



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

**(11) BR 112016000554-6 B1**



**(22) Data do Depósito:** 07/07/2014

**(45) Data de Concessão:** 03/05/2022

---

**(54) Título:** CABO COM NÚCLEO DE COMPÓSITO DE POLÍMERO

**(51) Int.Cl.:** H01B 3/00; H01B 3/47; G02B 6/44.

**(30) Prioridade Unionista:** 19/07/2013 US 61/856,204.

**(73) Titular(es):** DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC.

**(72) Inventor(es):** ANNY L. FLORY; LIN FU; DAMIEN POLANKSY; CHESTER J. KMIEC.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2014045520 de 07/07/2014

**(87) Publicação PCT:** WO 2015/009468 de 22/01/2015

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 11/01/2016

**(57) Resumo:** CABO COM NÚCLEO DE COMPÓSITO DE POLÍMERO Núcleos condutores para uso em cabos, onde o núcleo condutor compreende um material de compósito polimérico preenchido circundado concentricamente por uma camada condutora. O material de compósito polimérico preenchido compreende uma fase contínua polimérica tendo dispersado na mesma um material de enchimento. Os referidos núcleos condutores podem ser empregados em vários projetos de cabo e ainda incluem uma ou mais camadas externas, como camadas de isolamento dielétrico, camadas de blindagem condutoras e jaquetas.

## "CABO COM NÚCLEO DE COMPÓSITO DE POLÍMERO"

### CAMPO

[001] Várias modalidades da presente invenção se referem a núcleos condutores para uso em cabos, onde o núcleo condutor compreende um material de compósito polimérico preenchido circundado concentricamente por uma camada condutora.

### INTRODUÇÃO

[002] Estações de base de rádio baseadas em torre ("TBR"), a arquitetura típica das estações de base de celular atuais, colocam um subsistema de rádio e equipamento comum em uma mesma carcaça em ou perto da base de uma torre de celular. A carcaça é frequentemente uma cabana no local ou um compartimento ambiental específico de estação de base. O subsistema de rádio é geralmente conectado às antenas montadas em torre através do cabo coaxial, com um cabo coaxial sendo usado para cada antena. A média de torre de ocupante por celular é 2,3 globalmente, e cada ocupante normalmente utiliza 5 a 9 antenas. Assim, o número de cabos coaxiais em qualquer determinada torre de celular pode variar de 12 a 20, em média. Além disso, diâmetros de cabo coaxial típicos variam de 1/4" a 2 1/4". O peso de um cabo coaxial de 7/8" típico é cerca de 0,5 kg/m. Assim, um cabo coaxial de 40 metros, de 7/8" podem pesar 20 Kg. Tendo em conta o número típico de cabos empregados e o peso típico desses cabos, a carga em uma determinada torre de celular devido ao peso dos cabos coaxiais pode ser considerável.

[003] Um dos objetivos do projeto da estação de base é minimizar a quantidade de carga na torre de celular. Por conseguinte, um desejo existe para melhorias no projeto do cabo.

## SUMÁRIO

[004] Uma modalidade é um cabo, compreendendo:

- um núcleo condutor; e
- uma ou mais camadas circundando o referido núcleo condutor, sendo que o referido núcleo condutor compreende um membro interno polimérico alongado circundado concentricamente por uma camada condutora, sendo que o referido membro interno polimérico é formado de um material de compósito polimérico preenchido que compreende uma fase contínua polimérica tendo dispersado na mesma um material de enchimento.

## BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[005] Remete-se aos desenhos que acompanham em que:

[006] A FIG. 1 é uma vista transversal de um núcleo condutor fabricado de acordo com uma ou mais modalidades da presente invenção; e

[007] A FIG. 2 é uma vista transversal de um cabo coaxial fabricado de acordo com uma ou mais modalidades da presente invenção.

## DESCRIÇÃO DETALHADA

[008] Diversas modalidades da presente invenção se referem aos núcleos condutores para uso em cabos, onde o núcleo condutor compreende um membro interno polimérico alongado circundado concentricamente por uma camada condutora. O membro interno polimérico compreende um material de compósito polimérico preenchido que compreende uma fase contínua polimérica tendo dispersado na mesma um material de enchimento. Esses núcleos condutores podem ser circundados por uma ou mais camadas adicionais, como as camadas isolantes dielétricas, escudos condutores, e/ou jaquetas de cabo, a fim

de formar um cabo.

#### Núcleo Condutor

[009] Referindo-se inicialmente à FIG. 1, um núcleo condutor 10 é mostrado compreendendo um membro interno polimérico alongado 12 circundado concentricamente por uma camada condutora 14. O membro interno polimérico alongado 12 é formado de um material de compósito polimérico preenchido que compreende uma fase contínua polimérica tendo um material de enchimento dispersado na mesma.

[010] Em várias modalidades, o polímero empregado como a fase contínua polimérica pode ser um polímero termofixo ou termoplástico. Como usado aqui, "polímero" significa um composto macromolecular preparado pela reação (ou seja, polimerização) de monômeros de tipo igual ou diferente. O termo "polímero" inclui homopolímeros e interpolímeros. O termo "interpolímero" significa um polímero preparado pela polimerização de pelo menos dois monômeros diferentes. Este termo genérico inclui copolímeros, normalmente empregados para se referir aos polímeros preparados a partir de dois monômeros diferentes, e polímeros preparados a partir de mais de dois monômeros diferentes, por exemplo, terpolímeros (três monômeros diferentes), tetrapolímeros (quatro monômeros diferentes), etc. Como conhecido na técnica, um polímero "termofixo" é um polímero que se cura irreversivelmente (ou reticula). Polímeros termofixos são geralmente preparados com um polímero não reticulado inicialmente ou resina de pré-polímero, que é então submetida a um processo de cura (por exemplo, aquecimento, irradiação, ou reação química). Polímeros "termoplásticos" são polímeros que se tornam maleáveis ou moldáveis acima de uma temperatura específica, e

retorna, a um estado sólido após resfriamento.

[011] Polímeros adequados para uso como fase contínua polimérica incluem, entre outros, polímeros termofixos como polímeros de epóxi (também conhecidos como poliepóxidos) e polímeros termoplásticos como policarbonatos, polissulfonas, poliamidaimidas, poliarilatos, poliésteres, polifenilenos, óxidos de polifenileno, sulfetos de polifenileno, poliéter cetonas, polieteréter cetonas, poliariléter cetonas, poliamidas (por exemplo, nylons), poliarilamidas, poliftalamidas e polieterimidas. Além disso, o polímero adequado para uso aqui pode ser uma mistura de dois ou mais dos polímeros acima descritos. Em várias modalidades, a fase contínua polimérica é um polímero epóxi. Exemplos de polímeros epóxi disponíveis comercialmente adequados para uso como a fase contínua polimérica incluem, entre outros, 330 D.E.R.<sup>®</sup> 330, D.E.R.<sup>®</sup> 331, D.E.R.<sup>®</sup> 332, D.E.R.<sup>®</sup> 324, D.E.R.<sup>®</sup> 352, D.E.R.<sup>®</sup> 354, D.E.R.<sup>®</sup> 383, D.E.R.<sup>®</sup> 542, D.E.R.<sup>®</sup> 560, D.E.N.<sup>®</sup> 425, D.E.N.<sup>®</sup> 431, D.E.N.<sup>®</sup> 438, D.E.R.<sup>®</sup> 542, D.E.R.<sup>®</sup> 560, D.E.R.<sup>®</sup> 736, D.E.R.<sup>®</sup> 732 ou misturas dos mesmos. Resinas D.E.R.<sup>®</sup> e D.E.N.<sup>®</sup> estão comercialmente disponíveis de Dow Chemical Company, Midland, MI, EUA. Exemplos de polímeros termoplásticos comercialmente disponíveis adequados para uso aqui incluem LEXAN<sup>™</sup> 221, um policarbonato disponível de Sabic Innovative Plastics, Pittsfield, MA, USA; MAKROLON<sup>™</sup> 2207, ou APEC<sup>™</sup> 1697, ambos policarbonatos disponíveis de Bayer MaterialScience AG, Leverkusen, Germany; ULTRASON<sup>™</sup> S2010, uma polissulfona disponível da BASF Corporation, Wyandotte, MI, USA; e UDEL<sup>™</sup> 10 P1700, uma polissulfona disponível de Solvay Specialty Polymers USA, LLC, Augusta, GA, USA.

[012] Enchimentos adequados para uso do material de compósito polimérico preenchido podem ter qualquer forma, tamanho de partícula, e densidade convencionais ou futuramente descobertas. Em várias modalidades, o enchimento pode ter uma forma selecionada de partículas (como grânulos ou pó), fibras, plaquetas, esferas, agulhas, ou qualquer combinação dos mesmos. Além disso, o enchimento pode ser cristalino, semicristalino ou amorfo. Além disso, quando um enchimento de partícula é empregado, o enchimento pode ter um tamanho de partícula médio ( $d_{50\%}$ ) no intervalo de 0,0005 a 500  $\mu\text{m}$ , de 1 a 300  $\mu\text{m}$  ou de 5 a 100  $\mu\text{m}$ . Quando enchimentos fibrosos são empregados, o enchimento pode ter uma razão de aspecto de menos de 4:1, menos de 3:1, menos de 2:1, ou cerca de 1:1.

[013] Exemplos específicos de enchimentos adequados para o uso como o material de enchimento no material de compósito polimérico preenchido incluem, entre outros, fibras de vidro, quartzo, sílica, óxido de silício, sílica fundida, quartzo fundido, sílica natural, sílica sintética, óxido de alumínio natural, óxido de alumínio sintético, tri-hidróxido de alumínio, alumínio-óxido-hidróxido, hidróxido de magnésio, óxido de hidróxido de alumínio, nitreto de boro, nitreto de alumínio, nitreto de silício, carboneto de silício, mica, carbonato de cálcio, silicato de alumínio de lítio, óxido de zinco, mulita, volastonita, talco, brilho, caulim, bentonita, boemita, xonolita, andalusita, zeólito, dolomita, vermiculita, moscovite, nefelina, albite, microlina, ardósia, pó de alumínio, prata, grafite, grafite sintético, grafite natural, grafite amorfo, grafite em flocos, grafite em veia, grafite expansível/intumesciente, óxidos de antimônio, boratos (incluindo borato de zinco e borato de sódio), molibdatos

(incluindo molibdato de cálcio e molibdato de zinco), estanatos (incluindo estanato de zinco), fosfinatos (incluindo fosfinatos de alumínio, fosfinito de alumínio), polifosfato de amônio, polifosfato de melamina, sais de melamina, sulfeto de zinco, fósforo vermelho, argilas em camadas (incluindo montmorilonita e hectorite), ouro, carbono, nanotubos de carbono de parede única ou múltipla, grafeno, pó de vidro, tecido de vidro, placas de vidro, fibras de carbono, outros enchimentos de partículas orgânicas ou inorgânicas ou misturas das mesmas. Em uma modalidade, o material de enchimento é de fibra de vidro.

[014] O material de compósito polimérico preenchido pode ser preparado de acordo com quaisquer métodos conhecidos ou doravante descobertos para a preparação de um compósito de polímero. Em várias modalidades, o material de compósito polimérico preenchido pode ser preparado por um processo de pultrusão. Em processos de pultrusão típicos, o material de enchimento é primeiro passado através de uma resina polimérica não reticulada para revestir o material de enchimento com a resina. Daí em diante, o enchimento revestido pode ser passado através de placas de pré-forma para começar a moldar o pacote de enchimento/resina. Finalmente, o pacote de enchimento/ resina pré-formada pode ser passado através de uma matriz aquecida para curar (ou seja, reticular) a resina, formando assim o material de compósito polimérico preenchido.

[015] Em várias modalidades, o enchimento pode estar presente no material de compósito polimérico preenchido em uma quantidade de pelo menos 30 por cento em peso, pelo menos 40 por cento em peso, pelo menos 50 por cento em peso, pelo

menos 60 por cento em peso ou pelo menos 70 por cento em peso, com base no peso combinado do enchimento e a fase contínua polimérica no material de compósito polimérico preenchido. Nessas modalidades, o enchimento pode estar presente no material de compósito polimérico preenchido em uma quantidade de até 90, até 85, ou até 80 por cento em peso, com base no peso combinado do enchimento e a fase contínua polimérica no material de compósito polimérico preenchido. Nessas modalidades, a fase contínua polimérica acima descrita pode constituir o equilíbrio da totalidade do material de compósito polimérico preenchido.

[016] Em várias modalidades, o material de compósito polimérico preenchido pode ter uma densidade de menos de 4 g/cm<sup>3</sup>, menos de 3,5 g/cm<sup>3</sup>, menos de 3 g/cm<sup>3</sup>, menos de 2,5 g/cm<sup>3</sup>, ou menos de 2,3 g/cm<sup>3</sup>. Além disso, o material de compósito polimérico preenchido pode ter uma densidade variando de 1 a 4 g/cm<sup>3</sup>, de 1,2 a 3 g/cm<sup>3</sup>, de 1,4 a 2,8 g/cm<sup>3</sup>, ou de 1,6 a 2,3 g/cm<sup>3</sup>. Valores de densidade e gravidade específicos para polímeros e compósitos de polímero fornecidos aqui são medidos a 25°C em conformidade com ASTM D792.

[017] Em várias modalidades, o material de compósito polimérico preenchido pode ter uma resistência à tração de pelo menos 0,8 gigapascal ("gPa"), pelo menos 0,9 gPa, pelo menos 1 gPa, pelo menos 1,1 gPa, ou pelo menos 1,2 gPa. Além disso, o material de compósito polimérico preenchido pode ter uma resistência à tração na faixa de 0,8 a 1,6 gPa, de 0,9 a 1,4 gPa, ou de 1 a 1,3 gPa. A resistência à tração é determinada de acordo com ASTM D638.

[018] Em várias modalidades, um material de compósito



polimérico preenchido comercial pode ser empregado. Um exemplo de um material de compósito polimérico preenchido comercialmente disponível adequado para uso aqui inclui, entre outros, LFH LIGHTLINE™, um compósito de fibra de vidro e epóxi contendo aproximadamente 80 por cento em peso de fibra de vidro, disponível de Neptco, Inc., Pawtucket, RI, USA. Outros materiais de compósito polimérico preenchidos exemplares comercialmente disponíveis incluem, entre outros, NYCAST™ GF de Cope Plastics Inc.; KETRON™ CA30 de Quadrant Engineering Plastic Products; e ZELUX™ por Westlake Plastics.

[019] Referindo-se ainda à FIG. 1, como sendo "condutora", a camada condutora 14 tem uma condutividade elétrica mínima de  $3 \times 10^7$  Siemens por metro quando medida a 20 °C. Assim, em várias modalidades, a camada condutora 14 pode ser qualquer material condutor tendo uma condutividade elétrica de pelo menos  $3 \times 10^7$  Siemens por metro quando medido a 20 °C. Além disso, a camada condutora 14 pode ter uma condutividade elétrica na faixa de  $3 \times 10^7$  a  $7 \times 10^7$  Siemens por metro quando medida a 20 °C. Em várias modalidades, a camada condutora 14 compreende um metal. Metais adequados para uso como camada condutora 14 incluem, entre outros, cobre, prata, ouro, alumínio, e combinações dos mesmos. Em uma modalidade, o metal empregado como a camada condutora 14 compreende cobre.

[020] A espessura da camada condutora 14 pode variar dependendo do uso pretendido do núcleo condutor 10. Por exemplo, quando o núcleo condutor 10 é empregado em um cabo coaxial projetado para uso em torres de celulares, a frequência mais baixa esperada para ser transmitida pelo

núcleo condutor 10 é cerca de 700 MHz. Nesta frequência mais baixa, uma espessura de 0,0026 mm (ou 2,6  $\mu\text{m}$ ) é tudo que é necessário para transmitir o sinal, uma vez que o sinal viaja perto da superfície do condutor ou na pele do condutor. Sinais de maior frequência exigem menos espessura a ser transmitida. Assim, em várias modalidades, a camada condutora 14 pode ter uma espessura de pelo menos 2,6  $\mu\text{m}$ , ou uma espessura variando de 2,6 a 30  $\mu\text{m}$ , a partir de 2,6 a 25  $\mu\text{m}$ , ou 2,6 a 21  $\mu\text{m}$ .

[021] A camada condutora 14 pode ser aplicada ao membro interno polimérico alongado 12 por qualquer meio convencional ou doravante descoberto na técnica. Em uma modalidade, a camada condutora 14 pode ser aplicada para o membro interno polimérico alongado 12 por um processo de metalização. Por exemplo, um processo de revestimento de cobre não eletrolítico por AMS 2404D pode ser aplicado. Em uma modalidade, o processo de metalização pode compreender as etapas de (a) pré-tratamento do membro interno polimérico alongado 12, (b) revestimento não eletrolítico de uma fina camada de metal (por exemplo, o cobre em uma espessura de cerca de 1  $\mu\text{m}$ ), (c) revestimento eletrolítico de segunda camada de metal (por exemplo, cobre) em uma espessura de até 20  $\mu\text{m}$  e (d) revestimento eletrolítico opcionalmente de uma terceira camada de metal (por exemplo, alumínio) na espessura desejada (por exemplo, 1  $\mu\text{m}$ ). O pré-tratamento da etapa (a) inclui esses processos como decapagem de ácido/base química e/ou rugosidade física (por exemplo, jato de areia).

[022] Em várias modalidades, o método a seguir pode ser empregado:

<u>Etapa</u>	<u>Produto</u>	<u>Produtos químicos</u> (vol %)	<u>Temp</u> .	<u>Temp</u> o	<u>Pós-lavagem</u>
1	Intumescente	11,5% CUPOSIT™ Z Solução +12,5% CIRCUPOSIT™ MLB Condicionador 211	80° C	10 min	3 min
2	Oxidante	15% CUPOSIT Z Solução + 10% CIRCUPOSIT MLB Promotor 213A-1	80° C	20 min	3 min
3	Neutralizante	5% CIRCUPOSIT MLB Neutralizante 216-5	40° C	5 min	3 min
4	Intumescente	11,5% CUPOSIT Z Solução +12,5% CIRCUPOSIT MLB Condicionador 211	80°C	10 min	3 min
5	Oxidante	15% CUPOSIT Z Solução + 10% CIRCUPOSIT MLB Promotor 213A-1	80°C	20 min	3 min
6	Neutralizante	5% CIRCUPOSIT MLB Neutralizante 216-5	40°C	5 min	3 min
7	Condicionador	3% CIRCUPOSIT Condicionador 3323A	40°C	5 min	4 min
8	Micro ataque químico	2% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 100 g/l Persulfato de sódio	22°C	1 min	3 min
9	Pré-mergulho	250 g/l CATAPREP™ 404 Pré-mergulho	22°C	1 min	Nenhum

10	Catalisador	250 g/l CATAPREP™ 404 Pré-mergulho + 2% CATAPPOSIT™44 Concentrado de Catalisador	40°C	5 min	2 min
11	Cobre Não Eletrolítico	CIRCUPOSIT 3350-1 Cobre Não Eletrolítico 15% 3350 M-1 + 1% 3350 A-1 com 8 g/l NaOH, 3 g/l formaldeído	46°C	20 min	2 min
12	Cobre Eletrolítico	Para espessura de 25 microns de depósito			2 min

[023] A camada condutora pode ser aplicada usando técnicas de revestimento típicas. Um exemplo de uma técnica de revestimento específica de é descrito em detalhes nos Exemplos a seguir.

[024] O coeficiente de expansão térmica linear do núcleo condutor resultante pode ser menor que 50 micrômetros por metro Kelvin (" $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{K}$ "), menor que 40  $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{K}$ , menor que 30  $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{K}$ , ou menor que 20  $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{K}$ . Em várias modalidades, o coeficiente de expansão térmica linear do núcleo condutor pode ser na faixa de 1 a 50  $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{K}$ , de 3 a 40  $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{K}$ , de 5 a 30  $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{K}$ , ou de 6 a 20  $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{K}$ . Coeficiente de expansão térmica linear é determinado de acordo com ASTM E831

[025] Em várias modalidades, o núcleo condutor resultante pode ter um módulo de flexão de pelo menos 6,89 GPa (1.000.000 psi), pelo menos 8,27 GPa (1.200.000 psi), ou 9,62 GPa (1.400.000 psi). Além disso, o núcleo condutor pode ter um módulo de tensão na faixa de 6,89 GPa (1.000.000 psi) a 68,94 GPa (10.000.000 psi), de 8,27 GPa (1.200.000 psi) a 55,16 GPa (8.000.000 psi), ou de 9,62 GPa (1.400.000 psi) a

48,26 GPa (7.000.000 psi). O módulo de flexão é determinado de acordo com ASTM D790.

[026] Em uma ou mais modalidades, o núcleo condutor pode ter uma resistência de superfície variando de 0,030 a 0,080 ohm, de 0,040 a 0,070 ohm, de 0,045 a 0,065 ohm, ou de 0,050 a 0,058 ohm. A resistência de superfície é medida usando um multímetro Fluke 8840A entre dois eletrodos espaçado de 6 polegadas distante. Uma tensão contínua de 200 V é aplicada entre os dois eletrodos com um tempo de eletrificação de 60 segundos. A resistência é medida em ohms.

#### Condutor Revestido

[027] Como mencionado acima, um cabo compreendendo um núcleo e pelo menos uma camada em torno do núcleo podem ser preparados empregando o núcleo condutor 10 acima descrito. Como usado aqui, o termo "cabo" representa pelo menos um condutor dentro de uma bainha, por exemplo, uma cobertura de isolamento ou uma jaqueta externa protetora. Muitas vezes, um cabo é de dois ou mais condutores ligados juntos (por exemplo, fios ou fibras ópticas, além dos núcleos de condutor acima descritos), normalmente em uma cobertura de isolamento comum e/ou jaqueta protetora. Os condutores individuais dentro da bainha podem ser nus, cobertos ou isolados. Projetos de cabo típicos são ilustrados em USP 5.246.783, 6.496.629 e 6.714.707. "Condutor" denota um ou mais fios ou fibras para a condução de calor, luz, e/ou eletricidade, e inclui o núcleo condutor 10 descrito acima. Quando outros tipos de condutor estão presentes, como em um cabo de combinação, os outros condutores podem ser uma fio/fibra único ou um fio/fibra múltiplo e podem ser em forma de cadeia ou em forma tubular. Exemplos não limitantes de outros

condutores adequados incluem metais como prata, ouro, cobre, carbono e alumínio. Os outros condutores também podem ser se fibra óptica preparada de vidro ou plástico.

[028] Esse cabo pode ser preparado com vários tipos de extrusoras (por exemplo, tipos de parafuso único ou duplo) por extrusão da composição polimérica que forma uma ou mais camadas para o condutor, diretamente ou em uma camada intermediária. Uma descrição de uma extrusora convencional pode ser encontrada em USP 4.857.600. Um exemplo de coextrusão e uma extrusora, portanto, pode ser encontrado em USP 5.575.965.

[029] Opcionalmente, após a extrusão, o cabo extrudado pode passar para uma zona de cura aquecida a jusante da matriz de extrusão para auxiliar na reticulação de camadas poliméricas. A zona de cura aquecida pode ser mantida a uma temperatura na faixa de 175 a 260 °C. Em uma modalidade, a zona de cura aquecida é um tubo de vulcanização contínua ("CV"). Em várias modalidades, o cabo pode ser resfriado e degaseificado. Alternativamente, se a camada polimérica permanece não reticulada, o cabo extrudado pode passar em uma zona de resfriamento, como uma calha de água, para ser resfriado.

[030] Referindo-se agora à FIG. 2, um cabo coaxial pode ser construído em conformidade com várias modalidades usando o núcleo condutor 10 descrito acima, uma camada de isolamento dielétrico 16, um escudo condutor 18 e opcionalmente uma jaqueta externa 20. Cada um da camada de isolamento dielétrico 16, o escudo condutor 18, e a jaqueta externa 20 pode ser formado de todos qualquer material convencional ou doravante descoberto empregado na técnica. Por exemplo, a

camada de isolamento dielétrico 16 pode ser formada a partir de um ou mais tipos de polietileno. Além disso, o escudo condutor 18 pode ser um escudo de cobre sólido, em forma de cadeia ou tecido. Finalmente, a jaqueta 20 pode ser, por exemplo, um cloreto de polivinil ou polietileno.

#### MÉTODOS DE TESTE

##### Densidade

[031] A densidade é determinada de acordo com ASTM D792.

##### Resistência à Tração

[032] A resistência à tração é determinada de acordo com ASTM D638.

##### Módulo de Flexão

[033] O módulo de flexão é determinado de acordo com ASTM D790.

##### *Coeficiente de Expansão Térmica Linear*

[034] O coeficiente de expansão térmica linear é determinado de acordo com ASTM E831

##### Aderência do Revestimento

[035] A aderência do revestimento é determinada de acordo com ASTM B571, parágrafo 13 (teste de escriba e grade).

##### Resistividade

[036] A resistência de superfície é medida usando um multímetro Fluke 8840A entre dois eletrodos espaçado de 6 polegadas distante. Uma tensão contínua de 200 V foi aplicada entre os dois eletrodos com um tempo de eletrificação de 60 segundos. A resistência é medida em ohms.

#### EXEMPLOS

##### Exemplo 1 - Comparação do Material de Compósito Polimérico Preenchido ao Cobre

[037] Um material de compósito de polímero preenchido sem

placa de metal (S1) é analisado e comparado com um fio de cobre (CS1). O material de compósito polimérico preenchido é LFH LIGHTLINE™, um compósito de fibra de vidro e epóxi contendo aproximadamente 80 por cento em peso de fibra de vidro, disponível de Neptco, Inc., Pawtucket, RI, USA. O fio de cobre é obtido de HM Wire International, Inc., Canton, OH, USA. Os resultados das análises são fornecidos na Tabela 1, abaixo.

Tabela 1 - Propriedades de S1 e CS1

	S1	CS1
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	2,24	8,89
Coefficiente de expansão térmica linear (µm/m·K)	5,9	16,8
Resistência à tração (GPa)	1,2	0,27

[038] Como pode ser visto na Tabela 1, o material de compósito de polímero de S1 oferece uma menor densidade, menor coeficiente de expansão térmica linear, e maior resistência à tração em relação ao fio de cobre convencional.

#### Exemplo 2 - Propriedades Físicas e Elétricas de Condutores

[039] Preparar duas Amostras (S2 e S3) por metalização duas hastes de material de compósito tendo diâmetros de 0,091 polegadas (S2) e 0,5 polegadas (S3). A Amostra S2 é um material de compósito de epóxi preenchido com vidro com tendo 80% de enchimento de vidro é igual ao material de compósito polimérico preenchido empregado no Exemplo 1. A Amostra S3 é um material de nylon preenchido com vidro tendo 30% de enchimento de vidro. O material de nylon preenchido com vidro da Amostra S3 é Nylon 6 com 30% de fibra de vidro disponível de Professional Plastics. Preparar uma Amostra Comparativa (CS2) por metalização de uma haste de nylon sem preenchimento tendo um diâmetro de 0,093 polegadas. A haste de nylon de CS2 é Quadrant EPP Nylon 101 disponível de



Professional Plastics.

[040] Metalizar S2, S3, e CS2 com cobre em uma espessura de 500 micropolegadas (12,7  $\mu\text{m}$ ). A metalização de S2, S3, e CS2 é realizada de acordo com AMS 2404D pelo seguinte método:

- a. Limpar as hastes poliméricas imergindo as mesmas em uma mistura de 5% v/v Limpador-Condicionador 1110A (The Dow Chemical Company) com 95% v/v de água deionizada por 2 a 5 minutos a 130 a 170 °F;
- b. Lavar em cascata as hastes poliméricas em três tanques de água da torneira, 2 a 5 minutos em cada tanque, em 50 a 90 °F;
- c. Preparar as hastes imergindo as mesmas em um pré-mergulho de catalisador por 1 a 5 minutos a 60 a 90 °F. O pré-mergulho de catalisador contém 98,5% v/v de água ionizada e 1,5% p/v de cloreto de sódio;
- d. Imergir as hastes poliméricas por 4 a 5 minutos a 100 a 110 °F no catalisador preparado dissolvendo 1,2 libras/galão de cloreto de sódio em 75% v/v de água deionizada, então adicionar 10% v/v de ácido clorídrico, filtrar para remover todas as partículas e, em seguida, adicionar 1,0% v/v de catalisador CATAPOSIT<sup>TM</sup> PM-959 e 0,6% v/v de CATAPOSIT<sup>TM</sup> 449, e finalmente adicionar água deionizada ao volume de 100%;
- e. Lavar em cascata as hastes poliméricas em dois tanques de água da torneira, 2 a 3 minutos em cada tanque, em 50 a 90 °F;
- f. Imergir as hastes poliméricas em acelerador CUPOSIT<sup>TM</sup> 19H (The Dow Chemical Company) por 2 a 3 minutos em 80-85 °F. O Acelerador 19H é preparado combinando e misturando 92,5% v/v de água deionizada com 7,5% v/v Acelerador CUPOSIT<sup>TM</sup> 19H;
- g. Lavar as hastes poliméricas em um tanque de água da

torneira por 2 a 3 minutos a 50 a 90 °F;

h. Revestir de cobre as hastes poliméricas imergindo as mesmas em um tanque contendo Cobre Não Eletrolítico CIRCUPPOSIT™ 3350-1 (The Dow Chemical Company). CIRCUPPOSIT™ 3350-1 é preparado combinando 80% v/v de água deionizada com 15% v/v CIRCUPPOSIT™ 3350 M-1, 1% v/v CIRCUPPOSIT™ 3350 A-1, 1% v/v de 50% de hidróxido de sódio, e 1% v/v de 37% de formaldeído. Água deionizada adicionada a 100% do volume. Filtrar por um período mínimo de uma hora antes de usar. A duração da imersão da haste nesta etapa depende da espessura desejada do revestimento. A espessura é verificada para determinar quando as hastes estão prontas para continuar no processo. A espessura é determinada de acordo com ASTM B 499-96 usando a retrodifusão Beta;

i. Lavar imergindo as hastes poliméricas em água deionizada por 1 a 10 minutos a 60 a 90 °F;

j. Lavar imergindo as hastes poliméricas em três tanques consecutivos de água de osmose reversa por 1 a 3 minutos em cada tanque em 60 a 90 °F;

k. Imergir as peças em solução de passivação pós-mergulho por 1 a 2 minutos a 60 a 90 °F. A solução de passivação pós-mergulho preparada pela combinação de 90% v/v (360 galões) com 18,75 libras de ácido crômico é agitada até dissolução completa. Adicionar água deionizada para 400 galões;

l. Lavar imergindo as hastes poliméricas em água deionizada por 1 a 5 minutos a 60 a 90 °F;

m. Lavar imergindo as hastes poliméricas em água deionizada quente por 1 a 5 minutos a 80 a 100 °F;

n. As hastes poliméricas então se secam.

[041] Analisar S2, S3, CS2, e o fio de cobre descrito acima

no Exemplo 1 (CS1) para densidade, resistência à tração, módulo de flexão, coeficiente de expansão térmica linear, aderência ao revestimento, e resistividade de acordo com os Métodos de Teste fornecidos acima. Os resultados são fornecidos na Tabela 2, abaixo.

Tabela 2 - Propriedades Físicas e Elétricas de CS1, CS2, S2 e S3

	CS1	CS2	S2	S3
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	8,89	1,15	2,24	1,62
Resistência à Tração GPa (psi)	0,28 (40,000)	0,08 (11,500)	1,40 (203,052)	0,20 (28,300)
Módulo de Flexão GPa (psi)	NA	2,93 (425,000)	48,00 (6,961,811)	9,72 (1,410,000)
Coeficiente de Expansão Térmica Linear (µm/m·K)	16	99	6	19
Aderência ao Revestimento	-	Aprovado	Aprovado	Aprovado
Resistividade (ohm)	0,050	0,057	0,058	0,058

[042] Como os resultados fornecidos na Tabela 2 mostram, um polímero sem preenchimento fornece inaceitavelmente baixa resistência à tração e inaceitavelmente coeficiente alto de expansão térmica linear para ser adequado para uso como um núcleo de cabo. Em contraste, o nylon preenchido e epóxi preenchido metalizado fornecem propriedades semelhantes ou até melhores do que o fio de cobre padrão.

#### Exemplo 3 - Ilustração de Economia de Peso

[043] A Tabela 3 a seguir ilustra as potenciais economias de peso usando um núcleo de compósito polimérico preenchido contra um cabo convencional. Na Tabela 3, a Amostra Comparativa CS3 é um cabo comercial de um quarto de polegada LDF1-50 RF (Helix de Commscope) frequentemente usado em aplicações de torre de celular. O cabo hipotético da Amostra

4 (S4) usa os mesmos materiais de CS3, exceto para o condutor interno que é construído a partir de material de epóxi preenchido com vidro metalizado como no Exemplo 2 (S2). O cabo hipotético da Amostra 5 (S5) é preparado com os mesmos materiais como CS3 exceto que ambos os condutores internos e exteriores são preparados com material de epóxi preenchido com vidro metalizado (S2).

Tabela 3 - Ilustração da Economia de Peso para Cabo Coaxial RF preparado com Compósito versus Cobre

	CS3		S4		S5	
Peso do Cabo (Kg/m)		0,09		0,06		0,03
Condutor Interno DE (mm)	cobre (Al clad)	2,54	S2	2,54	S2	2,54
Condutor Interno (Kg/m)		0,045		0,011		0,011
Condutor Externo DE (mm)	cobre	7,87	cobre	7,87	S2	7,87
Peso do Condutor Externo		0,032		0,032		0,008
Diâmetro Total		8,76		8,76		8,76
Economia de Peso (%)			37,8		64,4	

REIVINDICAÇÕES

1. Cabo com núcleo compósito de polímero, caracterizado pelo fato de compreender:

- um núcleo condutor (10); e
- uma ou mais camadas circundando o referido núcleo condutor (10),

sendo que o referido núcleo condutor (10) compreende um membro interno polimérico alongado (12) circundado concentricamente por uma camada condutora (14),

em que o referido membro interno polimérico (12) é formado de um material de compósito polimérico preenchido que compreende uma fase contínua polimérica tendo dispersado na mesma um material de enchimento, o compósito polimérico preenchido tendo uma densidade menor que 4 g/cm<sup>3</sup>.

2. Cabo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o referido cabo ser um cabo coaxial, sendo que uma ou mais camadas compreendem uma camada de isolamento dielétrico (16) que circunda o referido núcleo condutor (10) e um escudo condutor (18) circundando a referida camada de isolamento dielétrica (16).

3. Cabo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de a referida camada condutora (14) ter uma espessura de pelo menos 2,6 micrômetros ("µm").

4. Cabo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o referido material de compósito polimérico preenchido é não condutor.

5. Cabo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado pelo fato de o referido material de enchimento ser selecionado do grupo que consiste em fibras de vidro, quartzo, sílica, óxido de silício, sílica fundida,

quartzo fundido, sílica natural, sílica sintética, óxido de alumínio natural, óxido de alumínio sintético, tri-hidróxido de alumínio, alumínio-óxido-hidróxido, hidróxido de magnésio, óxido de hidróxido de alumínio, nitreto de boro, nitreto de alumínio, nitreto de silício, carboneto de silício, mica, carbonato de cálcio, silicato de alumínio de lítio, óxido de zinco, mulita, volastonita, talco, brilho, caulim, bentonita, boemita, xonolita, andalusita, zeólito, dolomita, vermiculita, moscovite, nefelina, albite, microlina, ardósia, pó de alumínio, prata, grafite, grafite sintético, grafite natural, grafite amorfo, grafite em flocos, grafite em veia, grafite expansível/intumescente, óxidos de antimônio, boratos, molibdatos, estanatos, fosfinatos, polifosfato de amônio, polifosfato de melamina, sais de melamina, sulfeto de zinco, fósforo vermelho, argilas em camadas, ouro, carbono, nanotubos de carbono de parede única ou múltipla, grafeno, pó de vidro, tecido de vidro, placas de vidro, fibras de carbono, e combinação de dois ou mais dos mesmos; em que a referida fase contínua polimérica é selecionada do grupo que consiste em polímero de epóxi, nylons, policarbonatos, polissulfonas, poliamidaimidas, poliarilatos, poliésteres, polifenilenos, óxidos de polifenileno, sulfetos de polifenileno, poliéter cetonas, polieteréter cetonas, poliariléter cetonas, poliarilamidas, poliftalamidas, e polieterimidas e combinações de dois ou mais dos mesmos.

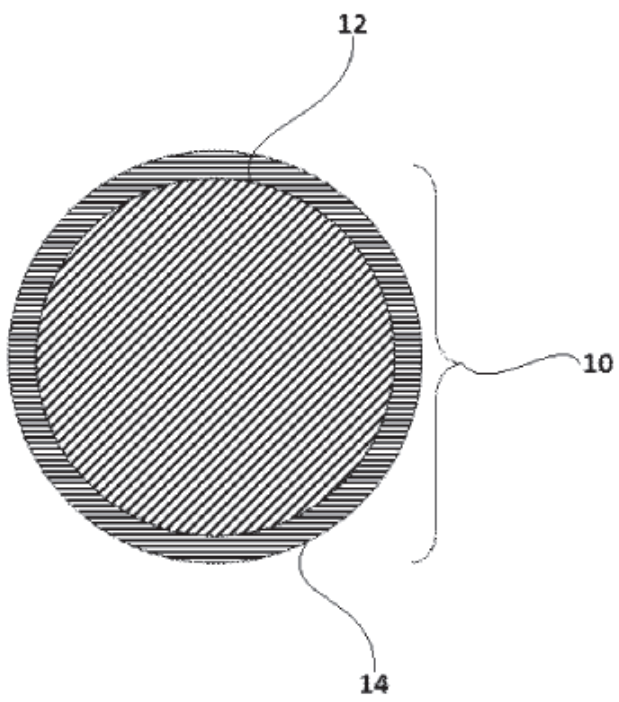
6. Cabo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizado pelo fato de a referida camada condutora (14) compreender um metal selecionado do grupo que consiste em cobre, prata, ouro, alumínio e combinações dos mesmos.

7. Cabo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1

a 6, caracterizado pelo fato de o referido núcleo condutor (10) ter um coeficiente de expansão térmica linear de menos de 50  $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{K}$ .

8. Cabo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizado pelo fato de o referido núcleo condutor (10) ter uma resistência à tração de pelo menos 0,14 GPa (20.000 psi); sendo que o referido núcleo condutor (10) tem um módulo de flexão de pelo menos 6,89 GPa (1.000.000 psi).

9. Cabo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 8, caracterizado pelo fato de o referido cabo ter um peso-por-comprimento menor que 0,07 kg/m.



**FIG. 1**



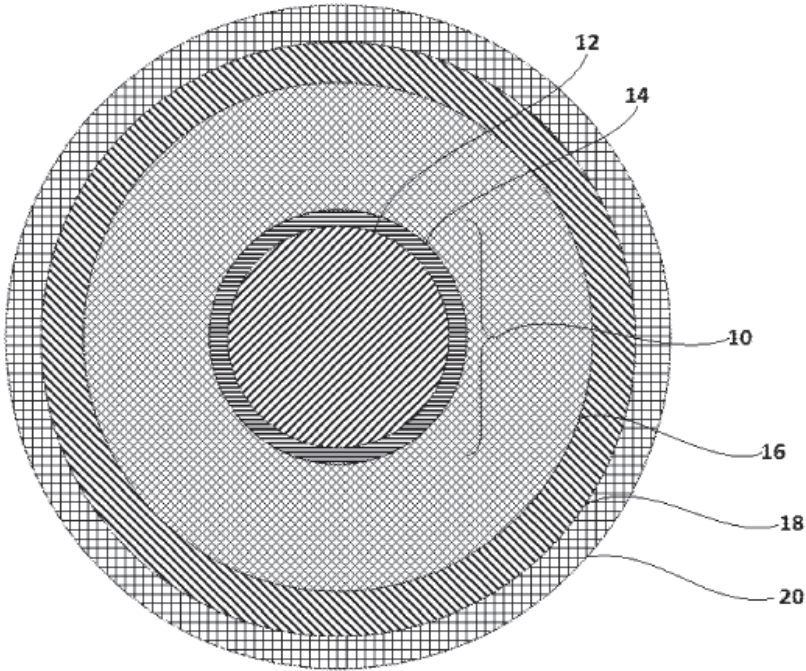


FIG. 2