



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

(21) BR 102020025766-8 A2



(22) Data do Depósito: 16/12/2020

(43) Data da Publicação Nacional: 28/06/2022

(54) Título: MÉTODO DE OBTENÇÃO DE FITA FLEXÍVEL CONDUTORA E FITA FLEXÍVEL CONDUTORA OBTIDA

(51) Int. Cl.: H01B 1/12; H01B 1/20; H05K 3/10.

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO.

(72) Inventor(es): MIGUEL HENRIQUE BORATTO; CARLOS FREDERICO DE OLIVEIRA GRAEFF; NATAN LUIS NOZELLA; ROBERTO DE AGUIAR RAMOS JÚNIOR.

(57) Resumo: MÉTODO DE OBTENÇÃO DE FITA FLEXÍVEL CONDUTORA E FITA FLEXÍVEL CONDUTORA OBTIDA. Trata-se de método de obtenção de fita flexível condutora do tipo utilizada em setores hospitalares, farmacêuticos e eletrônica flexível, entre outros; o método de obtenção tem como base a mistura de diferentes concentrações do PEDOT:PSS poli (3,4-etileno dioxitiofeno)-poli (estireno sulfonato) com borracha natural de látex sob agitação magnética. Outros materiais condutores como orgânicos baseados em politiofenos - polythiophenes, polianilina - polyaniline, polipirrol - polypyrrole, grafeno, nanotubos de carbono, óxido de grafeno reduzido e nanofios metálicos combinados com a borracha natural de látex da seringueira (Hevea brasiliensis) ou outros látex naturais de plantas Ficus elástica e Castilla elástica, ou látex sintético 1,4-cis-poliisopreno também formam um material condutor flexível com características semelhantes.

FIG.1

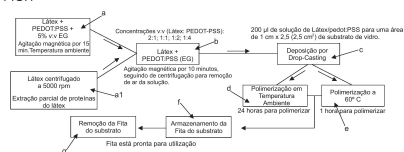
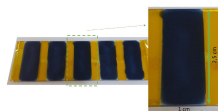


FIG.1A



**“MÉTODO DE OBTENÇÃO DE FITA FLEXÍVEL CONDUTORA E FITA FLEXÍVEL CONDUTORA OBTIDA”.**

**CAMPO TÉCNICO DA INVENÇÃO**

**[001]** A presente patente de invenção trata de método de obtenção de fita flexível condutora e fita flexível condutora obtida do tipo aplicada em setores hospitalares, farmacêuticos e eletrônica flexível, entre outros onde, notadamente, o inovado método apresenta uma mistura de Látex Natural - *Hevea Brasiliensis* - com polímero condutor PEDOT:PSS poly(3,4-ethylene dioxythiophene)-poly(styrene sulfonate)/poli (3,4-etileno dioxitiofeno)-poli (estireno sulfonato) para aproveitamento das propriedades mecânicas do látex e condutoras do PEDOT:PSS que quando unidas produzem um material que suporta deformações ( $\Delta L/L_0$ ) de até 50% sem alteração significativa de sua resistência elétrica, e deformação de até 700% até o rompimento viabilizando, assim, maiores condutividade e resistência a tração.

**HISTÓRICO DA INVENÇÃO**

**[002]** É sabido que, dispositivos eletrônicos flexíveis são cada vez mais promissores e necessários em dispositivos vestíveis, biomecânicos e biomédicos que necessitam certo grau de deformação mecânica.

**[003]** Fitas de cobre, prata e alumínio presentes no mercado são altamente condutoras, mas apresentam limitação nas suas propriedades mecânicas como alta resistência a deformação por esticamento, enquanto que outras fitas condutoras obtidas por elastômeros com alta flexibilidade também apresentam altos custos e não são facilmente encontradas.

**[004]** Polímeros condutores tem sido estudado para tais propostas devido suas propriedades biocompatíveis, condutoras, e aumento de elasticidade quando incorporadas em elastômeros.

**[005]** O documento de nº. US2014303470A1 trata de fibras de polímero condutor, método e dispositivo para a produção de fibras de polímero condutor, eletrodo biológico, dispositivo para medir sinais biológicos, eletrodo implantável e dispositivo para medir sinais biológicos onde fibras poliméricas condutoras, contendo PEDOT-PSS como polímero condutor impregnado e/ou aderido às fibras de base.

**[006]** Analisando o material, verifica-se que é produzida fibra polimérica condutora flexível para biointegração através de biosensores. Os materiais são feitos com polímero condutor PEDOT:PSS na forma de fibras poliméricas obtidas por processos de extrusão, de forma a produzir fios na forma de cordas. A principal diferença com o método de obtenção e fita flexível condutora inovados consiste no fato que a composição ora requerida prevê dois materiais flexíveis, sendo o látex e PEDOT:PSS, que unem a maior flexibilidade do Látex com a alta condutividade do PEDOT:PSS para produzir a fita condutora flexível de Látex/PEDOT:PSS. Este processo de obtenção apresenta alto grau de facilidade na produção.

**[007]** O documento de nº. US 2011/0309305 A1 trata de composições de polímero condutor solúvel aquoso flexível onde uma composição polimérica condutiva, durável, removível e flexível, como um revestimento, pode ser utilizada como uma folha de eletrodo ou substrato para diodos emissores de luz orgânicos e de polímero, para transistores orgânicos, eletrodos médicos e semelhantes. A composição polimérica condutora é uma mistura de polímero condutor e polímero destacável, em que o polímero condutor compreende um polímero aceitador de carga negativa e um polímero aceitador de carga positiva, e em que a mistura de polímero destacável compreende um polímero solúvel em água, um óxido de polialquileno e um alquilglicol.

**[008]** O documento supracitado apresenta um material flexível condutor obtido por diferentes concentrações de misturas de polímeros condutores com polímeros solúveis em água. Os polímeros condutores elétricos são diversos materiais, dentre eles o PEDOT:PSS. O polímero solúvel em água é o Poly (álcool de vinilo) (PVA), polietilenoglicol e Propilenoglicol. Já a fita flexível ora reivindicada apresenta diversas concentrações de PEDOT:PSS em borracha natural de látex que não é utilizado pelos autores da patente referenciada, além da fita reivindicada apresentar diversas possibilidades de uso como fitas condutoras, filmes finos para ser utilizado em conjunto com outros materiais, entre outras aplicações. A fita flexível ora reivindicada pode conter outros polímeros condutores baseados em politiofenos – polythiophenes, polianilina – polyaniline, polipirrol – polypyrrole, nanotubos de carbono, negro de fumo, grafeno ou nanofios metálicos adicionados ao material látex para obtenção do mesmo material flexível

condutor. Dita fita flexível ora reivindicada, também, pode utilizar outros elastômeros naturais como látex de outras plantas, tais como, Ficus elástica – árvore-da-borracha ou falsa-seringueira, e Castilla elástica – árvore da borracha do Panamá, além do Látex sintético 1,4-cis-poliisopreno – cis-1,4-polyisoprene.

**[009]** O documento de nº. US 2003/0170454 A1 trata de partículas de látex termocoaguláveis hidrofóbicas que são capazes, mediante aquecimento, de aumentar a condutividade das partes aquecidas da camada mais externa em relação às partes não aquecidas da camada mais externa e / ou alterar a removibilidade das partes aquecidas da camada mais externa em relação às partes não aquecidas da camada mais externa e o elemento diferenciável por calor não compreende um composto orgânico di- ou poli-hidroxiado ou um composto aprótico com uma constante dielétrica,  $\epsilon \geq 15$ ; um método para fazer um padrão condutor em um suporte com o mesmo; e um uso do material para fazer um padrão condutor ao fazer um circuito eletrônico na produção de um dispositivo elétrico ou semicondutor, como uma placa de circuito impresso, um circuito integrado, um display ou tela de toque, um dispositivo eletroluminescente ou uma célula fotovoltaica.

**[010]** Na patente citada acima os autores utilizam uma composição complexa que envolve além de PEDOT:PSS como material condutor alguns polímeros materiais absorvedores de radiação infravermelho, e partículas de Látex (em letras maiúsculas, definido como '*polystyrene látex*' - látex de poliestireno, e poly – poli - (*methyl methacrylate látex/látex de metacrilato de metilo*), enquanto que a fita ora requerida utiliza-se da borracha natural de látex com PEDOT:PSS em concentrações (v/v) de 2:1 a 1:4.

**[011]** Da mesma forma, é vislumbrado no estado da técnica o artigo científico com o título de '*Innovative elastic and flexible conductive PEDOT:PSS composite films prepared by introducing soft latexes*' – Condutor elástico e flexível de filmes compostos de PEDOT:PSS preparados pela introdução de látex - publicado no '*Journal of Materials Chemistry*' - Jornal de química de materiais - e que apresenta o estudo de uma fita condutora flexível de PEDOT:PSS com um polímero flexível Poly(n-butyl acrylate-styrene) Poli (n-butil acrilato-estireno) chamado P(BA-St).

**[012]** Analisando o supracitado artigo verifica-se que a principal divergência consiste no polímero flexível onde no artigo é revelado polímero derivado de 2,2-azobisisobutyronitrile (AIBN), *n-butyl acrylate*/Acrilato de butila (BA) e *styrene*/estireno (St) combinados com diferentes surfactantes denominados de “latexes”, porém não apresenta relação alguma com o principal componente da borracha natural de látex, o *cis-1,4-polyisoprene* - cis-1,4-poliisopreno. A borracha natural apresenta, além de aproximadamente 60% de borracha seca, outros componentes como água (35 %), e menores concentrações de lipídeos, proteínas, carboidratos e açúcares (Zancanela et al., 2019).

**[013]** No artigo citado são necessários diversos reagentes e inúmeros procedimentos para a síntese dos P(BA-St) ‘latexes’, enquanto o elastômero utilizado no inovado método é extraído da seringueira e necessita apenas de uma pequena concentração de amônia para conservação na forma líquida em recipiente fechado e temperatura ambiente. Além da simplificação no método de obtenção do elastômero, a borracha natural de látex tem um custo muito baixo comparado aos reagentes utilizados para obtenção dos P(BA-St) ‘latexes’.

**[014]** O artigo, também, revela que o agente dopante utilizado na mistura do PEDOT:PSS com o elastômero é o Dimetilsulfóxido, enquanto que o agente utilizado no método consiste no etileno Glicol (EG).

**[015]** Outra divergência é determinada pelas blendas de PEDOT:PSS e P(BA-St) são mais finas com uma espessura na ordem de 100 a 700 nanômetros, enquanto que no método reivindicado as fitas flexíveis de Látex/PEDOT:PSS possuem uma espessura final na ordem de 100 micrometros. Espessuras maiores das membranas ou fitas flexíveis de Látex/PEDOT:PSS podem ser obtidas devido ao baixo custo do principal componente elastômero de látex natural.

**[016]** Embora o artigo citado apresente a relação das concentrações de PEDOT:PSS e P(BA-St) em massa (m:m), a condutividade para os filmes 75% de PEDOT:PSS é de cerca de 200 S/cm, enquanto que no método ora requerido a maior relação (v/v) de 1/4 Látex/PEDOT:PSS apresenta uma condutividade de 0,63 S/cm. O restante do volume é solvente para dispersão deste polímero condutor.

**[017]** Mesmo com grandes concentrações de elastômero P(BA-St), cerca de 83%, e que diminui sua condutividade drasticamente, o máximo estiramento obtido no artigo foi maior que 97% do comprimento inicial ( $L_0$ ) e apresentou uma tensão de estiramento máxima de 2,2 MPa. No método inovado é realizado com apenas 20% de Látex, em relação ao volume total da blenda, um estiramento próximo a 500% e tensão de estiramento máxima de aproximadamente 5 MPa.

**[018]** Portanto, os documentos supracitados, apesar de pertencerem ao mesmo campo de aplicação diferenciam-se do presente invento em questão, principalmente quanto aos métodos e materiais utilizados, como se verá adiante, onde a fita de Látex/PEDOT:PSS inovada apresenta resultados elétricos satisfatórios e resultados mecânicos superiores ao material apresentado no artigo citado garantindo, assim, que o mesmo atenda, plenamente, aos requisitos legais de patenteabilidade.

#### **PESQUISA**

**[019]** Método desenvolvido para transformar a borracha natural de látex em material condutor para aplicações com biocompatibilidade. Outros trabalhos na literatura que utilizam PEDOT:PSS, entre outros polímeros condutores, com elastômeros como PDMS apresentam resultados satisfatórios para usabilidade em eletrônica flexível, mas muitos não apresentam a possibilidade de interação com o corpo humano, ou biocompatibilidade, como o látex natural apresenta, através de sua utilização em atividades de cicatrização e liberação controlada de fármacos no corpo humano.

**[020]** Os reagentes utilizados foram o Látex natural na forma líquida, solução de PEDOT:PSS e etileno glicol. Outros materiais condutores baseados em politiofenos – polythiophene, polianilina – polyaniline, polipirrol – polypyrrole, nanotubos de carbono, grafeno, óxido de grafeno reduzido, nanofios metálicos e outros polímeros orgânicos condutores também podem ser utilizados para o mesmo fim de obter este material flexível condutor. Da mesma forma, podem ser utilizados outros elastômeros naturais como látex de outras plantas como Ficus elástica – árvore-da-borracha ou falsa-seringueira, e Castilla elástica – árvore da borracha do Panamá, além do Látex sintético 1,4-cis-poliisopreno – cis-1,4-polyisoprene.

**[021]** Testes iniciais para definição das melhores condições de obtenção do material

com maior condutividade e flexibilidade foram feitos com as seguintes concentrações volumétricas (v:v) de Látex/PEDOT:PSS: 2:1, 1:1, 1:2, 1:4.

**[022]** Diferentes tratamentos térmicos foram realizados para a cura do elastômero condutor para polimerização mais rápida do compósito látex/PEDOT:PSS e melhores características mecânicas e elétricas.

**[023]** Foram realizadas caracterizações por medidas de “tensão x deformação” em equipamento PASCO PasPort PS-2104, medidas elétricas em equipamento Autolab, e medidas ópticas e morfológicas em equipamento ‘*Confocal*’ 3D LEICA, e Microscopia Eletrônica de Varredura Zeiss Evo LS15.

**[024]** Os resultados foram analisados para entendimento do material obtido, conceitos envolvendo a polimerização do compósito Látex/PEDOT:PSS e suas características mecânicas e elétricas.

#### **OBJETIVOS DA INVENÇÃO**

**[025]** É objetivo da invenção apresentar um método de obtenção de fita flexível condutora e fita flexível condutora obtida onde o material compósito de Borracha Natural de Látex é transformado em material flexível e condutor, através da utilização do polímero condutor PEDOT:PSS.

**[026]** É objetivo da invenção apresentar fita flexível condutora que comparada aos materiais condutores flexíveis, permite alta condutividade mesmo sob altas deformações (< 100%) causadas por tração/estiramento ou flexões.

**[027]** É objetivo da invenção apresentar fita flexível condutora que embora, aumente sua resistência elétrica consideravelmente sob estiramentos superiores a 100% do comprimento inicial, resiste mais de 500% de estiramento.

**[028]** É objetivo da invenção apresentar fita flexível condutora que pode ser utilizada em eletrônicos e bioeletrônicos que exigem flexibilidade como, por exemplo, dispositivos vestíveis.

**[029]** É objetivo da invenção apresentar uma fita flexível condutora que pode ficar em contato com ferimentos para liberação de fármacos programada por pulsos de corrente.

**[030]** É objetivo da invenção apresentar uma fita flexível condutora com utilização do compósito Látex/PEDOT:PSS também na forma de filmes finos condutores flexíveis, em

camadas combinadas com outros materiais, semicondutores ou isolantes. Na forma de filmes finos, esse material pode fazer parte da composição de inúmeros tipos de dispositivos eletrônicos, como células solares, capacitores, supercapacitores, transistores, diodos, entre outros.

**[031]** É objetivo da invenção apresentar uma fita flexível condutora utilizada como substrato flexível condutor, podendo, de certa forma, substituir substratos de FTO e ITO.

#### **DESCRIÇÃO DAS FIGURAS**

**[032]** A complementar a presente descrição de modo a obter uma melhor compreensão das características do presente invento e de acordo com uma preferencial realização prática do mesmo, acompanha a descrição, em anexo, um conjunto de desenhos, onde, de maneira exemplificada, embora não limitativa, se representou:

**[033]** a figura 1 representa um diagrama de blocos das etapas que compõe o método para obtenção da fita flexível condutora de Látex/PEDOT:PSS;

**[034]** a figura 1A revela uma imagem fotográfica da lâmina de microscopia utilizada para deposição da fita condutora, com área de 2,5 cm<sup>2</sup> delimitada por fita *Kapton*<sup>®</sup>;

**[035]** a figura 2 mostra uma imagem fotográfica da caracterização Mecânica-Elétrica das fitas flexíveis condutoras de Látex/PEDOT:PSS;

**[036]** a Figura 3 mostra gráficos onde (a) ilustra a Resistividade elétrica das amostras com diferentes concentrações de Látex/PEDOT:PSS (1/2 e 1/4) e temperaturas de polimerização (NTC: Temperatura ambiente; TC: 60°C); (b) revela a Variação relativa da resistência elétrica para os filmes apresentados em (a) com diversos pequenos estiramentos de 1mm, totalizando um estiramento total de 500% em todas as amostras; (c) apresenta Resultados da medida de “tensão x deformação” das fitas flexíveis condutoras; (d) Testes elétricos com a amostra 1/4TC, composto por 1 parte de látex e 4 partes de PEDOT:PSS, e tratamento térmico a 60°C por 1 hora. O circuito funciona com potencial de 6 V e LED comercial ligado em série. Cada passo de variação na deformação foi de 25% do tamanho inicial  $L_0$ .

#### **DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO**

**[037]** A presente patente de invenção se refere à “MÉTODO DE OBTENÇÃO DE FITA FLEXÍVEL CONDUTORA E FITA FLEXÍVEL CONDUTORA OBTIDA”, mais precisamente trata-



se de método de obtenção de fita flexível condutora do tipo utilizada em setores hospitalares, farmacêuticos, eletrônica flexível, entre outros.

**[038]** Segundo a presente invenção, dito método de obtenção tem como base a mistura de diferentes concentrações do PEDOT:PSS ou outros polímeros condutores baseados em politiofenos – polythiophenes, polianilina – polyaniline, polipirrol – polypyrrole, grafeno, nanotubos de carbono e nanofios metálicos com borracha natural de látex (*Hevea brasiliensis*) ou látex naturais de outras plantas como *Ficus elástica* e *Castilla elástica*, ou Látex sintético 1,4-cis-poliisopreno. sob agitação magnética, sendo que os procedimentos para obtenção da fita com maior condutividade (1/4TC) são apresentados pelas etapas apresentadas na FIG. 1:

a) Adição de solvente Etileno Glicol - EG - à solução de PEDOT:PSS *poly(3,4-ethylene dioxythiophene)-poly(styrene sulfonate)*/poli (3,4-etileno dioxitiofeno) -poli (estireno sulfonato), comercial na forma líquida, em concentração de 5% (v:v). Mantido sob agitação magnética por 15 minutos em temperatura ambiente. O Etileno Glicol - EG - é utilizado para aumento da condutividade da fita condutora de Látex/PEDOT:PSS;

a1) A solução líquida de látex é centrifugada por 30 minutos sob rotação de 5000 rpm. A centrifugação separa parte das proteínas da solução de látex, que são decantadas ao fundo do recipiente. É utilizada uma alíquota de látex, retirada da parte superior da solução com menor teor de proteínas, para obtenção das fitas condutoras;

b) Em seguida, mistura-se as soluções de Látex (solução de cor branca) e PEDOT:PSS (solução de cor azul escuro) em diferentes proporções de volume como: volume de látex: PEDOT-PSS de 2:1, 1:1, 1:2 e 1:4. Essas misturas são agitadas, em agitador magnético, em temperatura ambiente por 10 minutos, para homogeneizar a mistura, obtendo uma coloração cinza azulada. Logo em seguida as soluções de Látex e PEDOT:PSS (L/P) passam por uma rápida centrifugação de 30 segundos a 5000 rpm para eliminar o ar presente na mistura aquosa, e desta forma evita presença de bolhas na fita que será obtida. Após centrifugar, as soluções são levemente separadas e é necessário realizar uma breve agitação magnética (2 minutos) para homogeneização da solução. Fita com melhores resultados são a de proporção de Látex:PEDOT-PSS de 1:4;

c) A deposição da fita de látex/PEDOT:PSS é feita pelo método “*drop-casting*”/

lançamento de gota, depositando um volume pré-definido da solução obtida de látex/PEDOT:PSS em uma área fixa de lâmina de microscopia. O volume utilizado para produção de cada fita é de 200  $\mu\text{L}$  para uma área de 1 cm x 2,5 cm, totalizando uma área de 2,5  $\text{cm}^2$ , ou 80  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ ;

d) Após a deposição da solução de látex/PEDOT:PSS na área definida, a fita pode ser polimerizada em temperatura ambiente ( $\sim 25^\circ\text{C}$ ) ou em placa térmica a  $60^\circ\text{C}$  por 60 minutos; O processo de cura e polimerização da fita condutora de Látex/PEDOT:PSS em temperatura ambiente ocorre em 24 horas.

e) Temperaturas maiores ( $T = 60^\circ\text{C}$ ) aumenta a taxa de polimerização e velocidade desta, reduzindo o tempo para apenas uma hora. No processo de polimerização ocorre a evaporação da água presente na solução utilizada na deposição;

f) Após a fita polimerizar/solidificar segue para armazenamento no vidro onde ocorre a deposição;

g) Remoção da fita do substrato para utilização.

**[039]** A fita obtida é levada para caracterizações mecânica-elétricas em um sistema montado combinando equipamentos de medidas de tensão mecânica e medidas elétricas. Nesse equipamento a fita é acoplada de forma longitudinal e conectada em suas extremidades por dois eletrodos conectados ao equipamento de medida elétrica, responsável pela aplicação do potencial elétrico de 0,2 V na amostra. Um desses eletrodos se mantém fixo durante toda a medida de estiramento da fita, juntamente com o medidor de tensão. O outro eletrodo sofre deslocamentos consecutivos de 1mm, de modo a esticar a fita. A corrente elétrica e a tensão mecânica sobre a fita são medidas pelos equipamentos de forma simultânea aos estiramentos provocados nas amostras. A Figura 2 apresenta uma foto da caracterização mecânica e elétrica de uma fita flexível condutora. Resultados das caracterizações elétricas e mecânicas são apresentados na Figura 3 onde (a) apresenta a grande diferença que a concentração de PEDOT:PSS causa na resistividade elétrica da fita flexível condutora. Juntamente com o tratamento térmico a  $60^\circ\text{C}$ , ambos são importantes para a redução da resistividade da fita condutora flexível; (b) apresenta os resultados elétricos em função de pequenos estiramentos (1mm) causados na fita. A fita 1/4TC, com maior condutividade, apresenta maior

variação relativa da sua resistência elétrica quando estirada. Os resultados de tensão mecânica na fita são apresentados na (c), que como na (a), também apresenta uma relação da maior concentração de PEDOT:PSS e maior temperatura de tratamento térmico com a tensão de tração causada pela fita quando sob estiramento. Enfim, na (d), a fita com maior condutividade é utilizada em um circuito e estirada para verificação da queda de corrente elétrica, ou aumento de resistência, e diminuição do brilho emitido pelo LED comercial vermelho.

**[040]** A fita flexível condutora obtida a partir da uma mistura de *Látex Natural - Hevea Brasiliensis* - com polímero condutor PEDOT:PSS *poly(3,4-ethylene dioxythiophene)-poly(styrene sulfonate)*/poli (3,4-etileno dioxitiofeno)-poli (estireno sulfonato), altamente flexível e que suporta deformações, antes de romper, de até 700%. A faixa de deformação com maior estabilidade da resistência elétrica (R) da fita se encontra abaixo de 50%, com variação de resistência relativa ( $\Delta R/R_0$ ) de 44% sob deformação de 50%, e  $\Delta R/R_0$  de 6% sob deformação de 25%.

**[041]** É certo que quando o presente invento for colocado em prática, poderão ser introduzidas modificações no que se refere a certos detalhes de materiais, construção e forma, sem que isso implique afastar-se dos princípios fundamentais que estão claramente substanciados no quadro reivindicatório, ficando assim entendido que a terminologia empregada não teve a finalidade de limitação.

#### Referência

D. C. Zancanela, C. S. Funari, R. D. Herculano, V. M. Mello, C. M. Rodrigues, F. A. Borges, N. R. de Barros, C. M. Marcos, A. M. F. Almeida, A. C. Guastaldi **“Natural rubber latex membranes incorporated with three different types of propolis: Physical-chemistry and antimicrobial behaviours”**, *Materials Science & Engineering C*, 97 (2019) 576-582.

## REIVINDICAÇÕES

1) **“MÉTODO DE OBTENÇÃO DE FITA FLEXÍVEL CONDUTORA”**, mais precisamente trata-se de método de obtenção de fita flexível condutora do tipo utilizada em setores hospitalares, farmacêuticos e eletrônica flexível, entre outros; caracterizado por método de obtenção ter como base a mistura de diferentes concentrações de PEDOT:PSS, ou outros polímeros condutores baseados em politiofenos – polythiophenes, polianilina – polyaniline, polipirrol – polypyrrole, grafeno, nanotubos de carbono e nanofios metálicos com borracha natural de látex (*Hevea brasiliensis*) ou látex naturais de outras plantas como Ficus elástica e Castilla elástica, ou Látex sintético 1,4-cis-poliisopreno sob agitação magnética, sendo que os procedimentos para obtenção da fita de látex/PEDOT:PSS com maior condutividade (1/4TC) são apresentados pelas etapas:

a) adição de solvente Etileno Glicol - EG - à solução de PEDOT:PSS poly(3,4-ethylene dioxythiophene)-poly(styrene sulfonate)/ poli (3,4-etileno dioxitiofeno)-poli (estireno sulfonato), comercial na forma líquida, em concentração de 5% (v:v); mantido sob agitação magnética por 15 minutos em temperatura ambiente; o Etileno Glicol - EG - é utilizado para aumento da condutividade da fita condutora de Látex/PEDOT:PSS;

a1) a solução líquida de látex é centrifugada por 30 minutos sob rotação de 5000 rpm; a centrifugação separa parte das proteínas da solução de látex, que são decantadas ao fundo do recipiente; é utilizada uma alíquota de látex, retirada da parte superior da solução com menor teor de proteínas, para obtenção das fitas condutoras; este passo ocorre para reduzir a concentração de proteínas do látex no composto látex/PEDOT:PSS;

b) em seguida, mistura-se as soluções de látex (solução de cor branca) e PEDOT:PSS (solução de cor azul escuro) em diferentes proporções de volume como volume de látex PEDOT-PSS de 2:1, 1:1, 1:2 e 1:4; essas misturas são agitadas, em agitador magnético, em temperatura ambiente por 10 minutos, para homogeneizar a mistura, obtendo uma coloração cinza azulada; logo em seguida as soluções de látex e PEDOT:PSS (L/P) passam por uma rápida centrifugação de 30 segundos a 5000 rpm para eliminar o ar presente na mistura aquosa, e desta forma evita presença de bolhas na fita que será obtida; após

centrifugar, as soluções são levemente separadas e é necessário realizar uma breve agitação magnética (2 minutos) para homogeneização da solução; fita com melhores resultados são a de proporção de Látex:PEDOT-PSS de 1:4;

c) a deposição da fita de látex/PEDOT:PSS é feita pelo método “*drop-casting*”/lançamento de gota, depositando um volume pré-definido da solução obtida de látex/PEDOT:PSS em uma área fixa de lâmina de microscopia; o volume utilizado para produção das fitas produzidas é de 200  $\mu\text{L}$  para uma área de 1 cm x 2,5 cm, ou 2,5  $\text{cm}^2$ , totalizando 80  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ ;

d) após a deposição da solução de látex/PEDOT:PSS na área definida, a fita pode ser polimerizada em temperatura ambiente ( $\sim 25^\circ\text{C}$ ), ou em placa térmica a  $60^\circ\text{C}$  por 60 minutos, ou outras temperaturas intermediárias e tempos diferentes;

e) o processo de cura e polimerização da fita condutora de Látex/PEDOT:PSS em temperatura ambiente ocorre em 24 horas, enquanto a utilização de temperaturas maiores ( $T = 60^\circ\text{C}$ ) aumenta a taxa de polimerização e velocidade desta, reduzindo o tempo para apenas uma hora; no processo de polimerização ocorre a evaporação da água presente na solução utilizada na deposição;

f) após a fita polimerizar/solidificar segue para armazenamento no vidro onde fora depositada;

g) remoção da fita do substrato para utilização.

2) **“FITA FLEXÍVEL CONDUTORA OBTIDA”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por fita flexível condutora obtida a partir da uma mistura de Látex Natural - Hevea Brasiliensis - com polímero condutor PEDOT:PSS poly(3,4-ethylene dioxythiophene)-poly(styrene sulfonate)/poli (3,4-etileno dioxitiofeno)-poli (estireno sulfonato) ser altamente flexível e que suporta deformações, antes de romper, de até 700%.

3) **“FITA FLEXÍVEL CONDUTORA OBTIDA”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por fita flexível condutora apresentar maior estabilidade da resistência elétrica (R) em deformações abaixo de 50% onde apresentam uma variação de resistência relativa ( $\Delta R/R_0$ ) de 44% sob deformação de 50%, e  $\Delta R/R_0$  de 6% sob deformação de 25%.

FIG.1

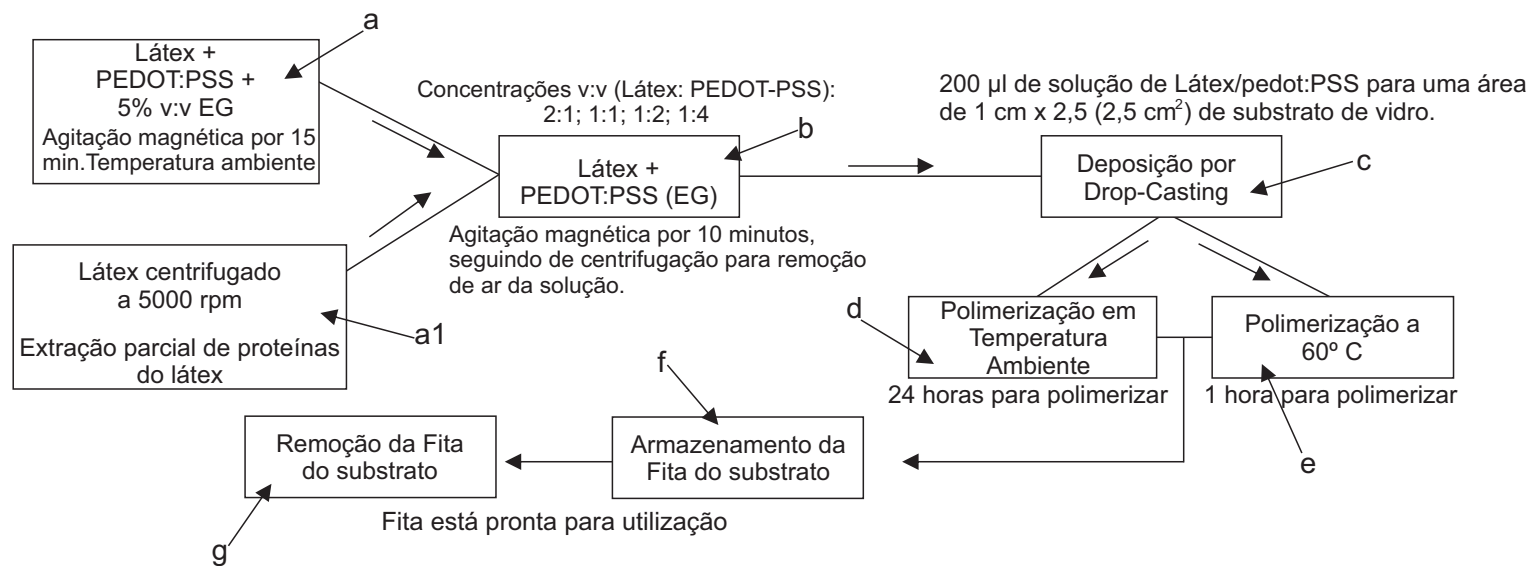


FIG.1A

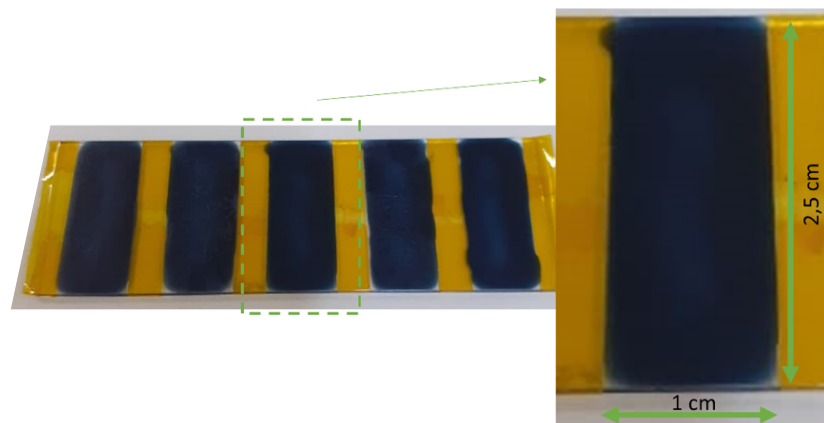


FIG.2

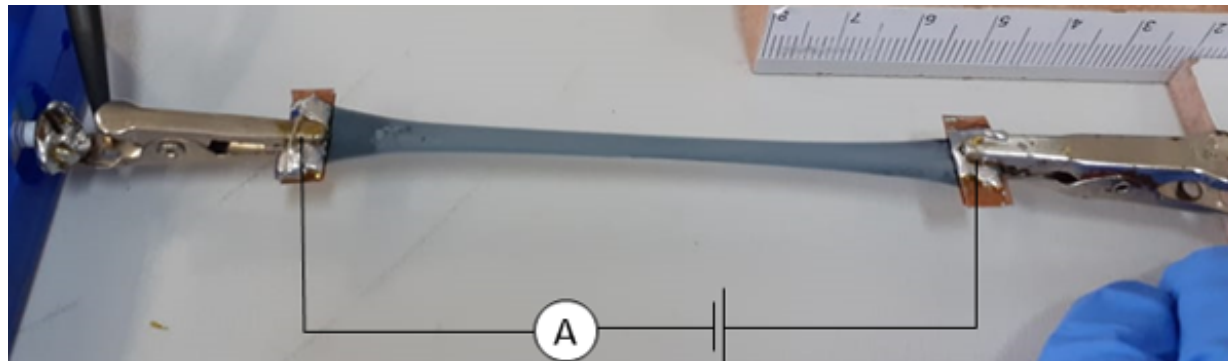
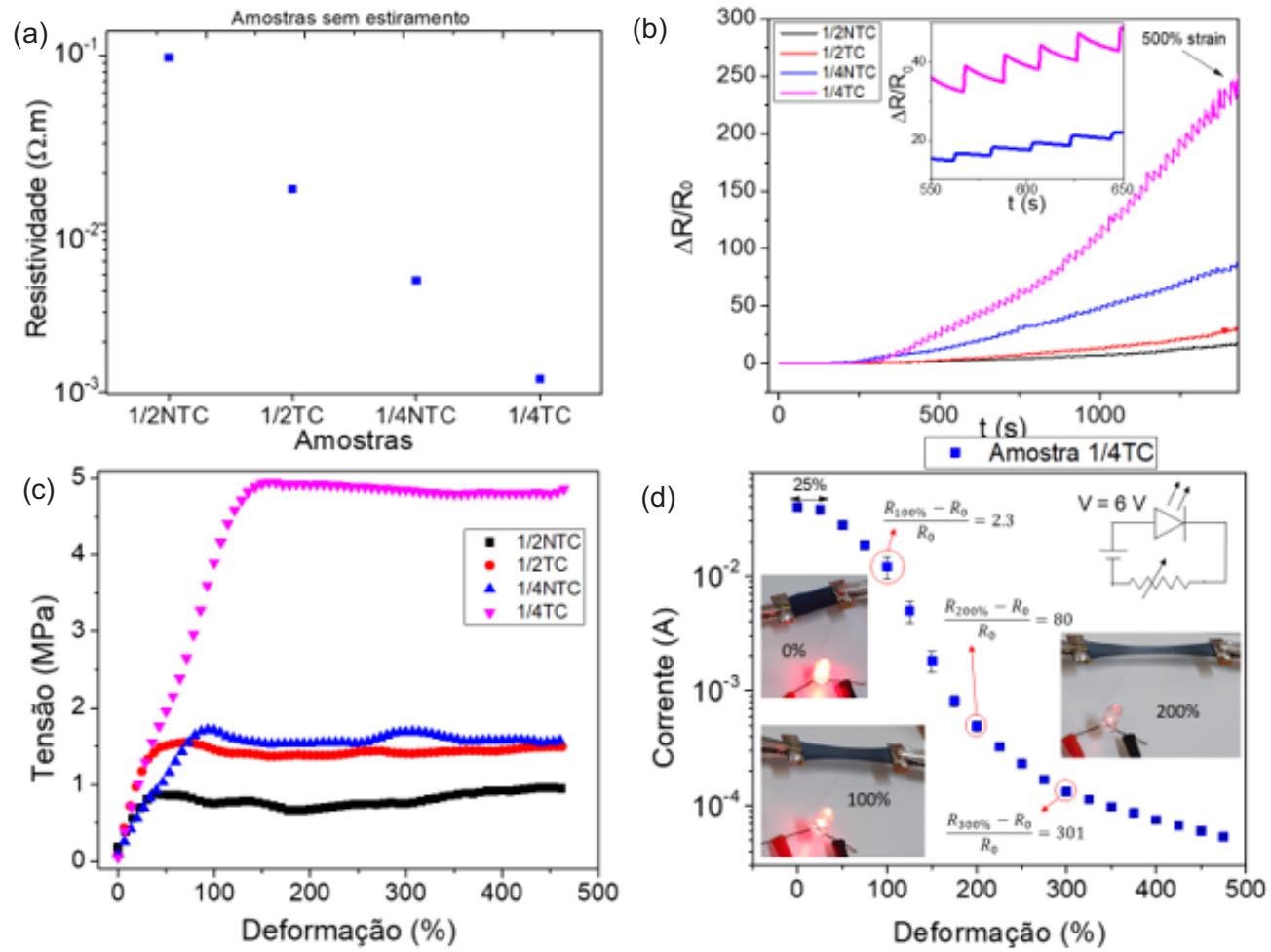


FIG.3





## RESUMO

**“MÉTODO DE OBTENÇÃO DE FITA FLEXÍVEL CONDUTORA E FITA FLEXÍVEL CONDUTORA OBTIDA”.**

Trata-se de método de obtenção de fita flexível condutora do tipo utilizada em setores hospitalares, farmacêuticos e eletrônica flexível, entre outros; o método de obtenção tem como base a mistura de diferentes concentrações do PEDOT:PSS poli (3,4-etileno dioxitiofeno)-poli (estireno sulfonato) com borracha natural de látex sob agitação magnética. Outros materiais condutores como orgânicos baseados em politiofenos – polythiophenes, polianilina – polyaniline, polipirrol – polypyrrole, grafeno, nanotubos de carbono, óxido de grafeno reduzido e nanofios metálicos combinados com a borracha natural de látex da seringueira (*Hevea brasiliensis*) ou outros látex naturais de plantas *Ficus elástica* e *Castilla elástica*, ou látex sintético 1,4-cis-poliisopreno também formam um material condutor flexível com características semelhantes.