

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC CIDADE TIRADENTES
ENSINO TÉCNICO EM QUÍMICA**

Gabriel Alves Gadelha
Isabela Garcia Russo
João Vitor
Maria Alicia Gomes da Silva
Victor Ortega Da Mota Silva

Biodegradação de Polímeros
Acompanhamento da Biodegradação da Celulose

São Paulo - SP
2019

CENTRO PAULA SOUZA

Gabriel Alves Gadelha
Isabela Garcia Russo
João Vitor
Maria Alicia Gomes da Silva
Victor Ortega Da Mota Silva

BIODEGRADAÇÃO DE POLÍMEROS PROCESSO DE BIODEGRADAÇÃO DA CELULOSE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Química da Etec Cidade Tiradentes, orientado pelos Professores Marconi da Cruz e Patrícia Vernizzi, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Química.

São Paulo - SP

2019

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar os métodos de degradação de polímeros, com ênfase no processo de degradação da celulose causado por microrganismos presentes nos solos de diferentes ambientes, levando em conta a presença abundante de materiais poliméricos na sociedade atual e seu destaque econômico, sendo um dos materiais mais produzidos no mundo, porém tendo toda a polêmica ambiental envolvida em sua existência devido ao descarte incorreto do produto, a difícil ruptura de suas cadeias e as consequências ambientais desse mal uso humano desse recurso refletido na fauna e na flora do planeta.

Palavras-chave: Polímeros, monômero, biodegradação, polimerização, celulose.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the degradation methods of polymers, with emphasis in the process of cellulose degradation caused by microorganisms present in soils of different environments, due to the importance and relevance of polymeric materials, bearing in mind the abundant presence of the material in current society and its economic highlight, as being one of the most produced materials in the world, but having all the environmental polemic involved in its existence due to incorrect disposal of the product, the difficult rupture of its chains and the environmental consequences of this human misuse of this resource reflected in the fauna and flora of the planet.

Keywords: Polymers, monomer, biodegradation, polymerization, cellulose.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
Início Dos Polímeros	1
2. Problematização	3
3. Justificativas	3
4. Objetivos Gerais	4
5. Objetivos Específicos	5
DESENVOLVIMENTO	6
6. Polímeros Naturais	7
Borracha Natural (látex)	8
Carboidratos (hidratos de carbonos)	8
Amido.....	8
Glicogênio.....	8
Celulose.....	9
7. Polímeros sintéticos	9
8. Métodos de Tratamento	11
Incineração	11
Reciclagem	11
Aterros sanitários	11
Biodegradação	12
9. Biodegradação da Celulose	13
As Celulases	13
Endoglucanases	13
Exoglucanases.....	13
Beta-Glicosidasas.....	13
Utilizações	15
10. Polihidroxicanoatos (PHA)	16
Polihidroxibutirato (PHB)	16
Obtenção/Síntese.....	17
Propriedades.....	17
Aplicações.....	17
Impacto ambiental	18

11. Metodologia	19
Experimento 1.....	19
Materiais:.....	19
Procedimento.....	20
Resultados e Discussão.....	20
Experimento 2.....	22
Materiais.....	22
Procedimento.....	22
Resultados e Discussão.....	23
Experimento 3.....	24
Materiais.....	24
Procedimento	25
Resultados e Discussão.....	26
12. Conclusão	29
Referências	30

1. INTRODUÇÃO

Início Dos Polímeros

Os polímeros são macromoléculas constituídas por unidades menores, chamados de monômeros, que são interligados através de ligações covalentes. O termo polímero deriva do grego, *poli* (muitas) e *meros* (partes). Os meros são as unidades que se repetem em um polímero e o monômero é a molécula constituída por um único mero. O que faz uma macromolécula ser considerada um polímero, são suas principais características de tamanho, estrutura química e interações intra e intermoleculares. (FRANCHETTI, et al., 2006)

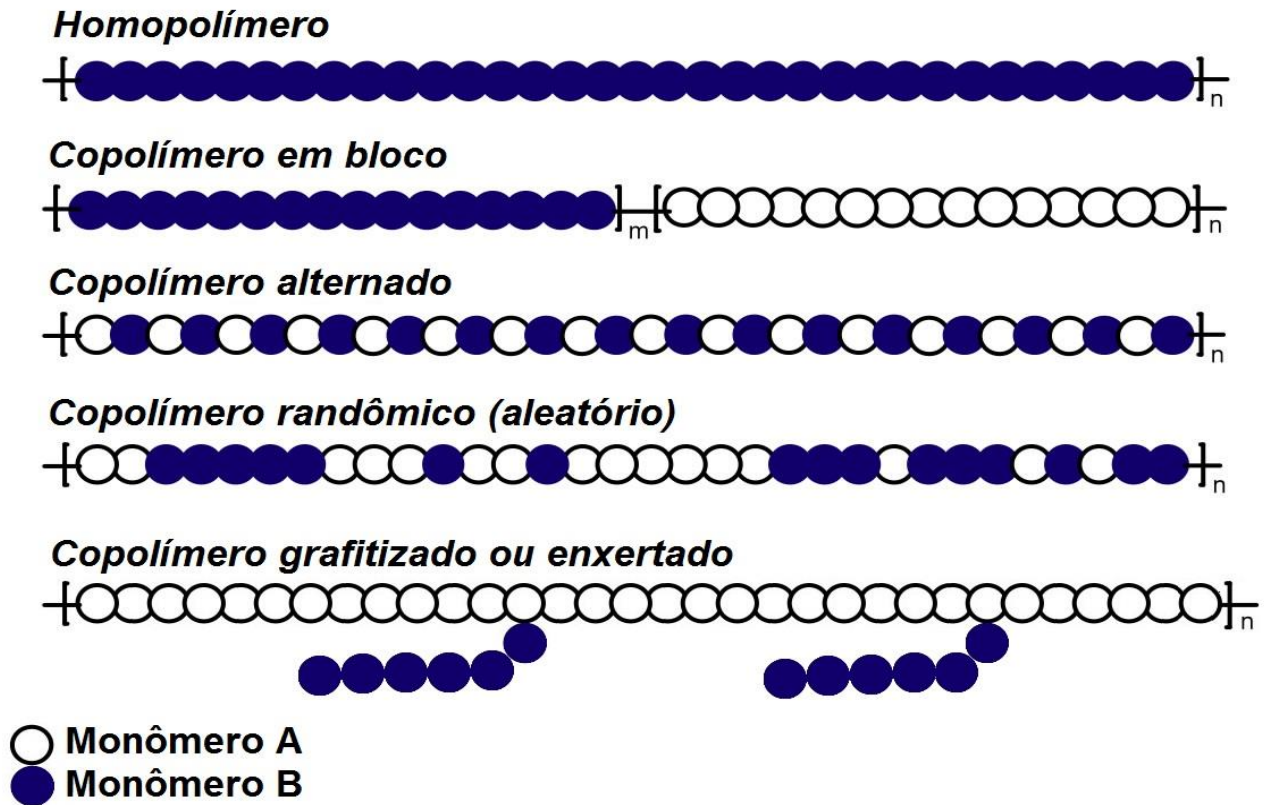
O primeiro polímero a ser sintetizado em laboratório foi o polietileno, no ano de 1934, em uma indústria na Inglaterra, mas esse polímero só ficou conhecido anos depois durante a Segunda Guerra Mundial. Nessa época desempenhou um importante papel: como isolante elétrico de radares militares. O polietileno foi ganhando novas formas e, no ano de 1950, Karl Ziegler utilizou da química orgânica para fabricar um polietileno mais rígido e de alta densidade, foi a partir daí que surgiram as garrafas plásticas. O material era tão resistente que serviu para dar forma a um dos primeiros brinquedos: o bambolê. E foi justamente com essa utilização que o polietileno de alta densidade surgiu no mercado.

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. (DE SOUZA, 2008)

Os polímeros podem ser divididos segundo vários critérios, sendo que o principal deles é: polímeros naturais e polímeros artificiais. No processo de formação de um polímero, existe um processo químico chamado “polimerização” que é quando a macromolécula produz como produto o polímero. A polimerização pode ocorrer com apenas um tipo de monômero, formando um homopolímero, e também pode ocorrer entre dois ou mais monômeros, formando um copolímero. (FRANCHETTI, et al., 2006)

Respectivamente: Representação da estrutura de um homopolímero, copolímero em bloco, copolímero alternado, copolímero randômico e copolímero grafitizado.

Representação das estruturas de um homopolímero e alguns tipos de copolímero. (IMAGEM 1)



Disponível em: <<https://www.tudosobreplasticos.com/polimerizacao/plastpol.asp>>. Acesso em: Outubro, 2019.

2. PROBLEMATIZAÇÃO

A utilização de polímeros em diversos setores da sociedade em uma escala massiva resultou na discussão contemporânea sobre seus impactos residuais em diferentes ambientes e como controlar ou melhorar seu processo de degradação, levando em conta suas longas e resistentes cadeias, dificultando alguns tipos de métodos utilizados para outros materiais, como a reciclagem por exemplo, o que acaba gerando o acúmulo desses materiais em no meio ambiente, sendo ele o urbano ou até mesmo oceanos, impactando a forma como a fauna e a flora desses ambientes funcionam.

3. JUSTIFICATIVAS

Por conta de descobertas relativamente recentes de uma bactéria que degradava polímeros sintéticos em troca de energia para si mesma, o método da biodegradação, ou seja, a utilização de microrganismos para acelerar o processo de degradação desses materiais, ou mesmo enzimas que conseguem fazer a quebra das cadeias desses materiais em compostos mais fáceis de serem degradados ao longo do tempo, tem tido destaque no meio acadêmico, se mostrando um método promissor a ser investigado ao longo do tempo, sendo uma das possíveis soluções a ser explorada pela ciência e a ser explorada neste trabalho.

4. OBJETIVOS GERAIS

Analisar e comparar a biodegradação da celulose e seu impacto atual e ao longo do tempo na sociedade e no meio ambiente.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a degradação da celulose do papel de filtro quantitativo no solo A, sendo esse a horta do ambiente escolar (ETEC);
- Avaliar a degradação da celulose do papel de filtro quantitativo no solo B, sendo o solo úmido localizado no Parque de Consciência Negra, e, por fim;
- Realizar análises comparativas entre os materiais degradados em função do tempo de exposição aos diferentes tipos de solos e intempéries.

DESENVOLVIMENTO

A seguir será apresentada a conceituação teórica sobre os principais polímeros de origem naturais e de origem sintética, suas principais características, métodos de tratamento de resíduos plásticos e ainda biodegradação da celulose.

6. POLÍMEROS NATURAIS

Os polímeros naturais são encontrados na natureza, ou seja, não são sintetizados pelo homem através de processos de transformação. Os polímeros naturais mais conhecidos é o látex ou borracha natural, obtida pela seiva da Seringueira. Os polímeros naturais estão presentes em praticamente toda fauna e flora, e até nos corpos dos seres humanos.

Borracha natural (látex) escorrendo de uma Seringueira. (IMAGEM 2)



Foto: Vassamon Anansukkasem

Encontrada em: < Shutterstock.com >. Acessada em: Outubro. 2019.

Borracha Natural (látex)

A borracha natural é obtida por meio do látex, que é produzido em muitas espécies vegetais tropicais. Mas praticamente toda a produção mundial de borracha natural vem da extração de látex da seringueira (*Hevea brasiliensis*). No processo de extração, realizam-se incisões no caule dessa árvore e o líquido branco escorre, sendo coletado em tigelas e devendo ser recolhido com frequência a fim de evitar contaminação e putrefação.

Possuindo uma alta resistência mecânica e sendo uma ótima isolante elétrica, a borracha é amplamente usada na confecção de materiais isolantes e no setor elétrico. (JUNIOR, et al., 2010)

O polímero da borracha é um polímero de adição, conhecido como poli-isopreno, pois é formado pela adição de 1,4 de monômeros de isopreno (metilbut-1,3-dieno).

Carboidratos (hidratos de carbonos)

São compostos de função mista, poliálcool-aldeído ou poliálcool-cetona ou qualquer outro composto que sofra hidrólise e forme compostos com essas funções mistas, os principais carboidratos são:

Amido

O amido é um homo polissacarídeo presente em uma grande variação de vegetais, e é constituído por uma repetição de monômeros de carboidratos. Ele pode ser encontrado em sementes, raízes, folhas, frutos, caules, entre outros.

Glicogênio

Glicogênio é um polissacarídeo e a principal reserva energética nas células animais e bactérias como as cianobactérias, antigamente chamadas de algas azuis,

encontrado, principalmente, no fígado e nos músculos. Geralmente também é encontrado nos fungos, sendo neste caso, a principal substância de reserva.

Celulose

A celulose é um polímero natural que tem como monômero um carboidrato classificado como polissacarídeo chamado glicose. A celulose é o principal componente estrutural das paredes celulares das plantas, e também é empregada na indústria para a fabricação dos mais diversos tipos de papéis.

7. POLÍMEROS SINTÉTICOS

Já os polímeros sintéticos, são aqueles produzidos através de procedimentos industriais, de maneira artificial. Os polímeros sintéticos são muito utilizados no mercado, e conseqüentemente, a gama de aplicação aumentam junto com o seu uso. Os polímeros sintéticos podem ser de materiais rígidos, flexíveis, amorfos ou semicristalinos, transparentes ou opacos, com menor ou maior temperatura de processamento, ter resistências mecânicas variadas, podem ser polares ou apolares, entre outras propriedades e características. (FRANCHETTI, et al., 2006)

Os polímeros sintéticos podem ser termorrígidos ou termoplásticos, isso depende de sua estrutura química. Os polímeros sintéticos termorrígidos possuem ligações covalentes (reticuladas) entre suas cadeias, impossibilitando sua reciclagem ou reprocessamento, contudo, o material pode ser reutilizado em outros processos, por exemplo, o pneu, que pode ser moído e adicionado como carga de asfalto. Os termoplásticos, não possuem reticulações entre suas cadeias. Suas cadeias são ligadas através de atração intermolecular, e podem ser reprocessados apenas aplicando uma temperatura adequada diante o material, o mesmo retorna ao seu estado fundido, podendo ser reprocessado, contudo, a cada aquecimento do material, suas características e propriedades são perdidas pelo rompimento de algumas ligações intramoleculares, e o material não apresentará a mesma qualidade e características de um material virgem, ou seja, que nunca foi reprocessado. (FRANCHETTI, et al., 2006)

Muitas pessoas confundem polímeros com plásticos, mas de uma forma geral, os plásticos são polímeros que se moldam a partir da pressão e calor.

Os plásticos são utilizados diariamente desde 1940, os mais usados são o polietileno (PE) polipropileno (PP), poliestireno (PS), politereftaleta de etileno (PET) e o policloreto de vinila (PVC), apesar do avanço no processamento e fabricação, esses materiais geram muitos problemas, os dois principais são: o uso excessivo petróleo (que é uma fonte não-renovável) para obter a sua matéria-prima e a enorme quantidade de resíduos gerados para o descarte. Sabemos que muitos plásticos exigem mais de 100 anos para sua total degradação, devido a sua alta massa molar que dificulta a ação de microrganismos e das enzimas na superfície do polímero. (FRANCHETTI, et al., 2006).

A seguir será apresentado os principais métodos de tratamento de alguns resíduos plásticos utilizados para fins de interesse comercial.

8. MÉTODOS DE TRATAMENTO

Como mencionado anteriormente, a grande quantidade de resíduos plásticos descartados gera um problema ambiental. E uma das estratégias para tratar desses resíduos plásticos tem sido empregue quatro tipos de estratégias, dentre elas:

Incineração

Esse processo diminuí rapidamente o volume de material descartado, aproximadamente em 80%. Apesar dessa vantagem, a incineração não é um método recomendável pois tem o alto custo dos fornos de aquecimento e da poluição produzida pela liberação de gases tóxicos, como por exemplo o PVC, que quando incinerado lança para atmosfera o ácido clorídrico (HCl), que quando é acumulado na atmosfera pode cair como chuva ácida.

Reciclagem

É um dos métodos mais viáveis para o reaproveitamento de resíduos plásticos, esse método apresenta como vantagem a redução da quantidade de resíduos sólidos, economia da matéria-prima e energia, o aumento da vida útil dos lixões, e um alto rendimento do processo. No mundo, cerca de 20% dos plásticos são reciclados. No Brasil, a reciclagem vem aumentando a diversidade e qualidade dos produtos reciclados. Ainda assim, o material reciclado é 50% mais barato que os polímeros virgens.

Aterros sanitários

Os aterros sanitários são usados para disposição de toneladas de plástico em locais afastados de cidades. O grande volume de matéria plástica, ficará por um grande período exposto ou será utilizado para queima e geração de energia. Cerca de 14 milhões de toneladas/ano resíduos plásticos são descartados em aterros e mais de 100,000 de toneladas/ano são lançadas ao mar.

Biodegradação

Esse processo consiste na modificação física ou química, causada pela ação de microrganismos, sob condições de calor, luz, umidade, oxigênio, nutrientes orgânicos e minerais adequados. Este método de biodegradação polimérica, é causado por microrganismos que colonizam sua superfície, formando biofilmes, que entram em contato com polímeros, causando mudanças estruturais e morfológicas. A biodegradação pode ser facilitada por processos de aplicação da luz ultravioletas (UV) e/ou calor na matriz polimérica.

Outra maneira de ajudar a diminuir a quantidade de resíduos plásticos no meio ambiente é a aplicação de polímeros biodegradáveis.

9. BIODEGRADAÇÃO DA CELULOSE

As Celulases

As celulases são enzimas extracelulares, produzidas por fungos, bactérias e protozoários, que hidrolisam a celulose. A celulose é um polissacarídeo formado por várias unidades de glicose unidas entre si através de ligações químicas. As celulases realizam a quebra das ligações químicas existentes entre as unidades de glicose que formam a celulose. A associação com microrganismos produtores de celulase permite aos cupins e aos ruminantes a digestão da celulose. No caso das celulases, três enzimas fazem parte desse grupo, elas recebem os nomes de endoglucanases, exoglucanases e beta-glicosidases.

Endoglucanases

Endoglucanases agem na região interna da fibra de celulose e liberam compostos menores formados por poucas unidades de glicose, os chamados oligossacarídeos (açúcares pequenos).

Exoglucanases

As exoglucanases agem nas extremidades das fibras de celulose e liberam unidades de glicose (livres) ou celobiose, que são compostos menores, formados por duas unidades de glicose.

Beta-Glicosidases

As beta-glicosidases quebram a ligação química existente entre as duas unidades de glicose que formam a celobiose, liberando unidades de glicose (livres).

Endocellulase, exocellulase and cellobiase. (IMAGEM 3)

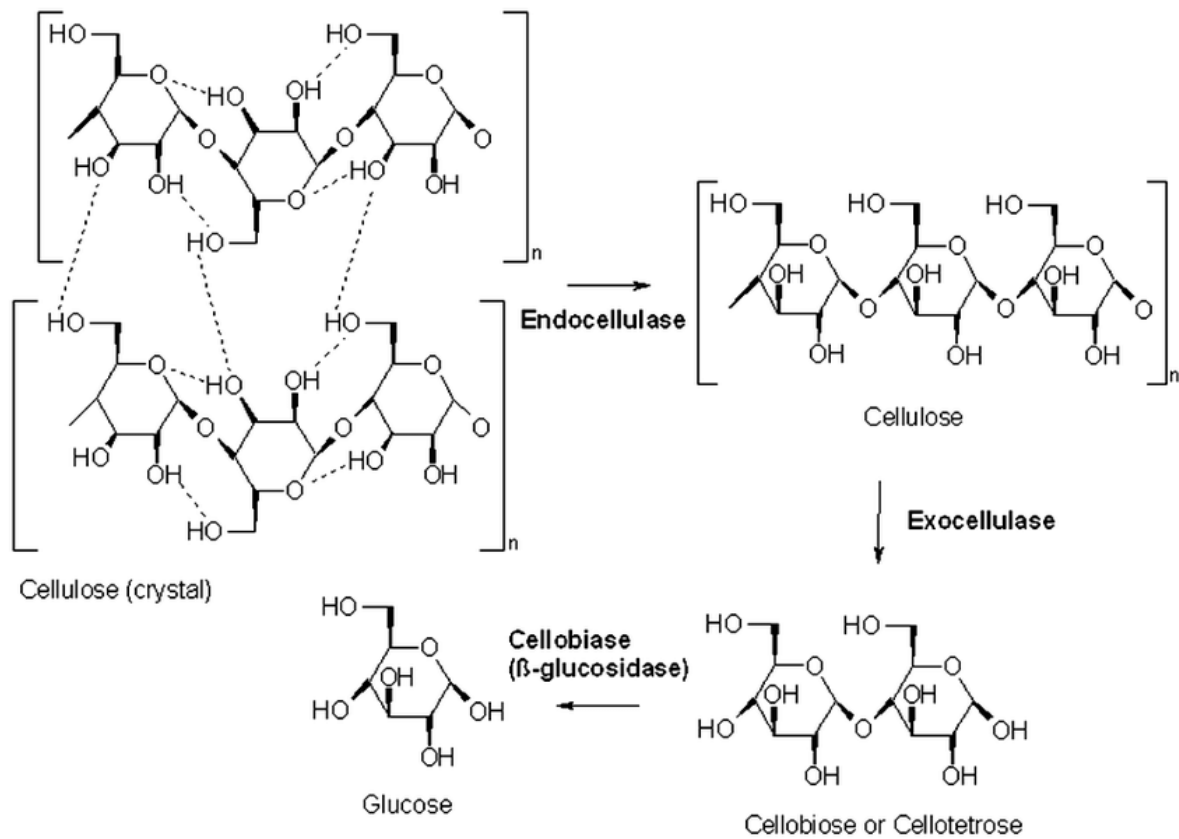


Imagem retirada de <https://www.researchgate.net/figure/Endocellulase-exocellulase-and-cellobiase_fig3_272723758>. Acesso em: Outubro. 2019.

Utilizações

As celulasas são utilizadas em diversas aplicações biotecnológicas. Na indústria têxtil, essas enzimas são usadas para dar melhor acabamento aos tecidos, tornando-os mais lisos, macios e com melhor caimento. Elas atuam degradando as fibras da superfície do tecido, compostas basicamente por celulose. As celulasas também são utilizadas no processo de envelhecimento do jeans, através da remoção parcial do corante índigo. Esse processo, anteriormente era realizado com pedra-pomo o que causava inúmeras desvantagens tanto aos equipamentos utilizados (máquinas de lavar e secadoras), que sofriam desgaste, quanto aos tecidos, que tinham sua qualidade diminuída devido à abrasão excessiva. (ZANCHETTA, 2013)

As celulasas também são utilizadas na indústria de bebidas para produção de sucos de frutas e nos processos de vinificação. Essas enzimas facilitam a extração de sucos e a maceração para produção de néctares de frutas por romperem a rede de celulose que ajuda reter o líquido nas células vegetais. Na produção de vinhos, as beta-glicosidases, melhoram a extração de pigmentos e substâncias aromatizantes presentes na casca da uva. Além disso, degradam compostos de sabor desagradável, liberando substâncias flavorizantes, melhorando o aroma e o sabor do vinho. (ZANCHETTA, 2013)

As celulasas também exercem papel importante na nutrição animal. Ao ser incorporadas à ração, essas enzimas, juntamente com as celulasas produzidas pelos micro-organismos presentes no rúmen do animal, aumentam a digestibilidade das fibras da parede celular vegetal, melhorando a conversão do alimento ingerido (pastagem) em carne e leite. (ZANCHETTA, 2013)

Na fabricação de detergentes, proporcionam maior limpeza e menor degradação dos tecidos e na indústria de polpa e papel, tornam o papel mais branco e liso. Entretanto, o interesse por essas enzimas tem gerado mais interesse devido a sua utilização no processo de produção de etanol a partir de resíduos vegetais como bagaço e palha de cana, talos, sabugo e palha de milho, cascas de arroz e demais grãos, além de restos de madeiras, os chamados materiais lignocelulósicos. (ZANCHETTA, 2013)

Um exemplo curioso sobre polímeros e sua relação com microrganismos é o do polihidroxi-butirato (PHB), que é um polímero tecnicamente natural, pois é produzido por enzimas que estão realizando o processo de metabolismo da bactéria presente no material, e acaba sintetizando o carbono presente nesse material, basicamente, como é aprofundado a seguir.

10. POLIHIDROXIALCANOATOS (PHA)

Os Polihidroxi-alcanoatos (PHA) é o termo dado a família de poliésteres produzidos por microrganismos a partir de vários substratos de carbono. A partir dos diferentes fatores envolvidos nesse processo, como o metabolismo das bactérias e o tipo de substrato é possível obter inúmeros tipos de polímeros e copolímeros. Sendo um dos principais destes, o PHB. (MACHADO, et al., 2009)

Polihidroxi-butirato (PHB)

O PHB (Poli-3-hidroxi-butirato) é um termoplástico biodegradável sintetizado por fermentação submersa a partir de matérias-primas renováveis. É um termoplástico que possui propriedades físicas e mecânicas comparáveis às do PP isotático. É um material duro e quebradiço, escoava facilmente durante o processamento, não é solúvel em água e é pouco permeável a O₂, H₂O e CO₂.

A primeira descrição sobre o polímero foi datada em 1923 quando o pesquisador francês Maurice Lemoigne descreveu o seu monômero, o ácido 3-hidroxi-butírico, e em seguida (1927) descreveu um material sólido que o pesquisador acreditava ser o polímero formado pelo ácido 3-hidroxi-butírico. (SILVA, 2007)

Obtenção/Síntese

O processo para obtenção do PHB é derivado da ação de bactérias a uma fonte de carbono para a síntese, normalmente constituída por açúcares como milho, celulose, batata e cana-de-açúcar.

Esses carboidratos são bioquimicamente transformados em unidades de hidroxialcanoatos, polimerizadas e armazenadas na forma de inclusões insolúveis em água no citoplasma da célula do microrganismo. A capacidade de realizar este processo de polimerização é dependente da presença de uma enzima conhecida como PHA sintase. O polímero é acumulado dentro das células bacterianas em forma de grânulos, atingindo até cerca de 90% de sua massa em base seca. O produto da PHA sintase é um poliéster cristalino de alta massa molar. (PINZÓN, 2015)

Propriedades

O PHB apresenta propriedades físico-químicas muito similares ao PP, com ponto de fusão ao redor dos 175°C e temperatura de transição vítrea de 4°C. É um polímero altamente cristalino, devido ao fato de todos os seus carbonos serem assimétricos. Por esse último fato, é coerente dizer que o material é resistente aos raios UV.

Aplicações

Além de propriedades termoplásticas, que lhes permitem serem moldados ou transformados em filmes para aplicações diversas, são também biocompatíveis, com potencial para aplicações médico-veterinárias, como suturas, suportes de culturas de tecido para implantes e encapsulação de fármacos para liberação controlada. A principal desvantagem dos polímeros PHA é seu custo de produção elevado comparado aos polímeros provenientes do petróleo no mercado nacional, no entanto, algumas indústrias

brasileiras produzem em escala industrial o PHB a partir da sacarose da cana de açúcar, e exportam a um preço menor comparado aos produzidos em países como a Alemanha. (SILVA, 2007)

Impacto ambiental

O polímero é biodegradável em aterros e sistemas aquáticos, as enzimas responsáveis pela degradação dos PHA's são excretadas por certo número de fungos e bactérias no meio-ambiente. Sob degradação, oligômeros e monômeros do PHB são produzidos, os quais são assimilados pelos microrganismos como nutrientes. Além dos fatores ambientais, a microestrutura e propriedades podem afetar significativamente a taxa de degradação. Isto inclui fatores como composição, cristalinidade, aditivos e área superficial. (SILVA, 2007)

11. METODOLOGIA

Foram realizados dois experimentos demonstrativos durante o presente trabalho, com o objetivo de demonstrar visualmente e com dados, o processo relacionado a biodegradação da celulose, levando em conta, além do aspecto visual, a perda de massa e, dentro do permitido por análise com os recursos existentes na instituição, a morfologia de microrganismos presentes no ambiente escolhido para a amostragem.

Experimento 1

Para o primeiro experimento, a ideia era simular um ambiente natural em um tubo ou uma proveta, e acompanhar visualmente o processo de degradação do material (Malajovich, 2018), sendo este o papel de filtro quantitativo que será especificado nos materiais, junto com terra/lama e água, sendo o comparativo ao papel descartado sem o devido cuidado num terreno ou espaço qualquer nas ruas, onde esse material ficaria depositado.

Materiais:

- 2 Provetas de 1L;
- Terra, grama e pedras;
- Água mineral;
- Papel de filtro quantitativo Nalgon – 7cm de diâmetro/0,16mm de espessura/80 g/m² por 100 papéis e 0,005% de teor de cinzas;
- Béquer – 2 de 500mL e 1 de 1000mL;
- Balança Semi-analítica;
- Colher metálica.

Procedimento

1. Foi selecionado o local de onde seria utilizada a terra, e assim, ficou decidido pela horta mantida pela própria ETEC;
2. Foram recolhidas e posteriormente pesadas em um 1º recipiente: 697,2g de terra; para o 2º: 762,4g e para o 3º 1613,0g; sendo depositada em, respectivamente, 2 Béqueres de 500mL e 1 de 1000mL;
3. Ao fundo da 1ª proveta, depositou-se aproximadamente 50g da terra recolhida;
4. Em seguida, inserido 1 papel de filtro quantitativo;
5. Adicionou-se mais terra, até a marca de 400mL da proveta, e foi depositado mais 4 papéis de filtro;
6. Ao meio da proveta foi adicionado mais 1 papel filtro, posicionado contra a parede da proveta, para melhor visualização;
7. Repetiu-se o 5º passo nas medidas de 700mL da proveta e 900mL, adicionando a mesma quantidade de papéis;
8. Ao fim, foram adicionados aproximadamente 100mL de água;
9. Repetiu-se todos os passos numa 2ª proveta.

Obs: Para se adequar ao espaço da proveta, o papel filtro foi recortado, resultando em aproximadamente 0,2g de perda da massa do mesmo, sendo assim, 0,6g por papel filtro, totalizando 0,6 para a primeira camada no fundo da proveta e 2,4g por camada depositada.

Resultados e Discussão

Os resultados não puderam ser observados devido a quarentena, já que os experimentos estavam no laboratório de química da ETEC. Entretanto, se era esperado que a celulose, ou seja, o papel filtro, não se degradasse muito ao longo do acompanhamento do experimento, como será demonstrado em outro experimento realizado com essa

finalidade. O experimento usado como base (Malajovich, 2018) obteve resultados parecidos, onde a mudança era em grande parte apenas no aspecto visual.

Experimento 2

No segundo experimento, o objetivo foi acompanhar a degradação do papel de filtro num ambiente natural, no Parque da Consciência Negra próximo a ETEC Cidade Tiradentes, onde há presença de um lago e vegetação, e voltar para observar a ação do ambiente/microbiológica na perda ou não de massa do material analisado, no caso, a celulose presente no analíto.

Materiais

- Papel de filtro quantitativo Nalgon – 7cm de diâmetro/0,16mm de espessura/80 g/m² por 100 papéis e 0,005% de teor de cinzas;
- Pá de bico pequena;

Procedimento

1. Foi selecionado um local onde a terra estivesse mais úmida;
2. Abriu-se um buraco de aproximadamente 7cm de profundidade;
3. Foi inserido um papel de filtro quantitativo no espaço;
4. Cobriu-se a superfície com terra úmida do ambiente;
5. Repetiu-se o procedimento em outro ambiente do parque.

Ambientes onde se realizou o experimento (IMAGEM 4 E 5)



Resultados e Discussão

Os resultados não puderam ser observados devido a quarentena, já que o Parque de Consciência Negra, onde foi realizado o experimento foi fechado. Entretanto, assumindo o tipo de ambiente onde foi enterrada a amostra (FIGURA 5), onde há uma nascente de um riacho que corre o parque, talvez os resultados obtidos poderiam indicar uma melhor degradação ou não em ambientes mais úmidos e com uma biodiversidade presente. Além da comparação do aspecto visual e da massa, se pretendia submeter a água presente nesse ambiente num teste de aspecto microbiológico, para diferenciar o tipo de microrganismos presentes no meio, ao menos para identificar o tipo de estruturas que poderiam ou não influenciar na degradação do material.

Experimento 3

Parecido com o primeiro experimento, a ideia era simular um ambiente natural, mas foi realizado em placas de Petri, no período do segundo semestre de 2019 e acompanhar visualmente o processo de degradação do material como já visto anteriormente (Malajovich, 2018). O experimento foi realizado com diferentes tipos de materiais, e com aproximadamente 0,6 g de algodão sobre o papel, sendo “alimentado com água em certos períodos. A última vez onde se observou as amostras foi durante uma aula realizada no laboratório antes do fechamento do ambiente escolar, já em 2020, aproximadamente entre 6 e 10 meses desde sua montagem no ano anterior.

Materiais

- Placas de Petri x3
- Algodão aprox. 0,3g em cada placa

Papéis:

- Toalha;
 - Cartão;
 - Cartolina.
-
- Pipeta de Pasteur;
 - Balança Semi-analítica.

Procedimento

1. Colheu-se terra das praças perto da ETEC e de um ambiente próximo a residência de um dos membros do grupo;
2. Separou-se e marcou-se devidamente as placas de Petri com o nome do tipo de papel utilizado em cada uma delas;
3. Tarou-se as placas, sendo todas com o peso aproximadamente igual entre si, 46,8g;
4. Cobriu-se o fundo com o papel definido, diferente para cada uma das 3 placas, sendo eles o papel cartão, papel toalha e a cartolina;
5. Depositou-se a terra recolhida acima dos papéis em cada uma das placas
6. Acima de todas, foi colocado um pedaço de aproximadamente 0,3g de algodão;
7. Logo após, depositava-se pequenas quantidades de água mineral em cada uma das placas.
8. Pesou-se as 3 placas;
9. Ao longo do último período de aula, em 2020, pesou-se as 3 placas para fazer um comparativo entre a massa inicial e final.

Resultados e Discussão

Mesmo meses após a realização do experimento, e a recarga relativamente constante de água nas 3 placas, se via pouquíssima diferença nas massas finais dessas amostras, sendo meramente visual os efeitos. Como o outro experimento realizado em laboratório, não se é retratado com precisão o meio ambiente, como parques e solos de plantio, mas nesse se observou que mesmo com meses, a celulose e materiais compostos majoritariamente por ela não são facilmente degradados sem um devido tratamento, demonstrando que protocolos de descarte mesmo para esses materiais se fazem necessários, sendo tais materiais de comum uso na sociedade, e produzem um volume de resíduo de 48 t para cada 100 t de celulose produzidas (BELLOTE, et al., 1998).

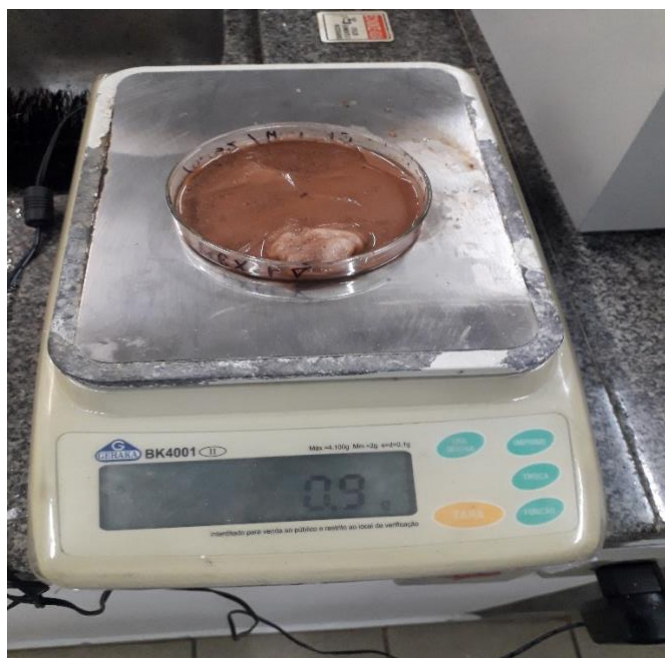
Tara da placa de Petri em balança semi-analítica (IMAGEM 6)



Amostra de papel toalha + Algodão em balança semi-analítica (IMAGEM 7)



Amostra de Papel Cartão + Algodão em balança semi-analítica (IMAGEM 8)



Amostra de Cartolina + Algodão em balança semi-analítica (IMAGEM 9)



12. CONCLUSÃO

Os polímeros em geral são o material mais comum em todo tipo de lugar da sociedade atual, porém o uso abusivo desse material implica numa forma eficiente de eliminar o resíduo resultante. Apesar de a celulose ser classificada como um polímero natural, o que sugere um teor de naturalidade e implicitamente que não há problemas ambientais em seu descarte, a sua degradação em materiais específicos é problemática tanto quanto outro material sintético, como plásticos e etc. O tempo de vida desses polímeros decai em longos períodos devido a suas cadeias poliméricas extensas, mas há meios em desenvolvimento de se acelerar o processo, como a utilização de microrganismos recém-descobertos, com a capacidade de degradar plásticos e outras cadeias poliméricas, como a celulose, além de enzimas já utilizadas, as celulases, que quebram a estrutura química da celulose e as transformam em outros compostos, que são degradados com mais facilidade. No caso dos experimentos realizados, a celulose presente no ambiente deveria se mostrar levemente degradada, mesmo exposta a longos períodos, como por exemplo no experimento 3 realizado em laboratório, utilizando diferentes tipos de papel e o algodão, onde há 94% de celulose presente em sua composição, foram observados apenas uma deterioração visual do material, enquanto em outros tipos de papel, como o papel cartão por exemplo, a degradação ocorreu concentrada apenas num ponto do papel, e em pouco volume, e em meses, houve uma perda minimamente relevante de massa nessas amostras.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, André e FERRAZ, André. 2011.** Mecanismos envolvidos na biodegradação de materiais lignocelulósicos e aplicações tecnológicas correlatas. *QUIMICA NOVA*. 10, 2011, Vol. 34, 10.
- BARLOW, Fred W. 1988.** *Rubber Compounding - Principles, Methods and Technics*. New York : Merceel Dekker, 1988.
- BELLOTE, A. F. J., et al. 1998.** Resíduos da industria da celulose em plantios florestais. *Embrapa Florestas*. 1998.
- CAETANO, Mario J. L.** CTB. *CTBorracha*. [Online] CTB. [Citado em: 07 de Novembro de 2019.] <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/materias-primas/borrachas/borrachas-sinteticas/borracha-de-estireno-butadieno-sbr/>.
- DE SOUZA, Lília Alves.** *Mundo Educação*. [Online] [Citado em: 18 de Setembro de 2019.] <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/>.
- FRANCHETTI, Sandra e MARCONATO, José Carlos. 2006.** Polímeros Biodegradáveis. *Química Nova*. 24 de Março de 2006, pp. 811-816.
- GOMES, Manoel Morato.** Rubberpedia. *Rubberpedia*. [Online] [Citado em: 07 de Novembro de 2019.] <http://www.rubberpedia.com/borrachas/borracha-butadieno-estireno.php>.
- JUNIOR, Emilio M. De Paz, et al. 2010.** Avaliação de compostos de borracha natural utilizados em equipamentos de segurança. *Polímeros*. 2010, Vol. 20, N° 3.
- MACHADO, Miriam L. C., et al. 2009.** Estudo das Propriedades Mecânicas e Térmicas do Polímero. *Departamento de Engenharia de Materiais, Mackenzie*. 2009.
- Mais Polímeros. 2019.** Mais Polímeros. *Mais Polímeros*. [Online] 11 de Fevereiro de 2019. [Citado em: 07 de Novembro de 2019.] <http://www.maispolimeros.com.br/2019/02/11/polipropileno-o-que-e/>.
- Malajovich, M. A. 2018.** BioTecnologia. *BioTecnologia - Ensino e Divulgação*. [Online] 12 de 03 de 2018. [Citado em: 12 de 03 de 2020.] bteduc.com.
- MANO, Eloísa Biasotto e MENDES, Luís Cláudio. 1999.** *Introdução a Polímeros*. São Paulo : Edgard Blücher Ltda., 1999.
- MITTAL, K. L. 1998.** *Metalized Plastics: Fundamentals and Applications*. New York : Merceel Dekker Inc., 1998.
- MORTON, M. 1988.** Rubber Technology. *Rubber Technology*. Segunda, 1988, Vol. I, 2.
- Nagdi, Khairi. 1987.** *Manuale della gomma: Materie plastiche e gomma*. Milão : Tecniche Nuove, 1987.

PEREIRA, JR. N. e CASTRO, A. M. 2010. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. *QUÍMICA NOVA*. 1, 2010, Vol. 33, 1, pp. 181-188.

PINZÓN, Diana Carolina Tusso. 2015. Caracterização do gene PHA sintase de bactérias isoladas a partir de amostras de solo . *Dissetação, Mestrado (USP)*. 2015.

SILVA, Luiziana Ferreira. 2007. Produção biotecnológica de poli-hidroxicanoatos para a geração de polímeros biodegradáveis no Brasil. *Química Nova*. 1732-1743, 2007, Vol. 30, N° 7.

WRIGHT, J. D., WYMAN, C. E. e GROCHMANN, K. 1988. Simultaneous saccharification and fermentation of lignocellulose: Process evaluation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 1988, Vol. 17, pp. 75-90.

ZANCHETTA, Ariane. 2013. Celulases e suas aplicações. *UNESP - Mundo Leveduras*. 2013.