



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

(11) BR 112019025345-9 B1



(22) Data do Depósito: 04/06/2018

(45) Data de Concessão: 27/09/2022

(54) Título: FIBRA ÓPTICA REVESTIDA, COMPOSIÇÃO CURÁVEL POR RADIAÇÃO PARA REVESTIR UMA FIBRA ÓPTICA, MÉTODO PARA PRODUIR UMA FIBRA ÓPTICA REVESTIDA E CABO DE FIBRA ÓPTICA

(51) Int.CI.: C03C 25/1065; C09D 175/16; G02B 6/02; G02B 6/44.

(30) Prioridade Unionista: 02/06/2017 US 62/514,504.

(73) Titular(es): COVESTRO (NETHERLANDS) B.V..

(72) Inventor(es): PAULUS ANTONIUS MARIA STEEMAN; XIAOSONG WU; ADRIANUS CORNELIS BASTIAAN BOGAERDS; MARK PETRUS FRANCISCUS PEPELS.

(86) Pedido PCT: PCT IB2018053992 de 04/06/2018

(87) Publicação PCT: WO 2018/220605 de 06/12/2018

(85) Data do Início da Fase Nacional: 29/11/2019

(57) Resumo: São descritas no presente documento fibras ópticas revestidas que incluem uma porção de fibra óptica, em que a porção de fibra óptica inclui um núcleo de vidro e seção de recobrimento que é configurada para possuir determinados diâmetros de modo de campo e áreas eficazes, e uma porção de revestimento que inclui um revestimento primário e um secundário, em que o revestimento primário é o produto bruto de uma composição que possui temperaturas de transição vítrea líquida específicas, como abaixo de -82 °C, e/ou razões de viscosidade, como entre 25 °C e 85 °C, menor que 13,9. Também são descritas composições de revestimento curáveis por radiação que possuem sensibilidade térmica reduzida, métodos para revestir tais composições de revestimento curáveis por radiação para formar fibras ópticas revestidas, e cabos de fibra óptica que compreendem as fibras ópticas revestidas e/ou composições de revestimento curáveis por radiação descritas em outra parte do documento.

**FIBRA ÓPTICA REVESTIDA, COMPOSIÇÃO CURÁVEL POR RADIAÇÃO
PARA REVESTIR UMA FIBRA ÓPTICA, MÉTODO PARA PRODUZIR UMA
FIBRA ÓPTICA REVESTIDA E CABO DE FIBRA ÓPTICA**

Campo Técnico

[0001] A presente invenção se refere, de modo geral, a métodos de revestimento de fibras ópticas, a revestimentos curáveis por radiação adequados para o uso em fibras ópticas que são fabricadas com o uso de trefilação em alta velocidade, baixo teor de hélio e/ou em temperatura alta, e a fibras ópticas produzidas a partir dos mesmos.

Referência Cruzada a Pedidos Relacionados

[0002] Este pedido de patente reivindica o benefício de Pedido de Patente Provisório nº US 62/514.504, depositado em 2 de junho de 2017, que é incorporado a título de referência no presente documento em sua totalidade, como se estivesse completamente definido no presente documento.

Antecedentes

[0003] As fibras ópticas têm sido usadas em uma diversidade de aplicações e possuem diversas vantagens sobre outros meios. Por exemplo, os dados podem ser transmitidos através de fibras ópticas em uma taxa de dados maior que com fios. As fibras ópticas também são mais leves e mais flexíveis que fios. Desse modo, as fibras ópticas, especialmente aquelas feitas de vidro, são frequentemente usadas na indústria de telecomunicações para transmissão de dados. No entanto, se deixadas desprotegidas, as fibras ópticas são inadequadas para o uso no campo devido à fragilidade do filamento de vidro fino ao longo do qual os sinais ópticos são transmitidos. Além de suas suscetibilidades a danos físicos, as fibras ópticas não

revestidas também seriam negativamente impactadas por contato úmido. Como resultado, os revestimentos de superfície têm sido aplicados a fibras ópticas para proteção e garantia de um alto nível de desempenho.

[0004] A trefilação de fibras de vidro a partir de uma pré-forma cilíndrica especialmente preparada que foi local e simetricamente aquecida a uma temperatura de, por exemplo, cerca de 2000 °C é bem conhecida. Conforme a pré-forma é aquecida, como pela alimentação da pré-forma em e através de um forno, uma fibra de vidro é trefilada a partir do material fundido. As composições de revestimento de superfície são aplicadas à fibra de vidro após a mesma ser trefilada da pré-forma, preferencialmente, imediatamente após o resfriamento. As composições de revestimento são, então, curadas para produzir a fibra óptica revestida. Os métodos gerais de aplicação de camadas duplas de composições de revestimento a uma fibra de vidro em movimento são bem conhecidos na técnica, e são revelados no documento US 4474830 por Tailor e no documento US 4851165 por Rennell et al. Conceitos de projeto de fibra mais novos podem ser encontrados nos documentos US 8837892, US 2014/0294355 e US 2015/0071595.

[0005] Para proteger as mesmas, as fibras ópticas são frequentemente revestidas com dois ou mais revestimentos curáveis por radiação sobrepostos imediatamente após a fibra ser produzida por trefilação. O revestimento que está diretamente em contato com a fibra óptica é chamado de "revestimento primário interno" e um revestimento de sobreposição é chamado de "revestimento primário externo". Em algumas referências, o revestimento primário interno

também é chamado simplesmente de "revestimento primário" e o revestimento primário externo é chamado de um "revestimento secundário." Os revestimentos primários internos são tipicamente formulados de modo a possuir um módulo significativamente inferior aos revestimentos secundários.

[0006] O revestimento primário interno relativamente macio fornece resistência a microflexão que resulta em atenuação adicionada da transmissão de sinal (isto é, perda de sinal) da fibra óptica revestida e é, portanto, indesejável. As microflexões são curvaturas microscópicas na fibra óptica que envolve o deslocamento axial local de alguns micrômetros e comprimentos de onda espaciais de alguns milímetros. As microflexões podem ser induzidas por tensões térmicas e/ou forças laterais mecânicas. Os revestimentos podem fornecer proteção de força lateral que protege a fibra óptica contra a microflexão, mas conforme a espessura de revestimento diminui a quantidade de proteção fornecida diminui. A relação entre os revestimentos e a proteção contra tensão lateral que resulta em microflexão é discutida, por exemplo, em D. Gole, "Optical-fiber packaging and its influence on fiber straightness and loss", *Bell System Technical Journal*, Volume 54, 2, 245 (1975); W. B. Gardner, "Microbending Loss in Optical Fibers", *Bell System Technical Journal*, Volume 54, nº 2, p. 457 (1975); J. Baldauf, "Relationship of Mechanical Characteristics of Dual Coatod Single Mode Optical Fibers and Microbending Loss", *IEICE Trans. Commun.*, Volume E76-B, nº 4, 352 (1993); e K. Kobayashi, "Study of Microbending Loss in Thin Coatod Fibers and Fiber Ribbons", *IWCS*, 386

(1993). O revestimento primário externo mais rígido, isto é, o revestimento secundário, fornece forças de manuseio como aquelas encontradas quando a fibra revestida é trançada e/ou retorcida.

[0007] As composições secundárias de revestimento de fibra óptica compreendem, de modo geral, antes da cura, uma mistura de compostos etilenicamente insaturados, que consistem frequentemente em um ou mais oligômeros dissolvidos ou dispersados em diluentes etilenicamente insaturados e fotoiniciadores líquidos. A composição de revestimento é, tipicamente, aplicada à fibra óptica na forma líquida e, então, exposta a radiação actínica para efetuar a cura.

[0008] Os revestimentos primários possuem, preferencialmente, um índice refratário maior que o recobrimento da fibra óptica associada, a fim de permitir que os mesmos removam sinais ópticos errantes do núcleo da fibra óptica. Os revestimentos primários devem manter a adesão adequada à fibra de vidro durante envelhecimento térmico e hidrolítico, ainda (se necessário) tem a capacidade para ser removível do mesmo para fins de divisão. O revestimento primário tem, tipicamente, a espessura na faixa de 20-50 μm (por exemplo, cerca de 25 ou 32,5 μm), espessura mais fina na faixa de 15-25 μm para fibras de 200 μm .

[0009] O revestimento primário tem, tipicamente, a espessura que é menor que cerca de 40 μm , embora outras espessuras possam ser usadas. O revestimento primário é, tipicamente, aplicado à fibra de vidro e subsequentemente curado. Diversos aditivos que aprimoram uma ou mais

propriedades do revestimento primário também podem estar presentes, incluindo antioxidantes, promotores de adesão, inibidores, fotossensibilizadores, tensoativos carreadores, espessantes, catalisadores, estabilizantes, agentes de superfície e iluminadores ópticos.

[0010] Os revestimentos secundários são os revestimentos externos. O revestimento secundário é, por exemplo, o produto de polimerização de uma composição de revestimento cujas moléculas se tornam altamente reticuladas quando polimerizadas. O revestimento secundário tem, tipicamente, um módulo in situ alto (por exemplo, maior que cerca de 800 MPa a 25 °C, mais preferencialmente, entre cerca de 1 GPa a cerca de 3 GPa) e uma T_g alta (por exemplo, maior que cerca de 50 °C). O módulo secundário in situ é, preferencialmente, maior que cerca de 1000 MPa. Os revestimentos secundários frequentemente possuem uma espessura que é menor que cerca de 40 μm .

[0011] Os revestimentos de fibra óptica, incluindo as camadas primária e secundária, são tipicamente aplicados com o uso de um dentre dois processos: Úmido-em-úmido (WOW) e úmido-em-seco (WOD). No processo WOD, a fibra passa primeiro através de uma aplicação de revestimento primário, que é curvada por meio de exposição à radiação ultravioleta (UV). A fibra, então, passa através de uma aplicação de revestimento secundário, que é subsequentemente curada por meios similares. No processo WOW, a fibra passa através tanto da aplicação de revestimento primário quanto da aplicação de revestimento secundário, em que a fibra prossegue para a etapa de cura. Em um processo úmido-em-úmido, as lâmpadas de cura entre a aplicação de

revestimento primário e secundário são omitidas.

[0012] A energia de luz radiante é usada na fabricação de revestimentos curáveis por radiação para fibras ópticas. Em particular, os processos de cura usam energia radiante de lâmpadas UV para curar revestimentos de fibra óptica. As lâmpadas UV com espectros de mercúrio de banda larga são comumente usados na indústria devido a sua alta intensidade e amplo espectro de emissão para garantir a cura rápida e completa de tais revestimentos curáveis por radiação. Crescentemente, os sistemas de cura que usam lâmpadas de LED (diodos emissores de luz) UV também começaram a ser usados, visto que suas construções eficazes permitem um processo de produção de fibra com uma entrada de energia reduzida.

[0013] A demanda global por fibra óptica continua a aumentar anualmente. A fim de cumprir essa demanda crescente, e também fornecer uma vantagem produtiva em tal indústria competitiva, seria benéfico aumentar, entre outras coisas, a velocidade em que uma fibra óptica é formada, revestida e curada. A tecnologia de revestimento e processo atual permitiu que a maior parte dos produtores de fibra operem torres de trefilação confortavelmente em velocidades de linha de pelo menos 1000 m/min, com velocidades até 1500 m/min e até mesmo 2500 m/min, e velocidades superiores também são possíveis.

[0014] No entanto, visto que a velocidade de trefilação de fibra aumenta, diversos desafios técnicos são introduzidos no processo, desse modo, aumentando a dificuldade pela qual uma fibra óptica revestida adequada pode ser produzida. Entre esses, os desafios técnicos

incluem uma redução na habilidade da fonte de luz UV de conferir doses suficientes de radiação para curar completamente as composições de revestimento primário e secundário devido ao tempo de exposição de cura relativamente reduzido. Desafios adicionais incluem uma tendência crescente de erros de excentricidade ou concentricidade na aplicação da fibra revestida, visto que vibrações caracterizadas por velocidades de linha superiores podem induzir movimento físico além das tolerâncias de aplicação de revestimento precisas. Desafios ainda adicionais incluem aprisionamento de bolhas, delaminação de revestimento e atenuação induzida por microflexão aumentada.

[0015] Muitos desses desafios são induzidos ou exacerbados por um diferencial de temperatura indesejado entre a fibra de vidro recentemente trefilada e a composição de revestimento primário com a qual a mesma entra em contato. Em velocidades de trefilação superiores, a fibra entra na matriz de revestimento primário com as temperaturas que podem exceder significativamente 50 °C. Todas as demais sendo iguais, visto que as velocidades de trefilação de fibra aumentam, a fibra de vidro anteriormente fundida tem menos tempo para se equilibrar com a temperatura ambiente na qual a composição de revestimento primário é aplicada. Uma fibra de vidro insuficiente resfriada induzirá um aumento de temperatura concomitante no revestimento primário durante a aplicação, que pode persistir até a etapa de cura a jusante. As composições de revestimento (especialmente composições de revestimento primário) que não são termicamente resistentes

o suficiente serão adversamente afetadas por esse fenômeno, portanto, resultando em uma deterioração nas propriedades físicas - e até mesmo na viabilidade comercial - da fibra óptica revestida produzida a partir das mesmas.

[0016] Um método para tentar aliviar esse problema é bem conhecido na indústria. Tal método envolve aumentar a taxa na qual uma fibra de vidro recentemente trefilada pode ser resfriada por meio da aplicação de fluidos com um coeficiente de transferência calor superior ao ar ambiente, como nitrogênio ou hélio. O hélio é conhecido por ser eficaz visto que tem um coeficiente de transferência de calor particularmente alto. No entanto, a quantidade de hélio exigida para resfriar fibras de vidro aumenta exponencialmente com velocidade de trefilação crescente, de modo que há limitações físicas à quantidade que pode ser aplicada em um espaço de tubo de resfriamento por um período de tempo definido. Adicionalmente, o alto custo do hélio torna o mesmo uma entrada dispendiosa durante o processo de produção de fibra. Uma exigência exponencialmente crescente para tal variável dispendiosa rapidamente deslocaria o valor de quaisquer ganhos de produtividade realizados pelo rendimento aumentado obtido por uma velocidade de linha superior. Desse modo, soluções adicionais são necessárias.

[0017] Tentativas adicionais de aliviar esses problemas por meio de otimização de processo, construção de torres de trefilação mais altas, aplicação de hélio mais eficaz e melhorias de trefilação de fibra são conhecidas. No entanto, a fim de realmente e de maneira mais econômica permitir o uso de processos de revestimento de fibra óptica

em velocidades ainda maiores, como 3000 m/min ou mais, ou em velocidades existentes com uma redução (ou eliminação) na quantidade de hélio dispendiosa exigida, é necessário aprimorar o desempenho das próprias composições de revestimento curáveis por radiação. Especificamente, existe uma necessidade não satisfeita de fornecer revestimentos de fibra óptica, especialmente revestimentos primários, que exibe m processabilidade superior em temperaturas superiores. Tais temperaturas superiores podem ser introduzidas primariamente por meio de velocidades de processamento de linha mais rápidas, entrada de hélio reduzida, ou ambos. Ademais, existe uma necessidade não cumprida de fornecer revestimentos de fibra óptica que são suficientemente resistentes termicamente e também têm, simultaneamente, a capacidade para manter ou exceder níveis de desempenho de revestimento existentes que a indústria espera. Tal revestimento primário aprimorado pode, além de ser passível de processamento em velocidades de linha superiores ou com entrada de hélio inferior, também precisa ser de cura rápida, exibir adesão de vidro suficiente e contribuir com a resistência a microflexão excelente possuindo um módulo baixo.

Breve Descrição dos Desenhos

[0018] A FIG. 1 retrata esquematicamente um corte transversal de uma fibra óptica de acordo com modalidades descritas no presente documento;

[0019] A FIG. 2 é uma vista em corte transversal tomada ao longo da linha A-A e ilustra uma configuração para uma modalidade exemplificativa da fibra óptica da FIG. 1;

[0020] A FIG. 3 mostra o ajuste de curva de uma

modalidade da presente invenção (Exemplo 14) a fim de estabelecer os valores de T_g , ρ_{theo} de acordo com o procedimento especificado no presente documento.

[0021] A FIG. 4 ilustra a sensibilidade térmica aprimorada relativa das modalidades do presente invenções vs. exemplos comparativos, quando cada viscosidade do estado estável da composição é plotado como uma função de temperatura entre 25 °C e 85 °C.

[0022] A FIG. 5 também ilustra a sensibilidade térmica aprimorada relativa de modalidades adicionais das presentes invenções (Exemplos 14 e 19) vs. exemplos comparativos (Ex. Comp. 4 e 5), quando cada viscosidade de estado estável da composição é plotada como uma função de temperatura entre 25 °C e 85 °C.

[0023] A FIG. 6 retrata, para diversas composições, de acordo com a presente invenção, bem como vários exemplos comparativos, uma plotagem que mostra cada viscosidade de estado estável da composição a 25 °C, bem como cada razão de viscosidade da composição entre 25 °C e 55 °C.

[0024] A FIG. 7 retrata, para diversas composições, de acordo com a presente invenção, bem como vários exemplos comparativos, uma plotagem que mostra cada viscosidade de estado estável a 85 °C da composição, bem como cada razão de viscosidade da composição entre 25 °C e 85 °C.

Breve Sumário

[0025] São descritas no presente documento diversas modalidades da invenção. Um primeiro aspecto é uma fibra óptica revestida, incluindo uma porção de fibra óptica, a própria porção de fibra óptica que inclui adicionalmente um núcleo de vidro e a camada de recobrimento em contato com e

em torno do dito núcleo de vidro; e uma porção de revestimento, em que a dita porção de revestimento inclui adicionalmente uma camada de revestimento primário em contato com e em torno da dita camada de recobrimento; e uma camada de revestimento secundário em contato com e em torno da dita camada de revestimento primário. De acordo com esse primeiro aspecto, a camada de revestimento primário é um produto bruto de uma composição curável por radiação que compreende um oligômero de acrilato de uretano que é um produto de reagentes, em que os ditos reagentes compreendem um isocianato, um poliol e um monômero de acrilato; um monômero de diluente reativo; e um fotoiniciador de radical livre; em que a composição curável por radiação possui uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C e uma terceira viscosidade a 85 °C, em que a composição curável por radiação é um líquido em cada uma dentre a primeira viscosidade, a segunda viscosidade e a terceira viscosidade, e em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que cerca de 15, ou menor que cerca de 14,4, ou menor que cerca de 13,9, ou menor que cerca de 13, ou menor que cerca de 12, ou menor que cerca de 11, ou menor que cerca de 10, ou menor que cerca de 9, ou menor que cerca de 7.

[0026] De acordo com outra modalidade do primeiro aspecto, a fibra óptica revestida é uma fibra óptica de modo único ou uma área eficaz grande, ou qualquer outra fibra óptica, em que a velocidade de processamento de revestimento é importante, incluindo uma fibra de múltiplos modos. Em tais outras modalidades do primeiro aspecto, a

fibra óptica revestida pode possuir um diâmetro de campo de modo de 8 a 10 μm a um comprimento de onda de 1310 nm, ou um diâmetro de campo de modo de 9 a 13 μm a um comprimento de onda de 1550 nm, e/ou uma área eficaz entre 20 e 200 μm^2 .

[0027] Um segundo aspecto é uma composição curável por radiação para revestir uma fibra óptica que compreende: um oligômero reativo que compreende pelo menos um grupo polimerizável e uma estrutura principal derivada de um diol que compreende polipropileno glicol; um monômero de diluente reativo; um fotoiniciador; e um ou mais aditivos. A composição curável por radiação do segundo aspecto também possui uma temperatura de transição vítrea líquida ($T_{g,rheo}$), uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C e uma terceira viscosidade a 85 °C; em que, pelo menos uma ou ambas dentre as seguintes condições são satisfeitas:

(1) a $T_{g,rheo}$ da composição curável por radiação é menor que -81,5 °C, ou de -120 a -80 °C, ou de -115 a -80 °C, ou de -110 a -80 °C, ou de -100 a -80 °C, ou de -120 a -82 °C, ou de -115 a -82 °C, ou de -110 a -82 °C, ou de -100 a -82 °C, ou de -120 a -85 °C, ou de -115 a -85 °C, ou de -110 a -85 °C, ou de -100 a -85 °C, ou de -120 a -90 °C, ou de -115 a -90 °C, ou de -110 a -90 °C, ou de -100 a -90 °C; ou

(2) em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que cerca de 15, ou menor que cerca de 14,4, ou menor que cerca de 13,9, ou menor que cerca de 13, ou menor que 12, ou menor que cerca de 11, ou menor que cerca de 10, ou menor que

cerca de 9, ou menor que cerca de 7.

[0028] De acordo com outra modalidade do segundo aspecto, a temperatura de transição vítrea líquida da composição, $T_{g,rheo}$, é determinada pela equação de correlação (8) para dados de viscosidade versus temperatura de experimento para a composição curável por radiação:

$$\eta(T)/\eta_{25} = 10^{\left(\frac{-562,5/(62,5-T_{g,rheo}) * (T-25)}{37,5+T-T_{g,rheo}}\right)} \quad (8),$$

em que $\eta(T)$ é a viscosidade (in Pascal segundos) da composição na temperatura, T (em graus Celsius), e η_{25} é a primeira viscosidade.

[0029] Modalidades adicionais do segundo aspecto da invenção prescrevem razões variantes de viscosidade da composição, independentemente de estarem entre a primeira viscosidade e a segunda viscosidade, ou a primeira viscosidade e a terceira viscosidade. Modalidades ainda adicionais do segundo aspecto prescrevem diversos valores de viscosidade de estado estacionário (em uma taxa de cisalhamento de 10/segundo). Modalidades ainda adicionais descrevem diversos constituintes químicos, razões, quantidades e tipos que podem ser incorporados nas composições, de acordo com a presente invenção.

[0030] Um terceiro aspecto da invenção é uma fibra óptica revestida que compreende um revestimento primário, em que o revestimento primário é o produto bruto da composição curável por radiação, de acordo com qualquer uma das modalidades do segundo aspecto.

[0031] Um quarto aspecto da invenção é um método para produzir uma fibra óptica revestida que compreende as etapas de trefilar uma fibra óptica de vidro através de uma

torre de trefilação; aplicar uma composição de revestimento primário na superfície da fibra óptica de vidro; opcionalmente, conferir uma dose de luz UV suficiente para pelo menos parcialmente curar a dita composição de revestimento primário; aplicar uma composição de revestimento secundário à composição de revestimento primário; expor a composição de revestimento primário e a composição de revestimento secundário a pelo menos uma fonte de radiação com a capacidade para emitir radiação ultravioleta para afetar a cura da dita composição de revestimento primário e da dita composição de revestimento secundário, para formar um revestimento primário curado na superfície da fibra óptica, e um revestimento secundário curado na superfície do revestimento primário curado; em que a composição de revestimento primário compreende um oligômero reativo que compreende pelo menos um grupo polimerizável e uma estrutura principal derivada de um diol que compreende polipropileno glicol; um monômero de diluente reativo; e um ou mais fotoiniciadores; em que a composição curável por radiação possui uma temperatura de transição vítrea líquida ($T_g, rheo$), uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C e uma terceira viscosidade a 85 °C; em que a $T_g, rheo$ da composição curável por radiação é menor que 81,5 °C, ou de -120 a -80 °C, ou de -115 a -80 °C, ou de -110 a -80 °C, ou de -100 a -80 °C, ou de -120 a -82 °C, ou de -115 a -82 °C, ou de -110 a -82 °C, ou de -100 a -82 °C, ou de -120 a -90 °C, ou de -115 a -90 °C, ou de -110 a -90 °C, ou de -100 a -90 °C; e/ou em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que cerca de 15, ou

menor que cerca de 14,4, ou menor que cerca de 13,9, ou menor que cerca de 13, ou menor que cerca de 9, ou menor que cerca de 7.

[0032] Outra modalidade do quarto aspecto descreve processos de revestimento de fibra óptica, de acordo com uma ou mais das seguintes condições: em uma velocidade de trefilação maior que 1500 m/min, ou maior que 1700 m/min, ou maior que 2000 m/min, ou maior que 2500 m/min, ou maior que 3000 m/min, e menor que 5000 m/min, ou menor que 4000 m/min, ou menor que 3100 m/min; ou sob nenhuma aplicação de hélio, ou a aplicação de hélio em uma taxa de fluxo menor que 20 litros padrão por minuto (SLM), ou menor que 10 SLM, ou menor que 5 SLM, ou de 1 a 20 SLM, ou de 1 a 10 SLM, ou de 1 a 5 SLM, ou de 5 a 20 SLM, ou de 5 a 10 SLM.

Um quinto aspecto da invenção é um cabo de fibra óptica, em que a fibra óptica compreende pelo menos uma fibra óptica, de acordo com o primeiro ou o terceiro aspectos da invenção, em que a fibra óptica é o produto bruto de uma composição, de acordo com o segundo aspecto da invenção, e/ou em que a fibra óptica foi revestida, de acordo com o quarto aspecto da invenção.

Descrição Detalhada

[0033] Uma primeira modalidade da presente invenção é uma fibra óptica revestida, que inclui uma porção de fibra óptica, que inclui adicionalmente a própria porção de fibra óptica

um núcleo de vidro e a camada de recobrimento em contato com e em torno do dito núcleo de vidro; e uma porção de revestimento, em que a dita porção de revestimento inclui adicionalmente uma camada de revestimento primário em

contato com e em torno da dita camada de recobrimento; e uma camada de revestimento secundário em contato com e em torno da dita camada de revestimento primário. De acordo com esse primeiro aspecto, a camada de revestimento primário é um produto bruto de uma composição curável por radiação que compreende um oligômero de acrilato de uretano que é um produto de reagentes, em que os ditos reagentes compreendem um isocianato, um poliol e um monômero de acrilato; um monômero de diluente reativo; e um fotoiniciador de radical livre; em que a composição curável por radiação possui uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C e uma terceira viscosidade a 85 °C, em que a composição curável por radiação é um líquido em cada uma dentre a primeira viscosidade, a segunda viscosidade e a terceira viscosidade, e em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que cerca de 15, ou menor que cerca de 14,4, ou menor que cerca de 13,9, ou menor que cerca de 13, ou menor que cerca de 12, ou menor que cerca de 11, ou menor que cerca de 10, ou menor que cerca de 9, ou menor que cerca de 7.

[0034] A FIG. 2 é uma vista em corte transversal de fibra **10**, um exemplo do resultado do método de revestimento descrito no presente documento.

[0035] A fibra óptica **10** compreende um núcleo **11**, um recobrimento **12**, um revestimento primário **13** em contato com e em torno da região de recobrimento anular externa, e um revestimento secundário **14**. O diâmetro externo do núcleo **11** é D_1 e o diâmetro externo do recobrimento **12** é D_2 . O revestimento primário **13** é um revestimento primário típico

que tem um módulo de tração in situ (ou na fibra) menor que 1,5 MPa, ou menor que 1,2 MPa, ou tão baixo quanto 0,35 MPa, 0,3 MPa ou 0,25 MPa, e em outras modalidades não maior que 0,2 MPa. Métodos para descrever o módulo in situ são bem conhecidos na técnica e são descritos, entre outros, no documento n° US 7.171.103 e US 6.961.508, em que cada um é atribuído a DSMIP Assets B.V. O revestimento primário curado **13** tem uma temperatura de transição vítrea in situ menor que -35 °C, ou menor que -40 °C, ou menor que -45 °C, e em outras modalidades não maior que -50 °C. Um revestimento primário com um módulo in situ baixo reduz a microflexão que é o mecanismo de acoplamento entre os modos que se propagam na fibra. Uma temperatura de transição vítrea in situ baixa garante que o módulo in situ do revestimento primário permanecerá baixa mesmo quando a fibra for empregada em ambientes muito frios. O desempenho de microflexão será, portanto, estável com temperatura, resultando em acoplamento de modo baixo em todas as situações. O revestimento secundário **14** está em contato com e em torno do revestimento primário **13**. O revestimento secundário **14** tem um módulo de tração in situ maior que 800 MPa, ou maior que 1110 MPa, ou maior que 1300 MPa, ou maior que 1400 MPa, ou maior que 1500 MPa. Um revestimento secundário com um módulo in situ alto reduz a microflexão que é o mecanismo de acoplamento entre os modos que se propagam na fibra.

[0036] Nas modalidades mostradas e descritas no presente documento, o núcleo **11** compreende vidro de sílica pura (SiCh) ou vidro de sílica com um ou mais dopantes que aumentam o índice de refração do núcleo de vidro com

relação ao vidro de sílica puro e não dopado. Os dopantes adequados para aumentar o índice de refração do núcleo incluem, porém sem limitação, GeO_2 , Al_2O_3 , P_2O_5 , TiO_2 , ZrO_2 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 e/ou combinações dos mesmos. O recobrimento **12** pode compreender vidro de sílica pura (SiCh), vidro de sílica com um ou mais dopantes que aumentam o índice de refração (por exemplo, GeO_2 , Al_2O_3 , P_2O_5 , TiO_2 , ZrO_2 , Nb_2O_5 e/ou Ta_2O_5), como quando o recobrimento é "dopado de modo ascendente", ou vidro de sílica com um dopante que diminui o índice de refração, como flúor, como quando o recobrimento interno é "dopado de modo descendente", contanto que o índice refratário relativo máximo $[\Delta_{1\text{MAX}}]$ do núcleo **11** é maior que o índice refratário relativo máximo $[\Delta_{4\text{MAX}}]$ do recobrimento **12**. De acordo com uma modalidade, o recobrimento **12** é vidro de sílica pura.

[0037] Qualquer tipo de fibra óptica pode ser usado nas modalidades da presente invenção. Em uma modalidade preferida, no entanto, a fibra óptica revestida possui um diâmetro de campo de modo de 8 a 10 μm a um comprimento de onda de 1310 nm, ou um diâmetro de campo de modo de 9 a 13 μm a um comprimento de onda de 1550 nm, e/ou uma área eficaz entre 20 e 200 μm^2 . Tais fibras podem ser fibras de modo único e/ou área eficaz ampla, dada a demanda esperada para processos de revestimento para essas fibras que usam velocidades de linha ou processamento superiores. No entanto, outros tipos de fibra, como fibras de múltiplos modos, também podem ser usados.

[0038] O revestimento primário **13** tem, preferencialmente, um índice refratário maior que o recobrimento **12** da fibra óptica **10**, a fim de permitir que o

mesmo remova sinais ópticos errantes do núcleo da fibra óptica. Por exemplo, uma fibra óptica de transmissão exemplificativa **10** pode ter valores de índice refratário a um comprimento de onda de 1550 nm para o núcleo e recobrimento de 1,447 e 1,436, respectivamente; Desse modo, é desejável que o índice refratário de revestimento primário **13** seja maior que 1,44 a 1550 nm. O revestimento primário **13** mantém adesão adequada à fibra de vidro durante envelhecimento térmico e hidrolítico, ainda (se necessário) tem a capacidade para ser removível do mesmo para fins de divisão. O revestimento primário **13** tem, tipicamente, uma espessura na faixa de 20-50 μm (por exemplo, cerca de 25 ou 32,5 μm), espessura mais fina na faixa de 15-25 μm por 200 μm fibras.

[0039] O revestimento **13** é um revestimento primário, que normalmente é aplicado diretamente à fibra de vidro. O revestimento **13** é, preferencialmente, formado a partir de um material polimérico reticulado macio que tem um módulo in situ baixo e uma T_g in situ baixa.

[0040] O revestimento primário **13** tem, preferencialmente, uma espessura que é menor que cerca de 40 μm , mais preferencialmente, entre cerca de 20 a cerca de 40 μm , com máxima preferência, entre cerca de 20 a cerca de 30 μm . O revestimento primário **13** é, tipicamente, aplicado à fibra de vidro e, subsequentemente, curado, como será descrito em maiores detalhes abaixo no presente documento. Diversos aditivos que aprimoram uma ou mais propriedades do revestimento primário também podem estar presentes, incluindo antioxidantes, promotores de adesão, compostos de PAG, fotossensibilizadores, tensoativos carreadores,

espessantes, catalisadores, estabilizantes, agentes de superfície e iluminadores ópticos dos tipos descritos acima.

[0041] Em uma modalidade, composições de revestimento primário adequadas podem incluir, porém sem limitação, cerca de 10 a 90 por cento em peso, mais preferencialmente, de cerca de 25 a cerca de 75 por cento em peso de um ou mais oligômeros de acrilato de uretano; cerca de 10 a cerca de 65 por cento em peso, mais preferencialmente, de cerca de 25 a cerca de 65 por cento em peso de um ou mais monômeros etilenicamente insaturados monofuncionais; cerca de 0 a cerca de 10 por cento em peso de um ou mais monômeros etilenicamente insaturados multifuncionais; cerca de 1 a cerca de 5 por cento em peso de um ou mais fotoiniciadores; cerca de 0,5 a cerca de 1,5 pph de um ou mais antioxidantes; opcionalmente, cerca de 0,5 a cerca de 1,5 pph de um ou mais promotores de adesão; opcionalmente, cerca de 0,1 a cerca de 10 pph de composto de PAG; e cerca de 0,01 a cerca de 0,5 pph de um ou mais estabilizantes.

[0042] O revestimento **14** é o revestimento externo, e serve o fim tradicional de um "revestimento secundário". O material de revestimento externo **14** é, por exemplo, o produto de polimerização de uma composição de revestimento cujas moléculas se tornam altamente reticuladas quando polimerizadas. Nas modalidades descritas no presente documento, o revestimento **14** tem um módulo in situ alto (por exemplo, maior que cerca de 800 MPa a 25 °C) e uma T_g alta (por exemplo, maior que cerca de 50 °C). O módulo secundário in situ é, preferencialmente, maior que cerca de 1000 MPa, mais preferencialmente, maior que cerca de 1100

MPa e, com máxima preferência, maior que cerca de 1200 MPa. De acordo com algumas modalidades preferidas, o módulo secundário in situ é maior que 1200 MPa. Em outras modalidades preferidas, o módulo secundário in situ está entre cerca de 1000 MPa e cerca de 8000 MPa, mais preferencialmente, entre cerca de 1200 MPa e cerca de 5000 MPa, e, com máxima preferência, entre cerca de 1500 MPa e cerca de 3000 MPa. A T_g in situ do revestimento secundário está, preferencialmente, entre cerca de 50 °C e cerca de 120 °C, mais preferencialmente, entre cerca de 50 °C e cerca de 100 °C. Em uma modalidade, o revestimento secundário **14** tem uma espessura que é menor que cerca de 40 μm , mais preferencialmente, está entre cerca de 20 a cerca de 40 μm , com máxima preferência, entre cerca de 20 a cerca de 30 μm .

[0043] Outros materiais adequados para o uso em materiais de revestimento externo (ou secundário), bem como considerações relacionadas a esses materiais, são bem conhecidos na técnica e são descritos, por exemplo, nas Patentes n° US 4.962.992 e 5.104.433 por Chapin. Como uma alternativa a esses, revestimentos de módulos altos também foram obtidos com o uso de sistemas de revestimento de teor de oligômero baixo, como descrito na Patente n° US 6.775.451 por Botelho et al., e Patente n° US 6.689.463 por Chou et al. Além disso, componentes reativos não oligoméricos foram usados para obter revestimentos de módulos altos, como descrito na Publicação de Pedido de Patente n° US 20070100039 por Schissel et al. Os revestimentos externos são, tipicamente, aplicados à fibra anteriormente revestida (com ou sem cura anterior) e,

subsequentemente, curados, como será descrito em maiores detalhes abaixo no presente documento. Diversos aditivos que aprimoram uma ou mais propriedades do revestimento também podem estar presentes, incluindo antioxidantes, compostos de PAG, fotossensibilizadores, catalisadores, lubrificantes, resinas de não reticulação de peso molecular baixo, estabilizantes, tensoativos, agentes de superfície, aditivos de deslizamento, ceras, politetrafluoroetileno micronizado, etc. O revestimento secundário também pode incluir uma tinta, conforme é bem conhecido na técnica.

[0044] As composições adequadas para o revestimento secundário ou externo **14** incluem, porém sem limitação, cerca de 0 a 20 por cento em peso de um ou mais oligômeros de acrilato de uretano; cerca de 75 a cerca de 95 por cento em peso de um ou mais monômeros etilenicamente insaturados multifuncionais; cerca de 0 a cerca de 10 por cento em peso de um ou mais monômeros etilenicamente insaturados monofuncionais; cerca de 1 a cerca de 5 por cento em peso de um ou mais fotoiniciadores; cerca de 0 a cerca de 5 pph de um ou mais aditivos de deslizamento; e cerca de 0,5 a cerca de 1,5 pph de um ou mais antioxidantes.

[0045] É conhecido na técnica como formular revestimento de fibra óptica típico para revestimentos primário e secundário para fibra, como descrito acima, bem como para tinta e materiais de matriz para cura com o uso de lâmpadas UV de banda larga. Uma boa discussão dessa tecnologia e química e métodos de teste associados pode ser encontrada nas seções 4.6 no fim do capítulo 4 no livro, "Specialty Optical Fibers Handbook" por A. Mendez e T.F. Morse, © Elsevier Inc. 2007, publicado por Elsevier.

[0046] Um segundo aspecto é uma composição curável por radiação para revestir uma fibra óptica que compreende: um oligômero reativo que compreende pelo menos um grupo polimerizável e uma estrutura principal derivada de um diol que compreende polipropileno glicol; um monômero de diluente reativo; um fotoiniciador; e um ou mais aditivos. A composição curável por radiação do segundo aspecto também possui uma temperatura de transição vítrea líquida ($T_{g,rheo}$), uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C e uma terceira viscosidade a 85 °C; em que, pelo menos uma ou ambas dentre as seguintes condições são satisfeitas:

(1) a $T_{g,rheo}$ da composição curável por radiação é menor que -81.5 °C, ou de -120 a -80 °C, ou de -115 a -80 °C, ou de -110 a -80 °C, ou de -100 a -80 °C, ou de -120 a -82 °C, ou de -115 a -82 °C, ou de -110 a -82 °C, ou de -100 a -82 °C, ou de -120 a -90 °C, ou de -115 a -90 °C, ou de -110 a -90 °C, ou de -100 a -90 °C; ou

(2) em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que cerca de 15, ou menor que cerca de 14,4, ou menor que cerca de 13,9, ou menor que cerca de 13, ou menor que 12, ou menor que cerca de 11, ou menor que cerca de 10, ou menor que cerca de 9, ou menor que cerca de 7.

[0047] Não obstante, composições primárias curáveis por radiação para revestimento de fibras ópticas, de acordo com a presente invenção, contêm pelo menos dois compostos polimerizáveis etilenicamente insaturados, incluindo pelo menos um monômero de diluente reativo e um oligômero

curável por radiação, bem como um ou mais fotoiniciadores, e um pacote de aditivo opcional. Tais componentes descritos abaixo podem ser usados em composições curáveis por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos da presente invenção, incluindo revestimentos usados nas fibras ópticas, de acordo com o primeiro aspecto, as composições do segundo aspecto, e similares.

Compostos Polimerizáveis Etilenicamente Insaturados

[0048] Os compostos polimerizáveis etilenicamente insaturados podem conter uma ou mais que uma ligação dupla olefínica. Os mesmos podem ser compostos de peso molecular baixo (monoméricos) ou de peso molecular alto (oligoméricos).

Monômeros de Diluente Reativo

[0049] Exemplos típicos de monômeros de peso molecular inferior que contêm uma ligação dupla são acrilatos ou metacrilatos de alquila ou hidroxialquila, por exemplo, metila, etila, butila, 2-etil-hexila e acrilato de 2-hidroxi-etila, acrilato de isobornila, metacrilato de metila e etila, lauril-acrilato, acrilato de nonil-fenol etoxilado, e acrilato de dietileno-glicol-etil-hexila (DEGEHA). Exemplos adicionais desses monômeros são acrilonitrila, acrilamida, metacrilamida, (met)acrilamidas N-substituídas, vinil ésteres, como acetato de vinila, estireno, alquilestirenos, haloestirenos, N-vinilpirrolida, N-vinilcaprolactama, cloreto de vinila e cloreto de vinilideno. Exemplos de monômeros que contêm mais que uma ligação dupla são diacrilato de etileno glicol, diacrilato de propileno glicol, diacrilato de neopentil glicol, diacrilato de hexametileno glicol,

diacrilato de bisfenol A, 4,4'-bis(2-acriloiloxietoxi)difenilpropano, triacrilato de trimetilolpropano, pentaeritritol triacrilato e tetraacrilato, acrilato de vinila, divinil benzeno, succinato de divinila, ftalato de dialila, fosfato de trialila, isocianurato de trialila ou tris(2-acriloiletil)isocianurato.

[0050] Um ou mais dos monômeros de diluente reativo anteriormente mencionados pode ser empregado em composições, de acordo com a presente invenção, em qualquer quantidade adequada, e pode ser escolhido sozinho ou em combinação de um ou mais dos tipos enumerados no presente documento. Em uma modalidade preferida, o componente de monômero de diluente reativo está presente em uma quantidade, com relação ao peso inteiro da composição, de cerca de 5 % em peso a cerca de 90 % em peso, ou de cerca de 10 % em peso a cerca de 90 % em peso, ou de cerca de 10 % em peso a cerca de 80 % em peso, ou de cerca de 10 % em peso a cerca de 60 % em peso.

Oligômeros

[0051] De modo geral, os materiais de revestimento de fibra óptica compreendem como um oligômero um oligômero de acrilato de uretano, que compreende um grupo acrilato, grupos uretano e uma estrutura principal. A estrutura principal é derivada de um poliol que foi reagido com um isocianato, como um di-isocianato, um poli-isocianato, e um hidroxialquilacrilato.

[0052] Exemplos de polióis adequados são polióis poliéter, polióis poliéster, polióis de policarbonato, polióis de policaprolactona, polióis acrílicos, e outros

polióis. Esses polióis podem ser usados individualmente ou em combinações de dois ou mais. Em uma modalidade preferida, a estrutura principal do oligômero de acrilato de uretano compreende um composto derivado de um polipropileno glicol (PPG). Como usado no presente documento, um composto derivado de um polipropileno glicol inclui um PPG encapado, como um EO-PPG encapado. Não há limitações específicas quanto a maneira de polimerização das unidades estruturais nesses polióis. Cada uma dentre a polimerização aleatória, polimerização em bloco ou polimerização de enxerto é aceitável.

[0053] Como usado no presente documento, um copolímero em bloco significa uma porção de um oligômero ou polímero, que compreende diversas unidades constitucionais, em que pelo menos uma unidade constitucional compreende um recurso que não está presente em porções adjacentes. Como usado no presente documento, copolímeros em mono, di e tribloco se referem à quantidade média de um bloco particular presente no oligômero. Em uma modalidade preferida, o bloco particular se refere a um bloco de poliéter, que é derivado de um ou mais dos polióis, preferencialmente, polióis poliéter, descritos em outro lugar no presente documento. Em uma modalidade, o bloco ao qual um copolímero em mono, di e/ou tribloco se refere a um bloco de poliéter que é derivado de um ou mais dos polióis, descritos em outro lugar no presente documento. Em uma modalidade, um copolímero em monobloco pode ser descrito como um copolímero que tem apenas uma média de cerca de 1, ou de cerca de 0,9 a menos que 1,5 unidades de um bloco particular, como um bloco de poliéter. Em uma modalidade,

um copolímero em dibloco pode ser descrito como um copolímero que tem uma média de cerca de 2, ou de pelo menos 1,5 a menos que 2,5 unidades de um bloco particular, como um bloco de poliéter. Em uma modalidade, um copolímero em tribloco pode ser descrito como um copolímero que tem uma média de cerca de 3, ou de pelo menos 2,5 a menos que 3,5 unidades de um bloco particular, como um bloco de poliéter. O número de unidades de poliéter em um determinado oligômero pode ser determinado pelo número de moléculas de poliálcool poliéter usadas na síntese de um oligômero unitário.

[0054] São dados como exemplos dos polióis poliéter polietileno glicol, polipropileno glicol, copolímero de polipropileno glicol-etilenoglicol, politetrametileno glicol, poli-hexametileno glicol, poli-heptametileno glicol, polidecametileno glicol e dióis poliéter obtidos por copolimerização de abertura em anel de dois ou mais compostos cíclicos polimerizáveis com íon. Aqui, os exemplos dados dos compostos cíclicos polimerizáveis com íon são éteres cíclicos, como óxido de etileno, óxido de isobuteno, tetra-hidrofurano, 2-metiltetra-hidrofurano, 3-metiltetra-hidrofurano, dioxano, trioxano, tetraoxano, óxido de ciclo-hexeno, óxido de estireno, epicloro-hidrina, monóxido de isopreno, oxetano de vinila, vinil tetra-hidrofurano, óxido de vinil ciclo-hexeno, éter de fenil glicidila, éter de butil glicidila e benzoato de glicidila. Exemplos específicos de combinações de dois ou mais compostos cíclicos polimerizáveis com íon incluem combinações para produzir um copolímero binário, como tetra-hidrofurano e 2-metiltetra-hidrofurano, tetra-

hidrofurano e 3-metiltetra-hidrofurano, e tetra-hidrofurano e óxido de etileno; e combinações para produzir um copolímero ternário, como uma combinação de tetra-hidrofurano, 2-metiltetra-hidrofurano, e óxido de etileno, uma combinação de tetra-hidrofurano, óxido de buteno-1 e óxido de etileno, e similares. Os copolímeros com abertura em anel desses compostos cíclicos polimerizáveis com íon podem ser copolímeros aleatórios ou copolímeros em bloco.

[0055] São incluídos nesses polióis poliéster produtos comercialmente disponibilizados sob os nomes de marca, por exemplo, PTMG1000, PTMG2000 (fabricado por Mitsubishi Chemical Corp.), PEG#1000 (fabricado por Nippon Oil e Fats Co., Ltd.), PTG650 (SN), PTG1000 (SN), PTG2000 (SN), PTG3000, PTGL1000, PTGL2000 (fabricado por Hodogaya Chemical Co., Ltd.), PEG400, PEG600, PEG1000, PEG1500, PEG2000, PEG4000, PEG6000 (fabricado por Dai-ichi Kogyo Seiyaku Co., Ltd.) e Pluronic (por BASF).

[0056] Dióis poliéster obtidos reagindo-se um álcool poli-hídrico e um ácido polibásico são dados como exemplos dos polióis poliéster. Podem ser fornecidos como exemplos do álcool poli-hídrico, etileno glicol, polietileno glicol, tetrametileno glicol, politetrametileno glicol, 1,6-hexanodiol, 3-metil-1,5-pentanodiol, 1,9-nonanediol, 2-metil-1,8-octanodiol, e similares. Podem ser fornecidos como exemplos do ácido polibásico, ácido ftálico, ácido dimérico, ácido isoftálico, ácido tereftálico, ácido maleico, ácido fumárico, ácido adípico, ácido sebácico, e similares.

[0057] Esses compostos de poliálcool poliéster são comercialmente disponibilizados sob os nomes de marca, como

MPD/IPA500, MPD/IPA1000, MPD/IPA2000, MPD/TPA500, MPD/TPA1000, MPD/TPA2000, Kurapol A-1010, A-2010, PNA-2000, PNOA-1010, e PNOA-2010 (fabricados por Kuraray Co., Ltd.).

[0058] Podem ser fornecidos como exemplos dos polióis de policarbonato, policarbonato de politetra-hidrofurano, poli(hexanodiol carbonato), poli (nonanodiol carbonato), poli(3-metil-1,5-pentametileno carbonato), e similares.

[0059] Pode ser fornecidos como produtos comercialmente disponíveis desses polióis de policarbonato, DN-980, DN-981 (fabricado por Nippon Polyuretano Industry Co., Ltd.), Priplast 3196, 3190, 2033 (fabricado por Unichema), PNOC-2000, PNOC-1000 (fabricado por Kuraray Co., Ltd.), PLACCEL CD220, CD210, CD208, CD205 (fabricado por Daicel Chemical Industries, Ltd.), PC-THF-CD (fabricado por BASF), e similares.

[0060] Dióis policaprolactona obtidos reagindo-se e-caprolactona e um composto de diol são fornecidos como exemplos dos polióis de policaprolactona que têm um ponto de fusão de 0 °C ou superior. Aqui, são dados como exemplos do composto de diol, etileno glicol, polietileno glicol, polipropileno glicol, polipropileno glicol, tetrametileno glicol, politetrametileno glicol, 1,2-polibutileno glicol, 1,6-hexanodiol, neopentil glicol, 1,4-ciclohexanodimetanol, 1,4-butanodiol, e similares.

[0061] Produtos comercialmente disponíveis desses polióis de policaprolactona incluem PLACCEL 240, 230, 230ST, 220, 220ST, 220NP1, 212, 210, 220N, 210N, L230AL, L220AL, L220PL, L220PM, L212AL (todos fabricados por Daicel Chemical Industries, Ltd.), Raucarb 107 (por Enichem), e similares.

[0062] Podem ser dados como exemplos de outros polióis etileno glicol, 1,4-butanodiol, 1,5-pentanodiol, 1,6-hexanodiol, éter de polioxoetileno bisfenol A, éter de polioxopropileno bisfenol A, éter de polioxoetileno bisfenol F, éter de polioxopropileno bisfenol F, e similares.

[0063] Como esses outros polióis, aqueles que tem uma estrutura de óxido de alquileno na molécula, em particular polióis poliéter, são preferidos. Em uma modalidade, polióis que contêm politetrametileno glicol e glicóis de copolímero de óxido de butileno e óxido de etileno são particularmente preferidos.

[0064] O peso molecular numérico médio derivado do número de hidroxila desses polióis é, frequentemente, de cerca de 50 a cerca de 15000, e, preferencialmente, de cerca de 1000 a cerca de 8000. Como usado no presente documento, salvo se especificado o contrário, o peso molecular se refere a um peso molecular numérico médio, como especificado em gramas/mol (g/mol).

[0065] São fornecidos como exemplos do poli-isocianato usado para o oligômero, di-isocianato de 2,4-tolileno, di-isocianato de 2,6-tolileno, di-isocianato de 1,3-xilileno, di-isocianato de 1,4-xilileno, di-isocianato de 1,5-naftaleno, di-isocianato de m-fenileno, di-isocianato de p-fenileno, di-isocianato de 3,3'-dimetil-4,4'-difenilmetano, di-isocianato de 4,4'-difenilmetano, di-isocianato de 3,3'-dimetilfenileno, di-isocianato de 4,4'-bifenileno, 1,6-di-isocianato de hexano, di-isocianato de isoforono, metilenobis(4-ciclo-hexilisocianato), di-isocianato de 2,2,4-trimetil-hexametileno, bis(2-isocianato-

etil)fumarato, di-isocianato de 6-isopropil-1,3-fenila, di-isocianato de 4-difenilpropano, di-isocianato de difenilmetano hidrogenado, di-isocianato de xilileno hidrogenado, di-isocianato de tetrametil xilileno, isocianato de lisina, e similares. Esses compostos de poli-isocianato podem ser usados individualmente ou em combinações de dois ou mais. Poli-isocianatos preferidos são di-isocianato de isoforono, di-isocianato de 2,2,4-trimetil-hexametileno, di-isocianato de 2,4-tolileno e di-isocianato de 2,6-tolileno.

[0066] Exemplos do (met)acrilato que contém grupo hidroxila usado no oligômero, incluem, (met)acrilatos derivado de ácido e epóxi (met)acrílico e (met)acrilatos que compreendem óxidos alquilenos, mais particularmente, 2-hidroxietil (met)acrilato, 2-hidroxipropilacrilato e 2-hidroxí-3-oxifenil(met)acrilato. Grupos acrilato funcionais são preferidos no lugar de metacrilatos.

[0067] A razão de poliol, poli-isocianato, e (met)acrilato que contém grupo hidroxila usados para preparar o (met)acrilato de uretano é determinada de modo que cerca de 1,1 a cerca de 3 equivalentes de um grupo isocianato incluído no poli-isocianato e cerca de 0,1 a cerca de 1,5 equivalentes de um grupo hidroxila incluído no (met)acrilato que contém grupo hidroxila são usados para um equivalente do grupo hidroxila incluído no glicol.

[0068] Na reação desses três componentes, um catalisador de uretanização, como naftenato de cobre, naftenato de cobalto, naftenato de zinco, dilaurato de estanho de di-n-butila, trietilamina, e trietilenodiamina-2-metiltrielenoamina, é frequentemente usado em uma

quantidade de cerca de 0,01 a cerca de 1 % em peso da quantidade total do reagente. A reação é realizada a uma temperatura de cerca de 10 a cerca de 90 °C, e preferencialmente, de cerca de 30 a cerca de 80 °C.

[0069] O peso molecular numérico médio do (met)acrilato de uretano usado na composição da presente invenção é, preferencialmente, na faixa de cerca de 600 a cerca de 20000, e, mais preferencialmente, de cerca de 2200 a cerca de 10000. Se o peso molecular numérico médio do (met)acrilato de uretano for menor que cerca de 100, a composição de resina tende a se solidificar; por outro lado, se o peso molecular numérico médio for maior que cerca de 20000, a viscosidade da composição se torna alta, tornando o manuseio da composição difícil. Os oligômeros que têm um peso molecular numérico médio entre cerca de 2200 e cerca de 5500 são particularmente preferidos para revestimentos primários internos.

[0070] Outros oligômeros que podem ser usados incluem (met)acrilato de poliéster, (met)acrilato de epóxi, (met)acrilato de poliamida, polímero de siloxano que tem um grupo (met)acriloilóxi, um polímero reativo obtido reagindo-se ácido (met)acrílico e um copolímero de metacrilato de glicidila e outros monômeros polimerizáveis, e similares. São particularmente preferidos oligômeros de acrilato à base de bisfenol A, como bisfenol-A-diacrilato e diglicidil-bisfenol-A-diacrilato alcoxilados.

[0071] Além dos componentes descritos acima, outros oligômeros ou polímeros curáveis podem ser adicionados à composição de resina curável líquida da presente invenção na medida em que as características da composição de resina

curável líquida não são adversamente afetadas.

[0072] Oligômeros preferidos são oligômeros de acrilato à base de poliéter, oligômeros de acrilato de policarbonato, oligômeros de acrilato de poliéster, oligômeros de acrilato alquilado e oligômeros acrílicos acrilatados. São mais preferidos os oligômeros que contêm uretano dos mesmos. São ainda mais preferidos oligômeros de acrilato de poliéter uretano e oligômeros de acrilato de uretano que usam mesclas dos polióis acima, e são particularmente preferidos oligômeros de acrilato de poliéter uretano alifáticos. O termo "alifático" se refere a um poli-isocianato completamente alifático usado.

[0073] No entanto, oligômeros de acrilato isentos de uretano, como oligômeros acrílicos acrilatados isentos de uretano, oligômeros de acrilato isentos de poliéster uretano e oligômeros de acrilato alquídico isentos de uretano também são preferidos. Exemplos de tais compostos poli insaturados de peso molecular alto (oligomericos) são resinas epóxi acrilatadas e poliésteres acrilatados. Exemplos adicionais de oligômeros insaturados são resinas poliéster insaturadas, que são frequentemente preparadas a partir de ácido maleico, ácido ftálico e um ou mais dióis e que têm pesos moleculares maiores que cerca de 500. Oligômeros insaturados desse tipo também são conhecidos como pré-polímeros. Exemplos típicos de compostos insaturados são ésteres de ácidos carboxílicos e polióis ou poliepóxidos etilenicamente insaturados, e polímeros que contêm grupos etilenicamente insaturados na cadeia ou em grupos laterais, incluindo poliésteres, poliamidas e copolímeros insaturados dos mesmos, copolímeros de

polibutadieno e butadieno, copolímeros de poli-isopreno e isopreno, polímeros e copolímeros que contêm grupos (met)acrílicos em cadeias laterais, bem como misturas de um ou mais que um polímero. Exemplos ilustrativos de ácidos carboxílicos insaturados são ácido acrílico, ácido metacrílico, ácido crotônico, ácido itacônico, ácido cinâmico, ácidos graxos insaturados, como ácido linolênico ou ácido oleico. Polióis adequados são polióis aromáticos, alifáticos e cicloalifáticos. Polióis aromáticos são, tipicamente, hidroquinona, 4,4'-di-hidroxi-difenila, 2,2-bis(4-hidroxifenil)propano, bem como novolacas e cresóis. Poliepóxidos incluem aqueles à base dos polióis citados, por exemplo, nos polióis aromáticos e epicloro-hidrina.

[0074] Polióis adicionalmente adequados são polímeros e copolímeros que contêm grupos hidroxila na cadeia polimérica ou em grupos laterais, por exemplo, álcool polivinílico e copolímeros dos mesmos ou polimetacrilatos de hidroxialquila ou copolímeros dos mesmos. Outros polióis adequados são oligoésteres que carregam grupos de extremidade hidroxila. Exemplos ilustrativos de polióis alifáticos e cicloalifáticos são alquilenodióis que contêm, por exemplo, 2 a 12 átomos de carbono, incluindo etileno glicol, 1,2- ou 1,3-propanodiol, 1,2-, 1,3- ou 1,4-butanodiol, pentanodiol, hexanodiol, octanodiol, dodecanodiol, dietileno glicol, trietileno glicol, polietileno glicóis que têm pesos moleculares de, por exemplo, 200 a 1500, 1,3-ciclopentanodiol, 1,2-, 1,3- ou 1,4-ciclo-hexanodiol, 1,4-di-hidroximetilciclo-hexano, glicerol, tris(-hidroxietil)amina, trimetiloletano, trimetilolpropano, pentaeritritol, dipentaeritritol e

sorbitol. Os polióis podem ser parcial ou completamente esterificados com um ou com diferentes ácidos carboxílicos insaturados, em tal caso os grupos hidroxila livres dos ésteres parciais podem ser modificados, por exemplo, eterificados, ou esterificados com outros ácidos carboxílicos. Exemplos ilustrativos de ésteres são: triacrilato de trimetilolpropano, triacrilato de trimetiloletano, triacrilato de trimetilolpropano, triacrilato de trimetiloletano, dimetacrilato de tetrametileno glicol, dimetacrilato de trietileno glicol, diacrilato de tetraetileno glicol, diacrilato de pentaeritritol, triacrilato de pentaeritritol, tetraacrilato de pentaeritritol, diacrilato de dipentaeritritol, triacrilato de dipentaeritritol, tetraacrilato de dipentaeritritol, pentacrilato de dipentaeritritol, hexacrilato de dipentaeritritol, octacrilato de tripentaeritritol, dimetacrilato de pentaeritritol, trimetacrilato de pentaeritritol, dimetacrilato de dipentaeritritol, tetrametacrilato de dipentaeritritol, octametacrilato de tripentaeritritol, di-itaconato de pentaeritritol, trisitaconato de dipentaeritritol, pentaitaconato de dipentaeritritol, hexaitaconato de dipentaeritritol, diacrilato de etilenoglicol, diacrilato de 1,3-butanodiol, dimetacrilato de 1,3-butanodiol, di-itaconato de 1,4-butanodiol, triacrilato de sorbitol, tetraacrilato de sorbitol, triacrilato modificado por pentaeritritol, tetrametacrilato de sorbitol, pentacrilato de sorbitol, hexacrilato de sorbitol, acrilatos de oligoéster e metacrilatos, di e triacrilato de glicerol, 1,4-ciclo-hexanodiacrilato, bisacrilatos e bismetacrilatos

de polietileno glicol que têm pesos moleculares de 200 a 1500, ou misturas dos mesmos. Monômeros e oligômeros polifuncionais são disponibilizados, por exemplo, pela UCB Chemicals de Smyrna, Georgia, e Sartomer de Exton, Pensilvânia.

[0075] Um ou mais do oligômero etilenicamente insaturado mencionados pode ser empregado em composições, de acordo com a presente invenção, em qualquer quantidade adequada, e pode ser escolhido sozinho ou em combinação de um ou mais dos tipos enumerados no presente documento. Em uma modalidade preferida, o componente de oligômero etilenicamente insaturado está presente em uma quantidade, com relação ao peso inteiro da composição, de cerca de 5 % em peso a cerca de 90 % em peso, ou de cerca de 10 % em peso a cerca de 90 % em peso, ou de cerca de 10 % em peso a cerca de 80 % em peso, ou de cerca de 10 % em peso a cerca de 60 % em peso.

Componente Fotoiniciador de Radical Livre

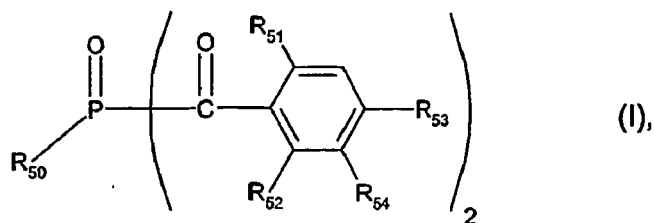
[0076] Em modalidades preferidas, a resina curável por radiação líquida para revestir uma fibra óptica da presente invenção inclui um componente fotoiniciador de radical livre. O fotoiniciador é um composto que se altera quimicamente devido à ação da luz ou à sinergia entre a ação da luz e a excitação eletrônica de um corante sensibilizante para produzir pelo menos um dentre um radical, um ácido e uma base.

[0077] De acordo com uma modalidade da presente invenção, o fotoiniciador de radical livre é um fotoiniciador de óxido de acilfosfina. Fotoiniciadores de óxido de acilfosfina são revelados, por exemplo, nas

Patentes nº US 4324744, US 4737593, US 5942290, US 5534559, US 6020529, US 6486228 e US 6486226.

[0078] Os fotoiniciadores de óxido de acilfosfina são óxidos de bisacilfosfina (BAPO) ou óxidos de monoacilfosfina (MAPO).

[0079] Os fotoiniciadores de óxido de bisacilfosfina são da fórmula I:



em que R₅₀ é C₁-C₁₂ alquila, ciclo-hexila ou fenila que é não substituída ou é substituída por 1 a 4 halogênios ou C₁-C₈ alquila;

R₅₁ e R₅₂ são, cada um, independentemente um do outro C₁-C₈ alquila ou C₁-C₈ alcóxi;

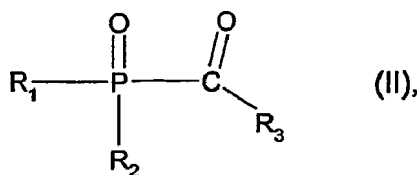
R₅₃ é hidrogênio ou C₁-C₈ alquila; e

R₅₄ é hidrogênio ou metila.

[0080] Por exemplo, R₅₀ é C₂-C₁₀ alquila, ciclo-hexila ou fenila que é não substituída ou é substituída por 1 a 4 C₁-C₄ alquila, Cl ou Br. Outra modalidade é em que R₅₀ é C₃-C₈ alquila, ciclo-hexila ou fenila que é não substituída ou é substituída nas posições 2, 3, 4 ou 2,5 por C₁-C₄ alquila. Por exemplo, R₅₀ é C₄-C₁₂ alquila ou ciclo-hexila, R₅₁ e R₅₂ são, cada um, independentemente um do outro C₁-C₈ alquila ou C₁-C₈ alcóxi e R₅₃ é hidrogênio ou C₁-C₈ alquila. Por exemplo, R₅₁ e R₅₂ são C₁-C₄ alquila ou C₁-C₄ alcóxi e R₅₃ é hidrogênio ou C₁-C₄ alquila. Outra modalidade é em que R₅₁ e R₅₂ são metila ou metóxi e R₅₃ é hidrogênio ou metila. Por

exemplo R_{51} , R_{52} e R_{53} são metila. Outra modalidade é em que R_{51} , R_{52} e R_{53} são metila e R_{54} é hidrogênio. Outra modalidade é em que R_{50} é C_3 - C_8 alquila. Por exemplo, R_{51} e R_{52} são metóxi, R_{53} e R_{54} são hidrogênio e R_{50} é iso-octila. Por exemplo, R_{50} é isobutila. Por exemplo, R_{50} é fenila. O presente fotoiniciador de óxido de bisacilfosfina é, por exemplo, óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoil)-fenilfosfina (CAS# 162881-26-7) ou é óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoil)-(2,4-bis-pentiloxifenil)fosfina.

[0081] Os fotoiniciadores de óxido de monoacilfosfina são da fórmula II:



em que

R_1 e R_2 , independentemente um do outro, são C_1 - C_{12} alquila, benzila, fenila que é não substituída ou substituída de uma a quatro vezes por halogênio, C_1 - C_8 alquila e/ou C_1 - C_8 alcóxi, ou são ciclo-hexila ou um grupo $-\text{COR}_3$, ou

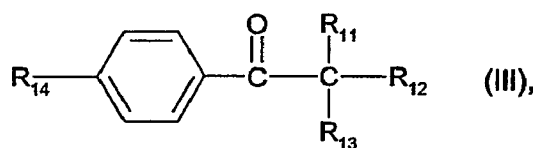
R_1 é $-\text{OR}_4$;

R_3 é fenila que é não substituída ou substituída de uma a quatro vezes por C_1 - C_8 alquila, C_1 - C_8 alcóxi, C_1 - C_8 alquiltio e/ou halogênio; e

R_4 é C_1 - C_8 alquila, fenila ou benzila. Por exemplo, R_1 é $-\text{OR}_4$. Por exemplo, R_2 é fenila que é não substituída ou substituída de uma a quatro vezes por halogênio, C_1 - C_8 alquila e/ou C_1 - C_8 alcóxi. Por exemplo, R_3 é fenila que é não substituída ou substituída de uma a quatro vezes por C_1 - C_8 alquila. Por exemplo, o

presente óxido de monoacilfosfina é óxido de 2,4,6-trimetilbenzoiletóxifenilfosfina (CAS# 84434-11-7) ou óxido de 2,4,6-trimetilbenzoildifenilfosfina (CAS# 127090-72-6).

[0082] As composições, de acordo com a presente invenção, também podem empregar fotoiniciadores adicionais, por exemplo, fotoiniciadores α -hidróxi cetona da fórmula III:



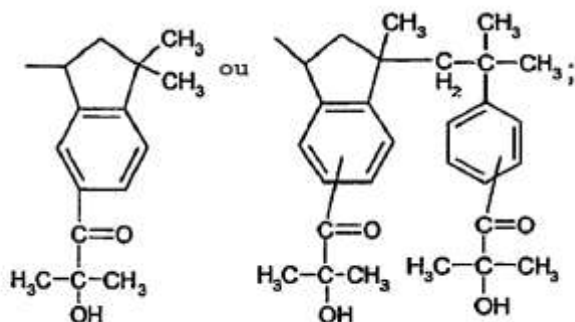
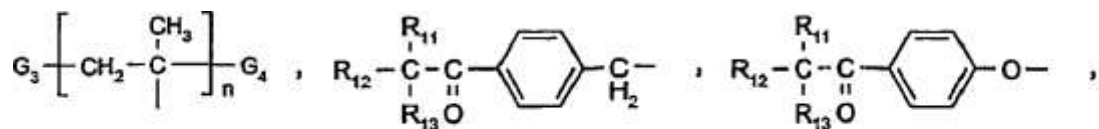
em que

R_{11} e R_{12} , independentemente um do outro, são hidrogênio, C_1-C_6 , alquila, fenila, C_1-C_6 , alcóxi, $OSiR_{16}(R_{17})_2$ ou $-O(CH_2CH_2O)_q-C_1-C_6$ alquila, ou

R_{11} e R_{12} , juntamente com o átomo de carbono ao qual os mesmos são fixados, formam um anel de ciclo-hexila; q é um número de 1 a 20;

R_{13} é OH, C_1-C_{16} alcóxi ou $-O(CH_2CH_2O)_q-C_1-C_6$ alquila;

R_{14} é hidrogênio, C_1-C_{18} alquila, C_1-C_{12} hidroxialquila, C_1-C_{18} alcóxi, $-OCH_2CH_2-OR_{15}$, $-CH=CH_2$, $-C(CH_3)=CH_2$ ou é



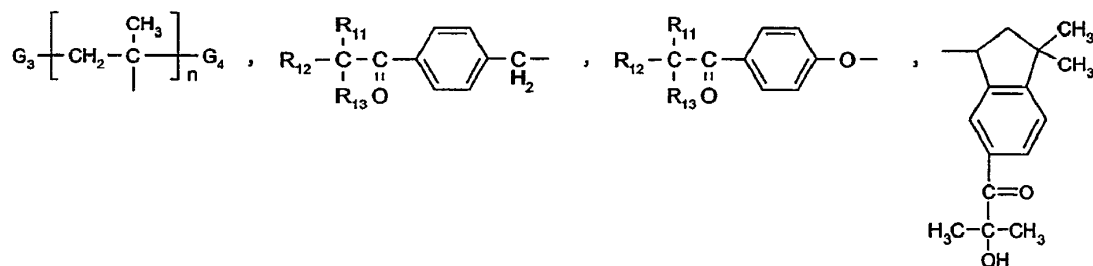
n é um número de 2 a 10;

R_{15} é hidrogênio, $-\text{COCH}=\text{CH}_2$ ou $-\text{COC}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$;

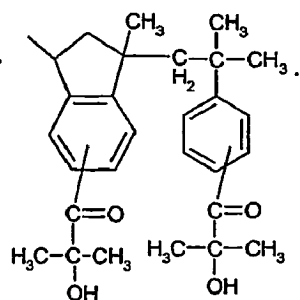
R_{16} e R_{17} independentemente um do outro, são $\text{C}_1\text{-C}_8$ alquila ou fenila; e

G_3 e G_4 , independentemente um do outro, são grupos de extremidade da estrutura polimérica, preferencialmente, hidrogênio ou metila.

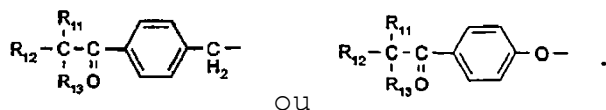
[0083] Os fotoiniciadores α -hidróxi cetona que são de interesse são aqueles em que R_{11} e R_{12} , independentemente um do outro, são hidrogênio, $\text{C}_1\text{-C}_6$ alquila ou fenila ou R_{11} e R_{12} , juntamente com o átomo de carbono ao qual os mesmos são fixados, formam um anel de ciclo-hexila, R_{13} é OH, e R_{14} é hidrogênio, $\text{C}_1\text{-C}_{12}$ alquila, $\text{C}_1\text{-C}_{12}$ alcóxi, $-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OR}_{15}$, $-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$ ou é



ou



[0084] Por exemplo, adequados como os fotoiniciadores α -hidróxi cetona são aqueles em que R_{11} e R_{12} , independentemente um do outro, são metila ou etila ou R_{11} e R_{12} , juntamente com o átomo de carbono ao qual os mesmos são fixados, formam um anel de ciclo-hexila, R_{13} é hidrogênio e R_{14} é hidrogênio, C_1 - C_4 alquila, C_1 - C_4 alcóxi ou $-OCH_2CH_2OH$. Os compostos também são de interesse, em que R_{14} é



[0085] Por exemplo, fotoiniciadores α -hidróxi cetona adequados são α -hidroxiciclo-hexil fenil cetona, 2-hidroxi-2-metil-1-fenilpropanona, 2-hidroxi-2-metil-1-(4-isopropilfenil)propanona, 2-hidroxi-2-metil-1-(4-dodecilfenil)propanona, 2-hidroxi-1-{4-[4-(2-hidroxi-2-metil-propionil)-benzil]-fenil}-2-metil-propan-1-ona e 2-hidroxi-2-metil-1-[(2-hidroxietoxi)fenil]propanona.

[0086] O presente fotoiniciador α -hidróxi cetona é, por exemplo, α -hidroxiciclo-hexilfenil cetona ou 2-hidroxi-2-metil-1-fenil-1-propanona. Alquila de cadeia linear ou ramificada é, por exemplo, metila, etila, propila,

isopropila, butila, isobutila, sec-butila, terc-butila, pentila, isopentila, iso-octila, hexila, heptila, octila, nonila, decila ou dodecila. De modo semelhante, alcóxi ou alquiltio são das mesmas cadeias lineares ou ramificadas.

[0087] Os fotoiniciadores, de acordo com a presente invenção, podem ser empregados unicamente ou em combinação de um ou mais como uma mescla. As mesclas de fotoiniciadores adequadas (mesclas de PI) são, por exemplo, reveladas na Patente n° US 6.020.528 e no pedido de Patente n° US 60/498.848. As presentes mesclas de PI (fotoiniciador) são, por exemplo, uma mistura de óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoil)fenilfosfina (CAS# 162881-26-7) e óxido de 2,4,6,-trimetilbenzoiletóxifenilfosfina (CAS# 84434-11-7) e, razões em peso de cerca de 1:11, 1:10, 1:9, 1:8 ou 1:7.

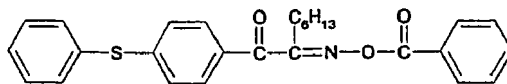
[0088] Outra mescla de **PI** especialmente adequada é uma mistura de óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoil)fenilfosfina, óxido de 2,4,6,-trimetilbenzoiletóxifenilfosfina e 2-hidroxi-2-metil-1-fenil-1-propanona (CAS# 7473-98-5) em razões em peso de, por exemplo, cerca de 3:1:15 ou 3:1:16 ou 4:1:15 ou 4:1:16. Outra mescla de PI adequada é uma mistura de óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoil)fenilfosfina e 2-hidroxi-2-metil-1-fenil-1-propanona em razões em peso de, por exemplo, cerca de 1:3, 1:4 ou 1:5. O presente PI de óxido de acilfosfina ou mescla de PI está presente nas composições curáveis por radiação de cerca de 0,2 a cerca de 10 % em peso, com base no peso da composição. Por exemplo, o PI ou a mescla de PI está presente de cerca de 0,5 a cerca de 8 %, cerca de 1 a cerca de 7 %, ou cerca de 2, 3, 4, 5 ou 6 % em peso com base no peso da composição

curável por radiação.

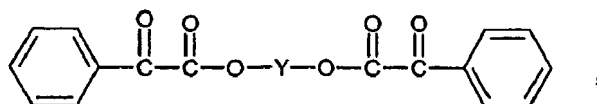
[0089] Outros fotoiniciadores adequados, de acordo com essa invenção, são, por exemplo, outros óxidos de mono ou bisacilfosfina, como óxido de difenil-2,4,6-trimetilbenzoilfosfina ou óxido de bis(2,6-dimetoxibenzoil)-2,4,4-trimetilpentilfosfina; α -hidroxicetonas, como 1-hidroxiciclo-hexilfenilcetona ou 2-hidroxi-1-[4-(2-hidroxietoxi)fenil]-2-metil-1-propanona; α -aminocetonas, como 2-metil-1-[4-(metiltio)fenil]-2-(4-morfolinil)-1-propanona, 2-benzil-2-(dimetilamino)-1-[4-(4-morfolinil)fenil]-1-butanona, 2-(4-metilbenzil-2-(dimetilamino)-1-[4-(4-morfolinil)fenil]-1-butanona ou 2-benzil-2-(dimetilamino)-1-[3,4-dimetoxifenil]-1-butanona; benzofenonas, como benzofenona, 2,4,6-trimetilbenzofenona, 4-metilbenzofenona, 2-metilbenzofenona, 2-metoxicarbonilbenzofenona, 4,4'-bis(clorometil)-benzofenona, 4-clorobenzofenona, 4-fenilbenzofenona, 4,4'-bis(dimetilamino)-benzofenona, 4,4'-bis(dietilamino)benzofenona, metil2-benzoilbenzoato, 3,3'-dimetil-4-metoxibenzofenona, 4-(4-metilfeniltio)benzofenona, 2,4,6-trimetil-4'-fenilbenzofenona ou 3-metil-4'-fenilbenzofenona; compostos acetais, por exemplo, 2,2-dimetoxi-1,2-difenil-etanona; e ésteres de ácido fenilgloxílico monoméricos ou diméricos, como éster de ácido metilfenilgloxílico, 5,5'-oxodi(etileno-oxidicarbonilfenil) ou 1,2-(benzoilcarboxi)etano.

[0090] Outros fotoiniciadores adequados empregados, de acordo com essa invenção, com ou sem fotoiniciadores de óxido de acilfosfina, são, por exemplo, ésteres de oxima,

como revelado Patente n° US 6.596.445. Um fotoiniciador de éster de oxima adequado é, por exemplo:



[0091] Outra classe de fotoiniciadores adequados, de acordo com essa invenção, com ou sem fotoiniciadores de óxido de acilfosfina, são, por exemplo, glioxalatos de fenila, por exemplo, como revelados na Patente n° US 6.048.660. Por exemplo, glioxalatos de fenila da fórmula:



em que Y é C₁-C₁₂ alquilenos, ciclo-hexileno, C₂-C₄₀ alquilenos interrompido uma ou mais vezes por ciclo-hexileno, O, S, ou NR₃₀, e R₃₀ é hidrogênio, C₁-C₁₂ alquila ou fenila, preferencialmente, Y é CH₂CH₂-O-CH₂CH₂.

[0092] Um ou mais dos fotoiniciadores de radical livre anteriormente mencionados pode ser empregado em composições, de acordo com a presente invenção, em qualquer quantidade adequada, e pode ser escolhido sozinho ou em combinação de um ou mais dos tipos enumerados no presente documento. Em uma modalidade preferida, o componente fotoiniciador de radical livre está presente em uma quantidade, relativa ao peso inteiro da composição, de cerca de 0,1 % em peso a cerca de 10 % em peso, mais preferencialmente, de cerca de 0,1 % em peso a cerca de 5 % em peso, mais preferencialmente, de cerca de 1 % em peso a cerca de 5 % em peso.

Aditivos

[0093] Aditivos também são tipicamente adicionados a

revestimentos de fibra óptica para obter determinadas características desejadas, como vida útil aprimorada, estabilidade oxidativa e hidrolítica de revestimento aprimorada, e similares. Há muitos tipos diferentes de aditivos desejáveis, e a invenção discutida no presente documento não se destina a se limitar a esses, não obstante, os mesmos são incluídos nas modalidades previstas, visto que são efeitos desejáveis.

[0094] Exemplos desses são inibidores térmicos, que se destinam a impedir a polimerização pré-matura, em que os exemplos são hidroquinona, derivados de hidroquinona, p-metoxifenol, beta-naftol ou fenóis estericamente impedidos, como 2,6-di(*terc*-butil)-p-cresol. A vida útil no escuro pode ser aumentada, por exemplo, usando-se compostos de cobre, como naftenato de cobre, estearato de cobre ou octoato de cobre, compostos de fósforo, por exemplo, trifenilfosfina, tributilfosfina, trietil fosfito, trifenil fosfito ou tribenzil fosfito, compostos de amônio quaternário, como cloreto de tetrametilamônio ou cloreto de trimetilbenzilamônio.

[0095] A fim de manter o oxigênio atmosférico fora durante a polimerização, a parafina ou substâncias semelhantes a cera podem ser adicionadas; essas migram para a superfície no início da polimerização devido ao fato de terem baixa solubilidade no polímero, e formam a camada de superfície transparente que impede o ingresso de ar. É provavelmente possível aplicar uma camada de barreira de oxigênio.

[0096] Estabilizantes de luz que podem ser adicionados são absorventes de UV, por exemplo, absorventes de UV

comerciais bem conhecidos do tipo hidroxifenilbenzotriazol, hidroxifenil-benzofenona, oxalamida ou hidroxifenil-s-triazina. É possível usar individualmente tais compostos ou misturas dos mesmos, com ou sem o uso de estabilizantes de luz de amina não básica relativamente impedida estericamente (HALS). Aminas estericamente impedidas são, por exemplo, à base de 2,2,6,6-tetrametilpiperidina. Absorventes de UV e aminas estericamente impedidas são, por exemplo:

[0097] 2-(2-Hidroxifenil)-2H-benzotriazóis, por exemplo, hidroxifenil-2H-benzotriazóis e benzotriazóis comerciais conhecidas, como revelado nas Patentes n° US 3.004.896; 3.055.896; 3.072.585; 3.074.910; 3.189.615; 3.218.332; 3.230.194; 4.127.586; 4.226.763; 4.275.004; 4.278.589; 4.315.848; 4.347.180; 4.383.863; 4.675.352; 4.681.905, 4.853.471; 5.268.450; 5.278.314; 5.280.124; 5.319.091; 5.410.071; 5.436.349; 5.516.914; 5.554.760; 5.563.242; 5.574.166; 5.607.987, 5.977.219 e 6.166.218, como 2-(2-hidroxi-5-metilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(3,5-di-t-butil-2-hidroxifenil)-2H-benzotriazol, 2-(2-hidroxi-5-t-butilfenil)-2H-benzotriazóis, 2-(2-hidroxi-5-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 5-cloro-2-(3,5-di-t-butil-2-hidroxifenil)-2H-benzotriazol, 5-cloro-2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-metilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-sec-butil-5-t-butil-2-hidroxifenil)-2H-benzotriazol, 2-(2-hidroxi-4-octiloxifenil)-2H-benzotriazol, 2-(3,5-di-t-amil-2-hidroxifenil)-2H-benzotriazol, 2-(3,5-bis- α -cumil-2-hidroxifenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(ω -hidroxi-octa-(etileno-oxi)carbonil-etil)-, fenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-dodecil-2-hidroxi-5-metilfenil)-2H-

benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-octiloxicarbonil)etilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(2-hidroxi-5-metilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-octiloxicarboniletíl)fenil)-5-cloro-2H-benzotriazol dodecilada, 2-(3-*terc*-butil-5-(2-(2-etil-hexiloxi)-carboniletíl)-2-hidroxifenil)-5-cloro-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-metoxicarboniletíl)fenil)-5-cloro-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-metoxicarboniletíl)fenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-5-(2-(2-etil-hexiloxi)carboniletíl)-2-hidroxifenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-iso-octiloxicarboniletíl)fenil)-2H-benzotriazol, 2,2'-metileno-bis(4-t-octil-(6-2H-benzotriazol-2-il)fenil), 2-(2-hidroxi-3- α -cumil-5-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(2-hidroxi-3-t-octil-5- α -cumilfenil)-2H-benzotriazol, 5-fluoro-2-(2-hidroxi-3,5-di- α -cumilfenil)-2H-benzotriazol, 5-cloro-2-(2-hidroxi-3,5-di- α -cumilfenil)-2H-benzotriazol, 5-cloro-2-(2-hidroxi-3- α -cumil-5-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-iso-octiloxicarboniletíl)fenil)-5-cloro-2H-benzotriazol, 5-trifluorometil-2-(2-hidroxi-3- α -cumil-5-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 5-trifluorometil-2-(2-hidroxi-5-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 5-trifluorometil-2-(2-hidroxi-3,5-di-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 3-(5-trifluorometil-2H-benzotriazol-2-il)-5-t-butil-4-hidroxi-hidrocínato de metila, 5-butilsulfonil-2-(2-hidroxi-3- α -cumil-5-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 5-trifluorometil-2-(2-hidroxi-3- α -cumil-5-t-butilfenil)-2H-benzotriazol, 5-trifluorometil-2-(2-hidroxi-3,5-dit-butilfenil)-2H-benzotriazol, 5-trifluorometil-2-(2-hidroxi-3,5-di- α -cumilfenil)-2H-benzotriazol, 5-

butilsulfonil-2-(2-hidroxi-3,5-di-t-butilfenil)-2H-benzotriazol e 5-fenilsulfonil-2-(2-hidroxi-3,5-di-t-butilfenil)-2H-benzotriazol.

[0098] *2-Hidroxibenzofenonas*, por exemplo, a 4-hidróxi, 4-metóxi, 4-octilóxi, 4-decilóxi, 4-dodecilóxi, 4-benzilóxi, 4,2',4'-tri-hidróxi e derivados de 2'-hidroxi-4,4'-dimetóxi.

[0099] *Ésteres de ácidos benzoicos substituídos e não substituídos*, como, por exemplo, salicilato de 4-*terc*-butilfenila, salicilato de fenila, salicilato de octilfenila, resorcinol de dibenzoíla, resorcinol de bis(4-*terc*-butilbenzoil), resorcinol de benzoíla, 2,4-di-*terc*-butilfenila 3,5-di-*terc*-butil-4-hidroxibenzoato de hexadecila, 3,5-di-*terc*-butil-4-hidroxibenzoato, 3,5-di-*terc*-butil-4-hidroxibenzoato de octadecila, 3,5-di-*terc*-butil-4-hidroxibenzoato de 2-metil-4,6-di-*terc*-butilfenila.

Outros Aditivos

[0100] Para acelerar a fotopolimerização é possível adicionar aceleradores, coiniciadores e autoxidantes, como tióis, tioéteres, dissulfetos e fosfinas, como são descritos, por exemplo, no documento EP-A-438 123 e GB-A-2 180 358.

[0101] A fotopolimerização também pode ser acelerada pela adição de fotossensibilizadores, que alteram ou ampliam a sensibilidade espectral. Esses são, em particular, compostos de carbonila aromática, como derivados de benzofenona, derivados de tioxantona, derivados de antraquinona e derivados de 3-acilcoumarin, e também 3-(aróilmetileno)tiazolinas, e também corantes de eosina, rodamina e eritrosina.

[0102] O procedimento de cura pode ser auxiliado, em particular, por composições que são pigmentadas (por exemplo, com dióxido de titânio), e também pela adição de um componente que forma radicais livres sob condições térmicas, por exemplo, um composto azo, como 2,2'-azobis(4-metoxi-2,4-dimetilvaleronitrilo), um triazeno, um sulfeto de diazo, um pentazadieno ou composto peróxi, como um hidroperóxido ou peroxicarbonato, por exemplo, hidroperóxido de t-butila, como descrito na Patente n° US 4.753.817.

[0103] As composições inovadoras também podem incluir um corante fotorreduzível, por exemplo, corantes de xanteno, benzoxanteno, benzotioxanteno, tiazina, pironina, porpirina ou acridina, e/ou um composto tri-halometila que pode ser clivado por radiação. Composições similares são descritas, por exemplo, na Patente n° US 5.229.253.

[0104] Outros aditivos convencionais podem ser usados dependendo da aplicação destinada. Exemplos incluem branqueadores fluorescentes, cargas, pigmentos, corantes, agentes umectantes ou auxiliadores de nivelamento. Revestimentos espessos e pigmentados também podem conter microesferas de vidro ou fibras de vidro em pó, como descrito na Patente n° US 5.013.768, por exemplo.

[0105] Um ou mais dos aditivos anteriormente mencionados pode ser empregado em composições, de acordo com a presente invenção, em qualquer quantidade adequada, e pode ser escolhido sozinho ou em combinação de um ou mais dos tipos enumerados no presente documento. Em uma modalidade preferida, o componente aditivo está presente em uma quantidade, relativa ao peso inteiro da composição, de

cerca de 0,01 % em peso a cerca de 5 % em peso, mais preferencialmente, de cerca de 0,1 % em peso a cerca de 2 % em peso. De acordo com outra modalidade, o um ou mais dentre os aditivos anteriormente mencionados são incluídos em uma quantidade de cerca de 1 % em peso a cerca de 5 % em peso.

Configuração de Composições de Revestimento Primárias para resistividade térmica aprimorada

[0106] Os inventores constataram presentemente que composições curáveis por radiação de revestimento primário tradicionais dos tipos descritos no presente documento, e especialmente, os componentes de oligômero, são tipicamente caracterizados por comportamento reológico não newtoniano. Isto é, os mesmos têm afinamento por cisalhamento, ou exibem uma redução de viscosidade de cisalhamento a uma taxa de cisalhamento alta. Adicionalmente, tais materiais são altamente dependentes de temperatura; isto é, a viscosidade da composição é significativamente influenciada por sua temperatura. Os inventores constataram que a combinação dessas propriedades resulta em materiais que são particularmente sensíveis à alta temperatura, condições de taxa de cisalhamento altas, como aquelas experimentadas em alta velocidade de trefilação ou processos de revestimento de fibra óptica com hélio baixo.

[0107] Esses resultados sensíveis particulares em revestimentos que se tornam adversamente afetados exponencialmente por níveis crescentes de choque ou tensão térmica ao revestimento primário, exemplificados pela situação em que uma fibra de vidro recentemente trefilada relativamente quente se move em taxa de velocidade alta

entra em contato com a composição de revestimento primário curável por radiação estática relativamente fria. Especificamente, dado a dependência de temperatura da viscosidade de cisalhamento, mediante a aplicação a uma fibra óptica de vidro quente, o chamado efeito de aquecimento viscoso cria uma camada fina de fluido pouco viscoso próximo da fibra. Esse fenômeno, que pode ser conceitualmente análogo à rápida inserção de uma faca quente através da manteiga, resulta em uma redução forte da capacidade de arrasto da resina dentro da matriz de aplicador correspondente, bem como uma redução forte da espessura de revestimento.

[0108] Adicionalmente, os inventores constataram que os projetos de matriz de aplicador de revestimento de fibra óptica convencional designs deixam uma fração significativa do volume de matriz em um vórtice de ciclo fechado. Isso resulta em tempo de permanência longos da média quântica de composição de revestimento primário em uma matriz antes da aplicação. Tais projetos de matriz exacerbam os problemas anteriormente mencionados devido ao fato de resultarem no fenômeno que enquanto a temperatura local da resina é aumentada pelo trabalho realizado pelo aquecimento viscoso, o material dentro do vórtice não será renovado e aumentará em temperatura até que um equilíbrio seja alcançado entre o resfriamento pela condução de calor no fluido e o aquecimento pela dissipação viscosa.

[0109] O fenômeno anteriormente mencionado resulta em problemas de revestimentos primários inadmissivelmente finos, revestimentos primários com problemas de excentricidade/concentricidade, revestimentos primários com

bolhas ou defeitos, ou aqueles que aderem indevidamente ao vidro, resultando em problemas de delaminação.

[0110] Em vista desse entendimento da mecânica anteriormente mencionada, os inventores reconheceram presentemente que é possível aprimorar a adequabilidade de uma composição de revestimento primário para o uso em velocidade de trefilação alta ou processos de revestimento de fibra óptica com hélio baixo reduzindo-se sua sensibilidade à viscosidade como uma função de temperatura. Isto é, tal material, se sua viscosidade relativa for plotada como uma função de temperatura, deve exibir inclinação achatada ou reduzida.

[0111] Os inventores constataram que o "achatamento de curva" adequado pode ser obtido ajustando-se a razão de viscosidade da composição. Como usado no presente documento, a razão de viscosidade é uma medição da viscosidade de cisalhamento de estado estável (a uma taxa de cisalhamento de 10 s^{-1}) da mesma composição em duas temperaturas diferentes, em que a primeira temperatura é inferior à segunda temperatura. Salvo se observado o contrário, como usado no presente documento, "viscosidade", juntamente de todos os qualificadores (como "primeira viscosidade", "segunda viscosidade" ou "terceira viscosidade," etc.) devem ser presumidos como significando a viscosidade de cisalhamento de estado estável a uma taxa de cisalhamento de 10 s^{-1} , e todas as unidades devem ser expressadas em termos de Pascal segundos, salvo se observado o contrário. Em uma modalidade, a razão de viscosidade é a viscosidade da composição a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ dividida pela mesma viscosidade da composição a $55 \text{ }^\circ\text{C}$. Em outra

modalidade, a razão de viscosidade é a viscosidade da composição a 25 °C dividida pela mesma viscosidade da composição a 85 °C. Embora as condições de temperatura de processos de revestimento de fibra óptica em altas velocidades de trefilação ou baixo uso de hélio variem, 55 °C são escolhidos devido ao fato de ser uma temperatura de operação na qual observou-se que as composições de revestimento primário existentes falharam. Acredita-se que 85 °C são um marcador mais eficaz, devido ao fato de que: (1) esse valor superior discriminará mais finamente entre revestimentos de desempenho marginal e alto desempenho, e (2) reflete uma temperatura na qual os revestimentos aumentarão de modo previsível durante as condições de processamento de fibra óptica cada vez mais exigentes requeridas para rendimento superior e/ou consumo de hélio reduzido. Desse modo, as composições que possuem razões de viscosidade abaixo de valores selecionados podem ser suficientemente resistivas termicamente para serem adequadas em velocidade de trefilação alta/ processos de revestimento com hélio baixos.

[0112] Em uma modalidade em que 85 °C é selecionado como o ponto superior na determinação de sensibilidade à temperatura, a composição possui uma razão da viscosidade a 25 °C para a viscosidade a 85 °C menor que 15, ou menor que 14,4, ou menor que 13,9, ou menor que 13, ou menor que 9, ou menor que 7. Em uma modalidade, a razão da viscosidade a 25 °C a 85 °C está na faixa de 5 a 15, ou de 5 a 14,4, ou de 5 a 13,9, ou de 5 a 13, ou de 5 a 9, ou de 5 a 7, ou de 6 a 15, ou de 6 a 14,4, ou de 6 a 13,9, ou de 6 a 13, ou de 6 a 9, ou de 6 a 7, ou de 6,4 a 15, ou de 6,4 a 14,4, ou de

6,4 a 13,9, ou de 6,4 a 13, ou de 6,4 a 9, ou de 6,4 a 7, ou de 7 a 15, ou de 7 a 14,4, ou de 7 a 13,9, ou de 7 a 13, ou de 7 a 9. Os valores acima e as razões podem ser exatos, ou, alternativamente, fazer referência a uma aproximação de cada valor declarado (isto é, $\pm 5\%$, ou "cerca de" cada valor).

[0113] Em uma modalidade em que 55° é selecionado como o ponto superior na determinação da sensibilidade à temperatura, a composição possui uma razão da viscosidade a 25 °C para a viscosidade a 55 °C menor que cerca de 4,7, ou menor que cerca de 4,6, ou menor que cerca de 4,4, ou menor que cerca de 4,2, ou menor que cerca de 4,0, ou menor que cerca de 3,5. Em uma modalidade, a razão da viscosidade a 25 °C a 55 °C está em uma faixa de cerca de 2 a cerca de 4,7, ou de cerca de 3 a cerca de 4,7, ou de cerca de 2 a cerca de 4,6, ou de cerca de 3 a cerca de 4,6, ou de cerca de 2 a cerca de 4,4, ou de cerca de 3 a cerca de 4,4, ou de cerca de 2 a cerca de 4,2, ou de cerca de 3 a cerca de 4,2, ou de cerca de 2 a cerca de 4,0 ou de cerca de 3 a cerca de 4,0, ou de cerca de 2 a cerca de 3,5, ou de cerca de 3 a cerca de 3,5. Os valores acima e as razões podem ser exatos, ou, alternativamente, fazer referência a uma aproximação de cada valor declarado (isto é, $\pm 5\%$, ou "cerca de" cada valor).

[0114] Se a razão de viscosidade for muito alta, como foi observado no presente documento em revestimentos primários de fibra óptica existentes, a composição será caracterizada por uma sensibilidade indesejavelmente marcada a alterações em temperatura, que resultará em desempenho de aplicação e/ou cura de vidro inferior sob

processamento de alta temperatura/alta velocidade. Portanto, a composição deve ser ajustada de acordo com os métodos descritos no presente documento para garantir que a razão de viscosidade seja a mais baixa possível, enquanto mantém a viabilidade como um revestimento de fibra óptica.

[0115] Além de possuir as razões de viscosidade requisitadas, uma composição de revestimento primário também deve possuir uma viscosidade suficientemente alta a temperaturas de operação superiores, como 55 °C. Isto é, o revestimento primário deve exibir tanto uma inclinação suficientemente baixa em termos da relação temperatura/viscosidade, quanto uma "intersecção y" adequadamente alta. Uma composição de revestimento primário que possui uma razão de viscosidade suficientemente baixa (isto é, insensibilidade relativa a temperatura ou independente de temperatura/viscosidade) pode ainda não ser adequada para o uso em fibras ópticas de revestimento se a mesma possuir uma viscosidade inicial que foi muito baixa para o uso viável. Portanto, de acordo com determinadas modalidades, os Inventores constataram que uma restrição adicional sobre as composições de revestimento primário termicamente resistentes, de acordo com a presente invenção, é tal que as composições devem possuir uma viscosidade na temperatura de aplicação de fibra de pelo menos 0,01 pascal segundos (Pa·s), ou maior que 0,10 Pa·s, ou menor que 20 Pa·s, ou menor que 1 Pa·s, ou entre cerca de 0,01 Pa·s a cerca de 20 Pa·s, ou entre cerca de 0,01 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,03

Pa·s a cerca de 0,4 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s. Em uma modalidade, a temperatura de aplicação é de 55 °C. Em outra modalidade, a temperatura de aplicação é de 85 °C.

[0116] Em uma modalidade preferida, em que a temperatura de aplicação é de 55 °C, a viscosidade da composição está entre 0,03 a 6 Pa·s, ou de 0,05 a 5 Pa·s, ou de 0,1 a 3 Pa·s. Em uma modalidade preferida, em que a temperatura de aplicação é de 85 graus Celsius, a viscosidade da composição está entre 0,01 a 2 Pa·s, ou de 0,03 a 1,5 Pa·s, ou de 0,05 a 1 Pa·s. Em uma modalidade preferida, em que a temperatura de aplicação é de 25 graus Celsius, entretanto, a viscosidade da composição está entre 0,1 a 20 Pa·s, ou de 0,5 a 15 Pa·s, ou de 1 a 10 Pa·s.

[0117] O efeito de achatamento de curva das composições de revestimento primário da presente invenção também é constatado no presente documento como associados a várias outras propriedades de revestimento. Os Inventores constataram que existe uma correlação entre as propriedades como uma constante dielétrica da composição, seu índice refratário, sua temperatura de transição vítrea líquida, e tal sensibilidade à calor relativo da composição (ou insensibilidade). Surpreendentemente, os Inventores constataram que existe uma forte correlação entre uma temperatura de transição vítrea líquida da composição de revestimento e sua razão de viscosidade; isto é, quanto mais baixa for a temperatura de transição vítrea líquida da composição selecionada, mais insensível à temperatura essa

se torna (como refletido por sua habilidade relativa a resistir a alterações em viscosidade conforme é aquecida).

[0118] Os Inventores constataram que o grau de uma adequabilidade da composição de revestimento primário para o uso em velocidade de trefilação alta/processos de revestimento de fibra óptica com hélio baixos é correlacionado ao desempenho de superposição de tempo-temperatura esperado, como medido pela equação Williams-Landel-Ferry (ou WLF). A dependência de temperatura do tempo de relaxamento (τ) associado à transição vítrea de materiais poliméricos amorfos segue a chamada relação Williams, Landel e Ferry (WLF)¹:

$$\log(\tau(T)) = \log(\tau(T_{ref})) - \frac{C_1*(T-T_{ref})}{C_2+T-T_{ref}} \quad (1)$$

Em que $\tau(T)$ é o tempo de relaxamento da transição vítrea do material polimérico a temperatura T , $\tau(T_{ref})$ o tempo de relaxamento da transição vítrea do material polimérico a uma temperatura de referência T_{ref} , e C_1 e C_2 são constantes. Os valores de C_1 e C_2 dependem da temperatura de referência escolhida. Descreveu-se na literatura que valores "universais" para $C_1= 17,44$ e $C_2= 51,6$ podem ser usados para uma faixa ampla de materiais poliméricos quando a temperatura de referência for escolhida como igual a temperatura de transição vítrea (T_g), como determinado com DSC¹. Para a constatação dos Inventores, no entanto, a viscosidade das formulações de resina de revestimento de fibra óptica não curadas pode ser adequadamente descrita com:

$$\log(\eta(T)) = \log(\eta(T_g)) - \frac{15*(T-T_g)}{C_2+T-T_g} \quad (2)$$

¹ McCrum, Read e Williams, *Anelastic and Dielectric Effects in Polymeric Solids*, John Wiley & Sons, New York, 1967.

[0119] Em que $\eta(T)$ é a viscosidade do líquido a temperatura T (como usado no presente documento, T é expresso em graus Celsius salvo se observado o contrário), $\eta(T_g)$ a viscosidade na temperatura de transição vítrea T_g , como determinado com DSC, a constante C_1 tem um valor fixo de 15 e C_2 é um parâmetro de correlação que varia ao longo de uma faixa limitada de valores entre 35 e 45. Desse modo, a equação WLF para a viscosidade de resina líquida segue a mesma dependência de temperatura que o tempo de relaxamento da transição vítrea, com um valor similar de C_1 e um valor ligeiramente inferior para C_2 . Os Inventores também constataram que mediante a escolha de um valor fixo de 37,5 para C_2 nessa equação, a transição vítrea da resina líquida ($T_{g,rheo}$) pode ser determinada a partir da viscosidade de resina versus temperatura que é especialmente útil quando os dados de DSC não estiverem disponíveis. Dada a faixa limitada de valores de C_2 constatada quando estiver usando os dados de T_g reais do DSC, isso significa que a temperatura de transição vítrea, como determinado a partir de reologia, concorda com os valores de DSC em quase ± 5 °C, que é considerado no presente documento como uma precisão aceitável.

[0120] Para calcular a T_g da reologia, portanto, a equação padronizada pode ser aplicada como o seguinte:

$$\log(\eta(T)) = \log(\eta(T_{g,rheo})) - \frac{15 \cdot (T - T_{g,rheo})}{37,5 + T - T_{g,rheo}} \quad (3)$$

As formulações de resina de revestimento de fibra óptica líquida não curada, de acordo com essa invenção, têm

uma sensibilidade à temperatura inferior da viscosidade de resina em comparação com o estado da técnica de formulações de resina, como medido a partir das razões $\eta(25\text{ °C})/\eta(55\text{ °C})$ e/ou $\eta(25\text{ °C})/\eta(85\text{ °C})$. Para tal propósito, é útil transformar a equação (3) de $T_{g,rheo}$ como temperatura de referência em uma temperatura de referência de 25 °C.

$$\log(\eta(T)/\eta_{25}) = - \frac{C_{1,Tref=25^{\circ}C} * (T-25)}{C_{2,Tref=25^{\circ}C} + T - 25} \quad (4)$$

A transformação da equação de WLF em uma temperatura de referência diferente pode ser realizada pela equação:

$$C_{1,Tref=25\text{ °C}} \times C_{2,Tref=25\text{ °C}} = C_{1,Tref=T_{g,rheo}} \times C_{2,Tref=T_{g,rheo}} \quad (5)$$

e

$$C_{2,Tref=25\text{ °C}} - 25 = C_{2,Tref=T_{g,rheo}} - T_{g,rheo} \quad (6)$$

[0121] A equação de WLF universal com $T_{g,rheo}$ como temperatura de referência (3) e a equação equivalente com 25 °C como temperatura de referência (4) pode, incluindo-se as equações (5) e (6), ser combinada em uma única equação de parâmetro livre para correlacionar $T_{g,rheo}$ à curva de viscosidade relativa a temperatura de referência 25 °C:

$$\log(\eta(T)/\eta_{25}) = - \frac{15*37,5/(37,5+25-T_{g,rheo}) * (T-25)}{37,5+T - T_{g,rheo}} \quad (7)$$

ou

$$\eta(T)/\eta_{25} = 10^{\left(\frac{-562,5/(62,5-T_{g,rheo}) * (T-25)}{37,5+T - T_{g,rheo}} \right)} \quad (8)$$

[0122] O supracitado é surpreendente e direcionou os inventores a solucionar o problema de fornecer composições mais passíveis de processamento em velocidades de linha superiores e/ou teor de hélio inferior pela formulação em uma direção oposta daquela que foi anteriormente

considerada como a abordagem de formulação adequada. A abordagem convencional para garantir que um revestimento possuiria uma viscosidade superior a temperatura elevada foi aumentar a viscosidade de tal resina. Tal abordagem poderia ser obtida via, isto é, aumento da quantidade relativa de componentes de peso molecular superior, como o oligômero, ou seleção de monômeros de diluente reativo com uma viscosidade superior. Tais abordagens, no entanto, resultarão tipicamente em um aumento na temperatura de transição vítrea líquida (T_g , *rheo*) do revestimento. Levando-se em consideração a descrição de WLF universal da viscosidade versus temperatura, de acordo com equação (3), os inventores constataram que tal uma abordagem aumentaria inesperadamente a sensibilidade à temperatura da composição, resultando em um revestimento que, embora possua uma viscosidade inicialmente superior a temperatura ambiente, degradaria mais prontamente em uma resina de baixa viscosidade que é inapropriada para aplica sob cargas térmicas superiores. Portanto, os Inventores prescreveram presente uma abordagem contra intuitiva de formulação de resinas em direções que teriam o efeito de uma redução ou manutenção de viscosidade a temperatura ambiente (versus as soluções mais bem conhecidas) e uma redução da temperatura de transição vítrea de revestimento líquido a fim de render uma sensibilidade à viscosidade geral reduzida e garantir a processabilidade aumentada em temperaturas superiores.

[0123] Além da constatação dos motivos para esse fenômeno, os Inventores criaram soluções que permitem que os elementos versados na técnica, quando seguindo as determinadas diretrizes prescritas no presente documento (e

adicionalmente ilustradas nos exemplos não limitantes), tenham a capacidade para ajustar ou configurar prontamente uma composição de revestimento primário curável por radiação para os determinados parâmetros (incluindo razão de viscosidade e viscosidade a 25 °C) sem experimentação indevida, de modo a mitigar os prejuízos inerentes associados à velocidade de trefilação alta/ambientes de processamento com hélio baixos. Desse modo, os inventores constataram surpreendentemente que é possível configurar uma composição de revestimento primário para resistividade térmica aumentada, e, por sua vez, a adequabilidade para usar processos de revestimento de fibra óptica que operam em velocidades de linha altas ou com aplicação de hélio baixa, se determinadas características da resina forem ajustadas. Duas abordagens primárias podem ser usadas para a formulação cumprir esse critério: (1) selecionar monômeros de diluente reativo com temperaturas de transição vítrea líquida inferiores; e/ou (2) selecionar oligômeros com uma temperatura de transição vítrea líquida inferior. Embora a temperatura de transição vítrea de monômeros não curados seja frequentemente não especificada pelo fabricante, como observado, a viscosidade do monômero pode servir como uma primeira diretriz para a seleção de tipos adequados. Isto é, os monômeros com uma viscosidade baixa frequentemente também possuem uma temperatura de transição vítrea baixa.

[0124] No caso do oligômero, os inventores constataram que uma Tg de oligômero baixa pode ser obtida selecionando-se blocos de construção (poliol, isocianato e acrilato tampa de extremidade) com uma temperatura de transição

vítrea baixa. Visto que o diol tem, tipicamente, a menor temperatura de transição vítrea, em uma modalidade, é preferível selecionar dióis com peso molecular numérico médio de 4000 g/mol ou mais - especialmente se for desejado garantir simultaneamente um valor de viscosidade inicial suficientemente alto - e combinar esses com uma razão molar adequada de (di-)isocianatos para mono, diblocos de polioliol ou um número maior de blocos de polioliol que contêm oligômeros de poliéter-uretano-acrilato. Adicionalmente, os Inventores constataram que a química de oligômero tem um impacto significativo sobre a elasticidade de líquido como medido pela chamada conformidade de estado estável (Je) do líquido. Dióis de oligômero estreitamente distribuídos (por exemplo, a partir de polimerização aniônica) fornecem menos líquidos elásticos. Adicionalmente, os polióis com um peso molecular de entrelaçamento baixo, incluindo, por exemplo, PTGL e politetra-hidrofurano (PTHF) resultam em uma elasticidade de líquido superior. Exemplos com peso molecular de entrelaçamento alto e, portanto, menos líquidos elásticos, por outro lado, incluem polipropileno glicol (PPG) e copolímero de óxido de etileno-óxido de butileno (EOBO).

[0125] A fim de controlar a viscosidade, entretanto, seria necessário modificar a quantidade ou a natureza do monômero de diluente reativo conforme adequado. Devido ao fato de não se esperar que esse componente tenha impacto significativo sobre a elasticidade da composição, pode-se ajustar o mesmo para permitir viscosidades de partida adequadas, como prescrito e reivindicado no presente documento, uma vez que a sensibilidade à temperatura

suficiente ou as razões de viscosidade tenham sido obtidas.

[0126] Os inventores também constataram surpreendentemente que cargas podem ser empregadas para aumentar a viscosidade sem sacrificar as razões de viscosidade das composições com as quais as mesmas são associadas.

[0127] As diretrizes de configuração supracitadas podem ser usadas unicamente ou em combinação de dois ou mais, e em qualquer evento não representam uma lista exaustiva. Outras, incluindo diretrizes e formulação já conhecidas adicionais, são observadas pelo técnico versado na técnica e podem ser usadas conforme for exigido, dadas as exigências particulares da aplicação e do processo aos quais a composição de revestimento primário deve ser associada.

[0128] Um terceiro aspecto da invenção é uma fibra óptica revestida que compreende um revestimento primário, em que o revestimento primário é o produto bruto da composição curável por radiação, de acordo com qualquer uma das modalidades do segundo aspecto.

[0129] Um quarto aspecto da invenção é um método para produzir uma fibra óptica revestida que compreende as etapas de trefilar uma fibra óptica de vidro através de uma torre de trefilação; aplicar uma composição de revestimento primário na superfície da fibra óptica de vidro; opcionalmente, conferir uma dose de luz UV suficiente para pelo menos parcialmente curar a dita composição de revestimento primário; aplicar uma composição de revestimento secundário à composição de revestimento primário; expor a composição de revestimento primário e a

composição de revestimento secundário a pelo menos uma fonte de radiação com a capacidade para emitir radiação ultravioleta para afetar a cura da dita composição de revestimento primário e da dita composição de revestimento secundário, para formar um revestimento primário curado na superfície da fibra óptica, e um revestimento secundário curado na superfície do revestimento primário curado; em que a composição de revestimento primário compreende um oligômero reativo que compreende pelo menos um grupo polimerizável e uma estrutura principal derivada de um diol que compreende polipropileno glicol; um monômero de diluente reativo; e um ou mais fotoiniciadores; em que a composição curável por radiação possui uma temperatura de transição vítrea líquida ($Tg,rheo$), uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C e uma terceira viscosidade a 85 °C; em que a $Tg,rheo$ da composição curável por radiação é menor que 81,5 °C, ou de -120 a -80 °C, ou de -115 a -80 °C, ou de -110 a -80 °C, ou de -100 a -80 °C, ou de -120 a -82 °C, ou de -115 a -82 °C, ou de -110 a -82 °C, ou de -100 a -82 °C, ou de -120 a -85 °C, ou de -115 a -85 °C, ou de -110 a -85 °C, ou de -100 a -85 °C, ou de -120 a -90 °C, ou de -115 a -90 °C, ou de -110 a -90 °C, ou de -100 a -90 °C; e/ou em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que cerca de 15, ou menor que cerca de 14,4, ou menor que cerca de 13,9, ou menor que cerca de 13, ou menor que cerca de 9, ou menor que cerca de 7.

[0130] Outra modalidade do quarto aspecto descreve processos de revestimento de fibra óptica, de acordo com uma ou mais das seguintes condições: em uma velocidade de

trefilação maior que 1500 m/min, ou maior que 1700 m/min, ou maior que 2000 m/min, ou maior que 2500 m/min, ou maior que 3000 m/min, e menor que 5000 m/min, ou menor que 4000 m/min, ou menor que 3100 m/min; ou sob nenhuma aplicação de hélio, ou a aplicação de hélio em uma taxa de fluxo menor que 20 litros padrão por minuto (SLM), ou menor que 10 SLM, ou menor que 5 SLM, ou de 1 a 20 SLM, ou de 1 a 10 SLM, ou de 1 a 5 SLM, ou de 5 a 20 SLM, ou de 5 a 10 SLM.

[0131] Um quinto aspecto da invenção é um cabo de fibra óptica, em que a fibra óptica compreende pelo menos uma fibra óptica, de acordo com o primeiro ou o terceiro aspectos da invenção, em que a fibra óptica é o produto bruto de uma composição, de acordo com o segundo aspecto da invenção, e/ou em que a fibra óptica foi revestida, de acordo com o quarto aspecto da invenção.

[0132] As resinas aprimoradas da presente invenção podem ser formuladas por meio da seleção de componentes especificados acima no presente documento, e ademais ajustadas prontamente por aqueles elementos de conhecimento comum na técnica aos quais esta invenção se aplica ao seguir as diretrizes de formulação no presente documento, bem como pela extrapolação a partir das abordagens gerais tomadas nas modalidades ilustradas nos exemplos abaixo. Tais exemplos a seguir ilustram adicionalmente a invenção, mas, logicamente, não devem ser interpretados, de modo algum, como limitantes ao seu escopo.

Exemplos

[0133] Esses exemplos ilustram modalidades da presente invenção. A Tabela 1 descreve os diversos componentes das composições usadas nos presentes exemplos.

TABELA 1

Componente	Descritor Químico	Fornecedor/Fabricante
Oligômero 1	Consultar a tabela 2 abaixo	Predefinido; consultar a Tabela 2
Oligômero 2	Consultar a tabela 2 abaixo	Predefinido; consultar a Tabela 2
Oligômero 3	Consultar a tabela 2 abaixo	Predefinido; consultar a Tabela 2
Oligômero 4	Consultar a tabela 2 abaixo	Predefinido; consultar a Tabela 2
Oligômero 5	Consultar a tabela 2 abaixo	Predefinido; consultar a Tabela 2
Acclaim 8200	Diol à base de propileno Óxido; peso molecular de aproximadamente 8000	Covestro
Acclaim 4200	Poliol poliéter de cadeia longa; peso molecular de aproximadamente 4000	Covestro
Arcol PPG de Poliol 2000	Polipropileno glicol bifuncional; peso molecular de aproximadamente 2000	Covestro
IPDI	Di-isocianato de isoforona; CAS 4098-71-9	Evonik
Mondur TDS Grau II	di-isocianato de tolueno de 2,4- isômero alto; 2,4-Isômero, % 98 min; 2,6-Isômero, % 2,0 máx.	Covestro
HEA	Acrilato de 2-hidroxietila; CAS 818- 61-1	BASF
Ácido Acrílico	99 % de pureza; CAS 79-10-7	BASF
2-EH	2-etil-hexanol; CAS 104-76-7	Perstop
Qualidade Alimentar BHT	Hidroxitolueno butilado; CAS 000128- 37-0	Lanxess
DBTDL	Dilaurato de dibutilestanho; CAS 77- 58-7	Vertellus
Coscat 83	Catalisador organobismuto proprietário	Vertellus
EHA	acrilato de 2-etil-hexila, CAS 103- 11-7	Sigma-Aldrich

Componente	Descritor Químico	Fornecedor/Fabricante
PEA	acrilato de 2-fenoxietila, CAS 48145-04-6	Kowa American Corp.
ENPA	Acrilato de nonilfenol etoxilado, CAS 50974- 47-5	Sartomer
nVC	n-vinilcaprolactama, CAS 2235-00-9	BASF
TPGDA	Diacrilato de tripropileno glicol	Arkema
TPO	Óxido de 2,4,6- trimetilbenzoildifenilfosfina, CAS 75980-60-8	BASF
THIOCURE® TMPMP	Trimetilopropano tri(3- mercaptopropionato)	Bruno Bock
Silquest Y- 11167	Promotor de adesão proprietário	E.W. Kaufmann
AEROSIL® R 972	Sílica pirogenada hidrofóbica após ser tratada com DDS (Dimetildiclorossilano)	Evonik

Tabela 2 Reagentes Oligoméricos

Componente	Oligômero 1	Oligômero 2	Oligômero 3	Oligômero 4	Oligômero 5
Acclaim 8200	0	91,97	94,49	95,36	0
Acclaim 4200	0	0	0	0	91,22
Arcol PPG de Poliol 2000	80,70	0	0	0	0
IPDI	0	5,21	4,02	3,6	0
Mondur TDS Grau II	12,16	0	0	0	5,93
HEA	5,46	2,72	1,4	0,94	2,37
Ácido Acrílico	0,003	0	0	0	0,01
hexanol de 2- etila	1,53	0	0	0	0,3
Qualidade Alimentar BHT	0,10	0,05	0,05	0,05	0,15
DBTDL	0,04	0,05	0,05	0,05	0

Componente	Oligômero 1	Oligômero 2	Oligômero 3	Oligômero 4	Oligômero 5
Coscat 83	0	0	0	0	0,03
Equivalentes de Polioliol	2,75	2	4	6	4
Equivalentes de Isocianato	4,75	4	6	8	1,8
Equivalentes de Acrilato	1,6	2	2	2	6
Peso molecular	3397	8524	16593	24662	8676
Natureza de Bloco de Poliéter de copolímero	Monobloco	Monobloco	Dibloco	Tribloco	Dibloco

Síntese de Oligômero

[0134] Primeiro, o polioliol relevante (Arcol PPG de Polioliol 2000 para Oligômero 1, Acclaim 8200 para Oligômeros 2-4, e Acclaim 4200 para Oligômero 5), após ser medido para garantir que as quantidades especificadas na Tabela 2 acima, foi adicionado sob uma manta de ar seco a um frasco limpo e seco, seguido pelas quantidades especificadas do inibidor (Qualidade Alimentar BHT). Em seguida, as quantidades especificadas dos componentes de isocianato (IPDI para Oligômeros 2-4; Mondur TDS Grau II para Oligômeros 1 e 5) foram adicionadas, após isso, as quantidades especificadas de ácido acrílico e 2-etilhexanol (apenas incluídas nos Oligômeros 1 e 5) foram, então, adicionadas. Esses reagentes foram misturados e agitados por cerca de 15 minutos. Em seguida, as quantidades especificadas do catalisador relevante (DBTDL

para Oligômeros 1-4, Coscat 83 para Oligômero 5) foram adicionadas ao mesmo frasco e misturadas por aproximadamente 15 minutos adicionais. A mistura resultante foi, então, reagida a 60 °C por 1 hora em um manto de aquecimento.

[0135] Após a reação de 1 hora, a quantidade de teor de isocianato (NCO) foi medida por um titulador potenciométrico para garantir que a mesma estava dentro de 10 % do valor do teor de isocianato teórico que seria derivável para cada oligômero das quantidades especificadas na Tabela 2 acima. Mediante a confirmação do teor de isocianato adequado, a quantidade adequada de acrilato de hidroxietila foi adicionada a cada oligômero, após isso, a mistura resultante foi reagida por 1 hora a 85 °C. Aqui, novamente, o teor de isocianato foi verificado por meio de titulação potenciométrica; se o teor de isocianato estiver além de 10 % do valor teórico, a mistura foi colocada novamente na câmara de reação por 15 minutos adicionais (novamente a 85 °C) e verificada novamente, com essa etapa repetida até o teor de isocianato cair para a faixa desejada.

Exemplos 1-24

[0136] Misturas de oligômero, monômero e fotoiniciador foram pesadas em copos de polipropileno não transparentes a escala de 10-20 g. A mistura foi realizada a temperatura ambiente em um chamado misturador por velocidade (Brand Hauschild do tipo DAC 150FVZ) por 5 minutos a 3000-3500 rpm. A temperatura durante a mistura é aumentada em um máximo de 10 °C. Se o fotoiniciador (sólido) não for completamente dissolvido visualmente, o procedimento de

mistura será repetido. Amostras foram armazenadas nos mesmos copos.

[0137] Para os exemplos 15 e 16, a carga foi adicionada posteriormente com o uso de um agitador ultrassônico. Para esses exemplos, a formulação base que consiste no oligômero, nos constituintes de monômero e no fotoiniciador foi preparada como descrito anteriormente. Para a preparação da mistura com a carga uma garrafa laminada de vidro de 15 ml foi quase completamente preenchida com uma quantidade exatamente ponderada de AEROSIL® R 972. Em seguida, uma quantidade ponderada da formulação de resina base foi adicionada em uma quantidade necessária para obter a razão ponderal desejada do Aerosil na mistura final. A precisão da ponderação deve ser adequada para obter uma precisão da fração ponderal de carga na formulação final melhor que ou igual a $\pm 0,01$ %. A garrafa com carga e resina foi submetida à agitação ultrassônica por um total de 30 segundos inserindo-se uma sonda ultrassônica (sonda sólida de 1,27 cm ($\frac{1}{2}$ ") padrão da Sonics & Materials Inc., feita de uma liga de titânio TI-6Al-4V), que foi operada a 40 % de sua capacidade. Isso foi realizado em três etapas. Após a primeira mistura ultrassônica de 15 segundos a sonda ultrassônica foi removida algumas vezes e subsequentemente reinserida na mistura para obter mistura macroscópica adicional da amostra. Finalmente, 15 minutos adicionais de agitação ultrassônica foram aplicados. A mistura foi realizada a temperatura ambiente, sob condições atmosféricas.

[0138] Essas amostras foram testadas de acordo com os métodos descritos abaixo para determinar cada viscosidade

de estado estável da composição a 25°, 55° e 85 °Celsius. Esses valores são relatados nas Tabelas 3 e 4 como η_{25} , η_{55} , e η_{85} , respectivamente. A sensibilidade à temperatura de cada composição também foi relatada, em termos da razão da viscosidade de estado estável de 25 °C a 55 °C, e também de 25 °C a 85 °C. Esses valores são relatados nas Tabelas 3 e 4 como $\frac{\eta_{25}}{\eta_{55}}$ e $\frac{\eta_{25}}{\eta_{85}}$, respectivamente. Finalmente, a temperatura de transição vítrea líquida de cada amostra também foi determinada com o uso do método de cálculo descrito no presente documento.

Medição da viscosidade de estado estável a 25, 55 e 85 °C

[0139] Descrição Geral: Uma descrição geral da medição da viscosidade de estado estável de cisalhamento de resinas pode ser encontrada em ISO 3219 "Plásticos - Polímeros/resinas no estado líquido ou como emulsões ou dispersões - Determinação de viscosidade com o uso de um viscosímetro giratório com taxa de cisalhamento definida". Para a análise da viscosidade de estado estável de cisalhamento de formulações de revestimento de fibra óptica não curadas, de acordo com a invenção, o reômetro giratório deve ser equipado com uma geometria de medição a ser adequadamente sensível para a determinação da viscosidade a uma taxa de deformação de 10 s⁻¹ a temperaturas entre pelo menos 20 °C e 90 °C. Deve-se tomar cuidado para evitar a evaporação dos componentes da amostra sob investigação durante o curso do procedimento experimental a um nível que afete os resultados da medição além da precisão típica do experimento de +/-5 %. Embora não limitante, a seguinte configuração preferida para realizar tais medições é descrita abaixo no presente documento.

[0140] Equipamento: Um instrumento Anton Paar do tipo Physica MCR₅₀₁ foi usado para esses experimentos. Esse reômetro foi equipado com um dispositivo controlador de temperatura C-PTD200 que consiste em um refrigerador/aquecedor Peltier para o uso com sistemas de medição com cilindro concêntrico e vão duplo. O chamado sistema DG26.7 de vão duplo foi usado como a geometria de medição.

[0141] Preparação e carregamento de amostra: Uma pipeta plástica descartável (7 ml) foi usada para carregar o líquido no cilindro de amostra da geometria de vão duplo em temperatura ambiente, retendo a geometria sob um ângulo de cerca de 45 graus. Isso foi usado para impedir a inclusão de bolhas de ar grandes na geometria de vão duplo.

[0142] Em seguida, cerca de 6 ml do líquido a ser investigado foram carregadas na geometria de vão duplo, desse modo, obtendo-se um preenchimento completo da célula de medição, e garantindo-se a correção dos valores de área de superfície de amostra de geometria. Essa quantidade de material foi exigida para garantir a emersão completa do pêndulo da geometria de vão duplo no líquido (isto é, a geometria foi ligeiramente sobrecarregada com essa quantidade de amostra).

[0143] Atmosfera e proteção da amostra sob investigação: As medições foram realizadas sob ar. Para minimizar a evaporação de componentes da amostra sob investigação, a superfície de topo de líquido foi coberta dentro da geometria com a tampa de topo de um sistema de aprisionamento de solvente que foi fixado ao pêndulo da geometria de vão duplo.

[0144] Medição: Em seguida, seguiu-se um protocolo de medição que consistiu nas sequências consecutivas a seguir:

1. A temperatura foi estabelecida a 20 °C por uma duração de 15 minutos, sem cisalhamento ou coleta de dados para permitir o equilíbrio de temperatura da amostra e geometria.
2. Realizar uma sequência de teste de cisalhamento escalonado de temperatura escalonada de 20 a 90 °C com o uso de intervalos de temperatura de 5 °C e uma taxa de cisalhamento de 10 s⁻¹. Após o aquecimento para a próxima temperatura se balancear por 10 minutos sem cisalhamento, a medição de cisalhamento estável foi iniciada com o uso de uma taxa de cisalhamento de 10 s⁻¹, após 15 pontos de dados serem adquiridos com o uso de uma duração de medição por ponto de dados de 6 segundos. A média desses pontos de dados foi, então, tomada como valor para a viscosidade na temperatura de medição particular. Essa sequência foi repetida até uma temperatura de medição de 90 °C. Finalmente, os pontos de dados desses resultados foram trefilados para as viscosidades a 25, 55 e 85 °C.

As seguintes sequências de medição (opcional) também foram adicionadas para uma verificação de consistência dos dados de viscosidade obtidos a partir da sequência de medição de temperatura escalonada. Tais etapas foram especificamente incorporadas para verificar tais alterações à viscosidade de líquido, por exemplo, devido à evaporação durante as medições poderem ser ignoradas:

3. Mediante a conclusão da sequência de temperatura escalonada, a temperatura foi estabelecida a 85 °C por

uma duração de 10 minutos, sem cisalhamento ou coleta de dados para permitir o equilíbrio de temperatura da amostra e geometria.

4. Em seguida, uma medição de cisalhamento estável com o uso de uma taxa de cisalhamento de 10 s^{-1} foi iniciada, após 15 pontos de dados terem sido obtidos com o uso de uma duração de medição por ponto de dados de 6 segundos. A média dos pontos de dados obtidos foi tomada e, então, foi verificado se os mesmos coincidiram com a viscosidade a $85 \text{ }^\circ\text{C}$, como determinado pela medição de cisalhamento estável de temperatura escalonada anteriormente realizada em uma precisão de 5 %.
5. Em seguida, a temperatura foi estabelecida a $55 \text{ }^\circ\text{C}$ por uma duração de 15 minutos, sem cisalhamento ou coleta de dados para permitir o equilíbrio de temperatura da amostra e geometria.
6. Após isso, uma medição de cisalhamento estável adicional foi iniciada com o uso de uma taxa de cisalhamento de 10 s^{-1} , e 15 pontos de dados foram obtidos com o uso de uma duração de medição por ponto de dados de 6 segundos cada. A média dos pontos de dados obtidos foi, então, estabelecida, em que esse valor verificou que o mesmo coincidiu com a viscosidade a $55 \text{ }^\circ\text{C}$, como determinado com a medição de cisalhamento estável de temperatura escalonada anteriormente realizada em uma precisão de 5 %.
7. Adicionalmente, a temperatura foi, então, estabelecida a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ por uma duração de 15 minutos, sem permitir qualquer cisalhamento ou coleta de dados, para

garantir o equilíbrio da temperatura da amostra e da geometria.

8. Finalmente, uma medição de cisalhamento estável adicional foi iniciada com o uso de uma taxa de cisalhamento de 10 s^{-1} , após 15 pontos de dados terem sido obtidos com o uso de uma duração de medição por ponto de dados de 6 segundos cada.

A média desses pontos de dados obtidos foi, então, tomada e foi verificado se os mesmos coincidiram com a viscosidade a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, como determinado pela medição de cisalhamento estável de temperatura escalonada anteriormente realizada em uma precisão de 5 %.

[0145] O procedimento acima foi aplicado a cada um dentre os exemplos, com valores de viscosidade a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ relatados como η_{25} , valores de viscosidade a $55 \text{ }^\circ\text{C}$ relatados como η_{55} e valores de viscosidade a $85 \text{ }^\circ\text{C}$ relatados como η_{85} . Os resultados são retratados nas Tabelas 3 e 4 abaixo.

Sensibilidade à Temperatura da viscosidade de resina líquida (T_g , rheo)

[0146] Os valores relatados sob o título " T_g , rheo" são cálculos de ajuste de curva, que são um resultado da aplicação de uma ou mais das expressões (1) a (8) da equação Williams-Landel-Ferry aos dados de reologia reais (o método para obtenção que é explicado acima), relatadas nas Tabelas 3 e 4. Preferencialmente, a equação simplificada (8) pode ser usada:

$$\eta(T)/\eta_{25} = 10^{\left(\frac{-562,5/(62,5-T_{g,rheo}) * (T-25)}{37,5+T-T_{g,rheo}}\right)} \quad (8),$$

em que $\eta(T)$ é a viscosidade da composição na temperatura,

T , e η_{25} é a primeira viscosidade.

[0147] Como usado acima, $\eta(T)$ significa a totalidade dos dados de viscosidade medidos entre 20 °C e 90 °C, a partir dos quais a viscosidade a 25 °C (η_{25}) é usada como o valor de referência. Em seguida, um ajuste de regressão não linear foi aplicado para determinar o valor de $Tg, rheo$ que forneceu a melhor correlação geral do ajuste de WLF calculado para os dados experimentais. Isso foi implementado em uma planilha de Microsoft Excel® com o uso extensão Solver. Os resultados para cada um dos exemplos e dos exemplos comparativos são retratados nas Tabelas 3 e 4 abaixo.

[0148] A FIG. 3 ilustra o ajuste de curva (Exemplo 14 é retratado) a fim de estabelecer os valores de $Tg, rheo$ pelo procedimento e pelas equações anteriormente mencionados. Os pontos de dados representados por círculos ilustram os valores obtidos experimentalmente, enquanto a equação de correção é representada pela linha tracejada.

TABELA 3

Exemplos 1-24. As quantidades são listadas em partes em peso. Valores de viscosidade são relatados em pascal segundos (Pa·s); As razões não estão em unidade.

Exemplo	Oligômero 1	Oligômero 2	Oligômero 3	Oligômero 4	Oligômero 5	EHA	PEA	nVC	ENPA	TPO	Aerosil	η_{25}	η_{55}	η_{85}	$\frac{\eta_{25}}{\eta_{55}}$	$\frac{\eta_{25}}{\eta_{85}}$	Tg, rheo (°C)
1	70	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	1,29	0,27	0,10	4,73	13,6	-82,7
2	60	0	0	0	0	40	0	0	0	1	0	0,50	0,13	0,05	3,86	9,9	-94,0
3	50	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0,17	0,05	0,02	3,21	7,2	-107,8
4	50	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0,74	0,15	0,05	5,06	13,9	-81,8
5	50	0	0	0	0	25	25	0	0	1	0	0,34	0,09	0,04	3,84	9,5	-95,8
6	0	50	0	0	0	25	25	0	0	1	0	0,75	0,24	0,11	3,18	6,9	-108,3
7	0	60	0	0	0	40	0	0	0	1	0	0,97	0,31	0,15	3,07	6,6	-110,8
8	0	0	50	0	0	25	25	0	0	1	0	1,04	0,33	0,15	3,15	6,8	-109,2
9	0	0	60	0	0	40	0	0	0	1	0	1,29	0,43	0,20	2,99	6,4	-113,0
10	0	0	0	50	0	25	25	0	0	1	0	1,26	0,40	0,19	3,11	6,7	-110,2
11	0	0	0	60	0	40	0	0	0	1	0	1,69	0,57	0,27	2,99	6,4	-113,0

Exemplo	Oligômero 1	Oligômero 2	Oligômero 3	Oligômero 4	Oligômero 5	EHA	PEA	nVC	ENPA	TPO	Aerosil	η_{25}	η_{55}	η_{85}	$\frac{\eta_{25}}{\eta_{55}}$	$\frac{\eta_{25}}{\eta_{85}}$	Tg, rheo (°C)
12	0	0	0	70	0	15	15	0	0	1	0	6,94	1,81	0,74	3,83	9,4	-94,8
13	0	0	0	70	0	15	0	15	0	1	0	6,06	1,68	0,70	3,60	8,6	-98,5
14	0	0	0	80	0	20	0	0	0	1	0	11,21	2,90	1,16	3,86	9,7	-93,9
15	0	60	0	0	0	40	0	0	0	1	4,8	1,60	0,51	0,26	3,11	6,2	-111,7
16	0	60	0	0	0	40	0	0	0	1	8,8	6,22	1,40	0,54	4,44	11,5	-86,9
17	0	0	70	0	0	15	15	0	0	1	0	5,41	1,38	0,56	3,91	9,7	-93,3
18	0	0	70	0	0	15	0	15	0	1	0	4,72	1,31	0,54	3,61	8,7	-98,2
19	0	0	80	0	0	20	0	0	0	1	0	8,76	2,232	0,88	3,93	9,9	-92,8
20	0	70	0	0	0	15	15	0	0	1	0	3,89	0,97	0,39	4,00	10,1	-92,0
21	0	70	0	0	0	15	0	15	0	1	0	3,35	0,90	0,37	3,74	9,1	-96,1
22	0	80	0	0	0	20	0	0	0	1	0	6,20	1,52	0,59	4,07	10,5	-90,6
23	0	0	0	0	70	15	15	0	0	1	0	5,68	1,27	0,47	4,46	12,1	-86,1
24	0	0	0	0	80	20	0	0	0	1	0	9,74	2,11	0,75	4,62	13,0	-83,4

TABELA 4

A viscosidade v. sensibilidade de temperatura dos Exemplos Comparativos 1-6. Valores de viscosidade são relatados em pascal segundos (Pa·s). As razões não estão em unidade.

Exemplo	Oligômero 1	Oligômero 2	Oligômero 3	Oligômero 4	EHA	PEA	nVC	ENPA	TPO	η_{25}	η_{55}	η_{85}	$\frac{\eta_{25}}{\eta_{55}}$	$\frac{\eta_{25}}{\eta_{85}}$	Tg, rheo (°C)
C.1	70	0	0	0	0	30	0	0	0	3,73	0,55	0,16	6,77	22,9	-67,9
C.2	70	0	0	0	0	0	0	30	0	7,09	0,94	0,25	7,58	28,9	-62,5
C.3	50	0	0	0	0	0	0	50	0	3,08	0,44	0,13	7,00	24,6	-66,1
C.4	DSM Desolite® DP-1020; revestimento primário comercialmente disponível									8,17	1,53	0,50	5,34	16,2	-77,1
C.5	DSM Desolite® DP-1078; revestimento primário comercialmente disponível									7,44	1,19	0,36	6,25	20,8	-69,4
C.6	KF6238; revestimento primário comercialmente disponibilizado pela JSR Corp.									5,53	1,11	0,38	4,98	14,6	-79,7

Discussão de Resultados

[0149] Como pode ser observado a partir dos dados nas Tabelas 3 e 4, as composições, de acordo com vários aspectos da presente invenção, exibem sensibilidade térmica reduzida, como determinado pela razão de viscosidade ($\frac{\eta_{25}}{\eta_{85}}$ e $\frac{\eta_{25}}{\eta_{85}}$), ou, alternativamente, por meio do líquido Tg do material (Tg, *rheo*). Embora nem todos os exemplos possuam um fotoiniciador ou aditivos comercialmente conhecidos que sejam comuns em composições de revestimento primário comerciais para fibras ópticas, seus desempenhos no presente documento ilustram suas adequabilidades quanto a pelo menos uma composição precursora para o uso em aplicações de revestimento de fibra óptica em que uma quantidade aumentada de tensão térmica é colocada sobre o revestimento aplicado, visto que não espera-se que fotoiniciadores e aditivos afetem significativamente a sensibilidade à temperatura. Tais tensões térmicas aumentadas podem ser induzidas, por exemplo, por velocidades de linha que são aumentadas versus valores comercialmente padrão, ou por meio da redução ou eliminação da quantidade de fluido de resfriamento (por meio de fluxo de hélio ou de outro modo) que é aplicado à composição durante o processo de revestimento.

[0150] Os resultados são ilustrados ademais graficamente nas Figs. 4 a 7. Voltando-se à **Fig. 4**, a vantagem de desempenho de pelo menos três composições, de acordo com os aspectos da presente invenção, (Exemplos 12, 13 e 14) é retratada com relação a três revestimentos de fibra óptica comerciais existentes, quando a viscosidade de cada

composição é plotada como uma função de temperatura entre 25 °C e 85 °C. Os exemplos 12-14 podem ser considerados candidatos superiores para o uso em processos de revestimento de fibra óptica que induzem tensões térmicas aumentadas mediante o revestimento, como mostrado por seus valores de viscosidade medidos relativamente superiores em uma temperatura elevada (potencialmente em operação) de 85 °C. Isso é verdade independentemente do fato de que os Exemplos 12 e 13, pelo menos, exibem viscosidades iniciais inferiores (isto é, a 25 °C) a revestimentos comerciais representados pelos Exemplos Comparativos 4 e 5.

[0151] Voltando-se à **Fig. 5**, uma plotagem de viscosidade versus temperatura é mostrada, a qual é similar àquela na Fig. 3. Nessa figura, os Exemplos 14 e 19 são retratados como superiores aos Exemplos Comparativos 4 e 5 em termos de suas sensibilidades a temperatura relativamente reduzida entre a faixa medida de 25 °C a 85 °C. Notadamente, o Exemplo 19 possui uma viscosidade a 25 °C que é aproximadamente idêntica aos Exemplos Comparativos 4 e 5, mas se tornou aquecido, o mesmo exibe uma alteração de viscosidade reduzida versus tais revestimentos comerciais.

[0152] A **Fig. 6** e a **Fig. 7** retratam, no eixo x, a viscosidade de cisalhamento em estado estável (a 25 °C na Fig. 6 e a 85 °C na Fig. 7) de cada composição, versus, no eixo y, cada razão de viscosidade de composição (independentemente entre 25 °C/55 °C na Fig. 6, ou entre 25 °C/85 °C na Fig. 7). As composições menos sensíveis à temperatura e de desempenho superior, de acordo com diversos aspectos da presente invenção, são representadas com pontos de dados circulares, em que composições mais

sensíveis à temperatura e de desempenho inferior são representadas com pontos de dados no formato de um "X." As barras verticais que representam a barra de erro de razão de viscosidade são mostradas para cada composição. Como pode ser observado, uma diversidade de exemplos inventivos é mostrada, que abrangem diversas faixas para razão de viscosidade e viscosidade inicial.

Modalidades Exemplificativas Adicionais

[0153] Um primeiro aspecto de uma primeira modalidade exemplificativa adicional da invenção é uma fibra óptica revestida, que compreende:

uma porção de fibra óptica, em que a dita porção de fibra óptica compreende adicionalmente

um núcleo de vidro, e

uma camada de recobrimento em contato com e em torno do dito núcleo de vidro; e

uma porção de revestimento, em que a dita porção de revestimento compreende adicionalmente

uma camada de revestimento primário em contato com e em torno da dita camada de recobrimento; e

uma camada de revestimento secundário em contato com e em torno da dita camada de revestimento primário;

em que a dita camada de revestimento primário é um produto bruto de uma composição curável por radiação que compreende

um oligômero de acrilato de uretano que é um produto de reagentes, em que os ditos reagentes compreendem um isocianato, um poliol e um monômero de acrilato;

um monômero de diluente reativo; e
um fotoiniciador de radical livre;

em que a composição curável por radiação possui uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C e uma terceira viscosidade a 85 °C, em que a composição curável por radiação é um líquido em cada uma dentre a primeira viscosidade, a segunda viscosidade e a terceira viscosidade, e em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que cerca de 15, ou menor que cerca de 14,4, ou menor que cerca de 13,9, ou menor que cerca de 13, ou menor que cerca de 12, ou menor que cerca de 11, ou menor que cerca de 10, ou menor que cerca de 9, ou menor que cerca de 7.

[0154] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com o aspecto anterior, em que a fibra óptica revestida possui um diâmetro de campo de modo de 8 a 10 μm a um comprimento de onda de 1310 nm, ou um diâmetro de campo de modo de 9 a 13 μm a um comprimento de onda de 1550 nm.

[0155] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos dois aspectos anteriores, em que a fibra óptica revestida é uma fibra de modo único, e é configurada de modo a possuir uma área eficaz entre 20 e 200 μm^2 .

[0156] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a fibra óptica

revestida é uma fibra de múltiplos modos, e é configurada de modo a possuir uma área eficaz entre 1500 e 3500 μm^2 .

[0157] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que 15, ou menor que 14,4, ou menor que 13,9, ou menor que 13, ou menor que 12, ou menor que 11, ou menor que 10, ou menor que 9, ou menor que 7.

[0158] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é de cerca de 5 a cerca de 15, ou de cerca de 5 a cerca de 14,4, ou de cerca de 5 a cerca de 13,9, ou de cerca de 5 a cerca de 13, ou de cerca de 5 a cerca de 12, ou de cerca de 5 a cerca de 11, ou de cerca de 5 a cerca de 10, ou de cerca de 5 a cerca de 9, ou de cerca de 5 a cerca de 7, ou de cerca de 7 a cerca de 15, ou de cerca de 7 a cerca de 14,4, ou de cerca de 7 a cerca de 13,9, ou de cerca de 7 a cerca de 13, ou de cerca de 7 a cerca de 12, ou de cerca de 7 a cerca de 10, ou de cerca de 7 a cerca de 9.

[0159] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é de 5 a 15, ou de 5 a 14,4, ou de 5 a 13,9, ou de 5 a 13, ou de 5 a

12, ou de 5 a 11, ou de 5 a 10, ou de 5 a 9, ou de 5 a 7, ou de 7 a 15, ou de 7 a 14,4, ou de 7 a 13,9, ou de 7 a 13, ou de 7 a 12, ou de 7 a 10, ou de 7 a 9.

[0160] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a razão da primeira viscosidade para a segunda viscosidade é menor que cerca de 4,7, ou menor que cerca de 4,6, ou menor que cerca de 4,4, ou menor que cerca de 4,2, ou menor que cerca de 4,0, ou menor que cerca de 3,5.

[0161] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com o aspecto anterior, em que a razão da primeira viscosidade para a segunda viscosidade é de cerca de 2 a cerca de 4,7, ou de cerca de 3 a cerca de 4,7, ou de cerca de 2 a cerca de 4,6, ou de cerca de 3 a cerca de 4,6, ou de cerca de 2 a cerca de 4,4, ou de cerca de 3 a cerca de 4,4, ou de cerca de 2 a cerca de 4,2, ou de cerca de 3 a cerca de 4,2, ou de cerca de 2 a cerca de 4,0 ou de cerca de 3 a cerca de 4,0, ou de cerca de 2 a cerca de 3,5, ou de cerca de 3 a cerca de 3,5.

[0162] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com o aspecto anterior, em que a razão da primeira viscosidade para a segunda viscosidade é de 2 a 4,7, ou de 3 a 4,7, ou de 2 a 4,6, ou de 3 a 4,6, ou de 2 a 4,4, ou de 3 a 4,4, ou de 2 a 4,2, ou de 3 a 4,2, ou de 2 a 4,0 ou de 3 a 4,0, ou de 2 a 3,5, ou de 3 a 3,5.

[0163] Um aspecto adicional da primeira modalidade

exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a segunda ou a terceira viscosidade é maior que 0,01 pascal segundos (Pa·s), ou maior que 0,10 Pa·s, ou menor que 1 Pa·s, ou entre cerca de 0,01 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,4 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s.

[0164] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com o aspecto anterior, em que a terceira viscosidade é maior que 0,01 pascal segundos (Pa·s), ou maior que 0,10 Pa·s, ou menor que 1 Pa·s, ou entre cerca de 0,01 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,4 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s.

[0165] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com o aspecto anterior, em que a primeira viscosidade está entre 0,1 a 20 Pa·s, ou de 0,5 a 15 Pa·s, ou de 1 a 10 Pa·s, a segunda viscosidade está entre 0,03 a 6 Pa·s, ou de 0,05 a 5 Pa·s, ou de 0,1 a 3 Pa·s, e a

terceira viscosidade está entre 0,01 a 2 Pa·s, ou de 0,03 a 1,5 Pa·s, ou de 0,05 a 1 Pa·s.

[0166] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a camada de revestimento primário possui um módulo in situ menor que 2,0 MPa, ou menor que 1,5 MPa, ou menor que 1,4 MPa, ou menor que 1,3 MPa, ou menor que 1,2 MPa, ou menor que 1.0 MPa, ou menor que 0,8 MPa, ou menor que 0,6 MPa, ou menor que 0,5 MPa, ou menor que 0,4 MPa, ou menor que 0,3 MPa, a maior que 0,01 MPa, ou maior que 0,1 MPa, ou maior que 0,5 MPa.

[0167] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano está presente em peso, com relação ao peso total da composição curável por radiação, de cerca de 40 a cerca de 90 % em peso, ou de cerca de 50 a cerca de 70 % em peso, ou de 45-90 % em peso, ou de 45-70 % em peso.

[0168] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o poliol compreende um polipropileno glicol.

[0169] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com o aspecto anterior, em que o poliol possui um peso molecular numérico médio, como medido por

cromatografia por exclusão de tamanho com o uso de um poliestireno padrão em THF de 3000 a 10000, ou de 3000 a 8000, ou de 4000 a 10000, ou de 4000 a 8000.

[0170] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o poliálcool possui um peso molecular equivalente a hidroxila de pelo menos cerca de 1500 g/mol, ou pelo menos cerca de 2000 g/mol, ou pelo menos cerca de 3000 g/mol, ou de 1500 g/mol a 5000 g/mol, ou de 2000 g/mol a 4500 g/mol.

[0171] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o isocianato compreende di-isocianato de isoforona, di-isocianato de hexano, di-isocianato de tolueno, di-isocianato de 2,2,4-trimetil-hexano, di-isocianato de 2,4,4-trimetil-hexano, di-isocianato de pentano ou bis(ciclo-hexil isocianato) de 4,4-metileno.

[0172] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com o aspecto anterior, em que o isocianato compreende uma mistura de 2,4-tolueno-di-isocianato e 2,6-tolueno-di-isocianato.

[0173] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com o aspecto anterior, em que a razão, em peso, do 2,4-tolueno-di-isocianato para o 2,6-tolueno-di-isocianato é de 1:1 a 100:1, ou de 30:1 a 60:1, ou de 40:1 a 50:1.

[0174] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o isocianato consiste em um di-isocianato de isoforono.

[0175] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o isocianato consiste essencialmente em um di-isocianato de isoforono.

[0176] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de acrilato compreende metilacrilato, etilacrilato, butilacrilato, 2-etil-hexilacrilato, acrilato de 2-hidroxietila, acrilato de laurila ou acrilato de isobornila.

[0177] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco.

[0178] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com o aspecto anterior, em que o oligômero de acrilato de uretano consiste em copolímero em bloco(s).

[0179] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos dois aspectos anteriores, em que

o copolímero em bloco compreende um copolímero em monobloco, um copolímero em dibloco ou um copolímero em tribloco.

[0180] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com o aspecto anterior, em que o oligômero de acrilato de uretano consiste essencialmente em copolímero em bloco(s), em que o copolímero(s) em bloco compreende uma estrutura em monobloco, dibloco ou tribloco.

[0181] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco que consiste em uma estrutura em monobloco.

[0182] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos quatro aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o copolímero em bloco compreende blocos de poliéter.

[0183] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional, é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos cinco aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende uma média de 0,9 a 3,5 blocos de poliéter, ou entre 0,9 e 1,5 blocos de poliéter, ou entre 1,5 e 2,5 blocos de poliéter, ou entre 2,5 e 3,5 blocos de poliéter.

[0184] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de

acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco que consiste em uma estrutura em dibloco.

[0185] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco que consiste em uma estrutura em tribloco.

[0186] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco que consiste essencialmente em uma estrutura em monobloco.

[0187] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco que consiste essencialmente em uma estrutura em dibloco.

[0188] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco que consiste essencialmente em uma estrutura em tribloco.

[0189] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de

acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano também é o produto de reação de um catalisador.

[0190] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o catalisador compreende dilaurato de dibutilestanho ou um composto de organobismuto.

[0191] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o catalisador consiste em dilaurato de dibutilestanho ou um composto de organobismuto.

[0192] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o catalisador consiste essencialmente em dilaurato de dibutilestanho ou compostos de organobismuto.

[0193] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o catalisador está presente, com relação à quantidade da composição curável por radiação inteira, de 0,001 a 1 % em peso, ou de 0,01 a 1 % em peso, ou de 0,05 a 1 % em peso, ou de 0,001 a 0,1 % em peso, ou de 0,01 a 0,1 % em peso, ou de 0,05 a 0,1

% em peso.

[0194] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano também é o produto de reação de um inibidor.

[0195] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o inibidor compreende hidroxitolueno butilado.

[0196] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com o aspecto anterior, em que o hidroxitolueno butilado é de qualidade alimentar.

[0197] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o inibidor consiste em hidroxitolueno butilado.

[0198] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o inibidor consiste essencialmente em hidroxitolueno butilado.

[0199] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o inibidor

está presente, com relação à quantidade da composição curável por radiação inteira, de 0,001 a 1 % em peso, ou de 0,01 a 1 % em peso, ou de 0,05 a 1 % em peso, ou de 0,001 a 0,1 % em peso, ou de 0,01 a 0,1 % em peso, ou de 0,05 a 0,1 % em peso.

[0200] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o isocianato está presente em peso, com relação ao peso total do oligômero de acrilato de uretano, de 1 % em peso a 20 % em peso, ou de 1 % em peso a 15 % em peso, ou de 1 % em peso a 10 % em peso, ou de 1 % em peso a 8 % em peso, ou de 1 % em peso a 6 % em peso, ou de 2 % em peso a 20 % em peso, ou de 2 % em peso a 15 % em peso, ou de 2 % em peso a 10 % em peso, ou de 2 % em peso a 8 % em peso, ou de 2 % em peso a 6 % em peso, ou de 3,6 % em peso a 20 % em peso, ou de 3,6 % em peso a 15 % em peso, ou de 3,6 % em peso a 10 % em peso, ou de 3,6 % em peso a 8 % em peso, ou de 3,6 % em peso a 6 % em peso.

[0201] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o poliol está presente em peso, com relação ao peso total do oligômero de acrilato de uretano, de 80 % em peso a 99 % em peso, ou de 80 % em peso a 97 % em peso, ou de 80 % em peso a 96 % em peso, ou de 80 % em peso a 95,36 % em peso, ou de 85 % em peso a 99 % em peso, ou de 85 % em peso a 97 % em peso, ou de 85 % em peso a 96 % em peso, ou de 85 % em peso a 95,36

% em peso, ou de 91,22 % em peso a 99 % em peso, ou de 91,22 % em peso a 97 % em peso, ou de 91,22 % em peso a 96 % em peso, ou de 91,22 % em peso a 95,36 % em peso.

[0202] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de acrilato está presente em peso, com relação ao peso total do oligômero de acrilato de uretano, de 0,3 % em peso a 15 % em peso, ou de 0,3 % em peso a 10 % em peso, ou de 0,3 % em peso a 5 % em peso, ou de 0,3 % em peso a 3 % em peso, ou de 0,3 % em peso a 2,72 % em peso, ou de 0,75 % em peso a 15 % em peso, ou de 0,75 % em peso a 10 % em peso, ou de 0,75 % em peso a 5 % em peso, ou de 0,75 % em peso a 3 % em peso, ou de 0,75 % em peso a 2,72 % em peso, ou de 1 % em peso a 15 % em peso, ou de 1 % em peso a 10 % em peso, ou de 1 % em peso a 5 % em peso, ou de 1 % em peso a 3 % em peso, ou de 1 % em peso a 2,72 % em peso.

[0203] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a razão molar do polioliol para o isocianato é de 1:4 a 1:1, ou de 1:2 a 3:4.

[0204] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a razão molar do polioliol para o monômero de acrilato é de 1:1 a 5:1, ou de 1:1 a 4:1, ou de 1:1 a 3:1.

[0205] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a razão molar do isocianato para o monômero de acrilato é de 1:1 a 5:1, ou de 1:1 a 4:1, ou de 1:1 a 3:1.

[0206] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o peso molecular numérico médio do oligômero de acrilato de uretano é maior que cerca de 8000 g/mol, ou maior que cerca de 10000 g/mol, ou maior que cerca de 15000 g/mol, ou maior que 20000 g/mol, ou maior que 25000 g/mol.

[0207] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o peso molecular numérico médio do oligômero de acrilato de uretano é de cerca de 8000 a cerca de 30000 g/mol, ou de cerca de 8000 a cerca de 25000 g/mol, ou de cerca de 8000 a cerca de 20000 g/mol, ou de cerca de 10000 a cerca de 30000 g/mol, ou de cerca de 10000 a cerca de 25000 g/mol, ou de cerca de 10000 a cerca de 20000 g/mol, ou de cerca de 15000 a cerca de 30000 g/mol, ou de cerca de 15000 a cerca de 25000 g/mol, ou de cerca de 15000 a cerca de 20000 g/mol.

[0208] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira

modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo compreende uma média numérica de 0,5 a 1,5 grupos polimerizáveis.

[0209] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo consiste em composto(s) monofuncional(is).

[0210] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo compreende um acrilato de alquila com uma cadeia de alquila que compreende pelo menos 8 átomos de carbono, ou uma cadeia de C₈-C₂₄, ou a C₈-C₁₆ alquila.

[0211] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com a modalidade anterior, em que o acrilato de alquila compreende acrilato de isodecila.

[0212] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo compreende metilacrilato, etilacrilato, butilacrilato, 2- etil-hexilacrilato, acrilato de 2-hidroxietila, ou acrilato de isobornila.

[0213] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de

diluyente reativo compreende acrilato de etil-hexila, ou acrilato de fenoxi-etila, ou N-vinilcaprolactama.

[0214] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluyente reativo consiste essencialmente em acrilato de etil-hexila, ou acrilato de fenoxi-etila, ou N-vinilcaprolactama.

[0215] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de acrilato compreende acrilato de etil-hexila, acrilato de fenoxietila, n-vinilcaprolactama, ou acrilato de nonilfenol etoxilado.

[0216] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluyente reativo compreende acrilato de 2-etil-hexila, acrilato de 2-fenoxietila, ou n-vinilcaprolactama.

[0217] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluyente reativo consiste em acrilato de 2-etil-hexila, acrilato de 2-fenoxietila, ou n-vinilcaprolactama.

[0218] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de

acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo consiste essencialmente em acrilato de 2-etil-hexila, acrilato de 2-fenoxietila, ou n-vinilcaprolactama.

[0219] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, que compreende adicionalmente um segundo monômero de diluente reativo.

[0220] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o segundo monômero de diluente reativo compreende acrilato de etil-hexila, acrilato de fenoxi-etila, ou N-vinilcaprolactama.

[0221] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o segundo monômero de diluente reativo compreende acrilato de 2-etil-hexila, acrilato de 2-fenoxietila, ou n-vinilcaprolactama.

[0222] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo está presente em peso, com relação ao peso da fibra óptica revestida inteira, de pelo menos cerca de 20 %, ou de cerca de 20 % em peso a cerca de 60 % em peso, ou de cerca de 30 % em peso a cerca de 60 % em peso, ou de

cerca de 30 % em peso a cerca de 50 % em peso.

[0223] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo e o segundo monômero de diluente reativo estão presentes em peso, com relação ao peso da fibra óptica revestida inteira, de pelo menos cerca de 20 %, ou de cerca de 20 % em peso a cerca de 60 % em peso, ou de cerca de 30 % em peso a cerca de 60 % em peso, ou de cerca de 30 % em peso a cerca de 50 % em peso.

[0224] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo está presente em peso, com relação ao segundo monômero de diluente reativo, em uma razão de 1:1 a 4:1, ou de cerca de 1:1 a cerca de 2:1.

[0225] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o fotoiniciador compreende uma benzofenona, um óxido de benzoilfosfino, um óxido de etoxifosfino, ou um composto de cetona 1-hidroxifenila.

[0226] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o fotoiniciador compreende benzofenona de 4-metila,

benzofenona de 2,4,6-trimetila, dimetoxibenzofenona, 1-hidroxiciclo-hexil fenil cetona, fenil(1-hidroxi-isopropil)cetona, 2-hidroxi-1-[4-(2-hidroxietoxi)fenil]-2-metil-1-propanona, e 4-isopropilfenil(1-hidroxi-isopropil)cetona, benzildimetilcetal, oligo-[2-hidroxi-2-metil-1-[4-(1-metilvinil)fenil]propanona]; Óxido de difenilfosfino de 2,4,6-trimetilbenzoíla, 2,4,6-trimetilbenzoil fenila, óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoil)-fenilfosfina, 2-metil-1-[4-(metiltio)fenil]-2-morfolinopropanona-1, 2-benzil-2-(dimetilamino)-1-[4-(4-morfolinil)fenil]-1-butanona, 2-dimetilamino-2-(4-metil-benzil)-1-(4-morfolin-4-il-fenil)-butan-1-ona, sulfeto de 4-benzoil-4'-metil difenila, 4,4'-bis(dietilamino)benzofenona, e 4,4'-bis(N,N-dimetilamino)benzofenona (cetona de Michler), e misturas dos mesmos.

[0227] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o fotoiniciador consiste essencialmente em óxido de óxido de difenil(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina.

[0228] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o fotoiniciador consiste em óxido de difenil(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina.

[0229] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de

acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o fotoiniciador está presente em uma quantidade, com relação ao peso da composição inteira, de pelo menos 0,1 % em peso, ou de cerca de 0,1-5 % em peso, ou de 0,1-3 % em peso, ou de cerca de 0,1 a cerca de 2 % em peso, ou de cerca de 0,5 a cerca de 5 % em peso, ou de cerca de 0,5 a cerca de 3 % em peso, ou de cerca de 0,5 a cerca de 2 % em peso, ou de cerca de 0,5 a cerca de 1,5 % em peso, ou de cerca de 0,9 % em peso a cerca de 5 % em peso, ou de cerca de 0,9 % em peso a cerca de 3 % em peso, ou de cerca de 0,9 % em peso a cerca de 2 % em peso, ou de cerca de 0,9 % em peso a cerca de 1,5 % em peso.

[0230] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a composição curável por radiação compreende adicionalmente um ou mais aditivos.

[0231] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a composição curável por radiação compreende adicionalmente pelo menos um promotor de adesão.

[0232] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é uma fibra óptica revestida, de acordo com o aspecto anterior, em que o promotor de adesão compreende trimetilopropano tri(3-mercaptopropionato).

[0233] Um aspecto adicional da primeira modalidade

exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que o promotor de adesão está presente em peso, com relação ao peso da composição curável por radiação inteira, de 0,001 a 5 % em peso, ou de 0,01 a 5 % em peso, ou de 0,1 a 5 % em peso, ou de 0,5 a 5 % em peso, ou de 0,001 a 3 % em peso, ou de 0,01 a 3 % em peso, ou de 0,1 a 3 % em peso, ou de 0,5 a 3 % em peso, ou de 0,001 a 1 % em peso, ou de 0,01 a 1 % em peso, ou de 0,1 a 1 % em peso, ou de 0,5 a 1 % em peso.

[0234] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que a composição curável por radiação possui a temperatura de transição vítrea líquida ($T_{g,rheo}$), em que a $T_{g,rheo}$ da composição curável por radiação é menor que $-81,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -120 a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -115 a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -110 a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -100 a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -120 a $-82\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -115 a $-82\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -110 a $-82\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -100 a $-82\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -120 a $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -115 a $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -110 a $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -100 a $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -120 a $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -115 a $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -110 a $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou de -100 a $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

[0235] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da primeira modalidade exemplificativa adicional, em que $T_{g,rheo}$ é determinada pela equação de correlação (8) para dados de viscosidade versus temperatura de experimento para a composição curável por radiação:

$$\eta(T)/\eta_{25} = 10^{\left(\frac{-562,5/(62,5-T_{g,rheo}) * (T-25)}{37,5+T-T_{g,rheo}}\right)} \quad (8),$$

em que $\eta(T)$ é a viscosidade da composição na temperatura, T , e η_{25} é a primeira viscosidade.

[0236] Um primeiro aspecto de uma segunda modalidade exemplificativa adicional da invenção é uma composição curável por radiação para revestir uma fibra óptica que compreende:

um oligômero reativo que compreende pelo menos um grupo polimerizável e uma estrutura principal derivada de um diol que compreende polipropileno glicol;

um monômero de diluente reativo; e

um ou mais fotoiniciadores;

em que a composição curável por radiação possui uma temperatura de transição vítrea líquida ($T_{g,rheo}$), uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C e uma terceira viscosidade a 85 °C;

em que, pelo menos uma dentre as seguintes condições é satisfeita:

(1) a $T_{g,rheo}$ da composição curável por radiação é menor que -81,5 °C, ou de -120 a -80 °C, ou de -115 a -80 °C, ou de -110 a -80 °C, ou de -100 a -80 °C, ou de -120 a -82 °C, ou de -115 a -82 °C, ou de -110 a -82 °C, ou de -100 a -82 °C, ou de -120 a -85 °C, ou de -115 a -85 °C, ou de -110 a -85 °C, ou de -100 a -85 °C, ou de -120 a -90 °C, ou de -115 a -90 °C, ou de -110 a -90 °C, ou de -100 a -90 °C;

ou

(2) em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que cerca de 15, ou menor que

cerca de 14,4, ou menor que cerca de 13,9, ou menor que cerca de 13, ou menor que 12, ou menor que cerca de 11, ou menor que cerca de 10, ou menor que cerca de 9, ou menor que cerca de 7.

[0237] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com o aspecto anterior da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que $T_{g,rheo}$ é determinada pela equação de correlação (8) para dados de viscosidade versus temperatura de experimento para a composição curável por radiação:

$$\eta(T)/\eta_{25} = 10^{\left(\frac{-562,5/(62,5-T_{g,rheo}) * (T-25)}{37,5+T-T_{g,rheo}}\right)} \quad (8),$$

em que $\eta(T)$ é a viscosidade da composição na temperatura, T , e η_{25} é a primeira viscosidade.

[0238] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero reativo compreende uma média numérica de 0,9 a 2,1 mais grupos polimerizáveis, ou de 0,9 a o 1,1 grupos polimerizáveis, ou de 0,9 a 3,1 grupos polimerizáveis, ou de 1,9 a 2,1 grupos polimerizáveis, ou de 1,5 a 2,5 grupos polimerizáveis.

[0239] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que os grupos polimerizáveis compreendem grupos de extremidade.

[0240] Um aspecto adicional da segunda modalidade

exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que os grupos polimerizáveis consistem essencialmente em grupos de extremidade.

[0241] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que os grupos polimerizáveis consistem em grupos de extremidade.

[0242] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que os grupos polimerizáveis compreendem um grupo (met)acrilato.

[0243] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que os grupos de extremidade compreendem um grupo (met)acrilato.

[0244] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que os grupos polimerizáveis ou grupos de extremidade compreendem um grupo acrilato.

[0245] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que os

grupos polimerizáveis ou grupos de extremidade consistem essencialmente em grupo(s) acrilato.

[0246] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que os grupos polimerizáveis ou grupos de extremidade consistem em grupo(s) acrilato.

[0247] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o grupo acrilato é derivado de metilacrilato, etilacrilato, butilacrilato, 2-etil-hexilacrilato, acrilato de 2-hidroxietila ou acrilato de isobornila.

[0248] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero reativo compreende um oligômero de acrilato de uretano, em que o dito oligômero de acrilato de uretano é o produto de reação de um isocianato, um acrilato e um polipropileno glicol.

[0249] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero reativo consiste em oligômero(s) de acrilato de uretano.

[0250] Um aspecto adicional da segunda modalidade

exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero reativo consiste essencialmente em oligômero(s) de acrilato de uretano.

[0251] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o isocianato compreende di-isocianato de isoforono, di-isocianato de hexano, di-isocianato de tolueno, di-isocianato de 2,2,4-trimetil-hexano, di-isocianato de 2,4,4-trimetil-hexano, di-isocianato de pentano ou bis(ciclo-hexil isocianato) de 4,4-metileno.

[0252] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com o aspecto anterior da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o isocianato compreende uma mistura de 2,4-tolueno-di-isocianato e 2,6-tolueno-di-isocianato.

[0253] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o isocianato consiste em uma mistura de 2,4-tolueno-di-isocianato e 2,6-tolueno-di-isocianato.

[0254] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o

isocianato consiste essencialmente em uma mistura de 2,4-tolueno-di-isocianato e 2,6-tolueno-di-isocianato.

[0255] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que a razão, em peso, do 2,4-tolueno-di-isocianato para o 2,6-tolueno-di-isocianato é de 1:1 a 100:1, ou de 30:1 a 60:1, ou de 40:1 a 50:1.

[0256] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o isocianato consiste em um di-isocianato de isoforono.

[0257] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o isocianato consiste essencialmente em um di-isocianato de isoforono.

[0258] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero reativo compreende um copolímero em bloco.

[0259] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com o aspecto anterior da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o copolímero em bloco compreende uma estrutura em monobloco, dibloco ou

tribloco.

[0260] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano consiste em copolímero(s) em bloco, em que os copolímeros em bloco compreendem uma estrutura em monobloco, dibloco ou tribloco.

[0261] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano consiste essencialmente em copolímero em bloco(s), em que o(s) copolímero(s) em bloco compreende(m) uma estrutura em monobloco, dibloco ou tribloco.

[0262] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco que consiste em uma estrutura em monobloco.

[0263] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco que consiste em uma estrutura em dibloco.

[0264] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por

radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco que consiste em uma estrutura em tribloco.

[0265] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco que consiste essencialmente em uma estrutura em monobloco.

[0266] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco que consiste essencialmente em uma estrutura em dibloco.

[0267] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero de acrilato de uretano compreende um copolímero em bloco que consiste essencialmente em uma estrutura em tribloco.

[0268] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero reativo compreende o produto de reação de um

polipropileno glicol com um peso molecular numérico médio, como medido por cromatografia por exclusão de tamanho com o uso de um poliestireno padrão em THF de 3000 a 10000, ou de 3000 a 8000, ou de 4000 a 10000, ou de 4000 a 8000.

[0269] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o polipropileno glicol possui um peso equivalente a hidroxila de pelo menos cerca de 2000 g/mol, ou pelo menos cerca de 3000 g/mol, ou de 1500 g/mol a 5000 g/mol, ou de 2000 g/mol a 4500 g/mol.

[0270] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero reativo também é o produto de reação de um catalisador.

[0271] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o catalisador compreende dilaurato de dibutilestanho ou um composto de organobismuto.

[0272] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o catalisador consiste em dilaurato de dibutilestanho ou um composto de organobismuto.

[0273] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o catalisador consiste essencialmente em dilaurato de dibutilestanho ou compostos de organobismuto.

[0274] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o catalisador está presente, com relação à quantidade da composição curável por radiação inteira, de 0,001 a 1 % em peso, ou de 0,01 a 1 % em peso, ou de 0,05 a 1 % em peso, ou de 0,001 a 0,1 % em peso, ou de 0,01 a 0,1 % em peso, ou de 0,05 a 0,1 % em peso.

[0275] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero reativo também é o produto de reação de um inibidor.

[0276] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o inibidor compreende hidroxitolueno butilado.

[0277] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com o aspecto anterior da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o

hidroxitolueno butilado é a qualidade alimentar.

[0278] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o inibidor consiste em hidroxitolueno butilado.

[0279] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o inibidor consiste essencialmente em hidroxitolueno butilado.

[0280] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o inibidor está presente, com relação à quantidade da composição curável por radiação inteira, de 0,001 a 1 % em peso, ou de 0,01 a 1 % em peso, ou de 0,05 a 1 % em peso, ou de 0,001 a 0,1 % em peso, ou de 0,01 a 0,1 % em peso, ou de 0,05 a 0,1 % em peso.

[0281] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o isocianato está presente em peso, com relação ao peso total do oligômero reativo, de 1 % em peso a 20 % em peso, ou de 1 % em peso a 15 % em peso, ou de 1 % em peso a 10 % em peso, ou de 1 % em peso a 8 % em peso, ou de 1 % em peso a 6 % em peso, ou de 2 % em peso a 20 % em peso, ou de 2 % em

peso a 15 % em peso, ou de 2 % em peso a 10 % em peso, ou de 2 % em peso a 8 % em peso, ou de 2 % em peso a 6 % em peso, ou de 3,6 % em peso a 20 % em peso, ou de 3,6 % em peso a 15 % em peso, ou de 3,6 % em peso a 10 % em peso, ou de 3,6 % em peso a 8 % em peso, ou de 3,6 % em peso a 6 % em peso.

[0282] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o polipropileno glicol está presente em peso, com relação ao peso total do oligômero reativo, de 80 % em peso a 99 % em peso, ou de 80 % em peso a 97 % em peso, ou de 80 % em peso a 96 % em peso, ou de 80 % em peso a 95,36 % em peso, ou de 85 % em peso a 99 % em peso, ou de 85 % em peso a 97 % em peso, ou de 85 % em peso a 96 % em peso, ou de 85 % em peso a 95,36 % em peso, ou de 91,22 % em peso a 99 % em peso, ou de 91,22 % em peso a 97 % em peso, ou de 91,22 % em peso a 96 % em peso, ou de 91,22 % em peso a 95,36 % em peso.

[0283] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o acrilato está presente em peso, com relação ao peso total do oligômero reativo, de 0,3 % em peso a 15 % em peso, ou de 0,3 % em peso a 10 % em peso, ou de 0,3 % em peso a 5 % em peso, ou de 0,3 % em peso a 3 % em peso, ou de 0,3 % em peso a 2,72 % em peso, ou de 0,75 % em peso a 15 % em peso, ou de 0,75 % em peso a 10 % em peso, ou de 0,75 % em peso a 5 % em peso, ou de 0,75 % em peso a 3 % em peso, ou de 0,75

% em peso a 2,72 % em peso, ou de 1 % em peso a 15 % em peso, ou de 1 % em peso a 10 % em peso, ou de 1 % em peso a 5 % em peso, ou de 1 % em peso a 3 % em peso, ou de 1 % em peso a 2,72 % em peso.

[0284] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que a razão molar do polipropileno glicol para o isocianato é de 1:4 a 1:1, ou de 1:2 a 3:4.

[0285] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que a razão molar do polipropileno glicol para o acrilato é de 1:1 a 5:1, ou de 1:1 a 4:1, ou de 1:1 a 3:1.

[0286] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que a razão molar do isocianato para o acrilato é de 1:1 a 5:1, ou de 1:1 a 4:1, ou de 1:1 a 3:1.

[0287] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o peso molecular numérico médio do oligômero reativo é maior que cerca de 8.000 g/mol, ou maior que cerca de 10.000 g/mol, ou maior que cerca de 15.000 g/mol, ou maior que 20.000 g/mol, ou maior que 25.000 g/mol.

[0288] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o peso molecular numérico médio do oligômero reativo é de cerca de 8.000 a cerca de 30.000 g/mol, ou de cerca de 8.000 a cerca de 25.000 g/mol, ou de cerca de 8.000 a cerca de 20.000 g/mol, ou de cerca de 10.000 a cerca de 30.000 g/mol, ou de cerca de 10.000 a cerca de 25.000 g/mol, ou de cerca de 10.000 a cerca de 20.000 g/mol, ou de cerca de 15.000 a cerca de 30.000 g/mol, ou de cerca de 15.000 a cerca de 25.000 g/mol, ou de cerca de 15.000 a cerca de 20.000 g/mol.

[0289] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o peso molecular numérico médio do oligômero de acrilato de uretano é maior que cerca de 8000 g/mol, ou maior que cerca de 10000 g/mol, ou maior que cerca de 15000 g/mol, ou maior que 20000 g/mol, ou maior que 25000 g/mol.

[0290] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o peso molecular numérico médio do oligômero de acrilato de uretano é de cerca de 8.000 a cerca de 30.000 g/mol, ou de cerca de 8.000 a cerca de 25.000 g/mol, ou de cerca de 8.000 a cerca de 20.000 g/mol, ou de cerca de 10.000 a

cerca de 30.000 g/mol, ou de cerca de 10.000 a cerca de 25.000 g/mol, ou de cerca de 10.000 a cerca de 20.000 g/mol, ou de cerca de 15.000 a cerca de 30.000 g/mol, ou de cerca de 15.000 a cerca de 25.000 g/mol, ou de cerca de 15.000 a cerca de 20.000 g/mol.

[0291] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o oligômero reativo está presente em peso, com relação ao peso da composição curável por radiação inteira, de pelo menos cerca de 40 %, ou de cerca de 50 % em peso a cerca de 70 % em peso.

[0292] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo compreende um ou mais grupos polimerizáveis.

[0293] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o um ou mais grupos polimerizáveis compreendem um grupo de extremidade.

[0294] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o

um ou mais grupos polimerizáveis consistem em grupos de extremidade.

[0295] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o um ou mais grupos polimerizáveis consistem essencialmente em grupos de extremidade.

[0296] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que os grupos de extremidade compreendem um grupo (met)acrilato.

[0297] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que os grupos polimerizáveis ou grupos de extremidade compreendem um grupo acrilato.

[0298] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que os grupos polimerizáveis ou grupos de extremidade consistem essencialmente em grupo(s) acrilato.

[0299] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que os grupos polimerizáveis ou grupos de extremidade consistem em

grupo(s) acrilato.

[0300] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo compreende uma média numérica de 0,9 a 2,1 mais grupos polimerizáveis, ou de 0,9 a 1,1 grupos polimerizáveis, ou de 0,9 a 3,1 grupos polimerizáveis, ou de 1,9 a 2,1 grupos polimerizáveis, ou de 0,5 a 1,5 grupos polimerizáveis.

[0301] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo compreende um composto monofuncional.

[0302] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo consiste em composto(s) monofuncional(is).

[0303] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo compreende um acrilato de alquila com uma cadeia de alquila que compreende pelo menos 8 átomos de carbono, ou uma cadeia de C₈-C₂₄ alquila, ou uma cadeia de C₈-C₁₆ alquila.

[0304] Um aspecto adicional da primeira modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida, de acordo com a modalidade anterior, em que o acrilato de alquila compreende acrilato de isodecila.

[0305] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo compreende metilacrilato, etilacrilato, butilacrilato, 2-etil-hexilacrilato, acrilato de 2-hidroxietila, acrilato de isobornila, lauril-acrilato, acrilato de nonil-fenol etoxilado, acrilato de dietileno-glicol-etil-hexila (DEGEHA), acrilato de fenoxi-etila, ou N-vinilcaprolactama.

[0306] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo compreende acrilato de etil-hexila, acrilato de fenoxi-etila, ou N-vinilcaprolactama.

[0307] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo consiste essencialmente em acrilato de etil-hexila, acrilato de fenoxi-etila, ou N-vinilcaprolactama.

[0308] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores

da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo consiste em acrilato de etil-hexila, acrilato de fenoxi-etila ou N-vinilcaprolactama.

[0309] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo compreende acrilato de 2-etil-hexila, acrilato de 2-fenoxietila, ou n-vinilcaprolactama.

[0310] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo consiste em acrilato de 2-etil-hexila, acrilato de 2-fenoxietila, ou n-vinilcaprolactama.

[0311] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo consiste essencialmente em acrilato de 2-etil-hexila, acrilato de 2-fenoxietila, ou n-vinilcaprolactama.

[0312] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, que compreende adicionalmente um segundo monômero de diluente reativo.

[0313] Um aspecto adicional da segunda modalidade

exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o segundo monômero de diluente reativo compreende acrilato de etil-hexila, acrilato de fenoxi-etila ou N-vinilcaprolactama.

[0314] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o segundo monômero de diluente reativo compreende acrilato de 2-etil-hexila, acrilato de 2-fenoxietila, ou n-vinilcaprolactama.

[0315] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, que compreende pelo menos dois monômeros de diluente reativo diferentes.

[0316] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o monômero de diluente reativo compreende acrilato de etil-hexila e acrilato de fenoxi-etila ou acrilato de etil-hexila e n-vinilcaprolactama.

[0317] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o

monômero de diluente reativo está presente em peso, com relação ao peso da composição curável por radiação inteira, de pelo menos cerca de 20 %, ou de cerca de 20 % em peso a cerca de 60 % em peso, ou de cerca de 30 % em peso a cerca de 60 % em peso, ou de cerca de 30 % em peso a cerca de 50 % em peso.

[0318] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o fotoiniciador compreende uma benzofenona, a óxido de benzoilfosfino, um óxido de etoxifosfino, ou um composto de 1-hidroxifenil cetona.

[0319] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o fotoiniciador compreende benzofenona de 4-metila, 2,4,6-trimetil benzofenona, dimetoxibenzofenona, 1-hidroxiciclohexil fenil cetona, fenil(1-hidroxi-isopropil) cetona, 2-hidroxi-1-[4-(2-hidroxi etoxi}fenil]-2-metil-1-propanona e 4-isopropilfenil(1-hidroxi-isopropil)cetona, benzil dimetil acetal, oligo-[2-hidroxi-2-metil-1-[4-(1-metilvinil)fenil]propanona]; Óxido de difenilfosfino de 2,4,6-trimetilbenzoíla, 2,4,6-trimetilbenzoil fenila, óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoil)-fenilfosfina, 2-metil-1-[4-(metiltio)fenil]-2-morfolinopropanona-1, 2-benzil-2-(dimetilamino)-1-[4-(4-morfolinil)fenil]-1-butanona, 2-dimetilamino-2-(4-metil-benzil)-1-(4-morfolin-4-il-fenil)-butan-1-ona, difenil sulfeto de 4-benzoil-4'-metila, 4,4'-

bis(dietilamino)benzofenona, e 4,4'-bis(N,N-dimetilamino)benzofenona (cetona de Michler), e misturas dos mesmos.

[0320] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o fotoiniciador consiste essencialmente em óxido de difenil(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina.

[0321] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o fotoiniciador consiste em óxido de difenil(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina.

[0322] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o fotoiniciador está presente em uma quantidade, com relação ao peso da composição inteira, de pelo menos 0,1 % em peso, ou de cerca de 0,1-5 % em peso, ou de 0,1-3 % em peso, ou de cerca de 0,1 a cerca de 2 % em peso, ou de cerca de 0,5 a cerca de 5 % em peso, ou de cerca de 0,5 a cerca de 3 % em peso, ou de cerca de 0,5 a cerca de 2 % em peso, ou de cerca de 0,5 a cerca de 1,5 % em peso, ou de cerca de 0,9 % em peso a cerca de 5 % em peso, ou de cerca de 0,9 % em peso a cerca de 3 % em peso, ou de cerca de 0,9 % em peso a cerca de 2 % em peso, ou de cerca de 0,9 % em peso a cerca de 1,5 % em peso.

[0323] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, que compreende adicionalmente um ou mais aditivos.

[0324] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, que compreende adicionalmente pelo menos um promotor de adesão.

[0325] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com o aspecto anterior da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que o promotor de adesão compreende trimetilopropano tri(3-mercaptopropionato).

[0326] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que a composição curável por radiação é um líquido em cada uma dentre a primeira viscosidade, a segunda viscosidade e a terceira viscosidade, e em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que cerca de 15, ou menor que cerca de 14,4, ou menor que cerca de 13, ou menor que cerca de 12, ou menor que cerca de 11, ou menor que cerca de 10, ou menor que cerca de 9, ou menor que cerca de 7, ou em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que 15, ou menor que 14, ou menor que 13, ou menor que 12, ou menor que 11, ou

menor que 10, ou menor que 9, ou menor que 7.

[0327] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com o aspecto anterior da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é de cerca de 5 a cerca de 15, ou de cerca de 5 a cerca de 14,4, ou de cerca de 5 a cerca de 13,9, ou de cerca de 5 a cerca de 13, ou de cerca de 5 a cerca de 12, ou de cerca de 5 a cerca de 11, ou de cerca de 5 a cerca de 10, ou de cerca de 5 a cerca de 9, ou de cerca de 5 a cerca de 7, ou de cerca de 7 a cerca de 15, ou de cerca de 7 a cerca de 14,4, ou de cerca de 7 a cerca de 13,9, ou de cerca de 7 a cerca de 13, ou de cerca de 7 a cerca de 12, ou de cerca de 7 a cerca de 11, ou de cerca de 7 a cerca de 10, ou de cerca de 7 a cerca de 9.

[0328] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos dois aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é de 5 a 15, ou de 5 a 14,4, ou de 5 a 13,9, ou de 5 a 13, ou de 5 a 12, ou de 5 a 11, ou de 5 a 10, ou de 5 a 9, ou de 5 a 7, ou de 7 a 15, ou de 7 a 14,4, ou de 7 a 13,9, ou de 7 a 13, ou de 7 a 12, ou de 7 a 11, ou de 7 a 10, ou de 7 a 9.

[0329] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos três aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional,

em que a razão da primeira viscosidade para a segunda viscosidade é menor que cerca de 4,7, ou menor que 4,6, ou menor que cerca de 4,4, ou menor que cerca de 4,2, ou menor que cerca de 4,0, ou menor que cerca de 3,5, ou em que a razão da primeira viscosidade para a segunda viscosidade é menor que 4,7, ou menor que 4,6, ou menor que 4,4, ou menor que 4,2, ou menor que 4,0, ou menor que 3,5.

[0330] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com o aspecto anterior da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que a razão da primeira viscosidade para a segunda viscosidade é de cerca de 2 a cerca de 4,7, ou de cerca de 3 a cerca de 4,7, ou de cerca de 2 a cerca de 4,6, ou de cerca de 3 a cerca de 4,6, ou de cerca de 2 a cerca de 4,4, ou de cerca de 3 a cerca de 4,4, ou de cerca de 2 a cerca de 4,2, ou de cerca de 3 a cerca de 4,2, ou de cerca de 2 a cerca de 4,0 ou de cerca de 3 a cerca de 4,0, ou de cerca de 2 a cerca de 3,5, ou de cerca de 3 a cerca de 3,5.

[0331] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que a razão da primeira viscosidade para a segunda viscosidade é de 2 a 4,7, ou de 3 a 4,7, ou de 2 a 4,6, ou de 3 a 4,6, ou de 2 a 4,4, ou de 3 a 4,4, ou de 2 a 4,2, ou de 3 a 4,2, ou de 2 a 4,0 ou de 3 a 4,0, ou de 2 a 3,5, ou de 3 a 3,5.

[0332] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores

da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que a segunda ou a terceira viscosidade é maior que 0,01 pascal segundos (Pa·s), ou maior que 0,10 Pa·s, ou menor que 1 Pa·s, ou entre cerca de 0,01 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,4 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s.

[0333] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que a terceira viscosidade é maior que 0,01 pascal segundos (Pa·s), ou maior que 0,10 Pa·s, ou menor que 2 Pa·s, ou menor que 1 Pa·s, ou entre cerca de 0,01 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,4 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s.

[0334] Um aspecto adicional da segunda modalidade exemplificativa adicional é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da segunda modalidade exemplificativa adicional, em que a primeira viscosidade está entre 0,1 a 20 Pa·s, ou de 0,5 a

15 Pa·s, ou de 1 a 10 Pa·s, a segunda viscosidade está entre 0,03 a 6 Pa·s, ou de 0,05 a 5 Pa·s, ou de 0,1 a 3 Pa·s, e a terceira viscosidade está entre 0,01 a 2 Pa·s, ou de 0,03 a 1,5 Pa·s, ou de 0,05 a 1 Pa·s.

[0335] A terceira modalidade exemplificativa adicional da invenção é uma fibra óptica revestida que compreende um revestimento primário, em que o revestimento primário é o produto bruto da composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos da segunda modalidade exemplificativa adicional.

[0336] Um primeiro aspecto da quarta modalidade exemplificativa adicional da invenção é um método para produzir uma fibra óptica revestida que compreende as etapas de:

trefilar uma fibra óptica de vidro através de uma torre de trefilação;

aplicar uma composição de revestimento primário na superfície da fibra óptica de vidro;

opcionalmente, conferir uma dose de luz UV suficiente para pelo menos parcialmente curar a dita composição de revestimento primário;

aplicar uma composição de revestimento secundário à composição de revestimento primário;

expor a composição de revestimento primário e a composição de revestimento secundário a pelo menos uma fonte de radiação com a capacidade para emitir radiação ultravioleta para afetar a cura da dita composição de revestimento primário e da dita composição de revestimento secundário, para formar um revestimento primário curado na superfície da fibra óptica, e um revestimento secundário

curado na superfície do revestimento primário curado;

em que a composição de revestimento primário compreende um oligômero reativo que compreende pelo menos um grupo polimerizável e uma estrutura principal derivada de um diol que compreende polipropileno glicol;

um monômero de diluente reativo; e

um ou mais fotoiniciadores;

em que a composição curável por radiação possui uma temperatura de transição vítrea líquida ($T_{g,rheo}$), uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C e uma terceira viscosidade a 85 °C;

em que a $T_{g,rheo}$ da composição curável por radiação é menor que -81,5 °C, ou de -120 a -80 °C, ou de -115 a -80 °C, ou de -110 a -80 °C, ou de -100 a -80 °C, ou de -120 a -82 °C, ou de -115 a -82 °C, ou de -110 a -82 °C, ou de -100 a -82 °C, ou de -120 a -90 °C, ou de -115 a -90 °C, ou de -110 a -90 °C, ou de -100 a -90 °C; ou

em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que cerca de 15, ou menor que cerca de 14,4, ou menor que cerca de 13,9, ou menor que cerca de 13, ou menor que cerca de 9, ou menor que cerca de 7.

[0337] Um aspecto adicional da quarta modalidade exemplificativa adicional é o método do aspecto anterior, em que $T_{g,rheo}$ é determinada pela equação de correlação (8) para dados de viscosidade versus temperatura de experimento para a composição curável por radiação:

$$\eta(T)/\eta_{25} = 10^{\left(\frac{-562,5/(62,5-T_{g,rheo}) * (T-25)}{37,5+T-T_{g,rheo}}\right)} \quad (8),$$

em que $\eta(T)$ é a viscosidade da composição na temperatura, T , e η_{25} é a primeira viscosidade.

[0338] Um aspecto adicional da quarta modalidade exemplificativa adicional é o método de qualquer um dos aspectos anteriores, em que a composição curável por radiação é um líquido na primeira viscosidade, na segunda viscosidade e na terceira viscosidade, e em que a terceira viscosidade é maior que 0,01 pascal segundos (Pa·s), ou maior que 0,10 Pa·s, ou menor que 1 Pa·s, ou entre cerca de 0,01 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,4 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s.

[0339] Um aspecto adicional da quarta modalidade exemplificativa adicional é o método de qualquer um dos dois aspectos, em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é de cerca de 5 a cerca de 15, ou de cerca de 5 a cerca de 14,4, ou de cerca de 5 a cerca de 13,9, ou de cerca de 5 a cerca de 13, ou de cerca de 5 a cerca de 9, ou de cerca de 5 a cerca de 7, ou de cerca de 7 a cerca de 15, ou de cerca de 7 a cerca de 14,4, ou de cerca de 7 a cerca de 13,9, ou de cerca de 7 a cerca de 13, ou de cerca de 7 a cerca de 9.

[0340] Um aspecto adicional da quarta modalidade exemplificativa adicional é o método de qualquer um dos aspectos anteriores da quarta modalidade exemplificativa adicional, em que a trefilação ocorre sob uma das seguintes condições:

em uma velocidade de trefilação maior que 1500 m/min,

ou maior que 1700 m/min, ou maior que 2000 m/min, ou maior que 2500 m/min, ou maior que 3000 m/min, e menor que 5000 m/min, ou menor que 4000 m/min, ou menor que 3100 m/min; ou

sob nenhuma aplicação de hélio, ou a aplicação de hélio em uma taxa de fluxo menor que 20 litros padrão por minuto (SLM), ou menor que 10 SLM, ou menor que 5 SLM, ou de 1 a 20 SLM, ou de 1 a 10 SLM, ou de 1 a 5 SLM, ou de 5 a 20 SLM, ou de 5 a 10 SLM.

[0341] Um aspecto adicional da quarta modalidade exemplificativa adicional é o método de qualquer um dos aspectos anteriores da quarta modalidade exemplificativa adicional, em que a composição de revestimento primário é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer um dos aspectos da segunda modalidade exemplificativa adicional.

[0342] Um aspecto adicional da quarta modalidade exemplificativa adicional é a fibra óptica revestida produzida pelo processo de qualquer um dos aspectos anteriores da quarta modalidade exemplificativa adicional.

[0343] Um primeiro aspecto da quinta modalidade exemplificativa adicional da invenção é um cabo de fibra óptica que compreende uma pluralidade de fibras ópticas revestidas dispostas em pelo menos uma porção do cabo, em que pelo menos uma dentre a pluralidade de fibras ópticas revestidas compreende um revestimento primário que é o produto bruto de uma composição curável por radiação que compreende

um oligômero de acrilato de uretano que é o produto de reação de um isocianato, um polioliol e um monômero de

acrilato;

um monômero de diluente reativo; e

um fotoiniciador de radical livre;

em que a composição curável por radiação possui uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C e uma terceira viscosidade a 85 °C, em que a composição curável por radiação é um líquido em cada uma dentre a primeira viscosidade, a segunda viscosidade e a terceira viscosidade, e em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que cerca de 15, ou menor que cerca de 14,4, ou menor que cerca de 13,9, ou menor que cerca de 13, ou menor que cerca de 9, ou menor que cerca de 7.

[0344] Um aspecto adicional da quinta modalidade exemplificativa adicional é um cabo de fibra óptica, de acordo com o aspecto anterior, em que pelo menos uma dentre as fibras ópticas revestidas possui um diâmetro de campo de modo de 8 a 10 μm a um comprimento de onda de 1310 nm, ou um diâmetro de campo de modo de 9 a 13 μm a um comprimento de onda de 1550 nm.

[0345] Um aspecto adicional da quinta modalidade exemplificativa adicional é o cabo de fibra óptica, de acordo com qualquer um dos dois aspectos anteriores, em que pelo menos uma dentre as fibras ópticas revestidas é uma fibra de modo único que é configurada de modo a possuir uma área eficaz entre 20 e 200 μm^2 .

[0346] Um aspecto adicional da quinta modalidade exemplificativa adicional é o cabo de fibra óptica, de acordo com qualquer um dos aspectos anteriores da quinta modalidade exemplificativa adicional, em que pelo menos uma

dentre as fibras ópticas revestidas é uma fibra de múltiplos modos que é configurada de modo a possuir uma área eficaz entre 1500 e 3500 μm^2 .

[0347] Um aspecto adicional da quinta modalidade exemplificativa adicional é o cabo de fibra óptica de qualquer um dos aspectos anteriores da quinta modalidade exemplificativa adicional, em que a composição curável por radiação possui a temperatura de transição vítrea líquida ($T_{g,rheo}$); em que a $T_{g,rheo}$ da composição curável por radiação é menor que $-81,5$ °C, ou de -120 a -80 °C, ou de -115 a -80 °C, ou de -110 a -80 °C, ou de -100 a -80 °C, ou de -120 a -82 °C, ou de -115 a -82 °C, ou de -110 a -82 °C, ou de -100 a -82 °C, ou de -120 a -90 °C, ou de -115 a -90 °C, ou de -110 a -90 °C, ou de -100 a -90 °C, em que $T_{g,rheo}$ é determinada pela equação de correlação (8) para dados de viscosidade versus temperatura de experimento para a composição curável por radiação:

$$\eta(T)/\eta_{25} = 10^{\left(\frac{-562,5/(62,5-T_{g,rheo}) * (T-25)}{37,5+T-T_{g,rheo}}\right)} \quad (8),$$

em que $\eta(T)$ é a viscosidade da composição na temperatura, T , e η_{25} é a primeira viscosidade.

[0348] Um aspecto adicional da quinta modalidade exemplificativa adicional é o cabo de fibra óptica de qualquer um dos aspectos anteriores da quinta modalidade exemplificativa adicional, em que a composição curável por radiação é um líquido na primeira viscosidade, na segunda viscosidade e na terceira viscosidade, e em que a terceira viscosidade é maior que $0,01$ pascal segundos ($\text{Pa}\cdot\text{s}$), ou maior que $0,10$ $\text{Pa}\cdot\text{s}$, ou menor que 1 $\text{Pa}\cdot\text{s}$, ou entre cerca de $0,01$ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ a cerca de 1 $\text{Pa}\cdot\text{s}$, ou de cerca de $0,03$ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ a

cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,03 Pa·s a cerca de 0,4 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,05 Pa·s a cerca de 0,5 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 1 Pa·s, ou de cerca de 0,1 Pa·s a cerca de 0,8 Pa·s.

[0349] Um aspecto adicional da quinta modalidade exemplificativa adicional é o cabo de fibra óptica de qualquer um dos aspectos anteriores da quinta modalidade exemplificativa adicional, em que a composição curável por radiação é a composição curável por radiação, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores.

[0350] Um aspecto adicional da quinta modalidade exemplificativa adicional é o cabo de fibra óptica de qualquer um dos aspectos anteriores da quinta modalidade exemplificativa adicional, em que a pluralidade de fibras ópticas revestidas foi revestida por meio dos métodos, de acordo com qualquer um dos aspectos da quarta modalidade exemplificativa adicional.

[0351] Um aspecto adicional da quinta modalidade exemplificativa adicional é o cabo de fibra óptica de qualquer um dos aspectos anteriores da quinta modalidade exemplificativa adicional, em que a pluralidade de fibras ópticas revestidas é as fibras ópticas, de acordo com qualquer um dos aspectos da primeira modalidade exemplificativa adicional.

[0352] Salvo se especificado o contrário, o termo % em p significa a quantidade em massa de um constituinte particular relativo à composição curável por radiação líquida inteira à qual é incorporado.

[0353] O uso dos termos "um" e "uma" e "a/o" e referências similares no contexto da descrição da invenção (especialmente no contexto das seguintes reivindicações) deve ser entendido como abrangendo tanto o singular como o plural, salvo indicação em contrário neste documento ou se for claramente desmentido pelo contexto. Os termos "compreendendo", "tendo", "incluindo" e "contendo" devem ser interpretados como termos abertos (isto é, significando "incluindo, mas não limitado a"), salvo indicação em contrário. No presente documento, a citação de faixas de valores se destina meramente a servir como um método abreviado de se referir individualmente a cada valor separado que esteja dentro da faixa, a menos que seja indicado de outro modo no presente documento, e cada valor separado é incorporado no relatório descritivo como se fosse individualmente citado no presente documento. Todos os métodos descritos no presente documento podem ser realizados em qualquer ordem adequada a menos que seja indicado de outro modo no presente documento ou claramente contradito de outro modo pelo contexto. O uso de qualquer e todos os exemplos ou linguagem exemplificativa (por exemplo, "tal como") fornecidos no presente documento se destina meramente a melhor esclarecer a invenção e não impõe uma limitação sobre o escopo da invenção salvo se reivindicado de outro modo. Nenhuma linguagem no relatório descritivo deve ser interpretada como indicando qualquer elemento não reivindicado como essencial à prática da invenção.

[0354] Modalidades preferidas da presente invenção são descritas aqui, incluindo o melhor modo conhecido pelo

inventor para realizar a invenção. Variações destas modalidades preferidas podem se tornar evidentes para os técnicos no assunto após a leitura da descrição anterior. O inventor espera que técnicos experientes utilizem tais variações, conforme apropriado, e o inventor pretende que a invenção seja praticada de modo diferente do que é especificamente descrito no presente documento. Por conseguinte, a presente invenção inclui todas as modificações e equivalentes da matéria citada nas reivindicações em anexo, conforme permitido pela lei aplicável. Além disso, qualquer combinação dos elementos acima descritos em todas as suas variações possíveis é englobada pela presente invenção, salvo indicação em contrário no presente documento ou de outro modo claramente contradito pelo contexto.

[0355] Embora a invenção tenha sido descrita em detalhes e com referência a modalidades específicas da mesma, será evidente para aqueles indivíduos versados na técnica que várias alterações e modificações podem ser realizadas nas mesmas sem se afastar do espírito e do escopo da invenção reivindicada.

REIVINDICAÇÕES

1. Fibra óptica revestida (10) compreendendo:

uma porção de fibra óptica, em que a dita porção de fibra óptica compreende ainda

um núcleo de vidro (11), e

uma camada de recobrimento (12) em contato com e em torno do dito núcleo de vidro (11); e

uma porção de revestimento, em que a dita porção de revestimento compreende ainda

uma camada de revestimento primário (13) em contato com e em torno da dita camada de recobrimento (12); e

uma camada de revestimento secundário (14) em contato com e em torno da dita camada de revestimento primário (13);

em que a dita camada de revestimento primário (13) é o produto bruto de uma composição curável por radiação que compreende

um oligômero de acrilato de uretano que é o produto de reação de um isocianato, um poliol e um monômero de acrilato;

um monômero de diluente reativo; e

um fotoiniciador de radical livre;

caracterizada pelo fato de que a composição curável por radiação possui uma temperatura de transição vítrea líquida ($T_g, rheo$), menor que $-82\text{ }^\circ\text{C}$; e em que a fibra óptica revestida (10) possui um diâmetro de campo de modo de 8 a 10 μm a um comprimento de onda de 1310 nm, e/ou uma área eficaz entre 20 e 200 μm^2 .

2. Fibra óptica revestida (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo** fato de que a

composição curável por radiação possui uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C, e uma terceira viscosidade a 85 °C, em que a composição curável por radiação é um líquido em cada uma dentre a primeira viscosidade, a segunda viscosidade e a terceira viscosidade, e em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que 13,9.

3. Fibra óptica revestida (10), de acordo com a reivindicação 2, **caracterizada pelo** fato de que o poliol compreende polipropileno glicol.

4. Fibra óptica revestida (10), de acordo com a reivindicação 3, **caracterizada pelo** fato de que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é de 6,4 a 13,9.

5. Fibra óptica revestida (10), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizada pelo** fato de que a razão da primeira viscosidade para a segunda viscosidade é menor que 4,6.

6. Fibra óptica revestida (10), de acordo com a reivindicação 5, **caracterizada pelo** fato de que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é de 7 a 13;

em que a razão da primeira viscosidade para a segunda viscosidade é de 2,9 a 4,6; e em que a $Tg, rheo$ da composição curável por radiação é de -113 a -82 °C

7. Fibra óptica revestida (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo** fato de que a terceira viscosidade é entre 0,01 Pa·s a 1 Pa·s.

8. Fibra óptica revestida (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo** fato de que o oligômero

de acrilato de uretano está presente em peso, em relação ao peso total da composição curável por radiação, de 40-90 % em peso.

9. Fibra óptica revestida (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo** fato de que a $T_{g,rheo}$ da composição curável por radiação é de -120 a -82 °C, em que $T_{g,rheo}$ é determinada pela equação de correlação (8) para dados de viscosidade versus temperatura de experimento para a composição curável por radiação:

$$\eta(T)/\eta_{25} = 10^{\left(\frac{-562,5/(62,5-T_{g,rheo}) * (T-25)}{37,5+T-T_{g,rheo}}\right)} \quad (8),$$

em que $\eta(T)$ é a viscosidade (em Pa·s) da composição na temperatura, T (em °C), e

η_{25} é a primeira viscosidade (em Pa·s).

10. Composição curável por radiação para revestir uma fibra óptica, conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizada por** compreender:

um oligômero reativo que compreende pelo menos um grupo polimerizável e uma estrutura principal que compreende um composto derivado de um polipropileno glicol;
um monômero de diluente reativo; e
um fotoiniciador;

em que a composição curável por radiação possui uma temperatura de transição vítrea líquida ($T_{g,rheo}$), uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C) (η_{25}), uma segunda viscosidade a 55 °C (η_{55}) e uma terceira viscosidade a 85 °C (η_{85});

em que:

(1) a $T_{g,rheo}$ da composição curável por radiação é menor que -80 °C, em que $T_{g,rheo}$ é determinada pela equação

de correlação (8) para dados de viscosidade versus temperatura de experimento para a composição curável por radiação:

$$\eta(T)/\eta_{25} = 10^{\left(\frac{-562,5/(62,5-T_{g,rheo}) * (T-25)}{37,5+T-T_{g,rheo}}\right)} \quad (8),$$

em que $\eta(T)$ é a viscosidade (em Pa·s) da composição na temperatura, T (em °C);

ou

(2) em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que 13,9.

11. Composição curável por radiação, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizada pelo** fato de que o monômero de diluente reativo compreende acrilato de 2-etil-hexila, acrilato de 2-fenoxietila ou n-vinilcaprolactama.

12. Composição curável por radiação, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizada pelo** fato de que o oligômero reativo compreende um copolímero em bloco que compreende pelo menos um bloco de poliéter.

13. Composição curável por radiação, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizada pelo** fato de que o oligômero reativo possui pelo menos uma de uma estrutura em monobloco, uma estrutura em dibloco ou uma estrutura em tribloco,

em que uma estrutura em monobloco é definida como um número médio de 0,9 a menos que 1,5 blocos de poliéter por oligômero não reagido,

uma estrutura em dibloco é definida como um número médio entre 1,5 a menos que 2,5 blocos de poliéter por oligômero não reagido, e

uma estrutura em tribloco é definida como um número

médio entre 2,5 a menos que 3,5 blocos de poliéter por oligômero não reagido.

14. Composição curável por radiação, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizada pelo** fato de que uma razão molar do composto derivado de polipropileno glicol para o isocianato é de 1:4 a 1:1.

15. Composição curável por radiação, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizada pelo** fato de que a composição curável por radiação é um líquido em cada uma dentre a primeira viscosidade, a segunda viscosidade e a terceira viscosidade, e em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é de 6,4 a 13,9.

16. Composição curável por radiação, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizada pelo** fato de que a razão da primeira viscosidade para a segunda viscosidade é de 2,9 a 4,98.

17. Composição curável por radiação, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizada pelo** fato de que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é de 7,2 a 12,1; e em que a terceira viscosidade é menor que 1 Pa·s.

18. Composição curável por radiação, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizada pelo** fato de que a terceira viscosidade é entre 0,01 Pa·s e 2 Pa·s.

19. Composição curável por radiação para revestir uma fibra óptica, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizada pelo** fato de que a $T_{g,rheo}$ da composição curável por radiação é de -120 a -81,5 °C.

20. Composição curável por radiação para revestir uma fibra óptica, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizada pelo** fato de que a $T_{g,rheo}$ da composição

curável por radiação é de -113 a -90 °C, e em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que 13.

21. Composição curável por radiação para revestir uma fibra óptica, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizada pelo** fato de que a T_g , r_{heo} da composição curável por radiação é de -120 a -85 °C.

22. Composição curável por radiação, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizada pelo** fato de que a razão da primeira viscosidade para a segunda viscosidade é de 3 a 4,6.

23. Método para produzir uma fibra óptica revestida (10), conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizado por** compreender as etapas de:

(a) trefilar uma fibra óptica de vidro através de uma torre de trefilação;

(b) aplicar uma composição de revestimento primário na superfície da fibra óptica de vidro;

(c) opcionalmente, conferir uma dose de luz UV suficiente para pelo menos parcialmente curar a dita composição de revestimento primário;

(d) aplicar uma composição de revestimento secundário à composição de revestimento primário;

(e) expor a composição de revestimento primário e a composição de revestimento secundário a pelo menos uma fonte de radiação com a capacidade para emitir radiação ultravioleta para afetar a cura da dita composição de revestimento primário e da dita composição de revestimento secundário, para formar um revestimento primário (13) curado na superfície da fibra óptica, e um revestimento

secundário (14) curado na superfície do revestimento primário (13) curado;

em que a composição de revestimento primário compreende um oligômero reativo que compreende pelo menos um grupo polimerizável e uma estrutura principal derivada de um diol que compreende

polipropileno glicol;

um monômero de diluente reativo; e

um ou mais fotoiniciadores;

em que a composição curável por radiação possui uma temperatura de transição vítrea líquida ($T_{g,rheo}$), uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C e uma terceira viscosidade a 85 °C;

em que a $T_{g,rheo}$ da composição curável por radiação é de -120 a -82 °C, em que $T_{g,rheo}$ é determinada pela equação de correlação (8) para dados de viscosidade versus temperatura de experimento para a composição curável por radiação:

$$\eta(T)/\eta_{25} = 10^{\left(\frac{-562,5/(62,5-T_{g,rheo}) * (T-25)}{37,5+T-T_{g,rheo}}\right)} \quad (8),$$

em que $\eta(T)$ é a viscosidade (em Pa·s) da composição na temperatura, T (em °C), e η_{25} é a primeira viscosidade; e

em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que 13,9.

24. Método, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado pelo** fato de que a trefilação ocorre sob uma dentre as seguintes condições:

em uma velocidade de trefilação maior que 1500 m/min;

ou

sob nenhuma aplicação de hélio, ou a aplicação de

hélio em uma taxa de fluxo menor que 20 litros padrão por minuto (SLM).

25. Método para produzir uma fibra óptica revestida (10), de acordo com a reivindicação 24, **caracterizado pelo** fato de que a velocidade de trefilação é de 2000 m/min a 5000 m/min, e a taxa de fluxo de hélio é de 1 a 20 SLM.

26. Método para produzir uma fibra óptica revestida (10), de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que a $Tg, rheo$ da composição curável por radiação é de -115 a -90 °C.

27. Cabo de fibra óptica **caracterizado por** compreender uma pluralidade de fibras ópticas revestidas (10), conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 9, dispostas no interior de pelo menos uma porção do cabo, em que pelo menos uma dentre a pluralidade de fibras ópticas revestidas (10) compreende um revestimento primário (13) que é o produto bruto de uma composição curável por radiação que compreende

um oligômero de acrilato de uretano que é o produto de reação de um isocianato, um poliol e um monômero de acrilato;

um monômero de diluente reativo; e

um fotoiniciador de radical livre;

em que a composição curável por radiação possui uma primeira viscosidade a 25 °Celsius (C), uma segunda viscosidade a 55 °C, e uma terceira viscosidade a 85 °C, em que a composição curável por radiação é um líquido em cada uma dentre a primeira viscosidade, a segunda viscosidade e a terceira viscosidade, e em que a razão da primeira viscosidade para a terceira viscosidade é menor que 13,9;

em que a fibra óptica revestida (10) possui um diâmetro de campo de modo de 9 a 13 μm a um comprimento de onda de 1550 nm, e/ou uma área eficaz entre 20 e 200 μm^2 .

28. Cabo de fibra óptica, de acordo com a reivindicação 27, **caracterizado pelo** fato de que uma temperatura de transição vítrea líquida ($T_{g,rheo}$) da composição curável por radiação é de -120 a -81,5 $^{\circ}\text{C}$;

em que $T_{g,rheo}$ é determinada pela equação de correlação (8) para dados de viscosidade versus temperatura de experimento para a composição curável por radiação:

$$\eta(T)/\eta_{25} = 10^{\left(\frac{-562,5/(62,5-T_{g,rheo}) * (T-25)}{37,5+T-T_{g,rheo}}\right)} \quad (8),$$

em que $\eta(T)$ é a viscosidade (em Pa·s) da composição na temperatura, T (em $^{\circ}\text{C}$), e η_{25} é a primeira viscosidade.

29. Cabo de fibra óptica, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado pelo** fato que a $T_{g,rheo}$ da composição curável por radiação é de -113 a -82 $^{\circ}\text{C}$.

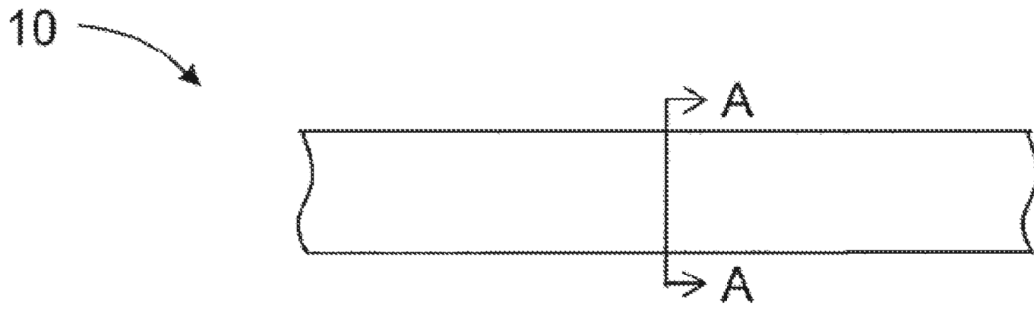
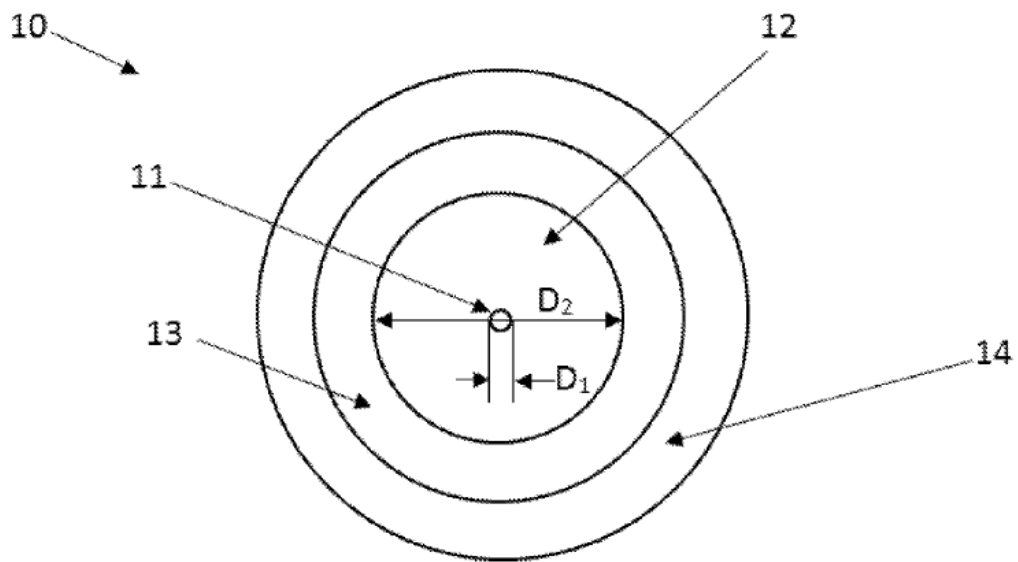


FIG. 1

Seção A-A**FIG. 2**

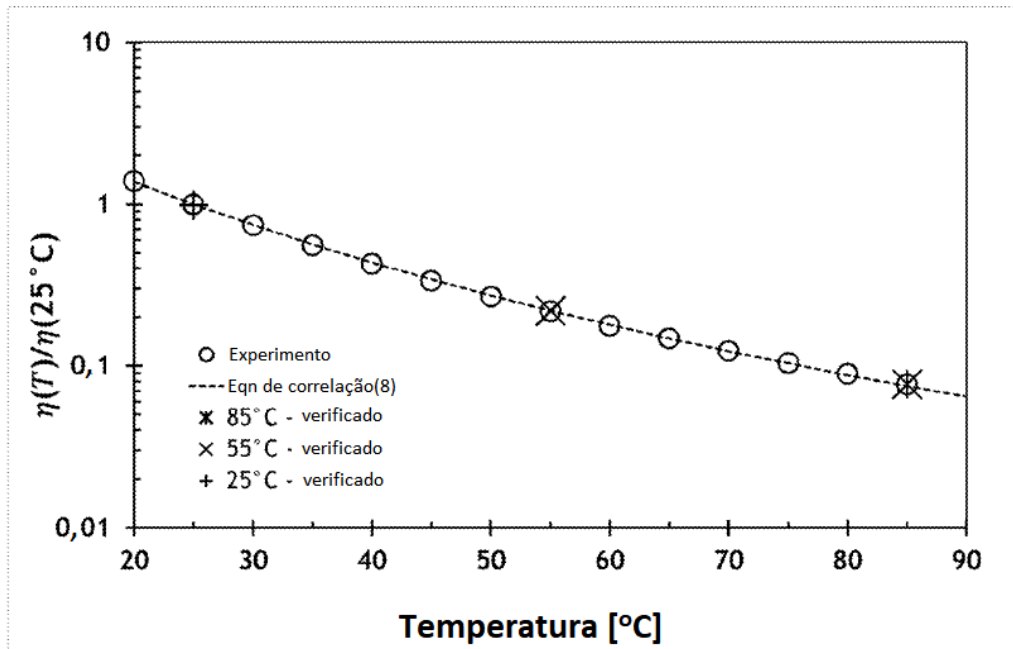


FIG. 3

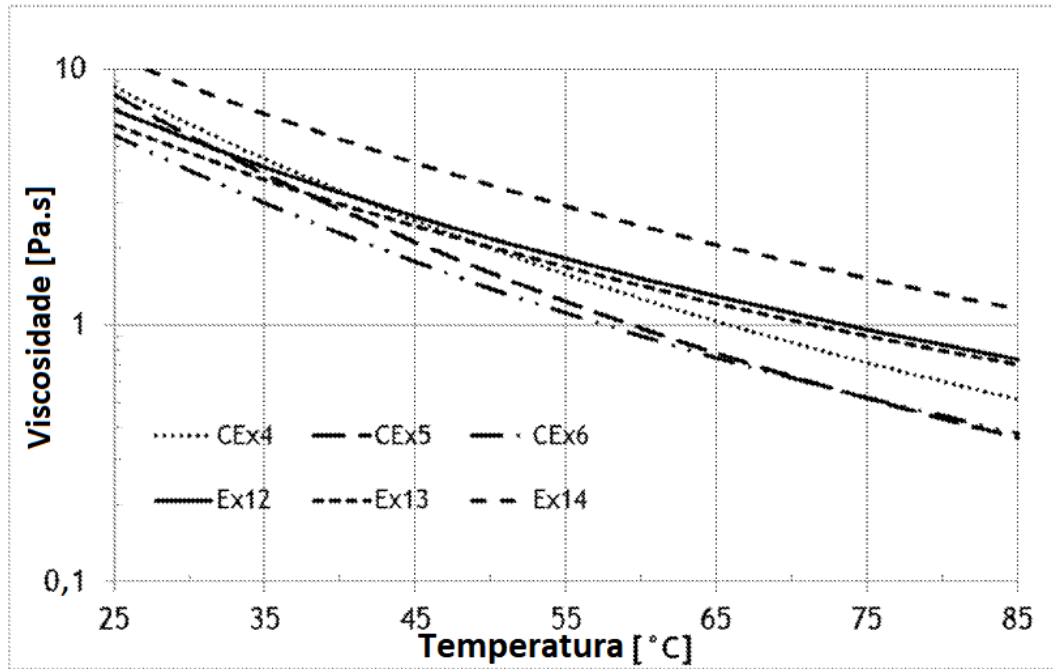
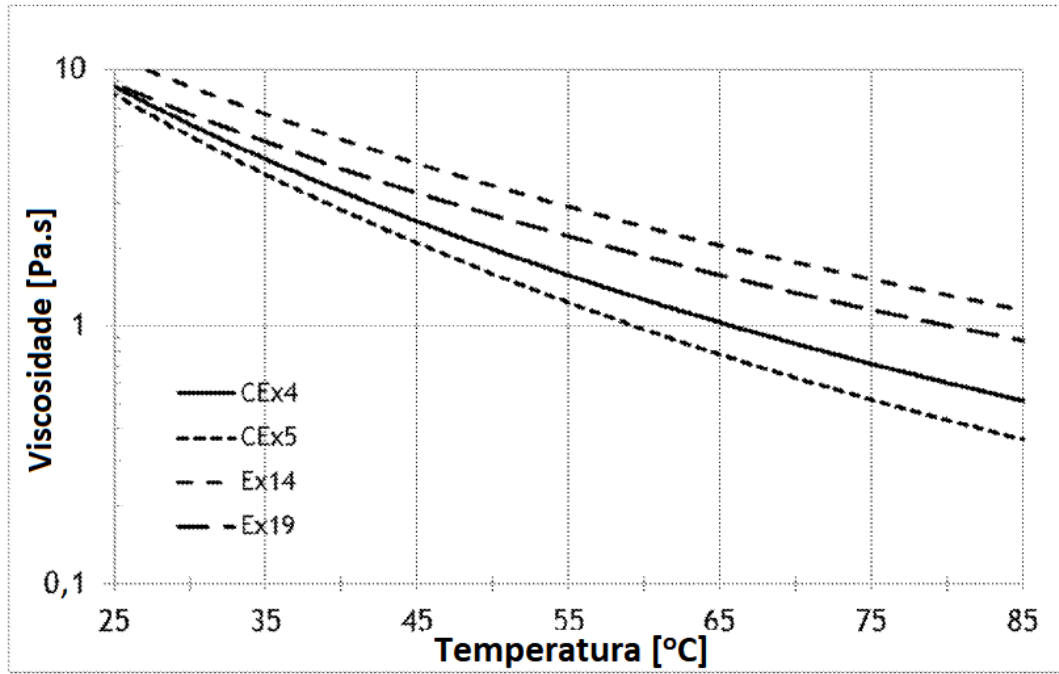


FIG. 4

**FIG. 5**

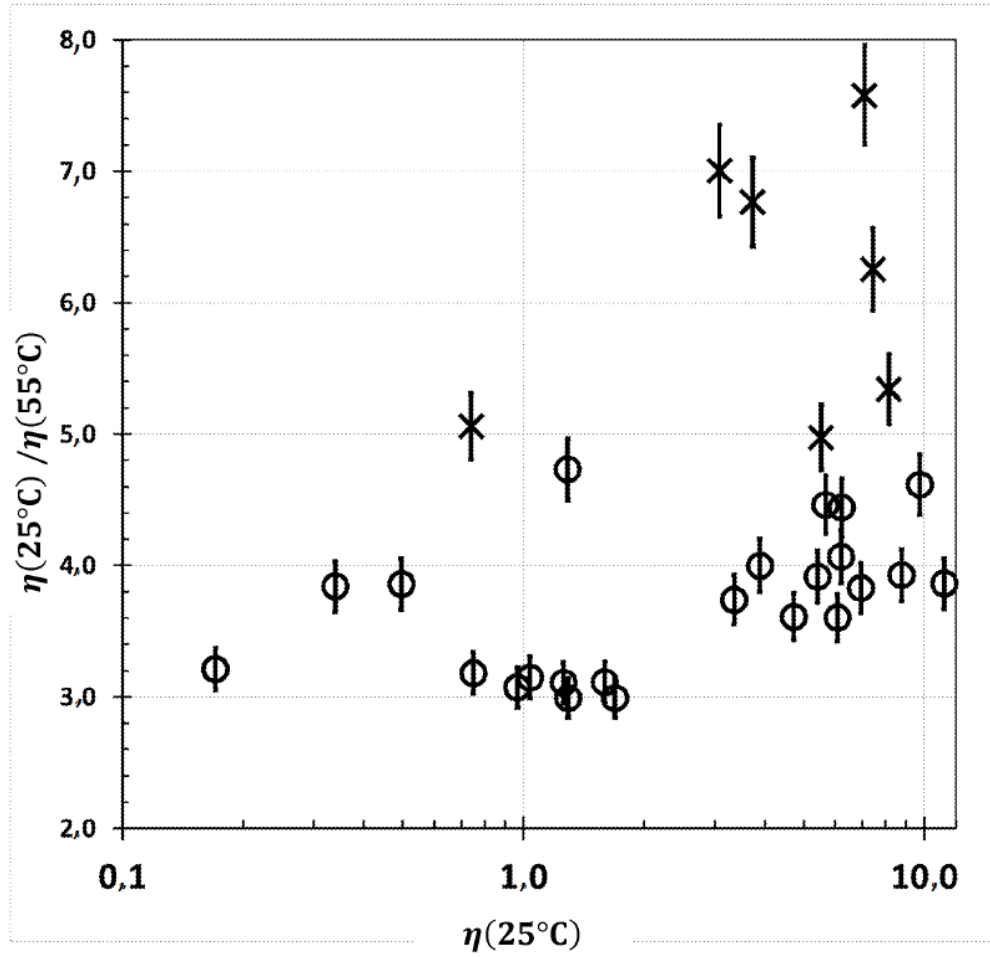


FIG. 6

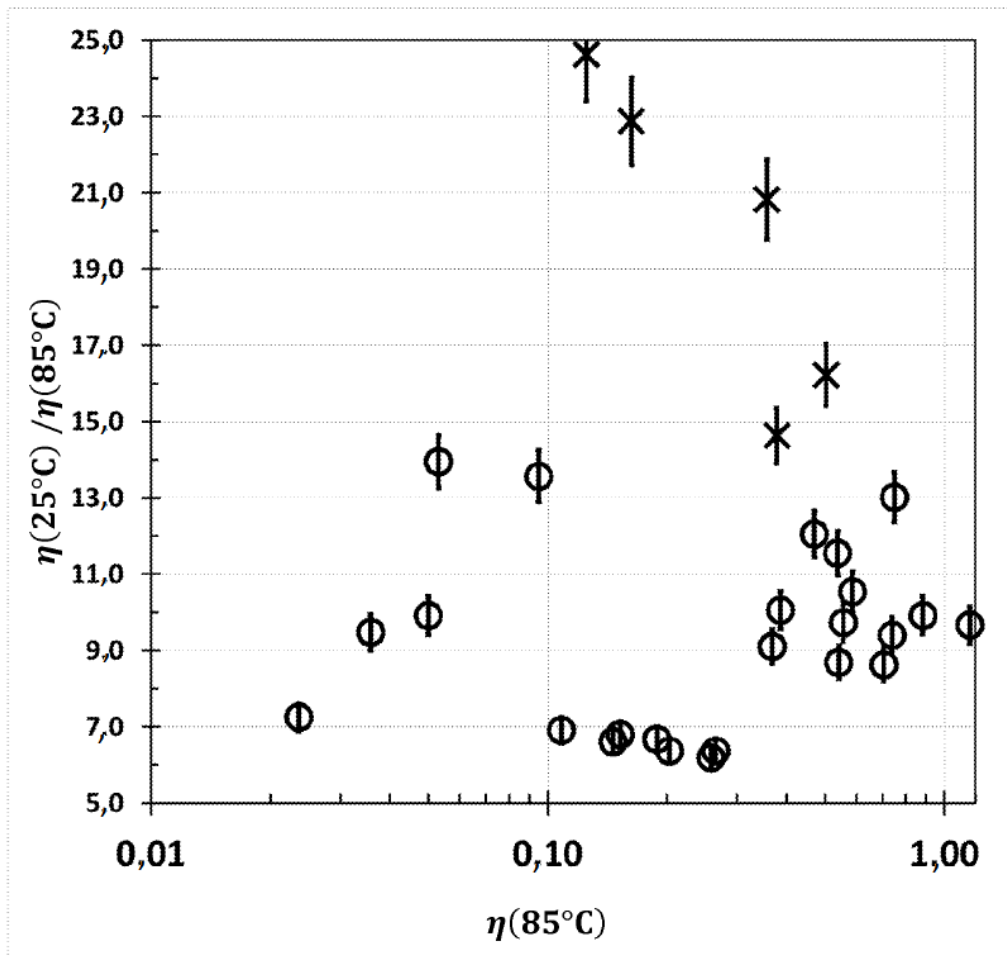


FIG. 7