

**COLÉGIO DO BOSQUE MANANCIAIS  
BEATRIZ FACRE ROZE KAUFMANN  
CECÍLIA SUSS**

**PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICOS CAPAZES DE CONDUZIR  
ELETRICIDADE**

**CURITIBA  
2023**

**BEATRIZ FACRE ROZE KAUFMANN  
CECÍLIA SUSS**

**PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICOS CAPAZES DE CONDUZIR  
ELETRICIDADE**

Relatório de Pesquisa apresentado a fim de  
compor materiais de avaliação para a Feira de  
Inovação das Ciências e Engenharias.  
Orientadora: Juliana de Fátima Cunha Vidal.  
Co-orientadora: Poliana de Oliveira Bellon.

**CURITIBA  
2023**

## RESUMO

Neste trabalho, foi pesquisado sobre biopolímeros e suas propriedades físico-químicas e estruturais, bem como polímeros em geral e como se dá a fabricação de um polímero condutor de eletricidade para que, assim, se estabelecesse uma relação entre eles e se descobrisse alguma forma de fazer um biopolímero condutor. Primeiramente, sabe-se que o uso exacerbado de metais para a construção de circuitos elétricos tem sido um problema por esses materiais não terem origem renovável. Por isso, a busca por polímeros que possam conduzir eletricidade é enorme. Já os biopolímeros são polímeros mais sustentáveis, por parte dos seus materiais virem diretamente da natureza. Então, com essa pesquisa, objetiva-se encontrar uma maneira viável de unir os dois para a criação de um biopolímero capaz de conduzir eletricidade, para a criação de uma alternativa mais fácil de ser encontrada e mais sustentável. Para a prática da pesquisa, primeiro serão feitos alguns testes com diferentes receitas de biopolímeros, juntamente com diversos experimentos de dopagem e testes de modelagem do fio, para que, então, haja o teste de condutividade do material. Com essa pesquisa, objetiva-se encontrar um biopolímero com propriedades o mais parecidas possíveis com os metais condutores para que, assim, seja possível fazer uma substituição. Os primeiros protótipos que realmente apresentaram condutividade foram feitos com fibra de cana e, para a dopagem, fibra de aço. Foram testados 8 protótipos com formulações, tamanhos e texturas diferentes, que acabaram por conduzir energia elétrica. Os resultados demonstram que é possível fazer com que uma substância mais sustentável possa substituir os metais e, assim, preservar os minerais no ambiente.

Palavras-chave: Condutividade elétrica; Bioplásticos; Sustentabilidade.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	5
QUESTÃO-PROBLEMA.....	6
JUSTIFICATIVA.....	7
HIPÓTESES.....	8
OBJETIVOS.....	9
REVISÃO DE LITERATURA.....	10
METODOLOGIA.....	14
RESULTADOS.....	16
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	18
REFERÊNCIAS.....	19

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo os conceitos da físico-química, a condutividade elétrica é uma característica intrínseca e específica dos materiais e faz com que elas apresentem mais ou menos resistência à passagem de elétrons. Existem inúmeros tipos de condutores de eletricidade utilizados hoje em dia, como o alumínio, o cobre e, em alguns casos, até mesmo o ouro. Porém, esses compostos, em sua maioria metais, não são renováveis e acabam causando inúmeros danos à natureza por seu uso prolongado, porque a extração e a fundição dos mesmos acaba por emitir incontáveis porções de poluentes no planeta e em sua atmosfera. Não obstante, os fios condutores produzidos com eles acabam tendo um alto custo, porque metais, geralmente, são muito caros. Mas, mesmo com todos esses problemas, os fios produzidos com esses materiais ainda são amplamente utilizados na produção, principalmente, de eletrônicos, eletrodomésticos, entre outros. Além disso, também são muito usados para a distribuição de energia elétrica nas cidades, o que causa um grande impacto nas finanças dos países.

Pensando em combater esses problemas, busca-se, com esse projeto, criar um tipo de polímero de origem orgânica capaz de conduzir eletricidade em quantidade mais similar possível aos metais citados e com custo mais acessível. A primeira matéria prima a ser utilizada será derivada do bagaço da cana de açúcar, a escolha se dá pelas vantagens de utilizar este resíduo está relacionada ao fato de que o Brasil é o maior produtor de cana de açúcar do mundo.

Os polímeros são moléculas orgânicas grandes compostas de partes menores, que compõem os plásticos, isopores, couro, lã, borracha, etc. Podem ser naturais, encontrados na natureza, ou artificiais. São muito usados hodiernamente na produção de sacolas, canos, garrafas, tecidos, etc (Manual da Química, 2023). Já os biopolímeros são “produzidos da ação de seres vivos ou energia renovável, e se decompõem de forma muito mais rápida e fácil que os polímeros comuns, causando menos problemas ambientais. Os polímeros condutores de eletricidade já estão sendo estudados por diversos pesquisadores no mundo todo, por serem materiais mais baratos de se obter do que os metais normalmente utilizados na fabricação de fiações elétricas. Por outro lado, os biopolímeros estão sendo recorrentemente utilizados na indústria porque, cerca de 70%, são biodegradáveis (em comparação com um plástico normal, os bioplásticos se decompõem até 400 vezes mais rapidamente), além de serem constituídos de materiais renováveis (SBQ, 2000).

## **2. QUESTÃO-PROBLEMA**

Dando continuidade à busca de alternativas para materiais condutores de eletricidade, estuda-se a possibilidade de substituir polímeros por bioplásticos de cana-de-açúcar, podendo ser associados a componentes dopantes.

**“Sabendo que há diferentes tipos de polímeros condutores, é possível conduzir eletricidade através de bioplásticos?”**

### 3. JUSTIFICATIVA

Este trabalho busca analisar as propriedades condutoras de plásticos, mais especificamente, biopolímeros, os quais têm sido amplamente pesquisados na modernidade, seja pela sua extração muito mais barata que a dos metais, seja pela sua produção muito mais ecologicamente correta que a dos plásticos comuns.

Primeiramente, o cobre é, normalmente, o material usado para a confecção de fios condutores, por ser o metal mais barato dentre os que mais conduzem eletricidade. Porém, segundo a ABCobre, a cotação do produto, em setembro de 2023, foi de, aproximadamente, 5,0000 reais (ABCobre, 2023), o que é um valor extremamente alto, mesmo sendo um dos compostos de menor preço, o que faz com que inúmeros sejam os casos de roubos desses cabos. No primeiro semestre de 2023, apenas no estado do Paraná, 591 km de fios de cobre foram furtados, principalmente nas cidades de Curitiba e Maringá, o que torna o estado o segundo com maior ocorrência do crime. Essa distância equivale a praticamente a das cidades de Paranaguá e Foz do Iguaçu (g1, 2023). Pensando em resolver esse problema, foi necessário pesquisar os polímeros, para a substituição do cobre.

Por outro lado, os bioplásticos em geral são fabricados a partir de matérias orgânicas, como leite, bagaço de cana-de-açúcar, batata, entre outros. Algumas dessas matérias primas podem conduzir energia por causa da sua composição (o amido, como exemplo), mas elas não duram tanto como o cobre e outros metais. Então, os bioplásticos condutores seriam uma mistura dos dois: a durabilidade e condutividade de um mais a sustentabilidade do outro.

Dessa forma, os bioplásticos acabam sendo mais baratos de se obter do que os metais utilizados nas redes elétricas das cidades porque seus materiais, a maioria de origem orgânica, são mais facilmente extraídos da natureza. Mesmo assim, a fabricação desses polímeros tende a ser muito cara, o que também será estudado ao longo do projeto, buscando a redução do preço.

Além disso, para cada quilo de polímero cultivado para a produção de bioplástico, há a absorção de 2 a 2,5Kg de CO<sub>2</sub> (gás carbônico), enquanto o plástico convencional, na sua fabricação, libera cerca de 6Kg de CO<sub>2</sub> (gás carbônico). Essa absorção ajuda a combater a poluição do planeta, pois diminui a quantidade de gases poluentes na atmosfera.

#### **4. HIPÓTESES**

Produzir uma receita de bioplástico com textura e praticidade ideal, compatível com a sua aplicabilidade

Conduzir a eletricidade em polímeros que possa ser aplicado em bioplásticos através da aplicação de materiais indutores de energia para potencializar sua eficácia.

Propor um protótipo de biopolímero condutor de eletricidade.



## **5. OBJETIVOS**

### *5.1 Objetivo geral*

Estudar a condutividade dos biopolímeros.

### *5.2 Objetivos específicos*

Produzir diversos biopolímeros.

Estudar a condutividade de compostos orgânicos no geral.

Fazer um bioplástico capaz de conduzir eletricidade.

## **6. REVISÃO DE LITERATURA**

Na revisão deste projeto de pesquisa, visando aprofundar o conhecimento da produção de bioplásticos condutores de energia, será abordado o estudo dos componentes utilizados, bem como, a explanação dos procedimentos para formação da mesma.

### **6.1 Condutores elétricos**

Começando pelo conceito, a condutividade elétrica de alguns materiais se dá pela formação de nuvens eletrônicas, que permitem a passagem de elétrons pelo material. Ao deslocar essas nuvens de elétrons, um acúmulo de cargas negativas e positivas em lados opostos ocorre e, ao ligar um fio condutor, as nuvens são repelidas pelo lado mais negativo e atraídas para o lado positivo, ocorrendo a condução. (VILATTE, 2015)

Por outro lado, sabe-se que, para um material ser condutor de eletricidade, ele precisa apresentar, ao mesmo tempo, grande quantidade de elétrons livres, para a formação de nuvens, e pouca resistividade à passagem de corrente elétrica, que depende de diversos fatores, como o tamanho, a composição química, temperatura, diferença de potencial, a presença de impurezas, fabricação, idade, etc. (ASSIS, 2018) Para Vilatte, “A resistência de um condutor ôhmico resulta das colisões entre as cargas de condução e os átomos ou iões.”. Alguns dos materiais que normalmente se comportam como condutores são os metais, algumas soluções de sais, como o cloreto de sódio (NaCl), ácidos, como o vinagre, entre outros. Já alguns exemplos de materiais isolantes são alguns gases e os plásticos.

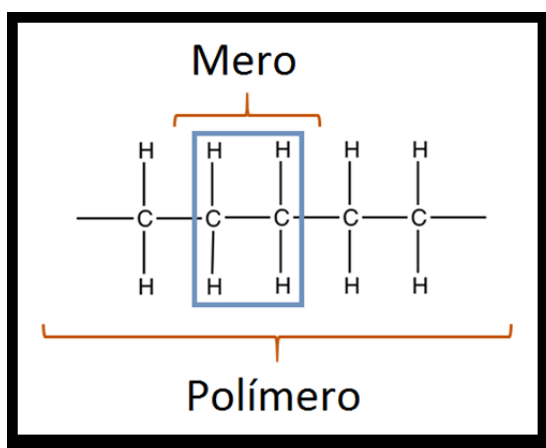
Quando um material que, normalmente, não conduz eletricidade e, após passar por alguma alteração na composição ou no ambiente, passa a conduzir, ele é chamado de semicondutor. Isso se dá por meio, por exemplo, da junção de dois elementos químicos diferentes. Os átomos de silício, por exemplo, têm 4 elétrons na camada de valência. Já os de arsênio, têm 5. Se forem colocados juntos, o silício se liga ao arsênio e fica sobrando 1 elétron, que, quando em maior quantidade, forma nuvens de elétrons e caracterizam o material como um semicondutor. Esse processo de juntar elementos é chamado de dopagem. (VILATTE, 2018).

## 6.2 Polímeros

Um polímero é um material ou uma substância composta por moléculas muito grandes conhecidas como macromoléculas. Devido ao seu amplo espectro de propriedades, os polímeros sintéticos e naturais desempenham papéis essenciais e onipresentes na vida cotidiana.

Conforme representado na figura 1, dependendo da estrutura química do monômero, do número médio de meros por cadeia e do tipo de ligação covalente, os polímeros são classificados em três classes diferentes: plásticos, borrachas e fibras.

Figura 1- Cadeia dos polímeros



Fonte: ResearchGate, 2023.

O primeiro polímero a ser sintetizado em laboratório foi o polietileno, no ano de 1934, em uma indústria na Inglaterra, mas esse polímero só ficou conhecido anos depois durante a Segunda Guerra Mundial. Nessa época desempenhou um importante papel: como isolante elétrico de radares militares. O polietileno de baixa densidade (mais mole) não ficou inutilizado, ainda é usado nos dias de hoje para se obter as sacolas plásticas que servem para guardar lixo e compras. (Fonseca, 2018)

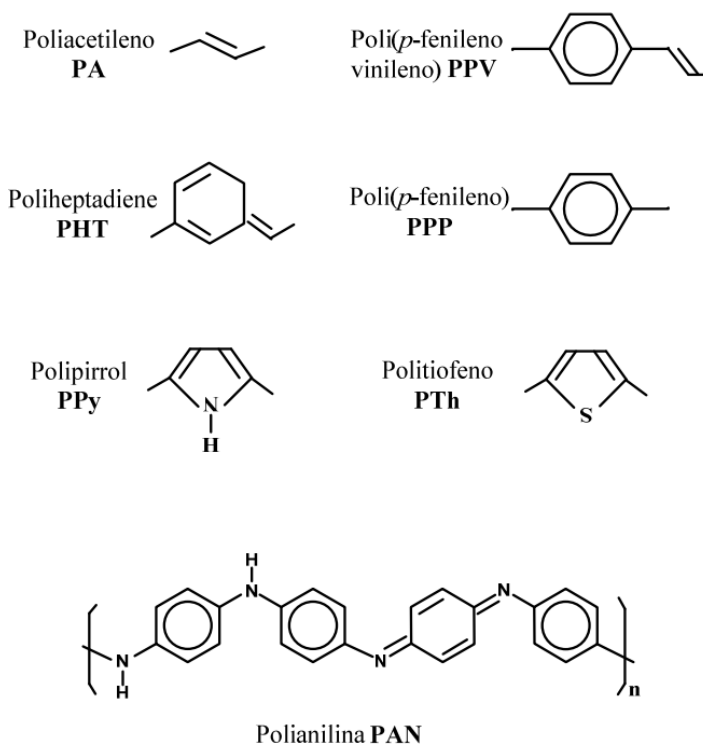
## 6.3 Polímeros condutores de eletricidade

Os polímeros condutores de eletricidade também são chamados de polímeros conjugados, pois apresentam normalmente, em sua estrutura, ligações simples e duplas intercaladas. Por meio da dopagem, essas cadeias adquirem alguns defeitos, fazendo com que as cargas possam se mover ao longo dela. (MEDEIROS, 2012). Esses compostos normalmente são escolhidos pela facilidade na oxidação deles, ou

seja, é mais fácil fazer com que um plástico conduza eletricidade quando ele é conjugado, pois eles têm ligações pi que podem ser facilmente manipulados, sem que haja alterações nas ligações essenciais para a estabilidade do composto (SANTANA, 2012).

Resumidamente, os polímeros que serão utilizados têm que ser fáceis de oxidar ou reduzir, e essa facilidade normalmente é encontrada em polímeros conjugados, como é o caso da polianilina, do poliacetileno, do polipirrol, etc. (Figura 2).

Figura 2: exemplos de polímeros conjugados.



Fonte: PUC Rio

#### 6.4 Biopolímeros

Biopolímeros são polímeros que podem ser encontrados de uma forma natural, dentro do nosso corpo, em algum alimento até mesmo dentro de outros seres vivos e compostos orgânicos.

Alguns exemplos de biopolímeros são a cana de açúcar (celulose), milho (amido), batata (amido), mandioca (amido), quitina (polissacarídeo que compõe a parede celular dos fungos, por exemplo).

### 6.4.1 Tipos

Os polímeros naturais podem ser divididos em dois grupos distintos denominados de polímeros de adição e condensação.

- Polímeros de condensação

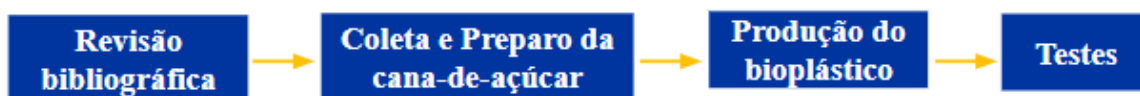
Os polissacarídeos e as proteínas são polímeros de condensação obtidos a partir de monossacarídeos e aminoácidos, respectivamente.

- Polímeros de adição

A borracha natural é um polímero de adição, ela é obtida da árvore *Hevea brasiliensis*, que é uma árvore típica da região Amazônica e popularmente conhecida como Seringueira. A extração da borracha é simples, é feita uma incisão (corte) no caule e em seguida se obtém um líquido branco denominado Látex, que se transforma em borracha.

## 7. METODOLOGIA

A etapas para a realização desta pesquisa foram:



Para a revisão bibliográfica foram realizadas buscas com as palavras-chaves “condutividade”, “polímeros”, “biopolímeros”, “bioplásticos”, “dopagem”, “Alan MacDiarmid” e “energia elétrica”.

A produção do protótipo inicial seguiram as seguintes etapas:

- 1 - Coleta e preparo da cana-de-açúcar
- 2 - Produção do Bioplástico, Incorporação dos aditivos condutores e modelagem do fio condutor
- 3 - Teste de condutividade elétrica

### 7.1. Coleta e preparo da cana-de-açúcar

Primeiramente, os bagaços de cana de açúcar foram lavados e colocados em forno, com monitoramento para secagem. Em seguida, trituradas em um processador e passadas por uma peneira para a obtenção de um pó fino

### 7.2 Produção do bioplástico e incorporação dos aditivos condutores

Após a obtenção do pó obtido, foram preparadas algumas formulações contendo: Ácido Ascórbico, HCl, Lecitina de Soja, Glicerina, Água e os aditivos condutores, neste caso a palha de aço.

Sendo que a cana triturada tem a função de fornecer estrutura do biopolímero, a glicerina pela maleabilidade e tenacidade ao produto, o ácido ascórbico evita o escurecimento do material e promove a rigidez do bioplástico e, por fim, a lecitina de soja é um emulsificante, que evita a separação do pó de cana e da água.

Foram utilizadas diferentes proporções de cada material, sendo descritas na tabela abaixo:

Tabela 1 - Composição dos protótipos

Protótipo	Cana-de-açúcar	Água	Lecitina de soja	Glicerina	Palha de aço	Ácido clorídrico	Ácido ascórbico
1	5g	13ml	8ml	10ml	3g	5ml	0,5g
2	1g	50ml	10ml	20ml	0,5g	3ml	0,5g
3	2g	60ml	53ml	0g	2,1g	5ml	0,5g

Fonte: Autoras

Para a preparação de cada formulação, os reagentes foram adicionados em um béquer e aquecidos até 60°C, mantendo-se a agitação constante por 15 minutos. Em seguida, a mistura adquirida foi modelada, disposta em bandejas e colocada para secar no forno. Após a secagem, partiremos para a próxima etapa.

Depois das formulações 1 e 2 finalizadas, ocorreu a secagem, que foi, a princípio, de 10min no forno a 160°C e, depois, 15min a 100°C. Após isso, os polímeros foram resfriados em temperatura ambiente.

### **7.3. Teste de condutividade elétrica**

A medição da condutividade elétrica foi realizada com um multímetro.

## 8. RESULTADOS

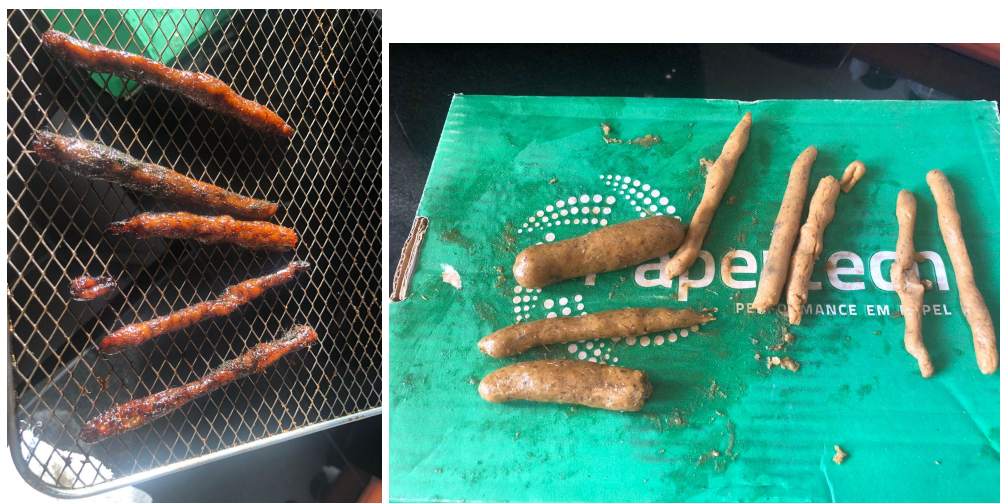
Não foram encontrados artigos específicos que abordem sobre o tema, “bioplásticos condutores de energia”, porém serão realizados procedimentos encontrados nos temas “borrachas naturais condutoras de energia”.

O protótipo 1 não apresentou uma consistência adequada para manipulação, sendo descartado.

O protótipo 2 apresentou poucas modificações físicas após secagem, ficando com consistência mole e odor característico da oxidação da palha de aço.

Os bioplásticos produzidos com as primeiras duas receitas de fibra de cana (figuras 1 e 2) apresentaram condutividade elétrica, com base na medição do multímetro, porém acreditamos que não seja por causa da receita em si, mas por causa da água, que não foi devidamente evaporada, uma vez que o protótipo não endureceu, sendo que a segunda experiência poderia até ser remodelada.

Figuras 1 e 2: Protótipos depois e antes da secagem



Fonte: Autoras

O protótipo 3 foi processado em três partes. A primeira formou-se uma fina membrana para facilitar a secagem e manipulação. Outra porção foi inserida em um tubo plástico para simular um fio e ser testado. Os demais permaneceram em formato cilíndrico.

Até o presente momento não foram secos e dispostos em uma caixa com sílica para retirada da umidade e foram colocados para secar no sol. Também foram feitos diferentes formatos para testar a eficácia da secagem em cada um (figuras 3, 4 e 5).



Figuras 3, 4 e 5 - Bioplásticos feitos com a terceira formulação.



Fonte: Autoras.

Foram testados os protótipos 2 e 3, com o multímetro. Os resultados indicam que houve condutividade elétrica. Conforme descrito na tabela abaixo:

Tabela 2: Teste de condutividade elétrica com multímetro

	Conduziu?
Protótipo 1	não realizado
Protótipo 2	sim
Protótipo 3	sim

Fonte: Autoras.

## **9. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir dos dados coletados através da medição de condutividade com o multímetro, os bioplásticos apresentaram resultados positivos. Apesar disso, os testes serão repetidos sem inserção de água no protótipo, pois a presença dela já indica a condutividade. Outro fator importante é garantir a distribuição homogênea da palha de aço, a mesma permitirá uma maior eficácia na condução elétrica.

Os próximos passos desta pesquisa consistem em estabelecer parceria com instituições de pesquisa para realização de testes de Espectroscopia no Infravermelho (FTIR), para identificar grupos funcionais específicos presentes no plástico e quaisquer alterações químicas que possam ter ocorrido após a dopagem. Além disso, considera-se fundamental realizar a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para observar a distribuição da palha de aço e verificar se ocorre de forma uniforme e, a Análise Termogravimétrica (TGA) que será usada para determinar a estabilidade térmica do bioplástico dopado em comparação com o bioplástico não dopado.

Espera-se que o bioplástico obtenha as características favoráveis para sua aplicabilidade e possa contribuir com o desenvolvimento sustentável associado aos avanços tecnológicos da sociedade contemporânea.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COBRECUM. Porque o cobre é amplamente utilizado na fabricação de fios. Disponível em <<https://cobrecum.com.br/noticia/porque-o-cobre-e-amplamente-utilizado-na-fabricacao-de-fios-e-ca>> Acesso em 04 de abril de 2023

COBRECUM. [Uso de Polímeros Condutores em Sensores. Parte 1: Introdução aos Polímeros Condutores E. S. Medeiros<sup>1\\*</sup>, J. E. Oliveira <sup>1</sup>, N. Consolin-Filho <sup>2</sup>, L. G. Paterno <sup>3</sup>, L. H. C. Mattoso <sup>4</sup> bos-149](#). Disponível em <<https://cobrecum.com.br/noticia/porque-o-cobre-e-amplamente-utilizado-na-fabricacao-de-fios-e-cabos-149>> Acesso em 04 de abril de 2023

UNICAMP. Eletricidade. Volume 2. Disponível em <<https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Eletricidade-Vol-2.pdf>>, Acessado 18/05/2023

Villate, Jaime E. Eletricidade, Magnetismo e Circuito. Disponível em <<https://villate.org/eletricidade/index.html>> Acesso em 03 de abril de 2015.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO. 2 Polímeros Condutores. Disponível em <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/18472/18472\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/18472/18472_3.PDF)> Acesso em 15 de maio de 2023.

MANUAL DA QUÍMICA. O que são Polímeros. Disponível em <<https://www.manualdaquimica.com/quimica-organica/o-que-sao-os-polimeros.htm>>. Acesso em 07 de abril de 2023.

DE SANTANA, Anderson Tomas. Polímeros condutores: Estudos e utilização de polímeros condutores. Trabalho Conclusão, Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, v. 23, 2012.

Sociedade Brasileira de Química. Polímeros Condutores. Disponível em <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc11/v11a03.pdf>> Acesso em 05 de maio de 2023.

Projeto de Embarcação para Construção em Polietileno de Alta Densidade/ Claudia Tavares de Lira Gondin da Fonseca – Rio de Janeiro; UFRJ/Escola Politécnica, 2018. Disponível em <<http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10026121.pdf>>

ABCobre - Indicadores. Disponível em <<https://abcobre.org.br/indicadores-2023-09/>> Acesso em 07 de outubro de 2023.

G1 - Paraná teve 591 km de fios de internet e telefonia roubados ou furtados em seis meses, aponta levantamento. Disponível em <<https://g1.globo.com/pr/parana/economia/noticia/2023/10/06/parana-teve-591-km-de-fios-d-e-internet-e-telefonia-roubados-ou-furtados-em-seis-meses-aponta-levantamento.ghtml>>

Acesso em 07 de outubro de 2023.