



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0419082-3 B1

(22) Data do Depósito: 27/09/2004

(45) Data de Concessão: 07/11/2017



(54) Título: CABO ÓPTICO PARA COMUNICAÇÃO, E, MICROMÓDULO BLOQUEADO EM RELAÇÃO À PROPAGAÇÃO DE ÁGUA

(51) Int.Cl.: G02B 6/44

(73) Titular(es): PRYSMIAN CAVI E SISTEMI ENERGIA S.R.L.

(72) Inventor(es): MASSIMILIANO PAVAN; MASSINO PIZZORNO; ALLESANDRO GINOCCHIO;
DAVIDE CESCHIAT

“CABO ÓPTICO PARA COMUNICAÇÃO, E, MICROMÓDULO
BLOQUEADO EM RELAÇÃO À PROPAGAÇÃO DE ÁGUA”

DESCRIÇÃO

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção diz respeito a um cabo óptico para comunicação, compreendendo pelo menos um micromódulo bloqueado em relação à propagação de água, bem como a um micromódulo desse tipo.

 Elementos de transmissão, em particular fibras ópticas revestidas, usadas em cabos ópticos são tipicamente alojadas, tanto
10 individualmente como em um grupo, em materiais ou elementos de amortecimento. Por exemplo, uma ou mais fibras ópticas, por exemplo, arranjadas em um grupo, feixe ou fita de fibras ópticas, podem ser alojadas em um tubo ou bainha flexível (doravante referida como "elemento de retenção"), que pode ser feito, por exemplo, de material polimérico. A(s)
15 fibra(s) óptica(s) juntamente com seu(s) elemento(s) de retenção é(são) em geral referida(s) na técnica como uma "unidade óptica", "micromódulo" ou "módulo". Normalmente, o dito elemento de retenção tem uma pequena espessura e é provido de propriedades mecânicas específicas (em particular, módulo elástico, resistência à tração máxima e alongamento na ruptura) de
20 maneira a permitir um fácil acesso à(s) fibra(s) óptica(s) a fim de facilitar tanto a conexão entre a(s) fibra(s) óptica(s) e um equipamento de usuário, como a interconexão entre cabos. O dito elemento de retenção é também referido no geral como "microbainha" ou "minibainha".

 Além disso, o dito elemento de retenção, normalmente, tem
25 uma rigidez axial relativamente baixa, de maneira a afetar ligeiramente a atenuação da(s) fibra(s) por causa de tensões e deformações mecânicas que podem ocorrer durante os ciclos térmicos aos quais a(s) dita(s) fibra(s) é(são) normalmente sujeita(s).

Um cabo óptico pode conter um único micromódulo ou uma

pluralidade de micromódulos. O dito único micromódulo ou a dita pluralidade de micromódulos é em geral referida como o núcleo óptico do cabo. O núcleo óptico por sua vez é tipicamente inserido em uma bainha protetora normalmente feita de material polimérico.

5 Normalmente, cada micromódulo pode compreender um feixe de fibras ópticas, tipicamente em um número compreendido entre 2 e 12, alojado em um elemento de retenção, da maneira definida anteriormente. As fibras ópticas são arranjadas paralelas ou de acordo com um padrão helicoidal aberto (ou trançagem S-Z) em torno do eixo geométrico do micromódulo, isto
10 é, as fibras ópticas são trançadas em torno do eixo geométrico do micromódulo em seções com uma primeira direção de trançagem (forma de S) alternando com seções com uma direção oposta de trançagem (forma de Z).

Dentro de cada micromódulo, as fibras ópticas podem ficar
15 arranjadas com ou sem folga entre seu envelope externo e a superfície interna do elemento de retenção do micromódulo. Se não for deixada nenhuma folga entre as fibras ópticas e o elemento de retenção, o micromódulo é denominado compacto, enquanto, no caso oposto, isto é, se houver uma folga entre as fibras ópticas e o elemento de retenção, o micromódulo é
20 denominado solto. Na presente descrição e nas reivindicações seguintes, um micromódulo deve ser indicado como solto quando as fibras ópticas forem mecanicamente desacopladas do elemento de retenção. Conseqüentemente, para um comprimento adequado de um micromódulo do tipo solto (por exemplo, 1 metro) é possível extrair uma única fibra óptica
25 independentemente das outras fibras ópticas. Normalmente, é possível operar da maneira revelada anteriormente quando o diâmetro interno do elemento de retenção é pelo menos 1 % maior que o diâmetro do menor círculo que envelopa as fibras ópticas nele definidas, de outra forma o micromódulo deve ser indicado como compacto.

Conforme já reportado anteriormente, o micromódulo permite um fácil acesso à(s) fibra(s) óptica(s) alojada(s) nele tanto na extremidade livre do micromódulo como em uma posição intermediária do micromódulo simplesmente rasgando e deslizando o elemento de retenção. Exercendo-se
5 uma pressão combinada moderada e tensão de tração com os dedos, de fato, um comprimento predeterminado de elemento de retenção pode ser facilmente removido de maneira a se ter acesso à(s) fibra(s) óptica(s) que ficaram descobertas.

Conseqüentemente, as propriedades mecânicas do material
10 polimérico que constitui o elemento de retenção indicam que, fora da função de contenção deste, um dos principais objetivos de prover micromódulos em cabos ópticos é o de agrupamento de diferentes feixes de fibras ópticas de maneira a permitir uma fácil identificação dos diferentes feixes. Tal identificação pode ser obtida, por exemplo, provendo-se micromódulos com
15 os respectivos elementos de retenção com diferentes cores.

O arranjo das fibras ópticas em micromódulos permite montar uma grande quantidade de fibras ópticas em um cabo óptico relativamente pequeno (por exemplo, um cabo com até 144 fibras ópticas pode ter um diâmetro externo menor ou igual a cerca de 13 mm ou menos; cabo com uma
20 menor quantidade de fibras pode ter um diâmetro correspondentemente menor), que torna os cabos incluindo micromódulos particularmente adequados para redes de distribuição urbana.

Na presente descrição e nas reivindicações seguintes, a expressão "bloqueado em relação à propagação de água" significa que a
25 propagação de água é impedida ou limitada tanto no micromódulo como no cabo óptico contendo o mesmo, no sentido de que tanto o micromódulo como o cabo óptico contendo o mesmo são aprovados no teste de acordo com o método F5B provido pelo Padrão Internacional IEC 60794-1-2: detalhes adicionais relativos ao teste referido são dados nos exemplos seguintes. A

propagação de água é basicamente destinada a espalhar-se ao longo da direção longitudinal do micromódulo, o que resulta no seu enchimento progressivo.

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA ANTERIOR

5 São conhecidos cabos ópticos para comunicação compreendendo pelo menos um micromódulo (normalmente uma pluralidade de micromódulos) bloqueados em relação à propagação de água. Por exemplo, a patente U.S. 5.671.312 revela cabos ópticos compreendendo micromódulos com bloqueio de água por meio de um óleo que tem uma
10 viscosidade compreendida entre 100 e 5.000 mPa.s, tal como, por exemplo, um óleo de silicone. Cada fibra óptica é provida com um óleo como esse por meio de um elemento aplicador, tal como uma almofada de feltro, associada com um elemento de alimentação de óleo e localizado à montante da cabeça de extrusão usada para extrusar o elemento de retenção em torno das fibras
15 ópticas.

O pedido de patente U.S. 2003/0168243 revela um cabo óptico para telecomunicação compreendendo micromódulos com bloqueio de água tanto por meio de silicone como de graxa sintética, óleo ou gel. As fibras ópticas são revestidas com tais compostos de enchimento antes de as fibras
120 ópticas passarem por uma matriz para extrusão de uma bainha de retenção fina que prende as fibras ópticas umas nas outras. O uso de pós de intumescimento e/ou filamentos de intumescimento é também previsto. A patente U.S. 5.751.880 revela uma unidade óptica para um cabo de telecomunicação de fibra óptica, a unidade compreendendo um tubo de
25 material plástico no qual pelo menos uma fibra óptica é recebida de forma solta, em que a espessura do dito tubo é menor ou igual a 0,5 mm, e em que o dito material tem um módulo de elasticidade menor que 1.500 MPa a 20 °C e uma curva tensão/alongamento sem um ponto de escoamento. O dito tubo poderia também conter um material que provê vedação na forma de um gel,

que não será descrito com detalhes.

Cabos ópticos são também conhecidos em que a(s) fibra(s) óptica(s) é(são) inserida(s) em um tubo, algumas vezes denominado "tubo de amortecimento", que normalmente tem uma espessura maior que cerca de 0,2 mm, tipicamente de cerca de 0,3 mm a cerca de 0,8 mm.

Por exemplo, o pedido de patente internacional WO 2004/034115 revela tubos de amortecimento, tubos de núcleo ou componentes de cabo de fibra óptica de núcleo fendado, que são feitos de uma mistura extrusável de polipropileno altamente cristalino e um polímero modificador de impacto. Conforme revelado no pedido de patente supramencionado, os ditos tubos de amortecimento, que são modelados com um diâmetro externo de 3,3 mm e uma espessura de parede de 0,76 mm, são tipicamente cheios com uma graxa a base de hidrocarbonetos de cabo óptico que incorporam óleos de hidrocarbonetos envolvendo as fibras e eliminando o espaço de ar. Diz-se que a graxa supramencionada (também referida como "gel") fornece uma barreira contra penetração de água, que é detrimental ao desempenho da transmissão óptica.

A patente U.S. 5.911.023 revela componentes de cabo óptico tais como tubos de amortecimento, hastes de carga ou camisas, feitas de uma poliolefina termoplástica, preferivelmente homopolímero de propileno e etileno, caracterizado por um alto índice de fluidez a quente. O uso do dito material com um alto índice de fluidez a quente resulta em uma melhoria substancial na cristalinidade do tubo de amortecimento e taxas de cristalização, melhor resistência ao esmagamento do tubo de amortecimento, menor contração pós-extrusão, melhor compatibilidade do gel e melhor controle do comprimento de excesso de fibra. Diz-se que gel no tubo de amortecimento é um gel de bloqueio de água tixotrópico, tais como géis minerais ou géis de petróleo.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Os cabos ópticos revelados pela técnica anterior reportada, entretanto, apresentam alguns inconvenientes.

Na verdade, nos cabos ópticos da técnica anterior compreendendo micromódulos com bloqueio de água, por exemplo, por meio de óleo, a ação de bloqueio de água exercida pelo óleo é insatisfatória, em virtude de ser incompleta e ineficaz com o tempo, particularmente pelos motivos seguintes. O óleo vaza dos micromódulos quando os micromódulos são sujeitos a uma coluna de água ou por causa de um efeito de migração do óleo pelo elemento de retenção depois de um longo período de armazenamento. O requerente observou que, mesmo usando óleo com uma alta viscosidade (maior que 5.000 mPa.s), tal vazamento não pode ser evitado, mas somente postergado.

Além disso, também um aumento na temperatura ambiente, que pode corresponder a uma diminuição da viscosidade do óleo, pode causar um vazamento do óleo dos micromódulos. Isto é particularmente indesejável tanto durante a vida em serviço do cabo como durante um possível período de armazenamento prolongado dos micromódulos ou do cabo que incorpora os mesmos, que pode ser previamente enrolado em uma bobina.

Conforme revelado anteriormente, no pedido de patente U.S. 2003/0168243 e na patente U.S. 5.751.880, os interespaços localizados entre as fibras ópticas dentro dos micromódulos são cheios por meio de um gel.

Entretanto, o requerente observou que não foi feita nenhuma indicação em tais referências a respeito de propriedades químicas, físicas ou reológicas do gel usado, a respeito do grau de volume de micromódulo cheio pelo gel, bem como a respeito da eficácia de um gel como esse para impedir propagação de água ao longo do micromódulo.

De acordo com a presente invenção, o requerente percebeu que, a fim de impedir ou limitar a propagação de água através do micromódulo usando um composto de enchimento, o dito composto de

enchimento precisa ter uma combinação de propriedades específicas com valores selecionados.

Em particular, o requerente observou que um composto de enchimento adequado para uso dentro de um micromódulo deve ser tixotrópico, de maneira a permitir um movimento radial da(s) fibra(s) óptica(s) no micromódulo sem diminuir a ação de bloqueio de água do composto de enchimento.

Um composto de enchimento tixotrópico, de fato, tem uma viscosidade aparente que diminui quando sujeito a uma tensão de cisalhamento ou taxa de cisalhamento constante, e que recupera gradualmente para o valor original, quando a tensão de cisalhamento ou taxa de cisalhamento é removida. Tal comportamento tixotrópico depende do tempo. Detalhes adicionais a respeito do dito comportamento tixotrópico podem ser encontrados, por exemplo, em "An Introduction to Rheology" (1st Ed. – 1989), por H. A. Barnes, J. F. Hutton e K. Walters, pp. 24-25.

De acordo com a dita definição, um composto de enchimento tixotrópico aplicado nos espaços entre e ao redor da(s) fibra(s) óptica(s) alojada(s) em um elemento de retenção é fissurado somente localmente de forma temporária pelo(s) movimento(s) da(s) fibra(s) óptica(s) quando, em resposta a uma deformação do cabo, a(s) fibra(s) óptica(s) tem/têm que encontrar uma nova posição de equilíbrio. Depois de ter encontrado a nova posição de equilíbrio, o composto de enchimento, graças ao seu comportamento tixotrópico, recupera sua própria integridade e preenche novamente todos os espaços dentro do elemento de retenção do micromódulo.

Além disso, o requerente percebeu que um composto de enchimento para uso dentro de um micromódulo a fim de impedir ou limitar devidamente a propagação de água através do mesmo, além do comportamento tixotrópico supramencionado, deve ter uma viscosidade

específica. De fato, a dita viscosidade deve ser devidamente selecionada a fim de impedir ou limitar a propagação de água pelo micromódulo, de maneira a evitar qualquer fenômeno de gotejamento na temperatura operacional do cabo (normalmente compreendida entre cerca de -50 °C e cerca de 70 °C), bem
5 como manter a capacidade de transmissão das fibras ópticas, mesmo a baixa temperatura.

Além do mais, o requerente observou também que o composto de enchimento deve ser selecionado levando-se em conta sua compatibilidade com o material polimérico do elemento de retenção. De fato, o requerente
10 percebeu que, dependendo do material particular, tipicamente de natureza polimérica, do dito elemento de retenção, e particularmente quando a espessura do mesmo é pequena, o uso dos compostos de enchimento em cabos ópticos de tubos de amortecimento soltos, em particular para encher os tubos de amortecimento, pode não dar os resultados esperados. Em particular,
15 o requerente observou que pode ocorrer uma notável redução nas propriedades mecânicas (em particular, resistência à tração máxima e alongamento na ruptura) do dito elemento de retenção.

O requerente, portanto, percebeu a necessidade de prover um micromódulo em que a propagação de água pelo micromódulo é impedida ou
20 limitada de uma maneira efetiva, que não é sujeito ao fenômeno de gotejamento na faixa de temperatura operacional do cabo (por exemplo, em torno de 70 °C), e que mantém uma capacidade de transmissão, mesmo a baixa temperatura (por exemplo, em torno de -45 °C). Além do mais, o requerente percebeu a necessidade de impedir a redução das propriedades
25 mecânicas do material polimérico do elemento de retenção causada pela interação do composto de enchimento e o material polimérico do elemento de retenção.

O requerente observou que é possível satisfazer tais diferentes exigências usando um composto de enchimento que tem propriedades

reológicas predeterminadas, a saber, um composto de enchimento tixotrópico que tem uma viscosidade maior que um valor predeterminado a 20 °C, e um módulo de perda G'' menor que um valor predeterminado a uma temperatura baixa selecionada (por exemplo, -45 °C).

5 Com relação à propriedade de bloqueio de água, em particular, o requerente observou que existe uma forte correlação entre a viscosidade com zero cisalhamento do composto de enchimento na temperatura operacional do micromódulo do cabo (a temperatura ambiente, por exemplo, 20 °C, sendo uma temperatura representativa da vida em serviço do cabo) e a
10 capacidade de o dito composto de enchimento impedir ou limitar a propagação de água através o micromódulo cheio com o dito composto de enchimento.

Com relação à capacidade de transmissão, o requerente observou que existe uma correlação direta entre o módulo de perda G'' do
15 composto de enchimento a uma temperatura baixa selecionada (por exemplo, a -45 °C) e as propriedades ópticas do micromódulo.

Em um primeiro aspecto, a presente invenção portanto diz respeito a um cabo óptico para comunicação que compreende pelo menos um micromódulo bloqueado em relação à propagação de água, em que o dito
20 micromódulo compreende:

- pelo menos uma fibra óptica;
- um elemento de retenção para alojar a dita pelo menos uma fibra óptica; e
- um composto de enchimento tixotrópico arranjado dentro do
25 dito elemento de retenção, o dito composto de enchimento tendo uma viscosidade maior ou igual a 700 Pa.s a taxa de cisalhamento zero e a uma primeira temperatura de 20 °C e um módulo de perda G'' menor ou igual a 3.000 MPa a uma segunda temperatura de -45 °C e a uma frequência de 1 Hz, o dito composto de enchimento tixotrópico sendo compatível com o dito

elemento de retenção.

Com o propósito da presente descrição e das reivindicações seguintes, exceto onde de outra forma indicado, todos os números que expressam teores, quantidades, porcentagens e assim por diante devem ser entendidos como modificados em todos os casos pelo termo "cerca de". Também, todas as faixas incluem qualquer combinação dos pontos máximo e mínimo revelados e incluem qualquer faixa intermediária, que pode ou não ser especificamente enumerada aqui.

Na presente descrição e nas reivindicações seguintes, a expressão "compatível com o dito elemento de retenção" significa que o composto de enchimento não causa nenhum intumescimento significativo do elemento de retenção capaz de deteriorar suas propriedades mecânicas, no sentido de que o micromódulo é aprovado no teste de acordo com a Norma CM37, item 6.2, da France Telecom: detalhes adicionais relativos ao teste referido serão dados nos exemplos seguintes.

Em particular, um valor de viscosidade maior ou igual a 700 Pa.s a taxa de cisalhamento zero e a 20 °C vantajosamente permite tanto conseguir uma propriedade de barreira efetiva com relação à propagação de água no(s) micromódulo(s) como evitar o fenômeno de vazamento indesejado do composto de enchimento do(s) micromódulo(s) durante a vida em serviço e os possíveis períodos de armazenamento do(s) micromódulo(s) (e do cabo correspondente). Preferivelmente, a viscosidade do composto de enchimento fica compreendida entre 800 e 40.000 Pa.s, mais preferivelmente entre 850 e 20.000 Pa.s a taxa de cisalhamento zero e a 20 °C.

Preferivelmente, o composto de enchimento tem um módulo de perda G'' compreendido entre 300 MPa e 3.000 MPa e, mais preferivelmente, entre 500 MPa e 2.500 MPa, a uma temperatura de -45 °C e a uma frequência de 1 Hz.

Preferivelmente, o composto de enchimento preenche pelo

menos 85 % do volume definido dentro do elemento de retenção e a(s) fibra(s) óptica(s). Vantajosamente, desta maneira a propagação de água pelo micromódulo é completamente impedida ou pelo menos efetivamente limitada.

- 5 Mais preferivelmente, o composto de enchimento preenche pelo menos 90 % do volume definido no elemento de retenção e na(s) fibra(s) óptica(s).

Preferivelmente, o composto de enchimento compreende um material hidrofóbico estruturado tal como, por exemplo, um gel obtido de
10 pelo menos um líquido e de pelo menos um agente espessante.

O líquido é preferivelmente selecionado de óleos de silicone, preferivelmente óleos de polidimetilsiloxano; óleos fluorados, preferivelmente óleos perfluoropoliéter, ou suas misturas.

- O agente espessante é preferivelmente selecionado do grupo
15 que compreende sílica, bentonita, politetrafluoretileno ou suas misturas.

Alternativamente, o agente espessante pode incluir um polímero, preferivelmente, um polímero elastomérico, mais preferivelmente um copolímero bloco, tal como, por exemplo, estireno-etileno-propileno (SEP), estireno-etileno-butileno (SEB), estireno-etileno-butileno-estireno
20 (SEBS) ou suas misturas. Exemplos de polímeros adequados ao propósito podem ser encontrados na patente U.S. 6.278.824, U.S. 6.160.939, U.S. 4.7989.853 e no pedido de patente WO 93/05113. Combinações de um agente espessante inorgânico e orgânico podem também ser consideradas, tal como, por exemplo, uma mistura de sílica e um polímero, preferivelmente um
25 copolímero elastomérico do tipo supramencionado.

Tais compostos de enchimento preferidos preferivelmente são quimicamente compatíveis com os materiais normalmente empregados para formar a camada de revestimento protetora convencionalmente aplicada nas fibras ópticas (por exemplo, revestimentos de acrilato curáveis por UV). Além

do mais, os ditos compostos de enchimento preferidos preferivelmente são quimicamente compatíveis com o material polimérico empregado para formar o elemento de retenção dos micromódulos, tal como, por exemplo, uma composição polimérica termoplástica baseada em polímeros de olefina. Tais composições são preferivelmente do tipo LSOH (Zero Alogênio de baixa Fumaça) , isto é, livre de halogênio e com uma baixa emissão de fumaça) e são preferivelmente baseadas em copolímeros de etileno, opcionalmente incluindo cargas minerais descritas com mais detalhes a seguir.

Preferivelmente, o líquido supramencionado destinado a formar o gel pela adição de um agente espessante é um óleo de silicone. Preferivelmente, o dito óleo de silicone tem uma viscosidade compreendida entre 100 e 13.000 mPa.s a 20 °C, mais preferivelmente entre 1.000 e 6.000 mPa.s a 20 °C.

Preferivelmente, o agente espessante compreende sílica defumada, mais preferivelmente uma mistura de sílica defumada e de uma sílica pelo menos parcialmente silanizada. Vantajosamente, a silanização parcial dos grupos hidroxila torna a sílica hidrofóbica, que permite obter uma maior resistência à umidade.

Preferivelmente, a razão em peso da sílica não silanizada para a sílica silanizada fica compreendida entre 0,5 e 5, mais preferivelmente entre 0,65 e 4,30, de maneira a não afetar negativamente o efeito tixotrópico garantido pela sílica não silanizada.

Preferivelmente, a razão em peso do líquido e do agente espessante fica compreendida entre 20/1 e 6/1, mais preferivelmente entre 20/1 e 10/1.

Preferivelmente, o elemento de retenção tem uma espessura que fica compreendida entre 0,05 e 0,2 mm, mais preferivelmente entre 0,1 e 0,2 mm.

Preferivelmente, a composição polimérica termoplástica

destinada a formar o elemento de retenção compreende:

- (a) pelo menos um primeiro polímero de olefina; e
- (b) pelo menos uma carga inorgânica.

Mais preferivelmente, a dita composição polimérica termoplástica compreende adicionalmente (c) pelo menos um segundo polímero de olefina selecionado de:

(c₁) terpolímeros de pelo menos uma α -olefina, pelo menos um éster de ácido acrílico, e pelo menos um reagente de ácido dicarboxílico α,β -olefinicamente insaturado ou seus derivados, tais como, por exemplo, anidretos, sais de metais, imidas, ésteres, ou pelo menos um acrilato de glicidila;

(c₂) terpolímeros de etileno, pelo menos um anidreto de ácido dicarboxílico α,β -olefinicamente insaturado, e pelo menos um éster de vinila de um ácido carboxílico saturado;

(c₃) polímeros de olefina enxertados com pelo menos um monômero etilenicamente insaturado.

Preferivelmente, a dita composição polimérica termoplástica tem um módulo elástico menor ou igual a 500 MPa, mais preferivelmente compreendido entre 50 e 500 MPa, ainda mais preferivelmente entre 150 e 400 MPa, a uma temperatura de 20 °C.

Preferivelmente, a dita composição polimérica termoplástica tem uma resistência à tração máxima menor ou igual a 12 MPa, mais preferivelmente compreendido entre 5 e 10 MPa.

Preferivelmente, a dita composição polimérica termoplástica tem um alongamento na ruptura menor ou igual a 100 %, mais preferivelmente compreendida entre 30 e 80 %.

Preferivelmente, o dito primeiro polímero de olefina (a) pode ser selecionado de polímeros de α -olefina incluindo homopolímeros, copolímeros, terpolímeros ou suas misturas, contendo uma ou mais unidades

monoméricas. Polímeros de α -olefinas contendo de 2 a 20 átomos de carbono, preferivelmente de 2 a 8 átomos de carbono, são preferidos.

Exemplos específicos das ditas α -olefinas são: etileno, propileno, 1-buteno, 1-penteno, 4-metil-1-penteno, 1-octeno, 1-deceno, 4-etil-
5 1-hexeno ou suas misturas.

De acordo com uma modalidade preferida adicional, o primeiro polímero de olefina (a) pode ser selecionado, por exemplo, de: polietileno de baixa densidade (LDPE), polietileno linear de baixa densidade (LLDPE), polietileno de ultra-baixa densidade (ULDPE), polipropileno
10 atático; poli-1-buteno de alta e baixa densidade, poli-4-metil-1-penteno, polietileno de ultra-baixo peso molecular, ionômeros a base de etileno, poli-4-metil-1-penteno, copolímeros de etileno propileno, copolímeros de etileno-propileno-dieno (EPDM), copolímero de etileno e/ou propileno com outros monômeros copolimerizáveis, tais como, por exemplo, copolímero de
15 etileno-1-butileno, copolímero de acetato de vinila etileno (EVA), copolímero de acrilato de metila etileno, copolímero de acrilato de butila etileno (EBA), copolímero de acetato de etila etileno, copolímero de propileno-4-metila-1-penteno, copolímero de álcool etileno-vinílico, elastômeros de etileno acrílico tais como terpolímeros de etileno - acrilato de metila - ácido acrílico, ou suas
20 misturas. Olefinas halogenadas, polímeros e copolímeros, podem também ser usados. Copolímeros de acrilato de etileno butílico, copolímero de acetato de etileno vinílico ou suas misturas são preferidos.

Exemplos do primeiro polímero de olefina (a) que podem ser usados e que são comercialmente disponíveis são os produtos conhecidos pelo
25 nome de Lotryl® da Atofina, ou Flexirene® da Polimeri Europa.

Alternativamente, o dito primeiro polímero de olefina (a) pode ser selecionado de copolímeros de etileno com pelo menos uma α -olefina alifática selecionado, por exemplo, de propileno, 1-buteno, isobutileno, 1-penteno, 4-metil-1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno, 1-dodeceno ou suas misturas,

e opcionalmente um polieno, preferivelmente um dieno.

O copolímero de etileno citado com pelo menos uma olefina α alifática em geral tem a seguinte composição: 50 % em mol- 98 % em mol, preferivelmente 60 % em mol -93 % em mol de etileno; 2 % em mol – 50 %
5 em mol, preferivelmente 7 % em mol – 40 % em mol de uma α -olefina alifática, 0 % em mol – 5 % em mol, preferivelmente 0 % em mol – 2 % em mol de polieno.

Exemplos de copolímeros de etileno com pelo menos uma α -olefina alifática que pode ser usada na presente invenção e que são hoje em
10 dia comercialmente disponíveis são os produtos Engage® da DuPont-Dow Elastomers, ou Exact® da Exxon Chemical.

Preferivelmente, a carga inorgânica supramencionada (b) destina-se a controlar parâmetros físicos, tais como propriedades mecânicas e retardamento de chama, do elemento de retenção, bem como obter um
15 elemento de retenção facilmente removível. Com este propósito, a carga inorgânica (b) pode ser selecionada, por exemplo, de: hidróxidos, óxidos hidratados, sais ou sais de metais hidratados, em particular cálcio, magnésio, alumínio ou suas misturas. A dita carga inorgânica (b) pode ser usada também em mistura com outras cargas inorgânicas, tais como silicatos.

20 De acordo com uma modalidade preferida adicional, a carga inorgânica (b) pode ser selecionada, por exemplo, de: hidróxido de magnésio (incluindo hidróxido de magnésio natural, por exemplo, de mineral brucita moída), hidróxido de alumínio, óxido de alumínio (incluindo caolin, isto é, um silicato de alumínio hidratado), alumina triidratada, carbonato de
25 magnésio hidratado, carbonato, carbonato de magnésio e cálcio hidratado, carbonato de magnésio e cálcio ou suas misturas. Hidróxido de magnésio, hidróxido de alumínio, alumina triidratada ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) ou suas misturas são particularmente preferidos. Quantidades secundárias, em geral menores que 25 % em peso, de um ou mais óxidos ou sais inorgânicos tais como CoO ,

TiO₂, Sb₂O₃, ZnO, Fe₂O₃, CaCO₃ ou suas misturas podem ser vantajosamente adicionados. Os hidróxidos de metal supramencionados, em particular hidróxidos de magnésio e alumínio, são preferivelmente usados na forma de partículas com tamanhos que podem variar de 0,1 μ m a 20 μ m, preferivelmente de 0,5 μ m a 10 μ m.

A carga inorgânica (b) pode ser vantajosamente usada na forma de partículas revestidas. Materiais de revestimento preferidos são ácidos graxos saturados ou insaturados contendo de 8 a 24 átomos de carbono, ou seus sais de metal, tais como, por exemplo, ácido oléico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido isoesteárico, ácido láurico; estearato ou oleato de magnésio ou zinco; ou suas misturas.

A carga inorgânica (b) é preferivelmente presente na composição polimérica termoplástica em uma quantidade de 40 partes em peso a 200 partes em peso, preferivelmente de 75 partes em peso a 150 partes em peso, em relação a 100 partes em peso do primeiro polímero de olefina (a).

Exemplos de cargas inorgânicas (b) que podem ser usadas e que são comercialmente disponíveis são os produtos conhecidos pelo nome de Hydrofy® da Sima, ou Atomfor® da Omya.

Deve-se notar que a adição da carga inorgânica (b), particularmente em quantidades iguais ou maiores que 100 partes em peso em relação a 100 partes em peso do primeiro polímero de olefina (a) pode também conferir propriedades retardantes de chama vantajosas à composição polimérica termoplástica.

Preferivelmente, os terpolímeros (c₁) podem compreender de 50 % em peso a 99 % em peso de pelo menos uma α -olefina, de 0,5 % em peso a 40 % em peso de pelo menos um éster de ácido acrílico, e de 0,3 % em peso a 10 % em peso de pelo menos um reagente de ácido dicarboxílico ou seus derivados, ou de pelo menos um acrilato de glicidila.

A α -olefina que pode ser vantajosamente usada na preparação dos terpolímeros (c_1) pode ser selecionada, por exemplo, de α -olefinas contendo de 2 a 20 átomos de carbono, preferivelmente de 2 a 8 átomos de carbono. Etileno, propileno ou mistura de etileno e propileno são preferidas.

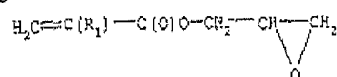
- 5 Os ésteres de ácido acrílico que podem ser vantajosamente usados na preparação dos terpolímeros (c_1) podem ser selecionados, por exemplo, de compostos que têm a seguinte fórmula:



- em que R representa hidrogênio, ou um grupo alquila inferior
10 contendo de 1 a 4 átomos de carbono, tais como metila ou etila, e R' representa um grupo alquila inferior que tem de 1 a 6 átomos de carbono.

- Exemplos específicos dos ésteres de ácido acrílico são: acrilato de metila, acrilato de etila, acrilato de butila, metacrilato de metila, metacrilato de etila, etacrilato de etila ou suas misturas. O reagente de ácido
15 dicarboxílico α,β -olefinicamente insaturado ou seus derivados que podem ser vantajosamente usados na preparação do primeiro terpolímero podem ser selecionados, por exemplo, de: ácido maleico, anidrido maleico, ácido fumárico, ácido mesacônico, ácido itacônico, ácido citracônico, anidrido itacônico, anidrido citracônico, maleato de monometila, maleato de
20 monossódio ou suas misturas. Anidrido maleico é preferido.

Acrilato de glicidila que pode ser vantajosamente usado na preparação dos terpolímeros (c_1) podem ser selecionados, por exemplo, de compostos que têm a seguinte fórmula:



- 25 em que R_1 é hidrogênio ou um grupo alquila inferior contendo de 1 a 6 átomos de carbono.

Preferivelmente, R_1 é hidrogênio, metila ou etila.

Exemplos específicos de acrilatos de glicidila são: acrilato de glicidila, metacrilato de glicidila, etacrilato de glicidila ou suas misturas.

De acordo com uma modalidade preferida, os terpolímeros (c_1) podem ser selecionados, por exemplo, de: etileno – acrilato de metila – anidrido maleico, etileno – acrilato de etila – anidrido maleico, etileno – acrilato de butila – anidrido maleico, propileno – acrilato de metila – anidrido maleico, propileno – acrilato de etila – anidrido maleico, etileno – acrilato de metila – metacrilato de glicidila, etileno – acrilato de metila – acrilato de glicidila, ou suas misturas.

Os terpolímeros (c_1) que podem ser usados podem ser preparados por técnicas conhecidas, tais como, por exemplo, por meio de um processo de polimerização de radical livre de alta pressão. Uma descrição mais detalhada dos ditos processos pode ser encontrada, por exemplo, nas patentes U.S. 4.644.044 e U.S. 4.617.36 ou no pedido de patente GB 2.091.745.

Exemplos de terpolímeros (c_1) que podem ser usados e que são comercialmente disponíveis são os produtos conhecidos pelo nome de Lotader® MAH, ou Lotader® GMA da Atofina. Os anidridos do ácido dicarboxílico α,β -oleofinicamente insaturados que podem ser vantajosamente usados na preparação do terpolímero (c_2) podem ser selecionados de: anidrido citracônico, anidrido itacônico, anidrido tetraidofáltico, anidrido maleico ou suas misturas. Anidrido maleico é preferido.

Éster de vinila de um ácido carboxílico saturado que pode ser vantajosamente usado na preparação dos terpolímeros (c_2) pode ser selecionado, por exemplo, de éster de vinila de um ácido carboxílico saturado contendo de 2 a 6 átomos de carbono. Acetato de vinila é preferido.

O terpolímero (c_2) é preferivelmente etileno – acetato de vinila – anidrido maleico.

Exemplos de terpolímero (c_2) que podem ser usados de acordo com a presente invenção e que encontram-se comercialmente disponíveis são os produtos conhecidos pelo nome de Oreva® 9305 ou Orevac® 9307 da

Atofina.

Com relação aos polímeros de olefina (C_3), que são enxertados com pelo menos um monômero etilenicamente insaturado, os polímeros de olefina podem ser selecionados, por exemplo, de: homopolímeros de etileno; 5 homopolímeros de propileno; copolímeros de etileno e propileno, especialmente copolímeros de propileno com quantidades secundárias de etileno como em copolímero de impacto e aleatório de propileno; terpolímeros de etileno, propileno e dienos (por exemplo, o assim chamado EPDM); copolímeros de etileno com pelo menos uma α -olefina de 10 hidrocarboneto C_3 - C_{10} ; copolímeros de etileno e acetato de vinila, acrilato de alquila ou metacrilato de alquila.

Exemplos específicos de α -olefina de hidrocarboneto C_3 - C_{10} são: buteno-1, hexeno-1, octeno-1 ou suas misturas.

Exemplos específicos dos grupos alquila dos acrilatos ou 15 metacrilatos são: metila, etila, propila, butila ou suas misturas.

Os copolímeros de etileno podem incluir tanto polietileno linear de baixa densidade (LLDPE) como polietileno de densidade muito baixa (VLDPE).

O monômero etilenicamente insaturado pode ser selecionado, 20 por exemplo, de ácidos carboxílicos etilenicamente insaturados ou seus derivados, anidridos do ácido carboxílico etilenicamente insaturado ou suas misturas.

Exemplos específicos de ácidos carboxílicos, que podem ser selecionados de ácidos mono, di ou poli-carboxílicos são: ácido acrílico, ácido 25 metacrílico, ácido maleico, ácido fumárico, ácido itacônico, ácido crotônico ou suas misturas.

Exemplos específicos de anidridos são: anidrido itacônico, anidrido maleico, anidrido maleico substituído (por exemplo, anidrido maleico de dimetila), anidrido de metila náutico, anidrido tetraidroftálico ou

suas misturas. Anidrido maleico é preferido.

Exemplos específicos de derivados de ácido carboxílico insaturado são: sais, amidas, imidas ou ésteres, tais como, por exemplo, maleato de mono e di-sódio, acrilamida, maleimida, metacrilato de glicidila, fumarato de dimetila ou suas misturas.

Técnicas para enxerto de tais monômeros em polímeros de olefina são conhecidas na técnica e estão descritas, por exemplo, na patente U.S. 4.612.155, ou no pedido de patente europeu EP-A-0 398 604.

Exemplos de polímeros de olefina (c_3) enxertados com pelo menos um monômero etilenicamente insaturado que podem ser usados de acordo com a presente invenção e que encontram-se comercialmente disponíveis são os produtos conhecidos pelo nome de Fusabond® da DuPont, ou Orevac® G da Atofina.

Preferivelmente, o segundo polímero de olefina (c) está presente na composição polimérica termoplástica em uma quantidade de 3 partes em peso a 10 partes em peso, mais preferivelmente de 5 partes em peso a 8 partes em peso em relação a 100 partes em peso do primeiro polímero de olefina (a).

A composição polimérica termoplástica destinada a formar o elemento de retenção pode vantajosamente compreender aditivos antioxidantes, preferivelmente selecionados entre trimetildiidroquenolina polimerizada, 4,4'-tiobis(3 metil-6 t-butil)fenol; pentaeritritil-tetraquis[3-(3,5-di-t-butil-4-hidroxifenil)propionato], 2,2'-tiodietileno-bis[3-(3,5-di-t-butila-4-hidroxifenil)propionato] ou suas misturas.

Outros aditivos convencionais, tais como coadjuvantes de processamento, lubrificantes, pigmentos, agentes de deslizamento, antioxidantes e outras cargas podem vantajosamente ser adicionados na composição polimérica termoplástica.

Coadjuvantes de processamento normalmente adicionados à

composição polimérica termoplástica são, por exemplo, estearato de cálcio, estearato de zinco, ácido esteárico, cera de parafina, borrachas de silicone ou suas misturas.

De acordo com uma modalidade preferida, o cabo óptico da
5 invenção compreende pelo menos um micromódulo que inclui um feixe de fibras ópticas.

De acordo com uma modalidade preferida adicional, particularmente adequado para cabos com capacidade de transmissão média-alta, o cabo óptico da invenção compreende uma pluralidade de
10 micromódulos e pelo menos uma bainha externa arranjada em uma posição radialmente externa em relação à dita pluralidade de micromódulo.

No caso de o cabo óptico compreender uma pluralidade de micromódulos e pelo menos uma bainha externa arranjada em uma posição radialmente externa em relação ao mesmo, o cabo óptico preferivelmente
15 compreende adicionalmente pelo menos um elemento de reforço embutido longitudinalmente na dita bainha externa, mais preferivelmente embutido tangencialmente no diâmetro interno da bainha externa.

De acordo com uma modalidade preferida adicional, particularmente adequado para cabos com capacidade de transmissão alta-
20 muito alta, o cabo óptico da invenção compreende adicionalmente uma pluralidade de tubos. Cada um dos ditos tubos fica arranjado em uma posição radialmente externa em relação a uma pluralidade dos ditos micromódulos e em uma posição radialmente interna em relação à dita pelo menos uma bainha externa.

25 No caso de o cabo óptico compreender uma pluralidade de micromódulos assim arranjada, o cabo óptico preferivelmente compreende adicionalmente um elemento de reforço central que estende-se longitudinalmente em uma posição radialmente interna central em relação à dita bainha, a dita pluralidade de tubos sendo trançada em torno do dito

elemento de reforço central.

De acordo com um aspecto adicional, a presente invenção também fornece um micromódulo bloqueado em relação à propagação de água, que compreende:

- 5 - pelo menos uma fibra óptica;
- um elemento de retenção para alojar a dita pelo menos uma fibra óptica; e
- um composto de enchimento tixotrópico arranjado dentro do dito elemento de retenção, o dito composto de enchimento tendo uma
- 10 viscosidade maior ou igual a 700 Pa.s a taxa de cisalhamento zero e a uma primeira temperatura de 20 °C, um módulo de perda G" menor ou igual a 3.000 MPa a uma segunda temperatura de -45 °C e a uma frequência de 1 Hz, o dito composto de enchimento tixotrópico sendo compatível com o dito elemento de retenção.

- 15 Modalidades preferidas do micromódulo da invenção são definidas pelas reivindicações dependentes 31 e 32. Tais modalidades preferidas do micromódulo da invenção correspondem às modalidades preferidas do cabo óptico da invenção compreendendo pelo menos um micromódulo já discutido anteriormente.

20 DESCRIÇÃO RESUMIDA DAS FIGURAS

- Recursos e vantagens adicionais da invenção ficarão mais facilmente aparentes a partir da descrição de algumas modalidades preferidas com referência aos desenhos anexos, em que, com propósitos ilustrativos, e não limitantes, são representadas modalidades preferidas de um micromódulo,
- 25 bem como de cabos ópticos, incluindo uma pluralidade de tais micromódulos.

Nos desenhos:

A figura 1 é uma vista seccional transversal de um micromódulo bloqueado em relação à propagação de água de um cabo óptico para comunicação de acordo com a invenção;

A figura 2 é uma vista seccional transversal de um primeiro tipo de um cabo óptico para comunicação que compreende uma pluralidade de micromódulos da figura 1;

5 A figura 3 é uma vista seccional transversal de um segundo tipo de cabo óptico para comunicação que compreende uma pluralidade de micromódulos da figura 1.

DESCRIÇÃO DETALHADA DE MODALIDADES PREFERIDAS

Com referência à figura 1, um micromódulo bloqueado em relação à propagação de água destinado a ser empregado para fabricar um
10 cabo óptico para comunicação de acordo com a invenção está indicado no geral por 1.

O micromódulo 1 compreende uma pluralidade de fibras ópticas 2, por exemplo, um feixe de fibras ópticas, e um elemento de retenção 3 para conter as fibras ópticas 2, cujo elemento de retenção 3 fica arranjado
15 em uma posição radialmente externa em relação à pluralidade de fibras ópticas 2. De acordo com a modalidade preferida mostrada na figura 1, o elemento de retenção 3 do micromódulo 1 é feito de uma composição polimérica termoplástica que tem um módulo elástico inferior a 500 MPa a 20 °C, uma resistência à tração máxima compreendido entre 5 e 10 MPa, e um
20 alongamento na ruptura compreendido entre 30 e 80 %.

O elemento de retenção 3 tem uma espessura que é preferivelmente compreendida entre 0,05 e 0,2 mm, mais preferivelmente entre 0,1 e 0,2 mm. No caso de um micromódulo contendo 12 fibras ópticas, tal como mostrado na figura 1, o micromódulo 1 tem um tamanho geral que
25 tem uma dimensão transversal máxima compreendida entre 1,25 mm e 1,45 mm.

O micromódulo 1 compreende adicionalmente um composto de enchimento tixotrópico 4. De acordo com a invenção, o composto de enchimento 4 tem uma viscosidade maior que 700 Pa.s a taxa de cisalhamento

zero e a uma primeira temperatura de 20 °C. Tal valor de viscosidade a taxa de cisalhamento zero corresponde ao valor do primeiro parâmetro C_1 do modelo de Ellis, que será discutido com mais detalhes a seguir. O composto de enchimento 4 tem um módulo de perda G'' menor que 3.000 MPa a uma
5 segunda temperatura de -45 °C e a uma frequência de 1 Hz.

O composto de enchimento 4 compreende, por exemplo, um óleo de silicone que tem preferivelmente uma viscosidade de 5.000 mPa.s e sílica preferivelmente compreendendo uma combinação de sílica defumada (por exemplo, CAB-O-SIL® H-5, disponível pela Cabot Corporation, Boston,
10 Massachusetts) e de sílica defumada hidrofóbica tratada com dimetildiclorossilano (por exemplo, CAB-O-SIL® TS-610). A sílica não tratada tem preferivelmente uma área superficial B.E.T. de 300 m²/g e a sílica tratada tem preferivelmente uma área superficial B.E.T. de 120 m²/g.

Preferivelmente, a razão em peso entre o óleo de silicone e a
15 sílica fica compreendida entre 20/1 e 6/1, mais preferivelmente entre 20/1 e 10/1.

Em particular, a viscosidade do composto de enchimento 4 assim formado é de 900 Pa.s a taxa de cisalhamento zero e a 20 °C e tem um módulo de perda G'' de 1.500 MPa medido a uma temperatura de -45 °C e a
20 uma frequência de 1 Hz.

Em particular, de acordo com a modalidade preferida mostrada na figura 1, a pluralidade de fibras ópticas 2 é alojada no elemento de retenção 3 de uma maneira solta. Mais particularmente, o diâmetro interno do elemento de retenção 3 é 1,50-21 % maior que o diâmetro do menor círculo
25 que envelopa as fibras ópticas 2 nele definidas.

Entre o diâmetro interno do elemento de retenção 3 e o tamanho transversal máximo do feixe de fibras ópticas 2, é definido um interespaço com uma espessura média de 0,1, interespaço este que é convenientemente bloqueio para água pelo composto de enchimento 4. A fim

de preencher todos os interespaços entre as fibras ópticas 2 e em torno delas alojados no elemento de retenção 3, as fibras ópticas 2 são preferivelmente revestidas com o composto de enchimento 4 antes de elas passarem através de uma matriz para extrusão do elemento de retenção 3.

5 Com referência às figuras 2 e 3, são revelados um cabo óptico solto, em particular um cabo 5 de um primeiro tipo, conhecido na técnica com o termo de Micromódulos em Tubo Solto Central (M-CLT) e, respectivamente, um cabo óptico solto 105 de um segundo tipo, conhecido na técnica com o termo de Micromódulo em Tubos Soltos Trançados (M-SLT).

10 Com referência à figura 2, o cabo óptico 5 compreende, a começar da posição radialmente mais interna em direção à posição radialmente mais externa, uma pluralidade de micromódulos 1 trançada de acordo com uma hélice do tipo "SZ", um tubo protetor 6, uma fita 7, uma bainha externa 8 na qual dois elementos longitudinais de reforço opostos 9 e
15 dois cordões de puxar para abrir opostos 10 para cortar a bainha arranjados tangencialmente ao diâmetro interno da bainha externa 8 são embutidos. Opcionalmente, entre o tubo 6 e a bainha externa 8 uma armação de reforço têxtil pode ficar arranjada, tal como, por exemplo, uma blindagem feita de fibras de aramida ou de fibras de vidro. Os micromódulos 1 trançados de
20 acordo com um padrão de hélice do tipo "SZ" são arranjados em torno do eixo longitudinal do cabo 5 em partes de trançagem que têm uma primeira direção de trançagem (forma de S) que são alternadas com as partes de trançagem que têm uma segunda direção de trançagem oposta (forma de Z).

Com referência à figura 3, o cabo óptico 105 compreende uma
25 bainha externa 15 e uma pluralidade de tubos 12 arranjada em uma posição radialmente externa em relação a uma pluralidade dos micromódulos supramencionados 1 e em uma posição radialmente interna em relação à bainha externa 15. Portanto, de acordo com o exemplo ilustrativo mostrado na figura 3, o cabo 105 compreende, a começar da posição radialmente mais

interna em direção à posição radialmente mais externa, um elemento de reforço central 11, seis tubos 12 trançados em torno do elemento de reforço central 11, cada tubo 12 alojando quatro micromódulos 1 trançados de acordo com uma hélice do tipo "SZ", uma fita 13, uma blindagem de reforço têxtil 14, e uma bainha externa 15 na qual dois cordões de puxar para abrir opostos 16 para cortar a bainha 15 arranjados tangencialmente ao diâmetro interno da bainha externa 15 são embutidos.

O valor da viscosidade do composto de enchimento a taxa de cisalhamento zero e o módulo de perda G'' foram determinados da maneira revelada a seguir.

O valor da viscosidade do composto de enchimento a taxa de cisalhamento zero foi convenientemente determinado por meio da equação de Ellis que é expressa pela seguinte fórmula:

$$\eta = C_1 / (1 + \gamma / C_2)^{C_3 - 1}$$

onde

η é a viscosidade;

γ é a taxa de cisalhamento;

C_1 é um primeiro parâmetro que representa a viscosidade do composto de enchimento a taxa de cisalhamento zero;

C_2 é um segundo parâmetro que diz respeito à largura da faixa de taxa de cisalhamento na qual o composto de enchimento comporta-se de acordo com o modelo Newtoniano, isto é, ele tem um comportamento de acordo com o qual a viscosidade depende da taxa de cisalhamento;

C_3 é um terceiro parâmetro que representa o comportamento pseudoplástico do composto de enchimento.

Assim, a fim de determinar o valor da viscosidade do composto de enchimento a taxa de cisalhamento zero, o composto de enchimento foi submetido a medições reológicas por meio de um reômetro Bohlin CVO 120 de tensão controlada com um sistema de medição cone e

chapa 2°/40 mm. Mais especificamente, as medições reológicas consistiram em submeter um conjunto de amostras de composto de enchimento a um teste de cisalhamento contínuo por meio do reômetro Bohlin CVO 120 de tensão controlada rotacional supramencionado. Uma varredura de tensão começando
 5 de 1 até 7.000 Pa foi aplicada em um tempo de 600 s a uma temperatura de 20 °C. Os resultados de tais medições reológicas permitiram obter uma curva de escoamento que foi modelada pela equação de Ellis para determinar o valor do parâmetro C_1 e assim o valor da viscosidade a taxa de cisalhamento zero a 20 °C.

10 Como é conhecido, o módulo de perda supramencionado G'' é correlacionado com as propriedades viscosas do composto de enchimento, que são determinadas medindo-se o atraso de fase entre uma tensão de cisalhamento aplicada predeterminada e a deformação de cisalhamento medida resultante.

15 Em testes de oscilação, diferente do comportamento representado pela lei de Hook de acordo com a qual a deformação está correlacionada com a tensão por meio de uma constante do material denominada módulo elástico, tensão e deformação mudam constantemente e somente valores instantâneos do assim chamado módulo viscoelástico ou
 20 complexo G^* podem ser medidos. G^* é definido da seguinte maneira:

$$G^* = G' + iG''$$

em que

G' é o módulo de armazenamento (ou elástico), isto é, o módulo que representa o comportamento de um sólido elástico, que dá uma
 25 medida do armazenamento elástico de energia;

G'' é o módulo de perda (ou viscoso), isto é, o módulo que representa o comportamento de um fluido viscoso, que dá uma medida da dissipação viscosa de energia através de uma deformação permanente no escoamento;

i é a unidade imaginária de números complexos.

Como é conhecido, G' e G'' são também relacionados com o ângulo de fase pela fórmula seguinte:

$$\operatorname{tg} \delta = G''/G'$$

5 em que G' e G'' são definidos como anteriormente, e $\operatorname{tg} \delta$ é proporcional à dissipação de energia por causa da histerese.

Em particular, o valor do módulo de perda G'' do composto de enchimento a -45°C e a uma frequência de 1 Hz foi medido por meio de um teste oscilatório usando o reômetro Bohlin CVO 120 de tensão controlada
 10 rotacional supramencionado, aplicando um teste de varredura de temperatura na assim chamada região de resposta de tensão linear, usando uma geometria de placas paralelas de 25 mm com uma folga de $250\ \mu\text{m}$. Com este propósito, um teste de varredura de amplitude foi primeiramente realizado a uma frequência constante de 1 Hz e a temperaturas diferentes, a saber, a 25°C , a 0°C
 15 e a -20°C , aplicando uma tensão crescente na faixa de 1-10.000 Pa com um tempo de atraso de 2 s, a fim de definir o limite de tensão inicial. Subseqüentemente, foi realizado um teste de varredura de temperatura a uma frequência de 1 Hz usando uma deformação visada de 0,03, operando a uma faixa de temperatura de $+25^\circ\text{C}$ a -60°C com uma taxa de resfriamento de 3
 20 $^\circ\text{C}/\text{minuto}$.

Conforme já mencionado, o módulo de perda é um parâmetro significativo em virtude de ele estar convenientemente correlacionado com os resultados obtidos das medições de atenuação óptica medida na(s) fibra(s) óptica(s). As propriedades ópticas do composto de enchimento em termos de
 25 atenuação do sinal óptico, de fato, foram consideradas como valores aceitáveis quando G'' é igual ou menor que 3.000 MPa a 1 Hz e -45°C . Em tais condições, um composto de enchimento presente nos interespaços entre e em torno da(s) fibra(s) óptica(s) alojadas em um elemento de retenção ainda apresentaram uma capacidade residual de absorver a tensão que age no

micromódulo e na(s) fibra(s) óptica(s) alojada(s) nele.

Vantajosamente, tais valores preferidos do módulo de perda G'' permitem usar um composto de enchimento provido com uma maior capacidade dissipativa, isto é, com uma mobilidade capaz de absorver e
5 compensar as tensões externas exercidas no cabo.

Graças aos recursos supramencionados, o micromódulo, bem como o cabo óptico compreendendo o mesmo, de acordo com a invenção, são vantajosamente bloqueados em relação à propagação de água de uma maneira efetiva e duradoura, e garantem uma capacidade de transmissão adequada em
10 toda a faixa de temperatura, incluindo baixa temperatura, à qual o micromódulo e o cabo óptico compreendendo o mesmo podem ser sujeitos durante sua vida em serviço. O comportamento reológico peculiar do composto de enchimento selecionado permite impedir a propagação de água ao longo do micromódulo e, além disso, permite um fácil deslocamento das
15 fibras ópticas dentro do micromódulo quando os cabos são expostos a tensões termomecânicas.

A presente invenção é adicionalmente descrita nos exemplos seguintes, que são meramente para ilustração, e não devem ser considerados de maneira alguma como limitação da invenção.

20 EXEMPLO 1 (invenção)

Um composto de enchimento foi preparado misturando óleo de silicone com uma viscosidade de 5.000 mPa.s a 20 °C (Wacker® AK 5000, disponível pela Wacker-Chemie GmbH, München, Alemanha) e sílica em uma razão de 19/1 em peso. A sílica foi feita de uma combinação de sílica
25 defumada (CAB-O-SIL® H-5 com uma área superficial B.E.T. de 300 m²/g, disponível pela Cabot Corporation, Boston, Massachusetts) e de sílica defumada hidrofóbica tratada com dimetildiclorossilano (por exemplo, CAB-O-SIL® TS-610) em uma razão de 2-3 em peso.

A viscosidade do composto de enchimento a taxa de

cisalhamento zero a 20 °C foi calculada usando o modelo de Ellis:

$$\eta = C_0 (1 + \eta/C_0)^{5/2}$$

começando de um conjunto de medições reológicas realizadas a 20 °C por meio do reômetro Bohlin CVO 120 de tensão controlada rotacional supramencionado aplicando uma varredura de tensão começando de 1 até 7.000 Pa em um tempo de 600 s a uma temperatura de 20 °C. Os resultados das medições reológicas definiram uma curva de escoamento que foi modelada pelo modelo de Ellis para determinar C_0 , isto é, a viscosidade a taxa de cisalhamento zero a 20 °C.

A viscosidade a taxa de cisalhamento zero a 20 °C está reportada na tabela I. O módulo de perda G'' a 45 °C e a 1 Hz foi medido realizando um teste oscilatório por meio do reômetro de tensão controlada rotacional supra-reportado. Primeiramente, a fim de definir o limite de tensão inicial, um teste de varredura de amplitude foi realizado a uma frequência constante de 1 Hz e a temperaturas diferentes: 25 °C, 0 °C e -20 °C, aplicando uma tensão crescente na faixa de 1-10.000 Pa com um tempo de atraso de 2 s. Subseqüentemente, um teste de varredura de temperatura foi realizado a uma frequência de 1 Hz usando uma deformação visada de 0,03, operando em uma faixa de temperatura de -25 °C a -60 °C com uma taxa de resfriamento de 3 °C/minuto.

O resultado da medição do módulo de perda G'' a -45 °C e a 1 Hz está reportado na tabela II.

EXEMPLO 2 (invenção)

Um composto de enchimento foi preparado misturando um óleo de silicone com uma viscosidade de 5.000 mPa.s a 20 °C (Wacker AK 5000, disponível pela Wacker-Chemie GmbH, München, Alemanha) e sílica em uma razão de 13/1 em peso. A sílica foi feita de uma combinação de sílica defumada (CAB-O-SIL® H-5 com uma área superficial B.E.T. de 300 m²/g, disponível pela Cabot Corporation, Boston, Massachusetts) e de sílica

defumada hidrofóbica tratada com dimetildiclorossilano (por exemplo, CAB-O-SIL® TS-610) em uma razão de 5/2,2 em peso.

5 A viscosidade do composto de enchimento a taxa de cisalhamento zero a 20 °C foi calculada por meio do modelo de Ellis descrito no exemplo 1 e o resultado obtido está reportado na tabela I. O módulo de perda G" a -45 °C a 1 Hz foi medido como no exemplo 1 e o resultado obtido está reportado na tabela II.

EXEMPLO 3 (Exemplo comparativo)

10 Um óleo de silicone Wacker® AK 6000 com uma viscosidade de 6000 mPa.s a 20 °C (disponível pela Wacker®-Chemie GmbH, München, Alemanha) foi usado como composto de enchimento. Tal composto de enchimento tem um comportamento reológico Newtoniano, por meio do que sua viscosidade independe da taxa de cisalhamento.

15 A viscosidade do composto de enchimento à taxa de cisalhamento zero a 20 °C foi calculada por meio do modelo de Ellis descrito no exemplo 1 e o resultado obtido está reportado na tabela I. O módulo de perda G" a -45 °C e a 1 Hz foi medido como no exemplo 1 e o resultado obtido está reportado na tabela II.

EXEMPLO 4 (invenção)

20 Um composto de enchimento foi preparado misturando óleo de silicone com uma viscosidade de 5000 mPa.s a 20 °C (Wacker AK 5000 disponível pela Wacker-Chemi GmbH, München, Alemanha e uma sílica em uma razão de 9,5/1 em peso. A sílica foi feita de uma combinação de sílica defumada (CAB-O-SIL® H-5 com uma área superficial B.E.T. de 300 m²/g, 25 disponível pela Cabot Corporation, Boston, Massachusetts) e de sílica defumada hidrofóbica tratada com dimetildiclorossilano (por exemplo, CABO-O-SIL® TS-610) em uma razão de 7,3/2,2 em peso.

A viscosidade do composto de enchimento a taxa de cisalhamento zero a 20 °C foi calculada por meio do modelo de Ellis descrito

no exemplo 1 e o resultado obtido está reportado na tabela I. O módulo de perda G'' a -45°C a 1 Hz foi medido como no exemplo 1 e o resultado obtido está reportado na tabela II.

EXEMPLO 5 (invenção)

5 Um composto de enchimento foi preparado misturando um óleo de silicone com uma viscosidade de 4.500 mPa.s a 20°C (Bayer Silopren U 5, disponível pela Bayer AG, Leverkusen, Alemanha) e sílica em uma razão de 6,8/1 em peso. A sílica foi feita de uma combinação de sílica defumada (CABK-O-SIL® H-5 com uma área superficial B.E.T. de $300\text{ m}^2/\text{g}$,
10 disponível pela Cabot Corporation, Boston, Massachusetts) e de sílica defumada hidrofóbica tratada com dimetildiclorossilano (por exemplo, CAB-O-SIL® TS-610) em uma razão de 10,3/2,4 em peso. O composto de enchimento obtido também contém 0,25 % em peso de negro-de-fumo. A viscosidade do composto de enchimento a taxa de cisalhamento zero a 20°C
15 foi calculada por meio do modelo de Ellis descrito no exemplo 1 e o resultado obtido está reportado na tabela I. O módulo de perda G'' a -45°C e a 1 Hz foi medido como no exemplo 1 e o resultado obtido está reportado na tabela II.

EXEMPLO 6 (exemplo comparativo)

Um óleo a base de polialfaolefina LA444 disponível pela
20 Huber-gruppe foi usado como um composto de enchimento.

A viscosidade do composto de enchimento a taxa de cisalhamento zero a 20°C foi calculada por meio do modelo de Ellis descrito no exemplo 1 e o resultado obtido está reportado na tabela I. O módulo de perda G'' a -45°C e a 1 Hz foi medido como no exemplo 1 e o resultado
25 obtido está reportado na tabela II.

EXEMPLO 7 (exemplo comparativo)

Um óleo a base de hidrocarboneto Unigel 200N disponível pela Shennzhen Unigel Telecommunication foi usado como composto de enchimento.

A viscosidade do composto de enchimento a taxa de

cisalhamento zero a 20 °C foi calculada por meio do modelo de Ellis descrito no exemplo 1 e o resultado obtido está reportado na tabela I. O módulo de perda G'' a -45 °C e a 1 Hz foi medido como no exemplo 1 e o resultado obtido está reportado na tabela II.

5

TABELA I

	Viscosidade a taxa de cisalhamento zero a 20 °C (Pa.s) (C_1)
Exemplo 1 (invenção)	$9,2 \cdot 10^2$
Exemplo 2 (invenção)	$1,2 \cdot 10^4$
Exemplo 3 (comparativo)	6,0
Exemplo 4 (invenção)	$1,7 \cdot 10^4$
Exemplo 5 (invenção)	$4,1 \cdot 10^4$
Exemplo 6 (comparativo)	$3,8 \cdot 10^4$
Exemplo 7 (comparativo)	$1,5 \cdot 10^4$

TABELA II

Composto de enchimento	Módulo de perda G'' medido a -45 °C e a 1 Hz (MPa)
Exemplo 1 (invenção)	1.600
Exemplo 2 (invenção)	1.450
Exemplo 3 (comparativo)	-
Exemplo 4 (invenção)	1.800
Exemplo 5 (invenção)	3.000
Exemplo 6 (comparativo)	830
Exemplo 7 (comparativo)	540.000

EXEMPLO 8(Teste de resistência à passagem de água)

Os compostos de enchimento do exemplo 1-3, 6 e 7 foram testados a fim de avaliar a resistência à propagação de água dos micromódulos contendo os mesmos. Os micromódulos foram fabricados embutindo em uma massa de composto de enchimento um feixe de 12 fibras ópticas trançadas de acordo com a técnica "SZ". Com este propósito, as fibras ópticas passaram em uma câmara contendo o composto de enchimento e foram termo-reguladas a 100 °C. O composto de enchimento foi aplicado nos interespaços e em torno das fibras ópticas. Um elemento de retenção feito de uma composição polimérica termoplástica reportada na tabela VI (o dito elemento de retenção tendo um módulo elástico de 260 MPa a 20 °C, resistência à tração máxima de 7,8 MPa e alongamento na ruptura de 75 %)

foi extrusado em torno do feixe de fibras ópticas embutidas no composto de enchimento a uma temperatura de extrusão de 140-180 °C. A velocidade de avanço do feixe de fibras ópticas revestido com o composto de enchimento foi 50 m/minuto. O composto de enchimento preencheu 90 % do volume definido dentro do elemento de retenção. O micromódulo obtido desta maneira foi resfriado a uma temperatura de 20 °C.

Testes de resistência de acordo com o método F5B providos pelo Padrão Internacional IEC 60794-1-2 foram feitos. Em particular, a resistência à propagação de água do micromódulo foi testada aplicando-se uma coluna de água de 1 metro durante 24 horas a uma extremidade de uma amostra de micromódulo com um comprimento de 1 e 3 metros.

Testes de resistência foram também realizados de acordo com um método F5B modificado, de acordo com o qual uma coluna de água de 1 metro foi aplicada durante 15 dias na amostra com um comprimento de 1 metro. Os resultados dos testes estão mostrados na tabela III. Os resultados dos testes foram considerados positivos quando não foi detectada nenhuma propagação de água no micromódulo, ou apenas uma ligeira propagação, de qualquer maneira uma propagação envolvendo um comprimento menor que o comprimento da amostra.

TABELA III

Composto de enchimento		Método F5B (padrão IEC60794-1-2) -coluna de H ₂ O: 1 m -duração: 24 h		Método F5B modificado -coluna de H ₂ O: 1 m -comprimento da amostra: 1 m duração: 15 dias
		Comprimento da amostra: 1 m	Comprimento da amostra: 3 m	
Exemplo (invenção)	1	resultado positivo	resultado positivo	resultado positivo
Exemplo (invenção)	2	resultado positivo	resultado positivo	resultado positivo
Exemplo (comparativo)	3	resultado negativo	resultado negativo	resultado negativo
Exemplo (comparativo)	6	resultado positivo	resultado positivo	resultado positivo
Exemplo (comparativo)	7	resultado positivo	resultado positivo	resultado positivo

EXEMPLO 9 (teste de gotejamento)

Os compostos de enchimento dos exemplos 1-3, 6 e 7 foram testados a fim de avaliar sua resistência ao gotejamento dos micromódulos. Os micromódulos foram produzidos da maneira descrita no exemplo 8.

- 5 Testes de gotejamento foram realizados de acordo com o método E14 provido pelo Padrão Internacional IEC 60794-1-2. Em particular, amostras de micromódulos com um comprimento de 30 centímetros foram orientadas verticalmente e submetidas a uma temperatura de 70 °C por 24 horas. Em uma primeira etapa, a extremidade livre superior das amostras foi
- 10 selada, enquanto que, em um segundo teste, a extremidade livre superior foi deixada aberta.

Os resultados estão reportados na tabela IV.

TABELA IV

Composto de enchimento	Teste de gotejamento a 70 °C por 24 horas em uma amostra de 30 cm (% em peso do composto de enchimento gotejado)	
	Extremidade livre superior selada	Extremidade livre superior aberta
Exemplo 1 (invenção)	0,0	0,0
Exemplo 2 (invenção)	0,0	0,0
Exemplo 3 (comparativo)	~10 ÷ 20	~30 ÷ 45
Exemplo 6 (comparativo)	0,0	0,0
Exemplo 7 (comparativo)	~ 5	~ 10

EXEMPLO 10 (teste de ciclo térmico)

- 15 Os compostos de enchimento dos exemplos 1-3, 6 e 7 foram testados a fim de avaliar a atenuação das fibras ópticas nos micromódulos. Os micromódulos foram produzidos da maneira descrita no exemplo 8.

- Testes de ciclo térmico foram realizados submetendo-se uma amostra dos micromódulos com 1.000 m de comprimento a ciclos térmicos de
- 20 -40 °C a +60 °C.

Durante os ciclos térmicos, nas temperaturas supramencionadas de -40 °C, +20 °C e + 60 °C, as atenuações foram medidas a 1.550 nm e a 1.625 nm. Um comportamento regular das fibras ópticas no cabo foi detectado, tanto em termos de atenuação a -20 °C como em termos de

variação de atenuação na faixa de temperaturas testadas (-40 °C - +60 °C). Os resultados estão reportados na tabela V.

TABELA V

Medições de atenuação óptica (dB/km)				
Composto de enchimento		1.550 nm	1.625 nm	Resultado do teste
Exemplo (invenção)	1	$\alpha_{\text{média}}(20^{\circ}\text{C})=0,19$ $\Delta=\alpha_{\text{média}}(-40^{\circ}\div+60^{\circ}\text{C})\leq+0,02$	$\alpha_{\text{média}}(20^{\circ}\text{C})=0,20$ $\Delta=\alpha_{\text{média}}(-40^{\circ}\div+60^{\circ}\text{C})\leq+0,02$	positivo
Exemplo (invenção)	2	$\alpha_{\text{média}}(20^{\circ}\text{C})=0,19$ $\Delta=\alpha_{\text{média}}(-40^{\circ}\div+60^{\circ}\text{C})\leq+0,02$	$\alpha_{\text{média}}(20^{\circ}\text{C})=0,20$ $\Delta=\alpha_{\text{média}}(-40^{\circ}\div+60^{\circ}\text{C})\leq+0,03$	positivo
Exemplo (comparativo)	3	$\alpha_{\text{média}}(20^{\circ}\text{C})=0,20$ $\Delta=\alpha_{\text{média}}(-40^{\circ}\div+60^{\circ}\text{C})\leq+0,02$	$\alpha_{\text{média}}(20^{\circ}\text{C})=0,22$ $\Delta=\alpha_{\text{média}}(-40^{\circ}\div+60^{\circ}\text{C})\leq+0,02$	positivo
Exemplo (comparativo)	6	$\alpha_{\text{média}}(20^{\circ}\text{C})=0,9$ $\Delta=\alpha_{\text{média}}(-40^{\circ}\div+60^{\circ}\text{C})\leq+0,05$	$\alpha_{\text{média}}(20^{\circ}\text{C})=0,20$ $\Delta=\alpha_{\text{média}}(-40^{\circ}\div+60^{\circ}\text{C})\leq+0,06$	positivo
Exemplo (comparativo)	7	$\alpha_{\text{média}}(20^{\circ}\text{C})=0,19$ $\Delta=\alpha_{\text{média}}(-40^{\circ}\div+60^{\circ}\text{C})\leq+0,10$	$\alpha_{\text{média}}(20^{\circ}\text{C})=0,20$ $\Delta=\alpha_{\text{média}}(-40^{\circ}\div+60^{\circ}\text{C})\leq+0,15$	negativo

EXEMPLO 11 (Teste de compatibilidade)

5 A compatibilidade dos compostos de enchimento do exemplo 1 e do exemplo 6 com um elemento de retenção feito de uma composição polimérica termoplástica revelada na tabela VI foi testada. Os micromódulos foram produzidos da maneira descrita no exemplo 8.

10 Com este propósito, os micromódulos obtidos foram submetidos a um teste de acordo com a Norma CM37, item 6.2 da France Telecom. Em particular:

- uma amostra de um micromódulo cheio com um composto de enchimento do exemplo 1 com um comprimento de 30 cm foi imerso, a 70 °C, por 10 dias, no composto de enchimento do exemplo 1;
- 15 - uma amostra de um micromódulo cheio com um composto de enchimento do exemplo 6 com um comprimento de 30 cm foi imerso, a 70 °C, por 10 dias, no composto de enchimento do exemplo 6.

A variação percentual da resistência à tração máxima e do

alongamento na ruptura do elemento foi determinada. Os resultados obtidos são os seguintes:

5 - resistência à tração máxima (% de variação): 2,5 %
(composto de enchimento do exemplo 1), - 40 % (composto de enchimento do exemplo 6);

 - alongamento na ruptura (% de variação): -1,5 % (composto de enchimento do exemplo 1), -22 % (composto de enchimento do exemplo 6).

10 Os resultados supra-reportados mostram claramente que
somente o composto de enchimento do exemplo 1 é compatível com a
composição polimérica do elemento de retenção.

TABELA VI

Composto	Quantidades*
Lotryl® 17BA07	60
Lotryl® 30BA02	14
Flexirene® CL10	20
Lotader® 3410	6
Hydrofy® GS1.5	94
Rhodorsil® GUM 901	5
Anox® 20	1

* as quantidades são expressas em phr, isto é, partes em peso por 100 partes do polímero de olefina (a).

Lotryl® 17BA07 (Atofina): copolímero de acrilato de butila – etileno contendo 16 % a 19 % em peso de éster acrílico;

Lotryl® 30BA02 (Atofina): copolímero de acrilato de butila – etileno contendo 28 % a 32 % em peso de éster acrílico;

Flexirene® CL10 (Polimeri Europa): polietileno linear de baixa densidade;

Lotader® 3410 (Atofina): terpolímero de etileno – n-butilacrilato – ácido maleico anidro;

Hydrofy® GS1.5 (Sima): hidróxido de magnésio revestido com ácido esteárico;

Rhodorsil® GUM 901 (Rhodia): dimetilsiloxano, goma terminada de metil vinila;

Dynasytan® AMEO (Sivento-Chemie): 3-aminopropil-trietoxissilano;

Anox® 20 (Great Lakes Chemical): pentaeritritil-tetraquis-[3-(3,5-di-t-butil-4-hidroxifenil)-propionato](antioxidante).

REIVINDICAÇÕES

1. Cabo óptico (5, 105) para comunicação compreendendo pelo menos um micromódulo (1) bloqueado em relação à propagação de água, em que o dito micromódulo compreende:

- 5 - pelo menos uma fibra óptica (2);
 - um elemento de retenção (3) para alojar a dita pelo menos uma fibra óptica (2); e
 - um composto de enchimento (4) tixotrópico arranjado dentro do dito elemento de retenção (3)

10 caracterizado pelo fato de que o dito composto de enchimento (4) compreende um gel obtido de pelo menos um líquido selecionado de óleos de silicone, óleos fluorados ou suas misturas e de pelo menos um agente espessante, e tem uma viscosidade maior ou igual a 700 Pa.s a taxa de cisalhamento zero e a uma primeira temperatura de 20 °C e um módulo de perda G" menor ou igual a 3.000 MPa a uma segunda temperatura de -45 °C e
15 a uma frequência de 1 Hz, e em que o dito composto de enchimento (4) tixotrópico é compatível com o dito elemento de retenção (3).

2. Cabo óptico (5, 105) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a viscosidade do composto de enchimento (4)
20 fica compreendida entre 800 e 40.000 Pa.s a taxa de cisalhamento zero e a 20°C.

3. Cabo óptico (5, 105) de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a viscosidade do composto de enchimento (4) fica compreendida entre 850 e 20.000 Pa.s a taxa de cisalhamento zero e a
25 20°C.

4. Cabo óptico (5, 105) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dito composto de enchimento (4) tem um módulo de perda G" compreendido entre 300 MPa e 3.000 MPa a uma temperatura de -45 °C e a uma frequência de 1 Hz.

5. Cabo óptico (5, 105) de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o dito composto de enchimento (4) tem um módulo de perda G'' compreendido entre 500 MPa e 2.500 MPa a uma temperatura de -45°C e a uma frequência de 1 Hz.

5 6. Cabo óptico (5, 105) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dito composto de enchimento (4) preenche pelo menos 85 % do volume definido dentro do dito elemento de retenção (3).

10 7. Cabo óptico (5, 105) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dito composto de enchimento (4) preenche pelo menos 90 % do volume definido dentro do dito elemento de retenção (3).

15 8. Cabo óptico (5, 105) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito agente espessante é selecionado do grupo que compreende: sílica, bentonita, politetrafluoretileno ou suas misturas.

9. Cabo óptico (5, 105) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito líquido é um óleo de silicone.

20 10. Cabo óptico (5, 105) de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o dito óleo de silicone tem uma viscosidade compreendida entre 100 e 13.000 mPa. a 20°C .

11. Cabo óptico (5, 105) de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o dito agente espessante é uma mistura de sílica defumada e de pelo menos uma sílica parcialmente silanizada.

25 12. Cabo óptico (5, 105) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a razão em peso do líquido para o agente espessante fica compreendida entre 20/1 e 6/1.

13. Cabo óptico (5, 105) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dito elemento de retenção (3) tem uma espessura compreendida entre 0,05 e 0,2 mm.

14. Cabo óptico (5, 105) de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o dito elemento de retenção (3) tem uma espessura compreendida entre 0,1 e 0,2 mm.

5 15. Cabo óptico (5, 105) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dito elemento de retenção (3) é feito de uma composição polimérica termoplástica compreendendo:

(a) pelo menos um primeiro polímero de olefina; e

(b) pelo menos uma carga inorgânica.

10 16. Cabo óptico (5, 105) de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que a dita composição polimérica termoplástica adicionalmente compreende pelo menos um segundo polímero de olefina (c) selecionado de:

15 (c₁) terpolímeros de pelo menos uma α -olefina, pelo menos um éster de ácido acrílico, e pelo menos um reagente de ácido dicarboxílico α,β -olefinicamente insaturado ou seus derivados, tais como, por exemplo, anidretos, sais de metais, imidas, ésteres, ou pelo menos um acrilato de glicidila;

20 (c₂) terpolímeros de etileno, pelo menos um anidreto de ácido dicarboxílico α,β -olefinicamente insaturado, e pelo menos um éster de vinila de um ácido carboxílico saturado;

(c₃) polímeros de olefina enxertados com pelo menos um monômero etilenicamente insaturado.

25 17. Cabo óptico (5, 105) de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o dito segundo polímero de olefina (c) está presente na composição polimérica termoplástica em uma quantidade de 3 partes em peso a 10 partes em peso em relação a 100 partes em peso do primeiro polímero de olefina (a).

18. Cabo óptico (5, 105) de acordo com qualquer uma das

reivindicações 15 a 17, caracterizado pelo fato de que o dito primeiro polímero de olefina (a) é selecionado de: polietileno de baixa densidade (LDPE), polietileno linear de baixa densidade (LLDPE), polietileno de ultra-baixa densidade (ULDPE), polipropileno atático; poli-1-butenos de alta e baixa densidade, poli-4-metil-1-penteno, polietileno de ultra-baixo peso molecular, ionômeros a base de etileno, poli-4-metil-1-penteno, copolímeros de etileno propileno, copolímeros de etileno-propileno-dieno (EPDM), copolímero de etileno e/ou propileno com outros monômeros copolimerizáveis, tais como, por exemplo, copolímero de etileno-1-butileno, copolímero de acetato de vinila etileno (EVA), copolímero de acrilato de metila etileno, copolímero de acrilato de butila etileno (EBA), copolímero de acetato de etila etileno, copolímero de propileno-4-metila-1-penteno, copolímero de álcool etileno-vinílico, elastômeros de etileno acrílico tais como terpolímeros de etileno - acrilato de metila - ácido acrílico, ou suas misturas.

15 19. Cabo óptico (5, 105) de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 18, caracterizado pelo fato de que a dita carga inorgânica (b) é selecionada de: hidróxidos, óxidos hidratados, sais ou sais hidratados de metais tais como cálcio, magnésio, alumínio ou suas misturas.

20 20. Cabo óptico (5, 105) de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 19, caracterizado pelo fato de que a dita composição polimérica termoplástica tem um módulo elástico menor ou igual a 500 MPa a uma temperatura de 20°C.

25 21. Cabo óptico (5, 105) de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 20, caracterizado pelo fato de que a dita composição polimérica termoplástica tem uma resistência à tração máxima menor ou igual a 12 MPa.

22. Cabo óptico (5, 105) de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 21, caracterizado pelo fato de que a dita composição polimérica termoplástica tem um alongamento na ruptura menor ou igual a

100 %.

23. Cabo óptico (5, 105) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a dita pelo menos uma fibra óptica (2) é alojada de uma maneira solta em tal elemento de retenção (3).

24. Cabo óptico (5, 105) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos uma bainha externa (8, 15) arranjada em uma posição radialmente externa em relação a uma pluralidade dos ditos micromódulos (1).

25. Cabo óptico (5) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos um elemento de reforço (9) embutido longitudinalmente na dita bainha externa (8).

26. Cabo óptico (105) de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma pluralidade de tubos (12) arranjada em uma posição radialmente externa em relação a uma pluralidade dos ditos micromódulos (1) e em uma posição radialmente interna em relação à dita pelo menos uma bainha externa (15).

27. Cabo óptico (105) de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um elemento de reforço central (11) que estende-se longitudinalmente em uma posição radialmente interna central em relação à dita bainha externa (15), a dita pluralidade de tubos (12) sendo trançada em torno do dito elemento de reforço central (11).

28. Micromódulo (1) bloqueado em relação à propagação de água, compreendendo:

- pelo menos uma fibra óptica (2);
- um elemento de retenção (3) para alojar a dita pelo menos

uma fibra óptica (2); e

- um composto de enchimento tixotrópico (4) arranjado dentro do dito elemento de retenção (3),

caracterizado pelo fato de que o dito composto de enchimento

- 5 (4) compreende um gel obtido de pelo menos um líquido selecionado de óleos de silicone, óleos fluorados ou suas misturas e de pelo menos um agente espessante, e tem uma viscosidade maior ou igual a 700 Pa.s a taxa de cisalhamento zero e a uma primeira temperatura de 20 °C e um módulo de perda G'' menor ou igual a 3.000 MPa a uma segunda temperatura de -45 °C e
- 10 a uma frequência de 1 Hz, e em que o dito composto de enchimento tixotrópico (4) é compatível com o dito elemento de retenção (3).

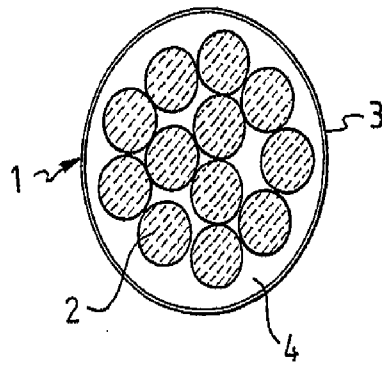


FIG. 1

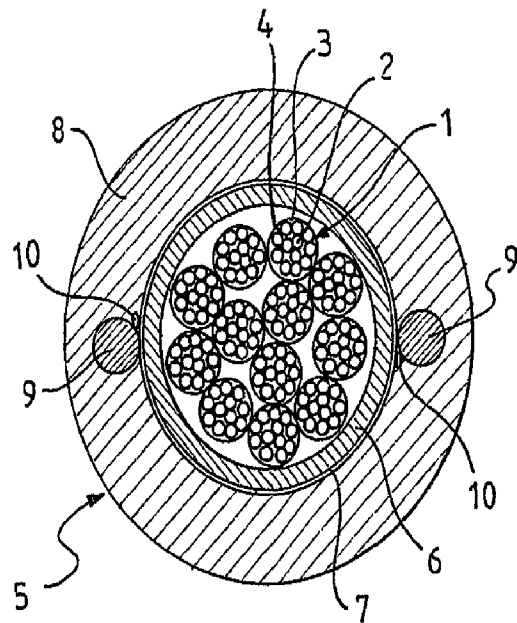


FIG. 2

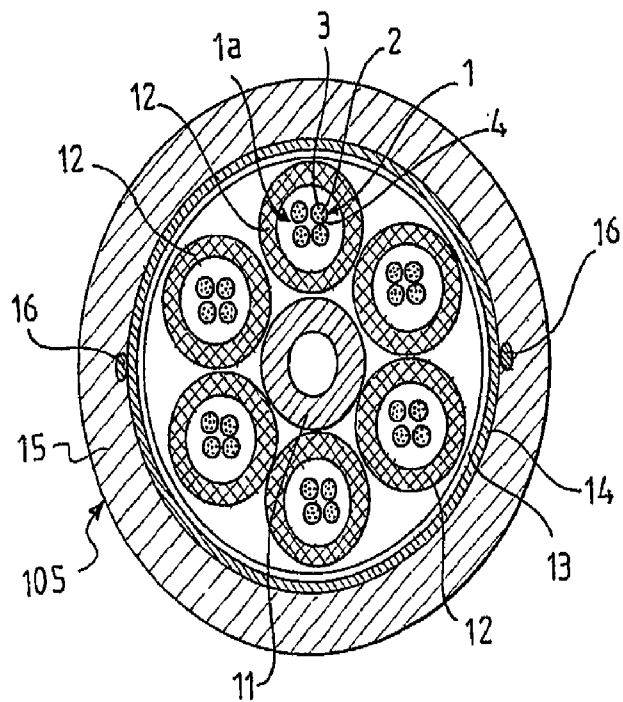


FIG. 3