

"ALGODÃO EXPLOSIVO"

Ano letivo 2020/21
4 de maio de 2021



Ana Moreira N° 11364
João Magalhães N° 11375

ÍNDICE

Fase pré-Laboratorial

Introdução.....	3
Fundamentação teórica	4

Fase laboratorial

Material.....	11
- Cuidados de segurança a considerar.....	12
Procedimento experimental.....	13
- Fluxograma.....	14
- Alterações ao protocolo proposto.....	16
Registo de dados.....	16
- Possíveis causas de erro.....	17

Fase pós-Laboratorial

Tratamento de dados.....	18
Conclusão.....	19
Fontes e referências bibliográficas.....	20
Anexos.....	21

FASE PRÉ- LABORATORIAL



INTRODUÇÃO

Objetivo geral: acelerar o processo de combustão do algodão através de uma reação de nitração do polímero natural, celulose, presente no algodão.

A concretização plena desta atividade laboratorial compreende como escopo precípua a aceleração do processo de combustão do algodão, que é essencialmente constituído por um polímero natural denominado: celulose. Para tal desígnio, será necessário converter a celulose, previamente mencionada, em nitrocelulose. Assim sendo, iremos proceder à mistura do ácido nítrico (HNO_3) com o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e à posteriori imersão do algodão nesta solução, verificando-se uma reação de nitração. De forma a neutralizar o ácido em excesso vamos adicionar bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) à solução. Por fim procederemos à lavagem do algodão com água e, depois de o espremer, coloca-lo-emos a secar. Com todo este processo irá ocorrer a substituição de um átomo de hidrogênio por um grupo NO_2 , o que irá acelerar o processo de combustão do algodão.

Objetivo específicos:

- Consolidar técnicas experimentais e aprimorar conhecimentos do trabalho laboratorial;
- Preparar de forma eficiente soluções a partir de diferentes reagentes;
- Compreender e relacionar conceitos teóricos sobre polímeros e reações de nitração;
- Verificar e desmistificar as diferenças existentes entre o processo de combustão do algodão “normal” (celulose) e do algodão modificado (nitrocelulose);
- Concluir sobre a atividade efetuada evidenciando e avaliando possíveis causas de erro associadas ao trabalho laboratorial;
- Executar de forma metódica o protocolo experimental planificado, respeitando as normas de segurança adotadas no laboratório.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O algodão constituirá o papel central no decorrer desta atividade laboratorial. Assim sendo, vamos começar por analisar a **composição química aproximada de cada fibra** do mesmo (determinada em fase seca):

Constituintes	Percentagem
Celulose	94,0%
Proteínas	1,3%
Cinzas	1,2%
Açúcares totais	1,2%
Substâncias pécticas	0,9%
Ácido málico, cítrico, etc	0,8%
Cera	0,6%

Como podemos verificar pela tabela a cima apresentada, o principal componente da fibra do algodão é a **celulose**, que representa a maior parte da sua composição química. A celulose é sintetizada na membrana plasmática das células vegetais, em complexos proteicos na presença da enzima celulose-sintase. A cadeia molecular da celulose é formada pela união de **monómeros de glicose**, através de **ligações glicosídicas**.

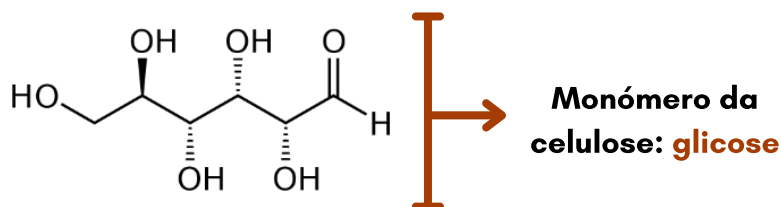


Figura 1: monómero do polímero celulose

Portanto, visto que os **polímeros** são macromoléculas formadas pela **repetição de uma (ou várias) unidades estruturais menores** (os monómeros), unidas por ligações covalentes, podemos referir a celulose como um polímero de fórmula empírica: $(C_6H_{10}O_5)_n$

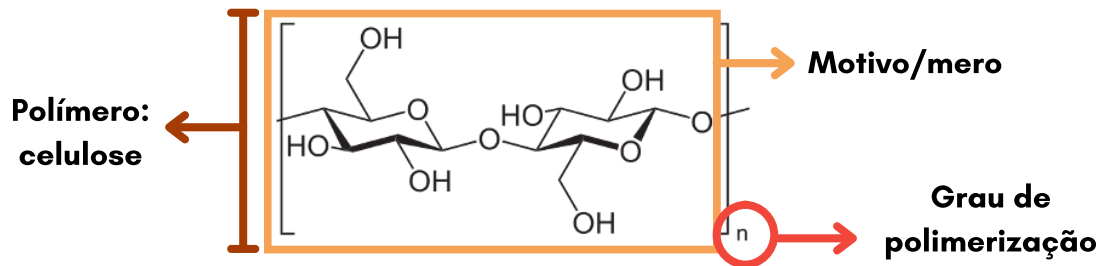


Figura 2: esquema representativo do polímero celulose

Legenda:

- **Motivo/ mero:** segmentos repetitivos que, juntos, formam a molécula.
- **Grau de polimerização:** depende do número de vezes que o motivo é repetido ao longo da molécula, conferindo uma noção sobre o comprimento da cadeia polimérica.

Os monómeros reagem entre si através das suas cadeias devido a **reações de polimerização**. Estas consistem na **ligação sucessiva da molécula inicial a outras**, dando origem a um dímero, um trímero, um tetrâmero dependendo do número de monómeros ligados. Se forem n monómeros, designa-se por polímero.

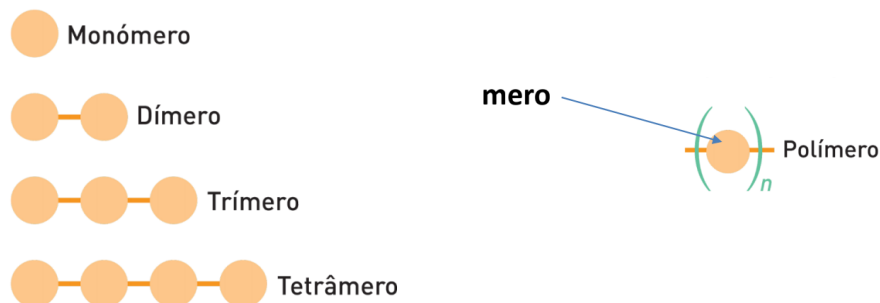


Figura 3: classificação dos polímeros tendo em conta o número de monómeros

As reações de polimerização podem dar origem a polímeros de adição ou a polímeros de condensação, dependendo do tipo de polimerização que ocorre:

- **Polimerização de adição:** o polímero é o **único produto formado** visto que os monómeros são totalmente incorporados na cadeia. Estes monómeros apresentam obrigatoriamente uma **ligação dupla ou tripla**, uma vez que é através dela que a polimerização ocorre. Este tipo de polimerização origina **polímeros de adição**.

- **Polimerização de condensação:** parte do monómero não é integrado na cadeia, resultado da **formação de pequenas moléculas**, como é o exemplo da água, no decorrer da reação. Por esta razão o produto final apresenta um menor número de átomos do que os monómeros que lhe deram origem. Este tipo de polimerização acontece através dos **grupos funcionais** de dois reagentes complementares e origina **polímeros de condensação**.

Quando os monómeros que se ligam são todos iguais, a molécula resultante designa-se por **homopolímero**, caso contrário a mesma será um **copolímero**.

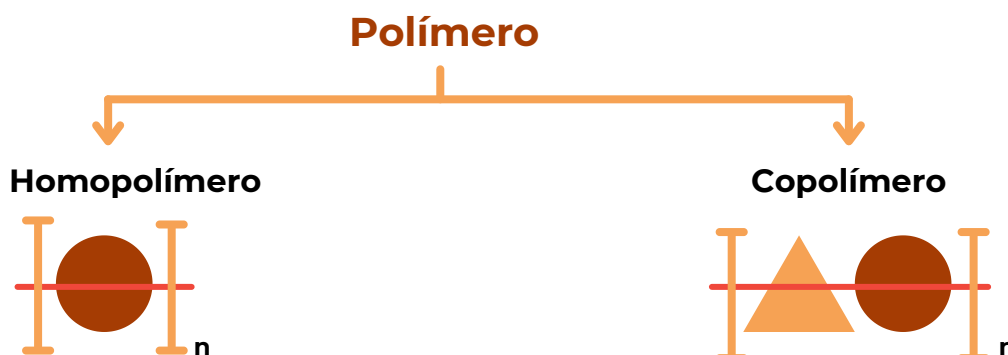


Figura 4: classificação dos polímeros tendo em conta os monómeros que os constituem

Dentro dos polímeros podemos ainda dividi-los em outras três categorias: **naturais, artificiais ou sintéticos**.

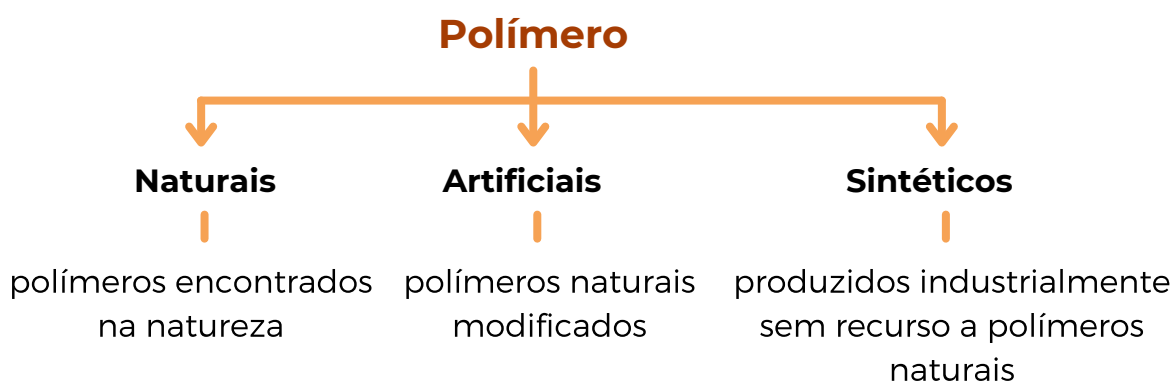


Figura 5: classificação dos polímeros tendo em conta a sua origem

Para além desta classificação podemos ainda caracterizá-los de acordo com as **estruturas das suas cadeias poliméricas**:

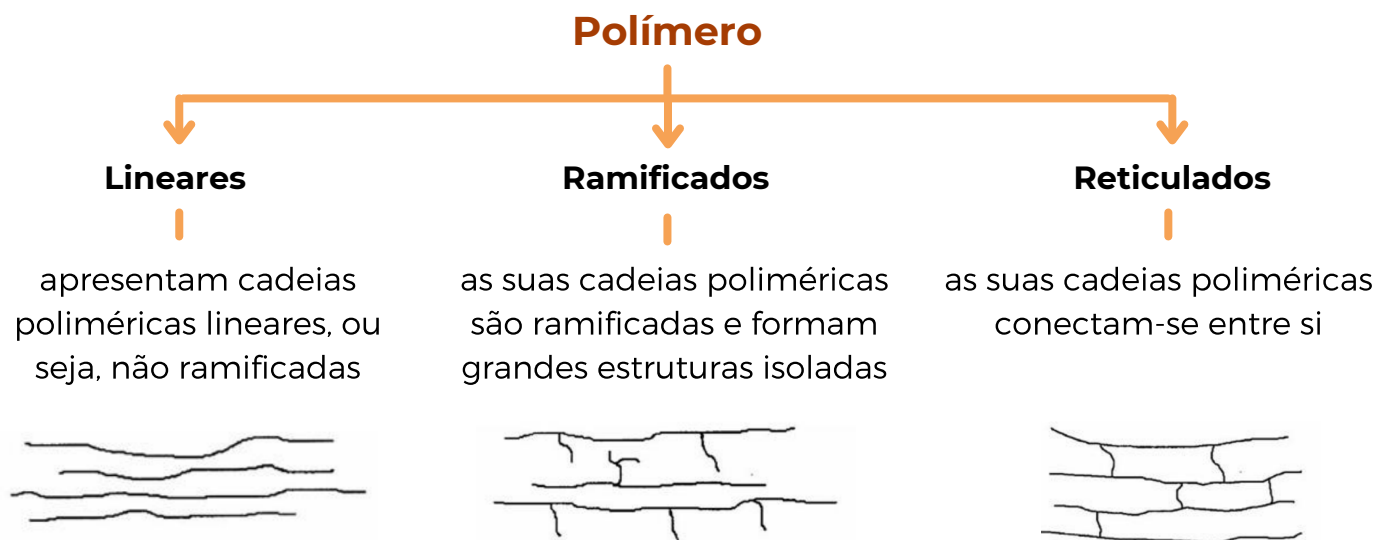


Figura 6: classificação dos polímeros tendo em conta a estrutura das suas cadeias poliméricas

No caso, e como podemos comprovar pela imagem abaixo apresentada, a **celulose** possui uma **estrutura linear**, na qual se estabelecem múltiplas ligações de hidrogênio entre os grupos hidroxilos das distintas cadeias de glicose, tornando-as impermeáveis à água. A celulose é um polissacarídeo, já que, como referido, cada molécula é formada por moléculas de glicose que se unem por **condensação**. Para além disso, como é facilmente encontrada na natureza (na madeira das árvores, por exemplo) é classificada como **polímero natural**.

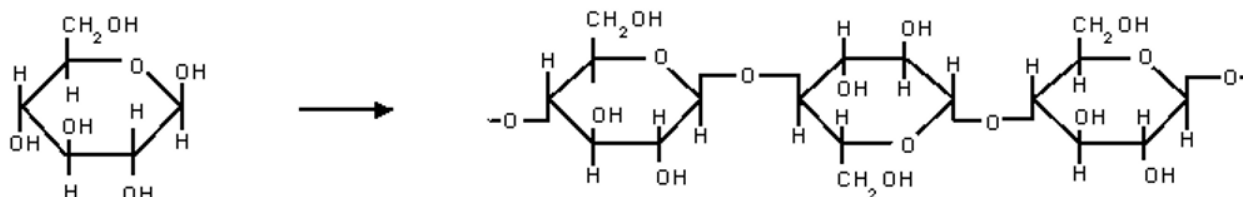


Figura 7: estrutura linear da celulose

Como referido na introdução deste relatório, a **nitrocelulose**, que será obtida no decorrer desta atividade laboratorial, é uma macromolécula obtida a partir do **processo de nitração** mais ou menos completo da celulose.

Antes de compreender o que é uma reação de nitração é importante saber que as principais reações orgânicas classificam-se como: **reações de substituição, adição e de eliminação.**

As reações de nitração enquadram-se no grupo das **reações de substituição.** Nestas, **um átomo ou um conjunto de átomos da cadeia carbónica, é substituído por outro átomo ou grupo de átomos.** Genericamente, uma reação de substituição pode ser representada da seguinte forma:

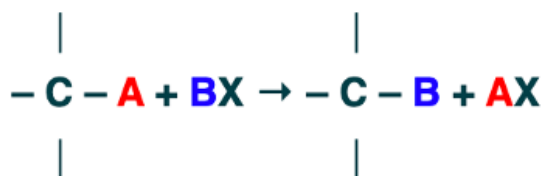
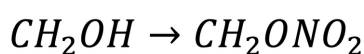


Figura 8: reação de substituição genérica

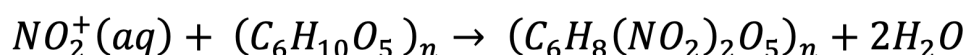
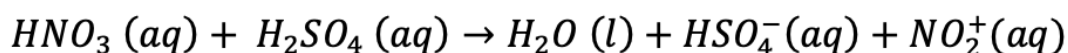
No caso específico das **reações de nitração,** um dos **átomos de hidrogénio ligados à cadeia ou ao núcleo aromático é substituído pelo grupo NO_2 ,** originando um **nitrocomposto e água.** Verificam-se essencialmente entre alcanos, benzenos e seus derivados e ocorrem por meio do ácido nítrico.

Cada **monómero da celulose** possui um grupo hidroxilo primário, mais reativa, e duas secundárias. Haverá uma reação de substituição entre o hidrogénio do grupo **OH** do carbono primário e o dióxido de nitrogénio:



Tal processo dá-se pela **imersão do algodão** numa **solução sulfonítrica** (mistura de ácido nítrico e ácido sulfúrico). **Na reação, o grupo hidroxilo é substituído pelo grupo NO_2** e o ácido sulfúrico terá a função de **catalisador** e, portanto, acelerará a reação.

Assim, as **reações** que irão ocorrer são:



O **tempo de combustão** da nitrocelulose, comparativamente com o da celulose será **muito menor** visto que, esta apresenta propriedades explosivas uma vez que, quando seca, é muito sensível a choques e atritos. Para além disso, como é visível através do esquema seguinte, a **celulose apresenta menos átomos de oxigénio do que a nitrocelulose**, o que fará com que **a última não necessite** de recorrer ao **oxigénio presente no meio**. Assim, quando próxima de uma fonte de calor entra em **decomposição instantânea**, o que **não se verificará** na combustão do **algodão comum** (que possui celulose).

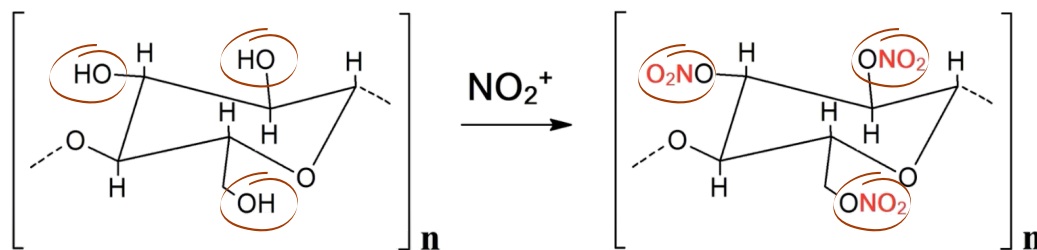


Figura 9: substituição dos átomos de hidrogénio

Portanto refere-se a nitrocelulose como um **explosivo** visto que, é uma substância química, que, quando perto de uma fonte de calor, sofre uma **decomposição muito rápida** e produz **enorme quantidade de gases**.

A **nitrocelulose** representou um marco no desenvolvimento da indústria de tintas mundial, foi responsável pela popularização das lacas automotivas e industriais, proporcionando **acabamentos de fácil aplicação, rápida secagem e alto desempenho**. Por tratar-se de uma resina de tão rápida secagem, é ainda utilizada em acabamentos para madeira, tintas de impressão e cosméticos (verniz das unhas). Visto que foram detetadas **propriedades explosivas na nitrocelulose**, através de métodos apropriados de estabilização, a mesma **deslocou a pólvora negra como propelente militar**.

A quantidade de nitrogénio pode variar nos diferentes tipos de nitrocelulose, dependendo do **grau de nitração**. Conforme o teor de nitrogénio, a nitrocelulose pode ser classificada como **explosiva ou não explosiva**. Com uma percentagem de nitrogénio **superior a 12,6%** é considerada nitrocelulose explosiva e por isso, é usada como propelente, na pólvora e na dinamite. Com uma percentagem abaixo dos 12,6% é utilizada em tintas, vernizes e filmes.

FASE LABORATORIAL

MATERIAL

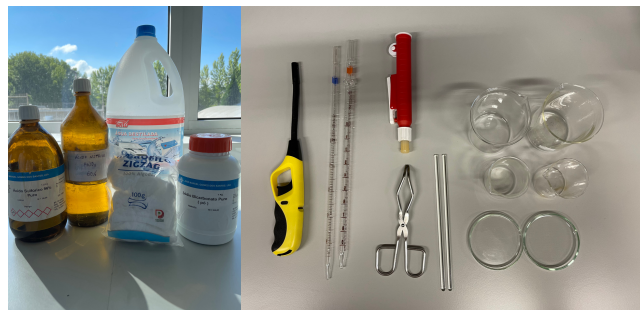


Figura 10: Materiais e reagentes utilizados

Material

Pipeta de $(10,0 \pm 0,1)$ mL

Pipeta de $(20,0 \pm 0,1)$ mL

2 gobelés de (100 ± 10) mL

2 gobelés de (200 ± 25) mL

Macrocontrolador

2 caixas de Petri

2 Varetas de vidro

Pinça

Isqueiro

Reagentes

Ácido sulfúrico (H_2SO_4)

Ácido nítrico (HNO_3)

Bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$)

Algodão

Água (H_2O)

CUIDADOS DE SEGURANÇA A CONSIDERAR:

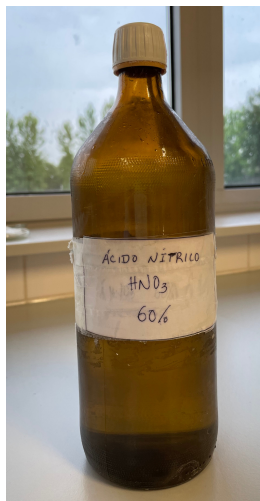


Figura 11: Ácido nítrico

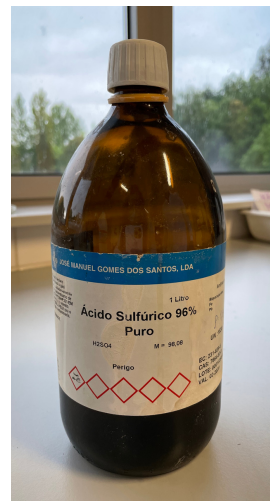


Figura 12: Ácido sulfúrico



Reagente corrosivo

Em meio laboratorial, revela-se sumamente importante, ter em conta os cuidados acoplados ao manuseamento dos reagentes a utilizar, tendo em vista evitar ao máximo a situação hipotética de geração de algum dano à integridade física de quem o está a utilizar ou ao meio envolvente. Como tal, antes de manusear qualquer reagente, é necessário ter em conta os pictogramas de perigo nele identificados. Dos reagentes empregues nesta atividade experimental, apenas o ácido sulfúrico e o ácido nítrico requerem particular atenção visto que ambos são substâncias corrosivas. Assim sendo, para evitar o contacto destas soluções com a pele, olhos e vestírios, torna-se imprescindível o uso de luvas, óculos e bata. Para além disso, a hotte e a máscara são também de crucial utilização visto que, são libertados alguns vapores no decorrer desta atividade que não devem ser inalados.



PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Começamos por desfiar o algodão, de forma a que, as fibras do mesmo interagissem mais intensamente com os reagentes a que seriam expostas (figura 13);

Dentro da hotte:

2. Pipetamos ($10,0 \pm 0,1$) mL de ácido nítrico (figura 14) para um gobelé de (100 ± 10) mL, com o auxílio da pipeta e do macrocontrolador (figura 15)

3. Pipetamos ainda ($20,0 \pm 0,1$) mL de ácido sulfúrico (figura 16) para um gobelé de (100 ± 10) mL (figura 17);

4. Utilizando a vareta de vidro, misturamos os ácidos previamente pipetados num gobelé de maiores dimensões (200 ± 25) mL (figura 18);

5. Colocamos o algodão previamente desfiado, na solução supramencionada (figura 19) e, com o auxílio da vareta de vidro, asseguramos a imersão completa do algodão (figura 20);

6. Deixamos o algodão mergulhado na solução durante 3 dias (figura 21);

6. De forma a neutralizar o excesso de ácido existente, adicionamos água destilada e bicarbonato de sódio à solução (figura 22) (figura 23) até que esta deixasse de formar bolhas (figura 24);

7. De seguida, utilizamos a pinça para colocar o algodão dentro de um gobelé com água destilada e procedemos à lavagem do mesmo (figura 25) (figura 26);

8. Esprememos o algodão de forma a retirar o excesso de água (figura 27) e desfiámo-lo novamente para uma caixa de Petri (figura 28), de modo a facilitar a sua secagem;

9. Deixamo-lo a secar durante 4 dias (figura 29);

10. Após este período de tempo, colocamos o algodão modificado perto de uma chama (figura 30) e registamos os resultados obtidos (figura 31);

11. Repetimos o mesmo processo para o algodão normal (figura 32), de modo a apercebermo-nos das diferenças existentes, registando os resultados obtidos (figura 33).

FLUXOGRAMA

Todas as figuras presentes no fluxograma têm como fonte o nosso telemóvel pessoal.

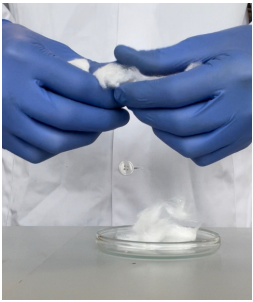


Figura 13



Figura 14



Figura 15



Figura 18

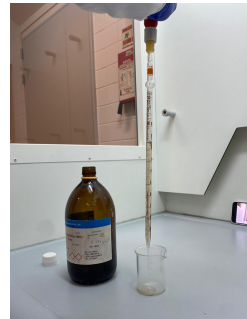


Figura 17



Figura 16

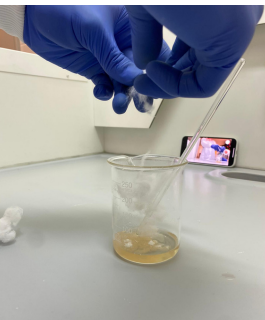


Figura 19



Figura 20



Figura 21

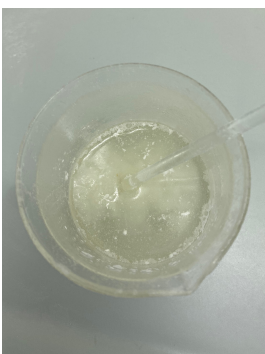


Figura 24



Figura 23



Figura 22

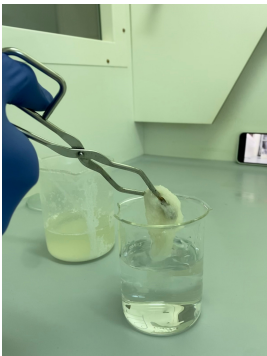


Figura 25



Figura 26



Figura 27



Figura 30

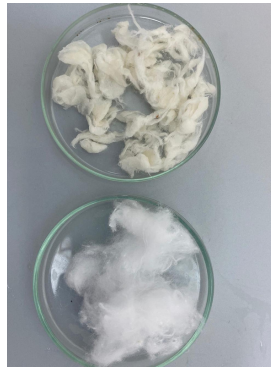


Figura 29



Figura 28



Figura 31



Figura 32

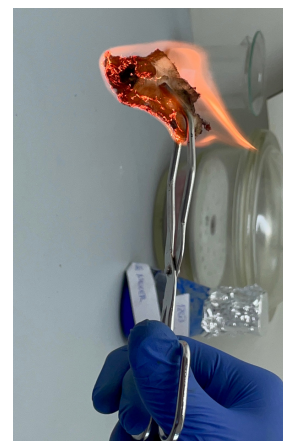


Figura 33

ALTERAÇÕES AO PROTOCOLO PROPOSTO

O protocolo-guião que nos orientou no decorrer desta atividade experimental, referia quantidades de ácido que, a nosso ver, não eram suficientes para a proporção de algodão por nós escolhida. Assim sendo, dobramos as quantidades de ácidos para que nos fosse facilitada a imersão do algodão na solução resultante da mistura dos mesmos e não correr o risco de este não ficar totalmente submerso. Para além disso, no decorrer da experiência, utilizamos a hotte para que não inalássemos os vapores provenientes da mistura dos ácidos, enquanto que o protocolo base, referia a realização desta experiência no exterior. É importante também mencionar que, deixamos o algodão em solução durante 3 dias ao invés de 30 minutos como sugerido no protocolo que tomamos como referência. Por último, antes de lavar o algodão com água destilada, neutralizamo-lo com bicarbonato de sódio uma vez que, apenas a lavagem com água destilada não seria suficiente para fazer reagir todo o ácido.

REGISTO DE DADOS

Polímero	CELULOSE	NITROCELULOSE
Tempo de combustão	± 12 segundos	± 2 segundos
Chama observada		
Aspeto observado		

POSSÍVEIS CAUSAS DE ERRO

De um modo geral, consideramos que a consumação desta experiência se pode caracterizar com uma conotação bastante positiva uma vez que, de facto, aceleramos o processo de combustão do algodão normal. Contudo, quando em comparação com ensaios realizados por outros colegas, verificamos que a combustão do algodão modificado deveria ter sido ligeiramente mais rápida. Tal pode ser resultado de diversos fatores, entre eles:

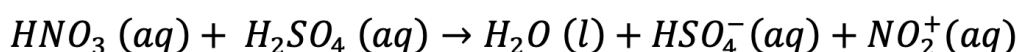
- **Ácidos em proporção incorreta:** Alguns dos protocolos referentes a esta atividade laboratorial, referem que se deve utilizar o ácido sulfúrico e o ácido nítrico numa proporção 3:1, respetivamente. No entanto, nós utilizamos uma razão de 2:1, também respetivamente, pelo que os resultados poderão ter sido afetados, dada a insuficiente quantidade de ácido sulfúrico.
- **Deficiente desfiamento do algodão:** O desfiamento do algodão é um processo bastante importante visto que facilita a ligação dos átomos de nitrogénio às cadeias poliméricas do algodão, fazendo com que o mesmo se torne mais explosivo. Se este desfiamento não foi eficiente, tal pode ter diminuído a rapidez com que a explosão teria acontecido em condições mais favoráveis.
- **Lavagem insuficiente do algodão:** Depois de neutralizado é importante lavar o algodão de forma a assegurar que não restam reagentes no mesmo e, normalmente, esta lavagem é realizada utilizando água corrente. Contudo, nós colocamos água destilada num gobelé e com o auxílio da vareta de vidro enxaguamos o algodão, o que pode não ter sido suficiente.
- **Secagem do algodão incompleta:** Apesar do algodão modificado ter ficado ao ar durante 4 dias para que pudesse ficar completamente seco, verificamos que esta secagem poderia não estar perfeita devido à quantidade de fibras que o mesmo possui. Se este não estivesse realmente bem seco, tal poderá constituir uma causa justificativa para o facto de os resultados obtidos não corresponderem completamente aos esperados.

FASE PÓS- LABORATORIAL

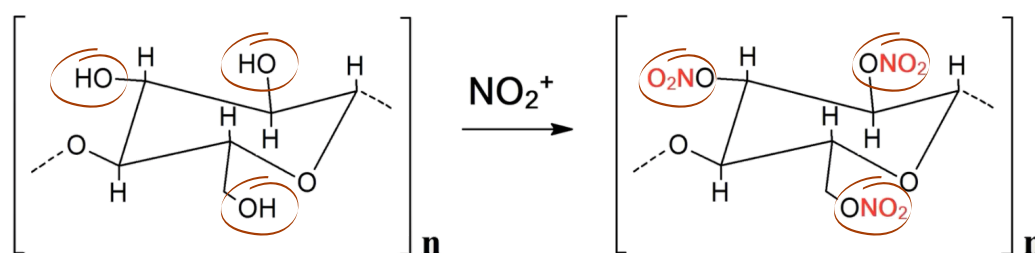


TRATAMENTO DE DADOS

No momento em que misturamos o ácido nítrico com o ácido sulfúrico forma -se o grupo NO_2^+ , cujo permitiu, posteriormente, a nitração da celulose, como podemos verificar pela seguinte equação:



Como referido previamente na introdução teórica, a celulose é um polímero constituído por monómeros de glicose que, como podemos verificar a partir da sua estrutura molecular, possui 3 grupos OH . Ao imergir-mos o algodão na solução sulfonítrica (mistura de ácido nítrico e ácido sulfúrico), ocorreu uma reação de nitração, que fez com que os 3 hidrogénios dos 3 grupos OH presentes na celulose (constituente de algodão) fossem substituídos pelo grupo NO_2 :



Através desta reação, como podemos comprovar pelo esquema supramencionado, a molécula de nitrocelulose apresenta mais átomos de oxigénio quando comparada com a molécula de celulose, o suficiente para se decompor instantaneamente. Portanto, a combustão da nitrocelulose (presente no algodão modificado) não depende do oxigénio presente no meio sendo por isso, mais rápida do que a combustão da celulose (presente no algodão normal), como foi previsto na parte teórica deste relatório.



CONCLUSÃO

Concluindo sobre a concretização desta atividade laboratorial, podemos aferir que alcançamos de forma exemplar o escopo principal da mesma. Visto que, através de uma reação de nitratação da celulose (presente no algodão), aceleramos o processo de combustão do algodão. A partir desta reação, foi possível introduzir mais átomos de oxigênio na composição da molécula de celulose, pela substituição dos hidrogénios dos grupos OH , pelo grupo NO_2 . Por essa razão, o oxigênio necessário para a combustão da nitrocelulose, provinha de si, o que permitiu uma decomposição instantânea. Para além disso, esta atividade laboratorial permitiu-nos desenvolver e aprimorar técnicas laboratoriais ampliando, simultaneamente, a nossa visão acerca da relação do trabalho laboratorial com o quotidiano.

FONTES E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS FREQUENTADAS

- FOGAÇA, Jennifer, ensino-aprendizagem, E., 2021. Nitrocelulose - Algodão-pólvora. Experimento com nitrocelulose - Educador Brasil Escola. [online] Educador Brasil Escola. Disponível em: <<https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/nitrocelulose-algodao-polvora.htm>> [Consultado a 11 de maio de 2021].
- THENÓRIO, Iberê, Manual do Mundo, 2014. O impressionante algodão explosivo (SuperQUÍMICA). [vídeo] Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IMvMxPpu3QE>> [Consultado a 14 de maio de 2021].
- FOGAÇA, Jennifer, 2021. Reações Orgânicas de Nitração. Nitração de Alcanos e Aromáticos - Brasil Escola. [online] Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/reacoes-organicas-nitracao.htm>> [Consultado a 10 maio de 2021].
- FOGAÇA, Jennifer, 2021. O que são os polímeros? Introdução ao estudo dos polímeros - Manual da Química. [online] Manual da Química. Disponível em: <<https://www.manualdaquimica.com/quimica-organica/o-que-sao-os-polimeros.htm>> [Consultado a 9 de maio de 2021].
- Oshio, Raquel, Blog do Estratégia Vestibulares. 2020. Polímeros: conceito, classificação, propriedades e reações químicas. [online] Disponível em: <<https://blog.estrategiavestibulares.com.br/quimica/polimeros/>> [consultado a 13 de maio de 2021].
- Autor desconhecido, Química integral - Síntese da nitrocelulose, Youtube 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gIHeGysxlnQ>> [Consultado a 14 de maio de 2021].
- AMSEI, Roberto, 2014. Nitrocelulose. [online] Divertircomciencia.blogspot.com. Disponível em: <<http://divertircomciencia.blogspot.com/2014/04/nitrocelulose.html>> [Consultado a 12 de maio de 2021].
- Nitrocelulose, Trabalhos de Engenharia Química. 2010. Nitrocelulose. [online] Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/nitrocelulose-3-3/4783517/>> [Consultado a 15 de maio de 2021].

ANEXOS



Protocolo de referência

1. Medir com a pipeta e o macrocontrolador 10 mL de ácido sulfúrico e 5 mL de ácido nítrico para dois gobelés diferentes;
2. Misturar, no exterior e com proteção, os dois ácidos com a vareta de vidro num gobelé de maiores dimensões;
3. Colocar o algodão na mistura dos ácidos;
4. Depois de ele ficar lá meia hora é necessário lavar o algodão dentro de um gobelé com água;
5. Espreme-lo para ele secar, deixando-o numa caixa de Petri;
6. Quando estiver bem seco, acender o isqueiro perto dele e registrar os resultados;
7. Fazer o mesmo com o algodão normal para posteriormente verificar as diferenças entre um e outro.