na medida em que os mesmos resistem de modo ideal ao acúmulo de líquido na superfície do pano.

[007] Por filamento entende-se, no presente documento, um corpo alongado, a dimensão de comprimento do qual é muito maior do que suas dimensões transversais, por exemplo, diâmetro ou as dimensões de largura e espessura. Tipicamente, as dimensões transversais de um filamento são tais que a razão entre a maior dimensão do dito corte transversal e as menores dimensões do mesmo seja no máximo 5, de preferência, no máximo 3. Entende-se que um filamento, também chamado de monofilamento, é um corpo alongado monolítico obtido por um processo de fiação através de um orifício de fiação, em contraste a um agregado de múltiplos filamentos em um produto do tipo monofilamento. O termo filamento inclui a modalidade de uma fibra também e a mesma pode ter cortes transversais regulares ou irregulares. Os filamentos têm, tipicamente, comprimentos contínuos, entretanto, para determinadas utilizações, os mesmos podem ser processados em assim chamadas fibras curtas, isto é, filamentos que têm comprimentos descontínuos comumente obtidos através do

corte ou rompimento por extensão dos mesmos. Um fio para o propósito da invenção é um corpo alongado que contém uma pluralidade de individual filamentos.

[008] De preferência, os filamentos do fio inventivo têm uma titulação de pelo menos 12 dtex, com mais preferência, pelo menos 14 dtex, de ainda maior preferência, pelo menos 16 dtex, com mais preferência, pelo menos 18 dtex, com a máxima preferência, pelo menos 22 dtex.

[009] De preferência, a tenacidade do fio inventivo é pelo menos 35 cN/dtex, com mais preferência, pelo menos 40 cN/dtex, com a máxima preferência, pelo menos 45 cN/dtex. Observou-se que tais fios de alta tenacidade adicionalmente a serem altamente adequado para o uso em vestuário protetor resistente ao corte, os mesmos também são adequados para o uso em vestuário projetado para proteger contra impactos balísticos.

[010] De preferência, os fios inventivos têm titulação de pelo menos 50 dtex, com mais preferência, pelo menos 100 dtex, com a máxima preferência, pelo menos 400 dtex. De preferência, por razões práticas, os fios inventivos têm uma titulação de no máximo 5.000 dtex, com mais preferência, no máximo 4.000 dtex, com a máxima preferência, no máximo 3.000 dtex. De preferência, o fio inventivo tem vários filamentos de pelo menos 5, com mais preferência, pelo menos 24, com a máxima preferência, pelo menos 80. Observou-se que os fios de titulação maior da invenção podem ser fabricados com processos que conservam exigências de capital e energia.

[011] Em uma modalidade preferencial, os fios

inventivos têm uma tenacidade de pelo menos 30 cN/dtex com filamentos que têm uma titulação de pelo menos 12 dtex, com mais preferência, pelo menos 15 dtex, com a máxima preferência, pelo menos 20 dtex. Observou-se que tais fios fornecem produtos que contêm os mesmos com resistência aumentada contra cortes.

[012] Em outro aspecto, a invenção fornece um fio multifilamento que tem uma tenacidade alta, por exemplo, uma tenacidade, de preferência, de pelo menos 35 cN/dtex e que compreende uma pluralidade de filamentos de polietileno de peso molecular ultra-alto fiados caracterizado pelo fato de que a titulação de qualquer um dos ditos filamentos fiados é pelo menos 10 dtex, com mais preferência, pelo menos 12 dtex, com a máxima preferência, pelo menos 15 dtex. Observou-se que tais fios fornecem produtos que contêm os mesmos com resistência contra impactos balísticos.

[013] Em outra modalidade, os fios inventivos contêm filamentos que compreendem um preenchimento duro. Por preenchimento duro, presente documento, entende-se um preenchimento que tem uma dureza de Mohs de pelo menos 2,5, com mais preferência, pelo menos 4, com a máxima preferência, pelo menos 6. Bons exemplos de preenchimentos duros adequados incluem preenchimentos de vidro, preenchimentos minerais ou preenchimentos de metal. Os preenchimentos podem ter qualquer formato, por exemplo, um formato particulado, plaqueta, tipo agulha, tipo fibra. Em uma modalidade preferencial, o preenchimento duro tem um formato do tipo fibra com um diâmetro médio de no máximo 20 μm , com mais preferência, no máximo 15 μm , com a máxima

preferência, no máximo 10 μm . De preferência, o preenchimento do tipo fibra tem uma razão de aspecto média de pelo menos 3, com mais preferência, pelo menos 6, de ainda maior preferência, pelo menos 10, em que a razão de aspecto é a razão entre o comprimento e o diâmetro do preenchimento do tipo fibra duro. O diâmetro e a razão de aspecto do preenchimento do tipo fibra duro podem ser facilmente determinados com o uso de gravuras de Microscopia Eletrônica de Varredura (SEM). Para o diâmetro, é possível fazer uma gravura SEM do preenchimento como tal, estendido sobre uma superfície e medir o diâmetro em 100 posições aleatoriamente selecionadas e, então, calcular a média dos 100 valores assim obtidos. Para a razão de aspecto, é possível fazer uma gravura SEM de um ou mais preenchimentos do tipo fibra e medir o comprimento de fibras duras. De preferência, as gravuras SEM são feitas com elétrons retrodifundidos. De preferência, os preenchimentos do tipo fibra duros são fabricados com uma técnica de fiação. A vantagem de tais preenchimentos é que o diâmetro dos mesmos tem um valor substancialmente constante que pode fornecer o fio inventivo com excelentes propriedades para o uso em produtos resistentes ao corte.

[014] A invenção também se refere a um fio multifilamento que tem uma tenacidade alta, por exemplo, uma tenacidade, de preferência, de pelo menos 12 cN/dtex, com mais preferência, pelo menos 15 cN/dtex, com a máxima preferência, pelo menos 17 cN/dtex e que compreende uma pluralidade de filamentos de polietileno de peso molecular ultra-alto fiados caracterizado pelo fato de que a titulação de qualquer um dos ditos filamentos fiados é pelo

menos 10 dtex e em que os ditos filamentos contêm um preenchimento duro. As modalidades preferenciais do preenchimento duro são reveladas acima. De preferência, o dtex dos ditos filamentos é pelo menos 12, com mais preferência, pelo menos 14, de ainda maior preferência, pelo menos 16, com a máxima preferência, pelo menos 18.

[015] O fio inventivo pode também conter filamentos fabricados a partir de materiais sintéticos diferentes de UHMWPE; mas também filamentos fabricados a partir de materiais naturais e, de preferência, que têm comprimentos descontínuos, isto é, fibras curtas naturais. Os exemplos de fibras curtas naturais incluem, porém sem limitação, fibras de celulose, algodão, cânhamo, lã, seda, juta, sisal, cocos, linho e similares, com algodão sendo preferencial. Os exemplos de filamentos naturais incluem fio de metal, filamentos de vidro e similares. Observou-se que os fios que compreendem algodão e os filamentos da invenção mostram um conforto muito bom. Os exemplos de filamentos de polímeros sintéticos incluem, porém sem limitação, aqueles fabricados, por exemplo, a partir de poliâmidas e poliaramidas, por exemplo, poli(p-fenileno tereftalamida) (conhecida como Kevlar®); poli(tetrafluoroetileno) (PTFE); poli{2,6-diimidazo-[4,5b-4',5'e]piridinileno-1,4(2,5-di-hidroxi)fenileno} (conhecido como M5); poli(p-fenileno-2,6-benzobisoxazol) (PBO) (conhecido como Zilon®); poli(hexametilenoadipamida) (conhecido como nylon 6,6), ácido poli(4-aminobutírico) (conhecido como nylon 6); poliésteres, por exemplo, poli(tereftalato de etileno), poli(tereftalato de butileno) e poli(tereftalato de 1,4-ciclo-hexilideno dimetileno);

álcool polivinílico. Os exemplos preferenciais de filamentos sintéticos incluem filamentos de poliéster e/ou poliamida que têm comprimentos contínuos e/ou descontínuos.

[016] A invenção também se refere a um pano que compreende os fios inventivos.

[017] O pano da invenção, doravante o pano inventivo, pode ser de qualquer construção conhecida na técnica, por exemplo, tecido, tricotado, entrançado, trançado ou não tecido ou combinações dos mesmos. Os panos não tecidos podem incluir panos de trama plana, nervura, trama de manta e trama cruzada e similares. Os tecidos em malha podem ser tricotados com trama, por exemplo, pano de meia malha única ou dupla ou tricotado com urdidura. Um exemplo de um pano não tecido é um pano de feltro. Os exemplos adicionais de panos tecidos, tricotados ou não tecidos assim como os métodos de fabricação dos mesmos são descritos em "Handbook of Technical Textiles", ISBN 978-1-59124-651-0 nos capítulos 4, 5 e 6, sendo que a revelação dos mesmos é incorporada no presente documento a título de referência. Uma descrição e exemplos dos panos trançados são descritos no mesmo Handbook no Capítulo 11, mais particularmente, no parágrafo 11.4.1, sendo que a revelação do mesmo é incorporada no presente documento a título de referência.

[018] De preferência, o pano inventivo é um pano tricotado, com mais preferência, um pano tecido, de ainda maior preferência, o pano tecido é construído com um peso pequeno por unidade de comprimento e diâmetro de corte transversal geral. Observou-se que tal pano mostra um peso baixo por unidade de área de superfície de cobertura e grau aumentado de flexibilidade e maciez enquanto tem uma

resistência ao corte melhorada em comparação aos panos conhecidos da mesma construção.

[019] A invenção refere-se adicionalmente a artigos e particularmente a artigos de vestuário e vestuário externo reforçado que compreende o pano inventivo. Os exemplos de tais artigos incluem, porém sem limitação, luvas, aventais, polainas, calças, botas, polainas, camisas, jaquetas, casacos, meias, sapatos, roupas de baixo, coletes, botas de pesca, chapéus, protetores de mãos e similares.

[020] A invenção também se refere ao uso do pano inventivo em artigos de vestuário ou vestuário externo reforçado e, particularmente, nos exemplos mencionados acima.

[021] Particularmente, a invenção refere-se a luvas que compreendem o pano da invenção. Observou-se que as luvas da invenção podem mostrar bom conforto e também respirabilidade. De preferência, o pano contido pelas luvas inventivas é um pano tricotado para aprimorar o ajuste e a flexibilidade da luva.

[022] Observou-se que os fios inventivos têm propriedades que também tornam os mesmos um material interessante para o uso em cordas, cordames e similares, de preferência, cordas para operações de trabalho pesado como, por exemplo, operações marinhas, industrial e marítimas. As operações de trabalho pesado podem incluir, porém sem limitação, manipulação de âncora, ancoragem de plataformas de suporte para geração de energia renovável marítima, ancoragem de plataformas de perfuração de óleo marítimas e plataformas de produção e similares.

[023] Os fios inventivos são também muito adequados

para o uso como um elemento de reforço para produtos reforçados tais como mangueiras, tubos, cabos elétricos e ópticos e, particularmente, para produtos de reforço usados em ambientes de águas profundas. A invenção, portanto, também se refere a um produto reforçado que contém elementos de reforço em que os elementos de reforço contêm os fios inventivos.

[024] A invenção também se refere a dispositivos médicos que compreendem os fios inventivos. Em uma modalidade preferencial, o dispositivo médico é um cabo ou uma sutura, de preferência, usada em implantes. Outros exemplos incluem malha, produtos de ciclo sem fim, produtos do tipo bolsa ou do tipo balão, mas também produtos tecidos e/ou tricotados. Bons exemplos de cabos incluem um cabo de fixação de trauma, um cabo de fechamento de esterno e um cabo profiláctico ou por prótese, cabo de fixação da fratura de osso longo, cabo fixação da fratura de osso pequeno. Também, os produtos do tipo tubo para, por exemplo, substituição de ligamento são adequadamente fabricados a partir dos fios inventivos. Tais produtos feitos dos fios inventivos mostram uma razão eficaz entre sua superfície de carregamento de carga e sua superfície exposta ao corpo humano ou animal. Foi adicionalmente observado que os fios inventivos podem ser menos propensos à infestação e podem também permitir um enxágue mais fácil com agentes de esterilização.

[025] A invenção refere-se adicionalmente a artigos compósitos que contêm os fios inventivos. De preferência, um artigo compósito de acordo com a invenção compreende uma pluralidade de camadas, em que cada uma das ditas camadas

contêm os fios inventivos, em que os ditos fios são, de preferência, dispostos em um arranjo paralelo, também conhecido como camadas unidirecionais (UD).

[026] Os artigos compósitos com múltiplas camadas se mostraram muito úteis em aplicações de balística, por exemplo, armadura, capacetes, painéis de proteção rígidos e flexíveis, painéis para blindagem de veículos e similares. Portanto, a invenção também se refere a artigos resistentes à balísticas como os artigos enumerados acima que contêm os fios inventivos.

[027] Observou-se também que os fios inventivos são também adequados para o uso em outras aplicações como por exemplo, linhas de pesca e redes de pesca, redes terrestres, redes de carga e cortinas, linhas de pipa, fio dental, cordas de raquete de tênis, lonas (por exemplo, lonas de tenda), panos não tecidos e outros tipos de panos, mantas, separadores de bateria, capacitores, vasos de pressão, mangueiras, cabos umbilicais (marítimos), cabos elétricos, de fibra óptica e de sinal, equipamento automotivo, correias de transmissão de potência, materiais de construção e edificação, artigos resistentes ao corte e perfuração e resistentes à incisão, luvas protetoras, equipamento para esportes compósito tais como esquis, capacetes, caiaques, canoas, bicicletas e cascos e vergas de barcos, alto-falantes, isolamento elétrico de alto desempenho, redomas, velas, geotêxteis e similares. Portanto, a invenção também se refere às aplicações enumeradas acima que contêm os fios da invenção.

[028] A invenção também se refere a equipamentos para esportes que compreendem o fio inventivo, incluindo uma

linha de pesca, uma linha de pipa e uma linha de iate. A invenção também se refere a um contêiner de carga que tem paredes que compreendem o fio inventivo.

[029] Em outro aspecto da invenção, o fio multifilamento compreende um monofilamento UHMWPE fiado em gel que tem uma tenacidade alta, por exemplo, uma tenacidade, de preferência, de pelo menos 30 cN/dtex, com mais preferência, pelo menos 35 cN/dtex e uma titulação de, pelo menos 10 dtex, com mais preferência, pelo menos 12 dtex, com a máxima preferência, pelo menos 15 dtex. Observou-se que um dispositivo de corte que usa o monofilamento da invenção como o elemento de corte mostra boas vantagens particularmente na indústria alimentícia, por exemplo, para cortar ovos cozidos ou produtos de queijo. Particularmente, observou-se que a capacidade de limpeza do dispositivo de corte é ideal.

[030] Portanto, a invenção também se refere a um monofilamento UHMWPE fiado em gel e um dispositivo de corte que compreende um elemento de corte, isto é, o elemento que é usado para dividir em seções menores o produto a ser cortado, sendo que o elemento de corte compreende qualquer um dos fios inventivos, de preferência, o dito elemento de corte compreende o monofilamento fiado em gel inventivo.

[031] Em uma modalidade da invenção, o monofilamento UHMWPE fiado em gel tem uma resistência por filamento de pelo menos 4,0 N, de preferência, de pelo menos 4,5 N, com mais preferência, de pelo menos 5,0 N, de ainda maior preferência, de pelo menos 6,0 N e, com a máxima preferência, de pelo menos 7 N. Observou-se que os fios que compreendem os monofilamentos da invenção como um elemento

de resistência mostram as vantagens particularmente na costura de panos, por exemplo, panos multicoloridos ou como uma linha de pesca. Particularmente, observou-se que o monofilamento de acordo com a invenção fornece costuras que são dificilmente visíveis ao olho humano por sua virtude de finura e transparência. De preferência, o monofilamento de acordo com essa modalidade da invenção tem uma tenacidade de pelo menos 20 cN/dtex, com mais preferência, 25 cN/dtex e, com a máxima preferência, 30 cN/dtex. Observou-se que os monofilamentos com tenacidade maior fornecem costuras com visibilidade adicionalmente reduzida ao olho humano. Portanto, a invenção também se refere a um fio que compreende pelo menos um monofilamento de acordo com a invenção, de preferência, o fio consiste substancialmente no monofilamento de acordo com a invenção.

[032] A invenção refere-se adicionalmente a um método para fabricar um fio que contém uma pluralidade de filamentos fiados UHMWPE que compreende, na seguinte ordem, as etapas de:

a. fornecer uma solução de UHMWPE em um solvente adequado, de preferência, decalina;

b. forçar a dita solução através de uma matriz que contém uma pluralidade de aberturas em que as aberturas expõem a dita solução a uma primeira velocidade para formar uma pluralidade de filamentos que contêm a dita solução; sendo que cada abertura tem uma saída com um diâmetro de saída D_{ap}^{exit} , sendo que cada um dos ditos filamentos têm um diâmetro D_{fil} conforme medido na saída do dito capilar;

c. imergir os ditos filamentos que contêm a solução em

um banho de resfriamento; de preferência, banho de água de resfriamento; e recolher os ditos filamentos imersos em um rolo de recolhimento que gira a uma segunda velocidade; e

d. recolher os ditos filamentos do banho para formar filamentos fiados, extrair pelo menos parcialmente o solvente e estirar os ditos filamentos fiados em pelo menos uma etapa de estiramento antes, durante e/ou após a dita extração;

em que a etapa b) é operada a um rebaixamento (DD_{op}), definido como a razão entre a segunda velocidade e a primeira velocidade, dentre 20% e 90% de um rebaixamento de ressonância DD_{res} ;

em que DD_{res} é a razão entre a segunda velocidade e a primeira velocidade na qual D_{fil} oscila por minuto com uma porcentagem de pelo menos 25% entre um valor máximo D_{fil}^{max} e um valor mínimo D_{fil}^{min} ; em que a porcentagem é calculada com a Fórmula 1:

$$100 \times \frac{D_{fil}^{max} - D_{fil}^{min}}{D_{fil}^{avg}}$$

Fórmula 1

em que D_{fil}^{avg} é o valor médio de D_{fil} calculado a partir de uma quantidade de pelo menos 10 medições gravadas durante um minuto.

[033] Observou-se que o método inventivo é muito estável com uma quantidade reduzida de rompimentos de filamento e/ou permitindo padrões de estiramento similares para todos os filamentos do fio. Também, o método inventivo permite a produção de fios que têm uma combinação ideal de resistência e titulação de filamento.

[034] De acordo com o método inventivo, na etapa b) cada abertura expõe a solução a uma primeira velocidade,

que é calculada como a razão entre o fluxo volumétrico da solução por abertura e a área $\frac{\pi}{4}(D_{ap}^{exit})^2$ da abertura. O fluxo volumétrico da solução por abertura pode ser prontamente determinado dividindo-se o fluxo volumétrico da solução antes de entrar na matriz pelo número das aberturas. O fluxo volumétrico da solução antes de entrar na matriz pode ser prontamente definido com o uso de uma bomba de fiação ou uma extrusora. De preferência, todas as aberturas são essencialmente idênticas, caso aberturas com diferentes diâmetros sejam usadas, os valores acima são entendidos no presente documento como valores médios.

[035] Na etapa c), os filamentos imersos são recolhidos em um rolo girando a uma segunda velocidade. Por velocidade no presente documento entende-se a velocidade de superfície do dito rolo. A dita velocidade pode ser facilmente ajustada com o uso de um motor de acionamento para acionar o dito rolo.

[036] De acordo com o método inventivo, o DD_{res} é determinado a partir da análise das oscilações por minuto de D_{fil} . D_{fil} pode ser prontamente determinado a partir de fotografias calibradas ou com o uso de uma câmera de vídeo calibrada. D_{fil} é expresso em mm. Na presente invenção, $100 \times \frac{D_{fil}^{max} - D_{fil}^{min}}{D_{fil}^{avg}}$ é pelo menos 25%, com mais preferência, pelo menos 30%, de ainda maior preferência, pelo menos 40%, com a máxima preferência, pelo menos 50%. Observou-se que, escolhendo um limite maior para determinar o DD_{res} , as vantagens do método inventivo eram mais conspícuos. Particularmente, para DD_{op} entre 40% e 90% de DD_{res} , com mais preferência, entre 50% e 90% de DD_{res} , com a máxima preferência, entre 60% e 90% de DD_{res} , o método inventivo

operado em seu ideal.

[037] O rebaixamento (DD_{op}) no qual a etapa b) do método inventivo opera pode ser facilmente definido, por exemplo, aumentando-se primeiro o rebaixamento para alcançar uma ressonância abaixada, conforme definido acima, e, então, diminuindo o rebaixamento do valor exigido, por exemplo, no máximo 90% de DD_{res} . De preferência, DD_{op} é no máximo 85% de DD_{res} , com mais preferência, no máximo 80%, com a máxima preferência, no máximo 75%. Observou-se que a estabilidade do método inventivo aumenta ao reduzir o rebaixamento. DD_{op} é também pelo menos 20% de DD_{res} , de preferência, pelo menos 40%, com a máxima preferência, pelo menos 60%. Tais valores para DD_{op} são inovadores e desafiam o entendimento comum na técnica, já que os processos de fiação atuais para fabricar filamentos UHMWPO usam os valores para DD_{op} na faixa de no máximo 5% de DD_{res} . A crença comum que leva ao uso de valores para DD_{op} tão afastados de DD_{res} é de que o processo é mais estável e de que aumentar o DD_{op} apenas introduziria instabilidades e rompimentos de filamento. Entretanto, os presentes inventores demonstraram o contrário e alcançaram uma estabilidade alta do método inventivo.

[038] De preferência, o D_{ap}^{exit} de cada uma das aberturas é pelo menos 1,5 mm, com mais preferência, pelo menos 2 mm, com a máxima preferência, pelo menos 3 mm. De preferência, o dito D_{ap}^{exit} é no máximo 5 mm, com mais preferência, no máximo 4 mm, com a máxima preferência, no máximo 3,5 mm. Observou-se que mesmo para tais aberturas de diâmetro grande, o método inventivo é muito estável mesmo ao usar um DD_{op} mais próximo a DD_{res} . De preferência, cada abertura

contém um capilar que tem um diâmetro substancialmente constante de pelo menos 1,5 mm, com mais preferência, pelo menos 2 mm, com a máxima preferência, pelo menos 3 mm, em que o dito diâmetro do capilar é igual a D_{ap}^{exit} . De preferência, o dito diâmetro é no máximo 5 mm, com mais preferência, no máximo 4 mm, com a máxima preferência, no máximo 3,5 mm. Observou-se que o método inventivo fornece resultados muito bons para capilares que têm um diâmetro dentre 2 mm e 4 mm, com a máxima preferência, entre 2,5 mm e 3,5 mm, com a máxima preferência, de cerca de 3 mm. De preferência, o dito capilar tem uma razão de L/D_{ap}^{exit} de pelo menos 1,5, com mais preferência, pelo menos 2,0, com a máxima preferência, de pelo menos 2,5; com L sendo o comprimento do capilar. De preferência, a dita razão de L/D_{ap}^{exit} é no máximo 10, com mais preferência, no máximo 7,5, com a máxima preferência, no máximo 5.

[039] As aberturas podem também conter uma assim chamada zona de contração, isto é, uma zona com uma diminuição gradual no diâmetro de um diâmetro D_0 a D_{ap}^{exit} . A zona de contração tem, de preferência, um ângulo na faixa de 8 a 75°. É preferencial que as aberturas contenham os capilares conforme definido imediatamente acima, nesse caso, a zona de contração sendo, de preferência, posicionada a montante do capilar.

[040] Na etapa b) do método inventivo, a solução de UHMWPE é forçada através das aberturas de uma matriz a uma primeira taxa de fluxo, de preferência, de pelo menos 1,4 g/min/abertura; com mais preferência, pelo menos 2,0 g/min/abertura; de ainda maior preferência, pelo menos 2,4 g/min/abertura. De preferência, a dita primeira taxa de

fluxo está entre 2,0 g/min/abertura e 8,0 g/min/abertura; com mais preferência entre 2,4 g/min/abertura e 7,7 g/min/abertura.

[041] O processo inventivo escrito no presente documento pode permitir a produção tanto do fio multifilamento inventivo quanto dos monofilamentos inventivos. Aqui, os filamentos extrudados podem ser processados conforme descritos no presente documento como um feixe de fios ou podem ser divididos em qualquer estágio do processo em um ou mais monofilamentos e um restante opcional do fio multifilamento composto do restante de monofilamentos.

[042] De preferência, os filamentos que contêm a solução, doravante também referida como filamentos de fluido, são expelidos na etapa b) do processo inventivo em um vão de ar. De preferência, os ditos filamentos de fluido são estirados no vão de ar com uma razão de estiramento, de preferência, de pelo menos 8, com mais preferência, pelo menos 12, de ainda maior preferência, pelo menos 14, de ainda maior preferência, pelo menos 16, com a máxima preferência, pelo menos 18. De preferência, o vão de ar tem um comprimento dentre 1 mm e 20 mm, com mais preferência, entre 2 mm e 15 mm, de ainda maior preferência, entre 2 mm e 10 mm, com a máxima preferência, entre 2 mm e 5 mm. Observou-se que tal comprimento de vão de ar preferencial pode permitir a redução da taxa de estiramento no vão de ar sem afetar substancialmente a tenacidade de fio.

[043] Em uma modalidade alternativa, os filamentos de fluido são estirados no vão de ar com uma razão de estiramento entre 3 e 12, de preferência, entre 4 e 10 e,

com a máxima preferência, entre 4 e 8. Tal razão de estiramento preferencial do filamento no vão de ar é especialmente adequada para a produção de fios e monofilamentos com uma alta resistência por filamento medida no fio ou um único filamento conforme descrito nos experimentos.

[044] Embora chamado do vão de ar, o dito vão pode ser preenchido com qualquer gás ou mistura gasosa, por exemplo, ar, nitrogênio ou outros gases inertes. Por vão de ar entende-se no presente documento a distância entre a matriz e o banho de resfriamento. O banho de resfriamento pode ser um banho contendo líquido, por exemplo, água, a uma temperatura abaixo da temperatura de fiação, por exemplo, cerca da temperatura ambiente. No caso em que o banho de resfriamento é um banho de resfriamento com líquido, o valor mínimo do vão de ar é de preferência escolhido para impedir que quaisquer ondas superficiais do líquido toquem a superfície da matriz.

[045] Quaisquer solventes conhecidos adequados para fiação de UHMWPE podem ser usados como solvente para produzir a dita solução, por exemplo, cera de parafina, óleo de parafina ou óleo mineral, querosene, decalina, tetralina ou uma mistura dos mesmos. Foi concluído que o presente processo é especialmente vantajoso para solventes relativamente voláteis, de preferência, solventes que têm um ponto de ebulição em condições atmosféricas de menos que 275°C, com mais preferência, menos que 250 ou 225°C. Os exemplos adequados incluem decalina, tetralina e diversos graus de querosene. A solução pode ser produzida com o uso de métodos conhecidos; de preferência, uma extrusora de

rosca dupla é aplicada para produzir uma solução homogênea a partir de uma pasta fluida de UHMWPE no dito solvente. A solução é, de preferência, alimentar a matriz, também chamado de placa de fiação, em taxa de fluxo constante com bombas de medição. A concentração da solução está, de preferência, entre 3 e 25% em massa, com uma concentração mais baixa sendo preferência quanto maior for a massa molar da poliolefina ou do polietileno. De preferência, a concentração está entre 3 e 15% em massa para um UHMWPE com uma viscosidade intrínseca (IV) na faixa de 15 a 25 dl/g. A solução de UHMWPE é, de preferência, formada em uma temperatura dentro de no máximo 90°C do ponto de ebulição do solvente, com mais preferência, no máximo 70°C.

[046] O UHMWPE, de preferência, tem uma viscosidade intrínseca (IV, conforme medida em solução em decalina a 135°C) entre cerca de 8 dl/g e 40 dl/g, de preferência, entre 10 dl/g e 30 dl/g, com mais preferência, entre 12 dl/g e 28 dl/g, com a máxima preferência, entre 15 dl/g e 25 dl/g. A viscosidade intrínseca é uma medida para massa molar (também chamada de peso molecular) que pode ser mais facilmente determinada que os parâmetros de massa molar reais como M_n e M_w . Há diversas relações empíricas entre IV e M_w , mas tal relação depende da distribuição de massa molar. Com base na equação $M_w = 5,37 * 10^4 [IV]^{1,37}$ (consulte o documento EP 0504954 A1), uma IV de 4 ou 8 dl/g poderia ser equivalente à M_w de cerca de 360 ou 930 kg/mol, respectivamente.

[047] De preferência, o UHMWPE é um polietileno linear com menos de uma ramificação por 100 átomos de carbono e, de preferência, menos de uma ramificação por 300 átomos de

carbono; em que uma ramificação ou cadeia lateral ou ramificação de cadeia usualmente contém pelo menos 10 átomos de carbono. O polietileno linear pode conter, ainda, até 5% em mol de um ou mais comonômeros, tal como alcenos como propileno, buteno, penteno, 4-metilpenteno ou octeno.

[048] O UHMWPE que é usado no processo inventivo pode conter, ainda, pequenas quantidades, em geral menos do que 5% em massa, de preferência menos do que 3% em massa de aditivos habituais, tais como antioxidantes, estabilizantes térmicos, colorantes, promotores de fluxo, etc. O UHMWPE pode ser um único grau de polímero, mas também uma mistura de dois ou mais graus de polímero diferentes, por exemplo, diferindo em IV ou distribuição de massa molar e/ou tipo e número de comonômeros ou grupos laterais.

[049] Em conformidade com a invenção, após retirar os filamentos do banho para obter filamento fiado, os ditos filamentos fiados são submetidos a uma etapa de extração em que o solvente presente nos mesmos é pelo menos parcialmente removido dos filamentos, em que a remoção de solvente pode ser realizada por métodos conhecidos, por exemplo, por evaporação se um solvente relativamente volátil, por exemplo, decalina, for usado; com o uso de um líquido de extração; ou por uma combinação de ambos os métodos.

[050] O método inventivo compreende, ainda, pelo menos uma etapa de estiramento em que os filamentos fiados são estirados em pelo menos um estágio de preferência com uma razão de estiramento de pelo menos 4. De preferência, o estiramento é realizado em pelo menos dois estágios e de preferência em temperaturas diferentes com um perfil

crescente. O estiramento de preferência ocorre entre cerca de 120 e cerca de 155°C. Um estiramento com 3 estágios é mais preferencial, com uma razão de estiramento total $DR_{total} = DR_{estágio\ 1} * DR_{estágio\ 2} * DR_{estágio\ 3}$ de pelo menos 10, com mais preferência, pelo menos 20, com a máxima preferência, pelo menos 40.

[051] Em uma modalidade preferencial, o método inventivo produz o fio inventivo, em que uma matriz que tem aberturas com um $D_{ap}^{saída}$ de pelo menos 2 mm é usada; uma solução de pelo menos 5% em peso de UHMWPE do peso total da solução é usada; um DD_{op} de pelo menos 20% de DD_{res} é usado; e um estiramento com 3 estágios com uma razão de estiramento total de pelo menos 20 é usado. De preferência, $D_{ap}^{saída}$ é pelo menos 3 mm, com mais preferência, entre 2,5 mm e 3,5 mm. De preferência, a solução de UHMWPE tem pelo menos 6% em peso, com mais preferência, pelo menos 8% em peso, com a máxima preferência, pelo menos 9% em peso. De preferência, o solvente é decalina. De preferência, DD_{op} é pelo menos 40% de DD_{res} , com a máxima preferência, pelo menos 60%.

[052] A invenção será, ainda, explicada pelos seguintes exemplos e experimento comparativo, no entanto, primeiramente os métodos usados na determinação dos vários parâmetros usados acima serão apresentados.

- dtex: a titulação do fio ou do filamento foi medida pesando-se 100 metros de fio ou filamento, respectivamente. O dtex do fio ou do filamento foi calculado dividindo-se o peso (expresso em miligramas) por 10;

- IV: a Viscosidade Intrínseca é determinada de acordo com o método ASTM D1601 (2004) a 135°C em decalina, em que

o tempo de dissolução é 16 horas, com BHT (hidróxitolueno Butilado) como antioxidante em uma quantidade de 2 g/l de solução, extrapolando-se a viscosidade conforme medida em diferentes concentrações até concentração zero.

[053] Propriedades de tração das fibras: a resistência à tração (ou resistência) e o módulo de tração (ou módulo) são definidos e determinados em fios multifilamento conforme especificado no documento ASTM D885M, com o uso de um comprimento de calibre nominal da fibra de 500 mm, uma velocidade de tração de 50%/min e grampos Instron 2714, do tipo "Fibre Grip D5618C". Com base na curva tensão-deformação medida, o módulo é determinado como o gradiente entre 0,3 e 1% em deformação. Para o cálculo do módulo e resistência, as forças de tração medidas são divididas pela titulação, conforme determinado pesando-se 10 metros de fibra; valores em GPa são calculados assumindo-se uma densidade de 0,97 g/cm³. A resistência por monofilamento é determinada multiplicando-se a tenacidade do fio multifilamento em cN/dtex pelo dtex por filamento do fio.

EXEMPLOS 1 a 4

[054] Uma pasta fluida foi preparada a partir de 9% em peso de UHMWPE que tem uma IV de cerca de 20 dl/g em decalina e alimentada a uma extrusora de rosca dupla corrotativa para transformar a pasta fluida em uma solução. A extrusora e o cabeçote de fiação foram aquecidos a uma temperatura de 185°C. A solução foi forçada através de uma matriz que tem 24 aberturas com uma taxa de cerca de 7,7 g/min (para os exemplos 1 e 2) e 3,8 g/min (para os exemplos 3 e 4) por abertura.

[055] As aberturas continham uma zona de contração

cônica com um ângulo de 15° a montante de um capilar que tem um D_{ap}^{saida} de 3 mm e um comprimento de cerca de 8 mm.

[056] Os filamentos fluidos emitidos das aberturas entraram em um vão de ar e foram retirados em tal taxa que uma razão de estiramento conforme mostrada na Tabela 1 abaixo foi aplicada no vão de ar. O DD_{op} em que o processo é operado é o mesmo que a razão de estiramento no vão de ar e é, em todos casos, cerca de 90% do rebaixamento de ressonância DD_{res} .

[057] Subsequentemente, os filamentos fluidos entraram em um banho de água, onde foram resfriados e foram recolhidos em um rolo de recolhimento. Subsequentemente, entraram em um primeiro forno, onde foram estirados 8 vezes enquanto a decalina evaporava.

[058] Do primeiro forno, os filamentos entraram em um segundo forno, onde foram estirados com várias razões de estiramento, conforme mostrado na Tabela 1 abaixo juntamente com as propriedades do fio.

TABELA 1

	EX 1	EX 2	EX 3	EX 4
Razão de estiramento vão de ar	16	16	14	14
Comprimento vão de ar (mm)	15	15	7	7
Razão de estiramento	2,2	3,0	2,0	2,5
dtex fio (dtex)	424	315	556	439
Tenacidade fio (cN/dtex)	29,4	29,8	25,2	28,3
Tenacidade fio (cN/dtex)	1.031	1.241	897	1.066
EAB fio (%)	3,4	2,8	3,3	3,2
Titulação de filamento (dtex)	18	13	23	18
Resistência por filamento (N)	5,3	3,9	5,8	5,1

EXEMPLOS 5 e 6

[059] O Exemplo 1 foi repetido com a diferença de que o fio foi adicionalmente estirado em uma terceira etapa a cerca de 149°C. Duas razões de estiramento são aplicadas conforme mostrado na Tabela 2 abaixo.

TABELA 2

	EXEMPLO 5	EXEMPLO 6
Razão de estiramento da terceira etapa	1,8	2,2
dtex fio (dtex)	290	213
Tenacidade fio (cN/dtex)	34,3	42,6
Tenacidade fio (cN/dtex)	1.390	1.784
EAB fio (%)	3,0	2,9
Titulação de filamento (dtex)	12,1	8,9
Resistência por filamento (N)	4,1	3,8

EXEMPLO 7

[060] O material do Exemplo 1 foi entretecido em um pano com uma densidade aérea de 260 g/m² (calibre 10 de densidade de ponto). Para referência, um pano foi entretecido da mesma construção, com o uso de um fio comercialmente disponível de 440 dTex contendo 195 filamentos de UHMWPE, em que o fio tem uma tenacidade de cerca de 31 cN/dtex e é vendido junto à DSM Dyneema®, NL sob o nome de produto SK62.

[061] Ambos os panos foram submetidos a teste de resistência de corte de acordo com o padrão EN388, assim como ASTM 1790-05 padrão (ambos em duplicata). Similarmente, os panos foram submetidos a teste de abrasão Martindale (EN388), em que para cada tipo de pano o número de ciclos foi determinado quando rompimento foi observado. Os resultados obtidos são listados na Tabela 3 abaixo:

TABELA 3

Teste	Referência	Exemplo 7
EN 388 - Índice de corte	2,5	6,0
EN 388 - Índice de corte	3,7	6,1
Força de Referência ASTM F1790-05	2,8 N	5,6 N
Força de Referência ASTM F1790-05	2,7 N	5,6 N
Ciclos para rompimento por abrasão EN 388	1.140 ciclos	3.437 ciclos

EXEMPLO 8

[062] O exemplo 1 foi repetido; no entanto, cerca de 5% em peso da solução total de um preenchimento duro foram adicionados à pasta fluida antes da extrusão. O preenchimento duro foi fibras minerais, isto é, um preenchimento que tem formato similar a fibra, vendido sob o nome comercial CF10ELS junto à Lapinus, NL. O fio resultante teve uma titulação de 410 dTex, uma tenacidade de cerca de 18 cN/Dtex e um módulo de cerca de 850 cN/dTex.

[063] O fio foi entretecido um pano com uma densidade aérea de 260 g/m² (calibre 10 de densidade de ponto). Para referência, um pano foi entretecido da mesma construção, com o uso de um fio comercialmente disponível de 440 dTex contendo 130 filamentos de UHMWPE, em que o fio tinha uma tenacidade de cerca de 17 cN/dtex e continha o mesmo tipo e quantidade de preenchimento duro que o anterior.

[064] Ambos os panos foram submetidos ao mesmo teste de resistência de corte conforme detalhado no exemplo 7 acima. O teste de abrasão Martindale foi executado 4 vezes para cada pano. Os resultados obtidos são listados na Tabela 4 abaixo:

TABELA 4

Teste	Referência	Exemplo 8
EN 388 – Índice de corte	15,69	28,15
EN 388 - Índice de corte	-	24,82
Força de Referência ASTM F1790-05	11,1 N	21,2 N
Força de Referência ASTM F1790-05	11,1 N	20,9 N
Ciclos para rompimento por abrasão de EN 388	400 ciclos	1.400 ciclos
Ciclos para rompimento por abrasão EN 388	459 ciclos	1.600 ciclos
Ciclos para rompimento por abrasão EN 388	691 ciclos	1.800 ciclos
Ciclos para rompimento por abrasão EN 388	1.204 ciclos	2.200 ciclos

EXEMPLOS 9 e 10

[065] O Exemplo foi repetido, no entanto, os filamentos fluidos foram estirados cerca de 19 vezes no vão de ar com um rendimento por abertura de 5,7 g/min. No primeiro forno, foram estirados 6 vezes. O fio foi estirado em uma segunda etapa com várias razões de estiramento, conforme mostrado na Tabela 4 abaixo juntamente com as propriedades do fio.

TABELA 5

	EXEMPLO 9	EXEMPLO 10
Razão de estiramento	3,0	4,0
Dtex fio (dtex)	347	263
Tenacidade fio (cN/dtex)	30,9	34,7
Módulo fio (cN/dtex)	1.076	1.269
EAB fio (%)	3,5	3,4
Titulação de filamento (dtex)	14	11
Resistência por filamento (N)	4,3	3,8

EXEMPLOS 11 e 14

[066] O Exemplo 1 foi repetido, no entanto, a

temperatura do cabeçote de fiação foi reduzida para 175°C, os filamentos fluidos foram estirados cerca de 5,7 vezes no vão de ar de um comprimento de 4 mm e com um rendimento por abertura de 7,7 g/min. Os filamentos foram estirados na primeira e na segunda etapas com várias razões de estiramento na Tabela 6 abaixo, juntamente com as propriedades do fio. Dos 24 filamentos existentes na placa de fiação, um único filamento foi individualmente processado resultando nos exemplos 11 a 13, enquanto os 23 filamentos remanescentes foram processados como um fio com 23 filamentos. Apenas o fio com 23 filamentos correspondente do exemplo 13 é relatado como o exemplo 14, quanto os fios com 23 filamentos correspondentes dos exemplos 11 e 12 não são relatados

TABELA 6

	EX 11	EX 12	EX 13	EX 14
Filamentos por fio	1	1	1	23
Razão de estiramento primeiro forno	12	12	14	14
Razão de estiramento segundo forno	2,1	2,5	2,1	2,1
dtex fio (dtex)	35	30	30	672
Tenacidade fio (cN/dtex)	32,6	34,2	29,2	27,5
Módulo fio (cN/dtex)	1.099	1.189	1.009	1.042
EAB fio (%)	3,5	3,5	3,3	3
Titulação de filamento (dtex)	35	30	30	29
Resistência por filamento (N)	11,4	10,2	8,8	8,0

REIVINDICAÇÕES

1. Fio multifilamento que tem uma tenacidade de pelo menos 12 cN/dtex e que compreende uma pluralidade de filamentos de polietileno de peso molecular ultra-alto fiados e um preenchimento duro, **caracterizado** pelo fato de que a titulação de qualquer um dos ditos filamentos fiados é pelo menos 10 dtex.

2. Fio, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que tem uma tenacidade de pelo menos 15 cN/dtex, de preferência, pelo menos 17 cN/dtex.

3. Fio, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de que tem uma titulação de filamento de pelo menos 12 dtex, de preferência, pelo menos 14 dtex, com mais preferência, pelo menos 16 dtex e, com a máxima preferência, pelo menos 18 dtex.

4. Fio, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que tem uma titulação de pelo menos 50 dtex, de preferência, pelo menos 100 dtex, com a máxima preferência, pelo menos 400 dtex.

5. Fio, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que os filamentos compreendem um preenchimento duro que tem uma dureza de Mohs de pelo menos 2,5.

6. Fio, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que o preenchimento duro inclui um preenchimento de vidro, um preenchimento mineral, ou um preenchimento metálico.

7. Fio, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que o

preenchimento duro possui um formato do tipo fibra com um diâmetro médio de no máximo 20 µm, de preferência, de no máximo 15 µm, com a máxima preferência, de no máximo 10 µm.

8. Fio, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que contém adicionalmente filamentos fabricados a partir de materiais naturais e que tem, de preferência, comprimentos descontínuos, sendo que o dito material natural é escolhido a partir do grupo de materiais que consiste em celulose, algodão, cânhamo, lã, seda, juta, sisal, cocos e linho; em que o algodão é o material natural preferencial.

9. Tecido, **caracterizado** pelo fato de que compreende os fios como definidos em qualquer uma das reivindicações anteriores.

10. Luva, **caracterizada** pelo fato de que compreende o tecido como definido na reivindicação 9.

11. Produto, **caracterizado** pelo fato de que é escolhido a partir do grupo de produtos que consiste em linhas de pesca e redes de pesca, redes terrestres, redes de carga e cortinas, linhas de pipa, fio dental, cordas de raquete de tênis, lonas, panos não tecidos e outros tipos de panos, mantas, separadores de bateria, capacitores, vasos de pressão, mangueiras, cabos umbilicais (marítimos), cabos elétricos de fibra óptica e de sinal, equipamento automotivo, correias de transmissão de potência, materiais de construção e edificação, artigos resistentes ao corte e perfuração e resistentes à incisão, luvas protetoras, equipamento para esportes compósitos tais como esquis, capacetes, caiaques, canoas, bicicletas e cascos e vergas de barcos, alto-falantes, isolamento elétrico de alto

desempenho, redomas, velas e geotêxteis, sendo que o dito produto compreende os fios como definidos em qualquer uma das reivindicações anteriores.

12. Monofilamento UHMWPE fiado do fio multifilamento como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **caracterizado** pelo fato de que o monofilamento é um monofilamento fiado em gel com uma tenacidade de pelo menos 30 cN/dtex e uma titulação de pelo menos 10 dtex.

13. Método para fabricar qualquer um dos fios como definidos em qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **caracterizado** pelo fato de que compreende, na ordem a seguir, as etapas de:

a. fornecer uma solução de polietileno de peso molecular ultra-alto e um preenchimento duro, em um solvente adequado, de preferência, decalina;

b. forçar a dita solução através de uma matriz que contém uma pluralidade de aberturas, em que as aberturas expõem a dita solução a uma primeira velocidade para formar uma pluralidade de filamentos que contêm a dita solução; sendo que cada abertura tem uma saída com um diâmetro de saída D_{ap}^{exit} , sendo que cada um dos ditos filamentos tem um diâmetro D_{fil} conforme medido na saída do dito capilar;

c. imergir os ditos filamentos que contêm a solução em um banho de resfriamento; de preferência, banho de água de resfriamento; e recolher os ditos filamentos imersos em um rolo de recolhimento que gira a uma segunda velocidade; e

d. recolher os ditos filamentos do banho para

formar filamentos fiados, extrair pelo menos parcialmente o solvente e estirar os ditos filamentos fiados em pelo menos uma etapa de estiramento antes, durante e/ou após a dita extração;

em que a etapa b) é operada a um rebaixamento (DD_{op}), definido como a razão entre a segunda velocidade e a primeira velocidade, dentre 20% e 90% de um rebaixamento de ressonância DD_{res} ; em que DD_{res} é a razão entre a segunda velocidade e a primeira velocidade na qual D_{fil} oscila por minuto com uma porcentagem de pelo menos 25%, entre um valor máximo D_{fil}^{max} e um valor mínimo D_{fil}^{min} ; em que a dita porcentagem é calculada com a Fórmula 1:

$$100 \times \frac{D_{fil}^{max} - D_{fil}^{min}}{D_{fil}^{avg}} \quad \text{Fórmula 1;}$$

em que D_{fil}^{avg} é o valor médio de D_{fil} calculado a partir de um número de pelo menos 10 medições gravadas durante um minuto.

RESUMO

"FIO MULTIFILAMENTO, TECIDO, LUVA, PRODUTO, MONOFILAMENTO UHMWPE FIADO DO REFERIDO FIO MULTIFILAMENTO E MÉTODO PARA FABRICAR O REFERIDO FIO MULTIFILAMENTO"

A invenção refere-se a um fio multifilamento que tem uma tenacidade de pelo menos 12 cN/dtex e que compreende uma pluralidade de filamentos de polietileno de peso molecular ultra-alto fiados e um preenchimento duro, em que a titulação de qualquer um dos ditos filamentos fiados é pelo menos 10 dtex, a um tecido, a uma luva, a um produto, a um monofilamento UHMWPE fiado do referido fio multifilamento e a um método para fabricar o referido fio multifilamento.