



SÍNTESE DE UM POLÍMERO:

# NYLON 6.6



# 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.....	17
Conclusão.....	19
Fontes e referências bibliográficas.....	20
Anexos.....	21

# FASE PRÉ- LABORATORIAL



## INTRODUÇÃO

---

**Objetivo geral:** Formação de um fio nylon 6.6. de cor vermelha através da condensação de dois monómeros: uma diamina e um diácido.

A presente atividade laboratorial será realizada com o intuito de produzir um fio de nylon 6.6. Isto é, um polímero da família: poliamidas. Para tal será necessário ocorrer uma reação de polimerização de condensação. Assim sendo, nesta atividade laboratorial, iremos utilizar uma técnica de polimerização em específico - a polimerização interfacial. Esta exige pelo menos dois monómeros e é procedida na interface de dois solventes. Por isso, será necessário verter uma “solução B” composta por 1,6- hexanodiamina ( $C_6H_{16}N_2$ ) e hidróxido de amónio ( $NH_4OH$ ) sob uma “solução A” constituída por hexano ( $C_6H_{14}$ ) e cloreto de adipoíla ( $C_6H_8Cl_2O_2$ ). A reação entre o grupo funcional amina da 1,6-hexanodiamina com o grupo cloreto de ácido do diácido originarão um outro grupo funcional - amida, presente na família dos polímeros poliamidas, na qual o nylon 6.6 está inserido. Por último e para que esta experiência se enquadrasse na temática associada ao grupo CMYK, tingimos o fio de nylon numa solução aquosa corada por corante alimentar de cor vermelha.

### Objetivo específicos:

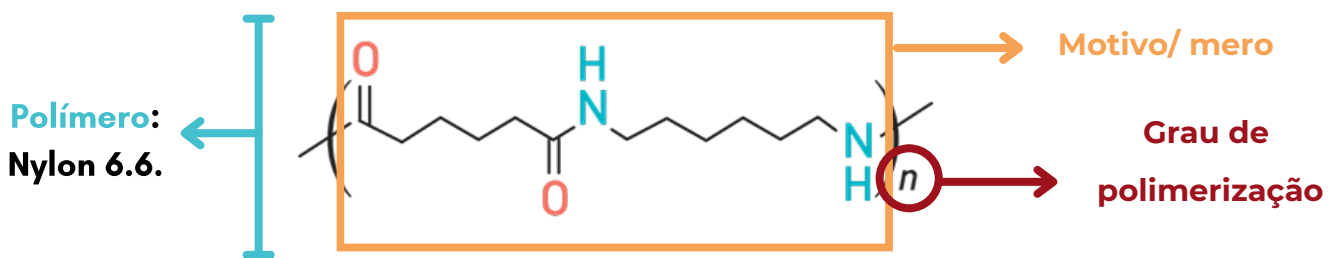
- Consolidar técnicas experimentais e aprimorar conhecimentos subjacentes ao trabalho laboratorial;
- Preparar de forma meticulosa diferentes soluções partindo de diferentes reagentes;
- Depreender os fundamentos teóricos que explicam a formação do fio de nylon 6.6. nomeadamente polímeros e famílias de polímeros, reações de polimerização e grupos funcionais;
- Interpretar as reações que ocorrem no decorrer da presente atividade laboratorial;
- Executar de forma eficiente o protocolo experimental planificado, respeitando as normas de segurança referentes ao trabalho laboratorial.

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A palavra **polímero** deriva de duas palavras gregas:

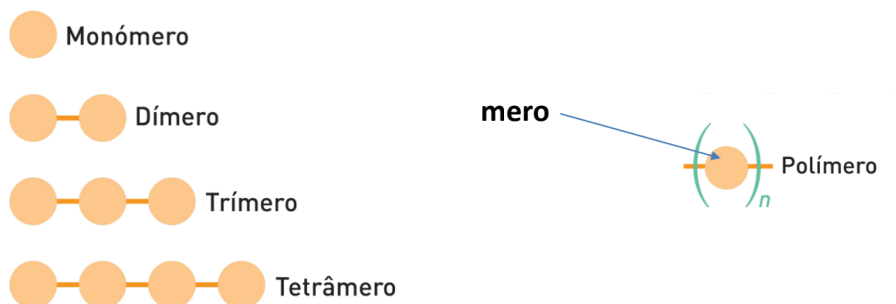


Desta forma, podemos concluir que polímeros são macromoléculas formadas pela repetição de uma (ou várias) unidades estruturais menores - os monómeros - unidos por ligações covalentes.



**Figura 1:** Esquema representativo do polímero Nylon 6.6. (fonte: autoria pessoal)

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 2:** Classificação dos polímeros tendo em conta o número de monómeros (fonte: "Os plásticos e os materiais poliméricos" - powerpoint disponibilizado pela professora)



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

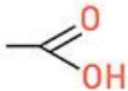
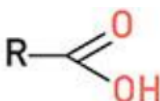
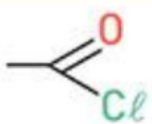
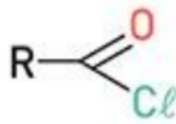
- **Polimerização de adição:**

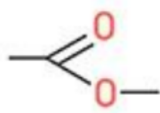
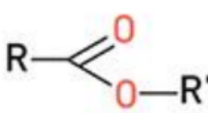

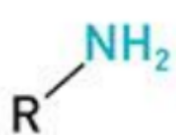
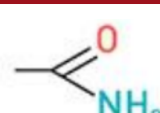
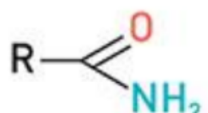
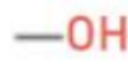
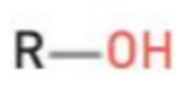

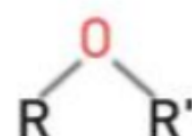

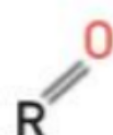

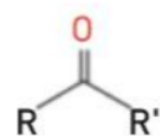
O polímero é o **único produto formado** visto que os monómeros são totalmente incorporados na cadeia. Estes monómeros apresentam obrigatoriamente uma **ligação dupla ou tripla**, uma vez que é através dela que a polimerização ocorre. Este tipo de polimerização origina **polímeros de adição**.

- **Polimerização de condensação:**

Parte do monómero não é integrado na cadeia, resultado da **libertação 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**.

E que **grupos funcionais** são esses? As várias famílias de compostos orgânicos a que diferentes monómeros podem pertencer são: **álcoois, éteres, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, cloretos de ácido, ésteres, aminas e amidas**. Vamos estudar cada uma destas **famílias de compostos orgânicos**:

Família de compostos orgânicos	Grupo funcional	Fórmula geral	Nomenclatura IUPAC
Ácidos carboxílicos	 Carboxilo		Ácido + nome de R + sufixo -oico
Cloretos de ácido	 Derivam dos ácidos carboxílicos pela substituição do grupo OH por cloro		Cloreto de + nome de R + sufixo -oílo

Ésteres	 <p>Derivam dos ácidos carboxílicos pela substituição do H do grupo OH por um radical orgânico</p>		Nome de R + sufixo -ato + de + nome de R' (-ilo)
Aminas	 <p>Amino</p> <p>Derivam do amoníaco, pela substituição, parcial ou total, dos H por radicais orgânicos</p>		Nome de R (-il) + sufixo -amina
Amidas	 <p>Derivam dos ácidos carboxílicos pela substituição do grupo OH por um grupo amino</p>		Nome de R + sufixo -amida
Álcoois	 <p>Hidroxilo</p>		Nome de R + sufixo -ol
Éteres	 <p>Derivam dos álcoois pela substituição do H do grupo OH por um radical orgânico</p>		Nome da cadeia mais simples (+ oxi) + nome da cadeia mais complexa
Aldeídos	 <p>Carbonilo (no fim da cadeia carbonada)</p>		Nome de R + sufixo -al
Cetonas	 <p>Carbonilo (no meio da cadeia carbonada)</p>		Nome de R + sufixo -ona

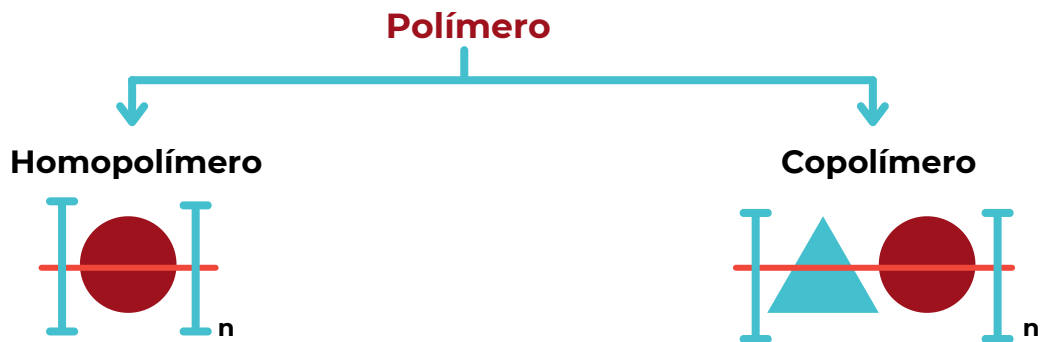
**Figura 3:** Família de compostos orgânicos (fonte: "Os plásticos e os materiais poliméricos" - powerpoint disponibilizado pela professora)

Assim e de acordo com o(s) grupo(s) funcional(ais) que o(s) seu(s) monómero(s) apresentam, os **polímeros dividem-se por famílias**:

Família de polímeros	Grupo funcional característico	Tipo de polímero de acordo com a polimerização que ocorre
Poliiolefinas	$  \begin{array}{c}  R''' \quad R \\  \diagdown \quad / \\  C = C \\  / \quad \diagdown \\  R'' \quad R' \\  \text{(Alceno)}  \end{array}  $	Polímero de adição
Poliacrílicos	$  \begin{array}{c}  CH_2 = CH \\    \\  C \equiv N \\  \text{(Acrilonitrilo)}  \end{array}  $	Polímero de adição
Poliuretanos	$  \begin{array}{cc}  R-N=C=O & R-OH \\  \text{(Isocianato)} & \text{(Álcool)}  \end{array}  $	Polímero de condensação (perda de moléculas de reduzida dimensão).
Poliâmidas	$  \begin{array}{cc}  \begin{array}{c} O \\ // \\ R-C \\   \\ OH \end{array} & R-NH_2 \\  \text{(Ácido carboxílico)} & \text{(Amina)}  \end{array}  $	Polímero de condensação (perda de moléculas de água por cada ligação que se forma).
Poliésteres	$  \begin{array}{cc}  \begin{array}{c} O \\ // \\ R-C \\   \\ OH \end{array} & R-OH \\  \text{(Ácido carboxílico)} & \text{(Álcool)}  \end{array}  $	Polímero de condensação (perda de moléculas de água por cada ligação que se forma).

Figura 4: Família de polímeros (fonte: "Os plásticos e os materiais poliméricos" - powerpoint disponibilizado pela professora)

O polímero que resulta da reação de polimerização pode ser classificado como **homopolímero**, se os monómeros que se ligam são todos iguais, ou **copolímero** se os monómeros que se ligam são diferentes.



**Figura 5:** classificação dos polímeros tendo em conta os monómeros que os constituem

Dentro dos polímeros podemos ainda dividi-los em outras três categorias:

- **Polímeros naturais:** polímeros encontrados na **natureza**.
- **Polímeros artificiais:** polímeros **naturais modificados**.
- **Polímeros sintéticos:** **produzidos industrialmente** sem recurso a polímeros naturais.

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

- **Polímeros lineares:** apresentam cadeias poliméricas lineares, ou seja, não ramificadas.
- **Polímeros ramificados:** as suas cadeias poliméricas são ramificadas e formam grandes estruturas isoladas.
- **Polímeros reticulados:** as suas cadeias poliméricas conectam-se entre si.

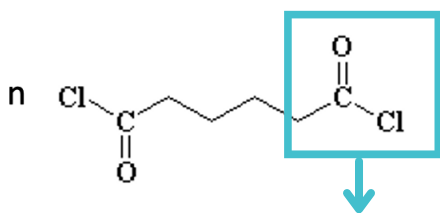
Como referido na introdução do presente relatório, o polímero central desta atividade laboratorial é o **nylon 6.6**. Este foi sintetizado pela primeira vez em 1929, tendo surgido apenas como substituinte da seda, já que esta possuía um preço bastante elevado. No entanto, com o passar do tempo, as capacidades que o mesmo apresentou para formar **fios sedosos e muito resistentes, tornaram-no na fibra têxtil mais utilizada no mundo industrial**.



O nylon é obtido por diferentes combinações de **diaminas** com **diácidos**. No entanto, para a obtenção do nylon 6.6. é **muito frequente a reação entre 1,6-hexanodiamina com o cloreto de adipoíla**.

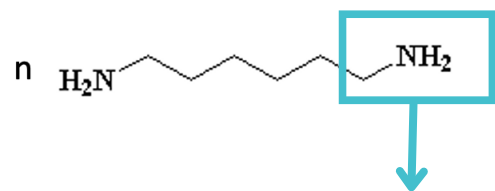
E porquê nylon **6.6.**? A numeração deste polímero **remete-nos para a sua constituição** e explica-nos ainda o porquê de este ser um material tão resistente. Vamos então começar por analisar os **monómeros** que, nesta atividade, **originam o nylon 6.6.:**

**Diácido:** cloreto de adipoíla



**Grupo funcional:** cloreto de ácido

**Diamina:** 1,6-hexanodiamina

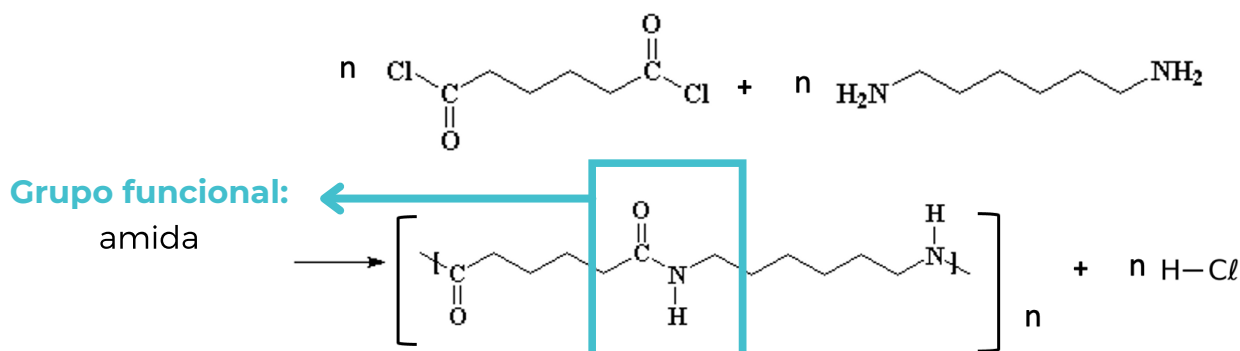


**Grupo funcional:** amina

Repare-se que tanto o **diácido como a diamina, possuem 6 carbonos**, de onde surge a numeração "6.6.". Por essa razão, a soma destes reagentes, originará um polímero de **longa cadeia carbónica** (12 carbonos). Como sabemos, quanto maior a cadeia carbónica, maior será o ponto de fusão e ebulição do material, por outras palavras o material será mais **resistente**.

Contudo, as propriedades do nylon são também explicadas pelo procedimento a partir do qual este é obtido uma vez que, **para que a fibra se torne elástica e resistente, esta precisa de ser fundida num ponto de fusão elevado**, isto é, a altas temperaturas.

**Reação química que reflete o processo de obtenção do nylon:**



A reação entre o **grupo funcional amina** da **1,6-hexanodiamina** com o **grupo cloreto de ácido do diácido**, originam um outro grupo funcional: **amida**, presente na cadeia polimérica do polímero resultante. Assim e segundo aquilo que dissemos anteriormente, o nylon **pertence à família de polímeros poliamidas**, já que o grupo cloreto de ácido e amina são grupos constituintes dos seus monómeros. A molécula resultante tem, numa das suas extremidades, o grupo  $-NH_2$  que pode reagir com um monómero que contenha  $-COCl$ . Semelhantemente, a outra extremidade desta molécula é formada pelo grup  $-COCl$ , podendo reagir também com um monómero  $-NH_2$  . Constituído por uma sequência alternada de monómeros, o fio de nylon será então formado.

Podemos aferir ainda que este é um **polímero de policondensação** uma vez que a reação de polimerização ocorre **através dos grupos funcionais** de duas moléculas que se ligam, com **formação simultânea de outras moléculas**, no caso do **ácido clorídrico**. Tal é observável na reação acima apresentada, já que, a cada amida formada, uma molécula de ácido clorídrico é eliminada. Resultado das moléculas de ácido clorídrico eliminadas no decorrer do processo, será expectável que durante a formação do polímero, **se verifique um gás**, que será vapor de ácido clorídrico, pelo que se torna imprescindível a utilização da **hotte**.

Com isto podemos então dizer que o **nylon** é classificado como um **copolímero** uma vez que é originário de monómeros diferentes. Quanto à sua natureza é ainda caracterizado como um polímero **sintético** já que este é produzido industrialmente sem recurso a polímeros naturais. Por último, por pertencer a família das poliamidas lineares, o nylon apresenta também uma **cadeia linear**.

Como já foi referido na introdução, na presente atividade laboratorial será utilizada uma técnica de polimerização em específico - a **polimerização interfacial**. Esta técnica é aplicada à **policondensação** e exige pelo menos **dois monómeros**. É procedida na **interface de dois solventes**, cada um contendo um dos monómeros.

# FASE LABORATORIAL



## MATERIAL

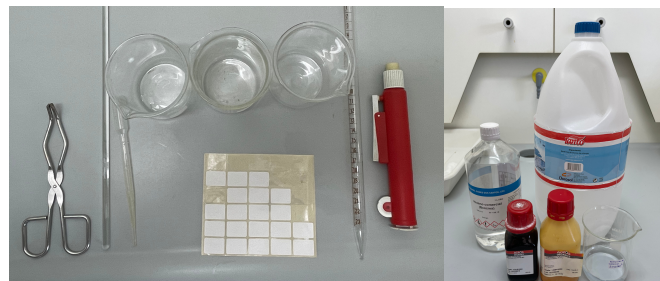


Figura 6: Materiais e reagentes utilizados

### Material

3 gobelés de (200 ± 25) mL

2 pipetas de (5 ± 0,03mL)

2 pipetas de (25 ± 0,06 mL)

Macrocontrolador

Pipeta de Pasteur

2 varetas de vidro

Rótulos

Material de escrita

### Reagentes

Cloreto de adipoíla ( $C_6H_8Cl_2O_2$ )

Hexano ( $C_6H_{14}$ )

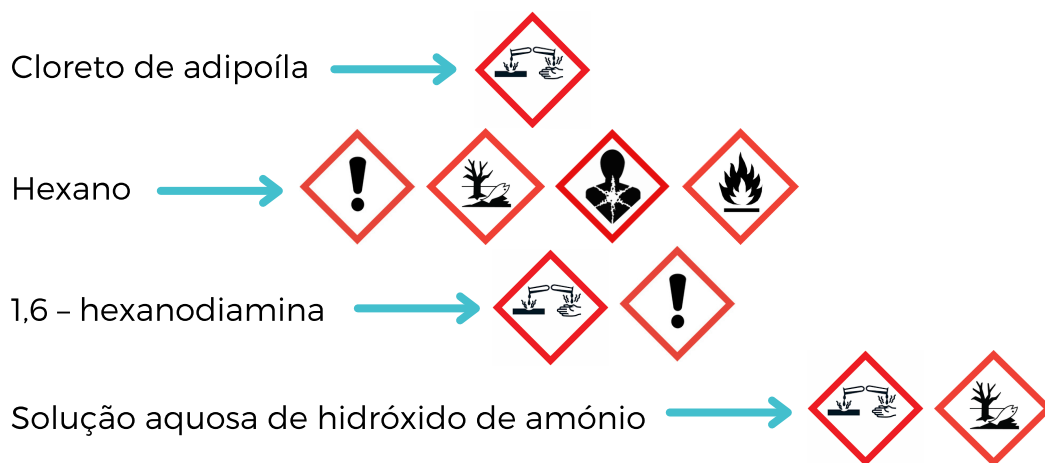
1,6 - hexanodiamina ( $C_6H_{16}N_2$ )

Solução aquosa de hidróxido de amónio 2 mol/dm<sup>3</sup> ( $NH_4OH$ )

Corante alimentar vermelho

Água destilada

## CUIDADOS DE SEGURANÇA A CONSIDERAR:



A utilização de certos reagentes implica o seguimento escrupuloso dos cuidados a ter em conta aquando a sua manipulação. Isto é, requerem a análise meticulosa dos seus rótulos, mais propriamente dos pictogramas de perigo neles evidenciados de forma a prevenir a situação hipotética de causar algum dano quer seja a quem os está a utilizar quer ao meio laboratorial envolvente. No caso, como podemos compreender pelo rótulo do reagente hexano este é inflamável e por isso, aquando a sua manipulação, não devemos foguear perto deste reagente, mantendo-o afastado das chamas. Além disso, tanto o hexano, como o reagente 1,6-hexanodiamina são ambos nocivos o que implica a utilização da hotte, de luvas e de óculos de proteção tendo em vista não só evitar o contacto dos mesmos com a pele e olhos, assim como prevenir a inalação de vapores provenientes dos mesmos. O hexano é ainda uma substância carcinogénica e, portanto, é necessário recorrer e utilizar escrupulosamente o equipamento de proteção supramencionado. Por último, este reagente, assim como a solução aquosa de hidróxido de amónio são substâncias prejudiciais ao ambiente, pelo que, após a sua utilização devem ser colocadas num recipiente de recolha de resíduos destinadas para o efeito uma vez que não devem ser despejados diretamente na banca. Relativamente ao reagente cloreto de adipoíla, este é uma substância corrosiva assim como os reagentes 1,6-hexanodiamina e hidróxido de amónio, sendo conseqüentemente necessário o uso de luvas e óculos para evitar o contacto dos mesmos com a pele e com os olhos, como também a utilização da bata torna-se imprescindível tendo em vista proteger o vestuário de quem os está a utilizar.





# PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Com o auxílio da pipeta de  $(25 \pm 0,06)$  mL e do macrocontrolador, pipetamos  $(25 \pm 0,06)$  mL de hexano (figura 7) para um gobelé de 200 mL (figura 8);
2. Além disso, através da pipeta de  $(5 \pm 0,03)$  mL, medimos  $(1 \pm 0,03)$  mL do reagente cloreto de adipoíla (figura 9) e adicionamo-lo ao gobelé supramencionado (figura 10);
3. De seguida, rotulamos este mesmo gobelé como “solução A” (figura 11);
4. Utilizando outra pipeta volumétrica de  $(5 \pm 0,03)$  mL, pipetamos  $(1 \pm 0,03)$  mL de 1,6 – hexadioamina (figura 12) para um gobelé diferente (figura 13);
5. Neste mesmo gobelé adicionamos  $(25 \pm 0,06)$  mL de água medidos através de uma pipeta de  $(25 \pm 0,06)$  mL (figura 14) (figura 15);
6. Ainda no último gobelé referido, gotejamos 5 gotas de hidróxido de amónio  $2 \text{ mol/dm}^3$  (figura 16) utilizando a pipeta de Pasteur (figura 17);
7. À posteriori, rotulamos este mesmo gobelé como “solução B” (figura 18);
8. Depois de terminada a preparação de ambas as soluções (A e B), vertemos cuidadosamente a solução B para a A de modo a que fosse possível distinguir as ambas as soluções, isto é, a existência de duas fases (figura 19);
9. Recorrendo à vareta de vidro, retiramos a camada de nylon formada na interface das duas fases enrolando-a na mesma (figura 20);
10. De seguida, lavamos o fio de nylon enrolado na vareta com água corrente (figura 21) e desembaraçamo-lo (figura 22);
11. Por fim, adicionamos um pouco de corante vermelho (figura 23) num gobelé com água e introduzindo o fio de nylon nesta solução corada (figura 24), tingimo-lo (figura 25);
12. Depois de formado e tingido, deixamos o polímero ao ar livre para que este secasse (figura 26).

# FLUXOGRAMA

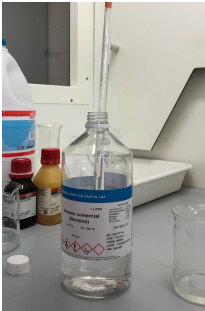


Figura 7



Figura 8

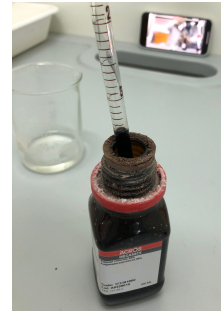


Figura 9

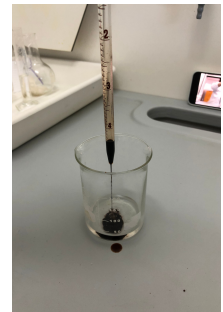


Figura 10



Figura 11



Figura 12

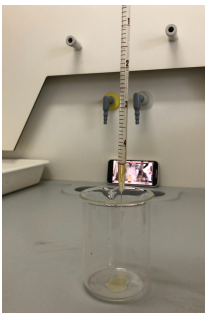


Figura 13



Figura 14



Figura 15

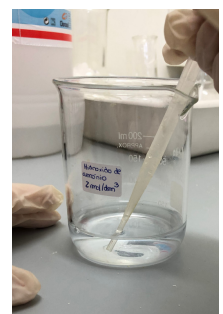


Figura 16

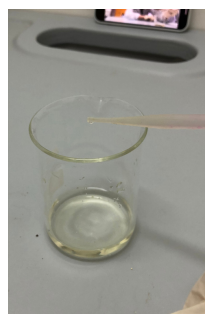


Figura 17

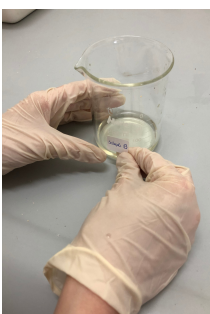


Figura 18



Figura 19



Figura 20



Figura 21



Figura 24

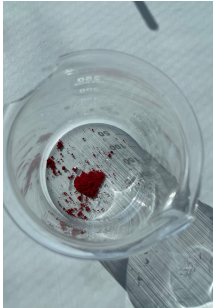


Figura 23



Figura 22



Figura 25



Figura 26

# ALTERAÇÕES AO PROTOCOLO PROPOSTO

O protocolo laboratorial pelo qual nos orientamos para a consumação desta experiência tinha como principal objetivo a formação de um fio de nylon 6.6. a partir da condensação de dois monómeros. Contudo, como foi referido na introdução do presente relatório, para que esta atividade laboratorial se enquadrasse na temática escolhida pelo grupo CMYK, a cor, e para que esta se tornasse mais dinâmica, para além da obtenção do fio de nylon 6.6. tingimo-lo numa solução aquosa corada por corante alimentar vermelho.



## REGISTO DE DADOS

**Aspeto:**

**Gelatinoso, sólido e insólvel**

**Como foi obtido:**

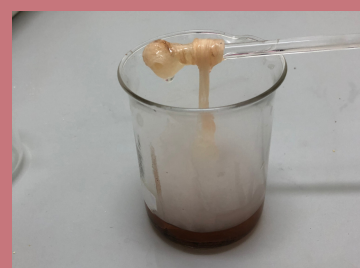
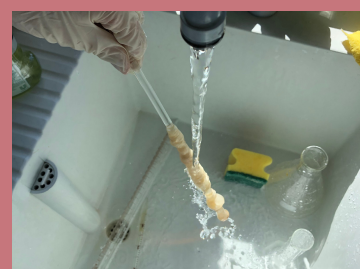
**Polimerização interfacial** - colocamos a vareta de vidro na interface dos dois solventes e enrolamos o polímero na mesma

**Quantidade obtida:**

Apesar de não ter sido pesado, o que deveríamos ter feito, verificamos que a **quantidade de nylon obtida foi considerável.**

**Resistência:**

**Pouco resistente**



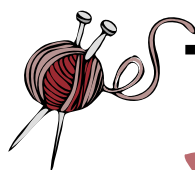


## POSSÍVEIS CAUSAS DE ERRO

Vista globalmente, consideramos que a concretização desta atividade laboratorial pode ser caracterizada de um modo bastante positivo visto que, obtivemos um fio de nylon 6.6. de cor vermelha após o seu tingimento. Contudo e como referido na introdução teórica deste relatório, o nylon é um polímero bastante resistente o que não se verificou no nosso ensaio experimental, uma vez que quando sujeito a forças o mesmo cedia e quebrava. Tal pode ser resultado de diversos fatores entre eles:

- **Incorreta concentração dos reagentes:** uma vez que os reagentes foram previamente diluídos, estes podem não possuir a concentração que deveriam ter e como tal, os resultados não corresponderam completamente aos esperados;
- **Procedimento indevido:** o processo de lavagem do fio de nylon com água corrente, não deveria ter sido executado uma vez que o nylon é uma molécula polar e, como tal, ao lavá-lo algumas das suas ligações poderiam ter sido quebradas, tornado o polímero menos resistente.

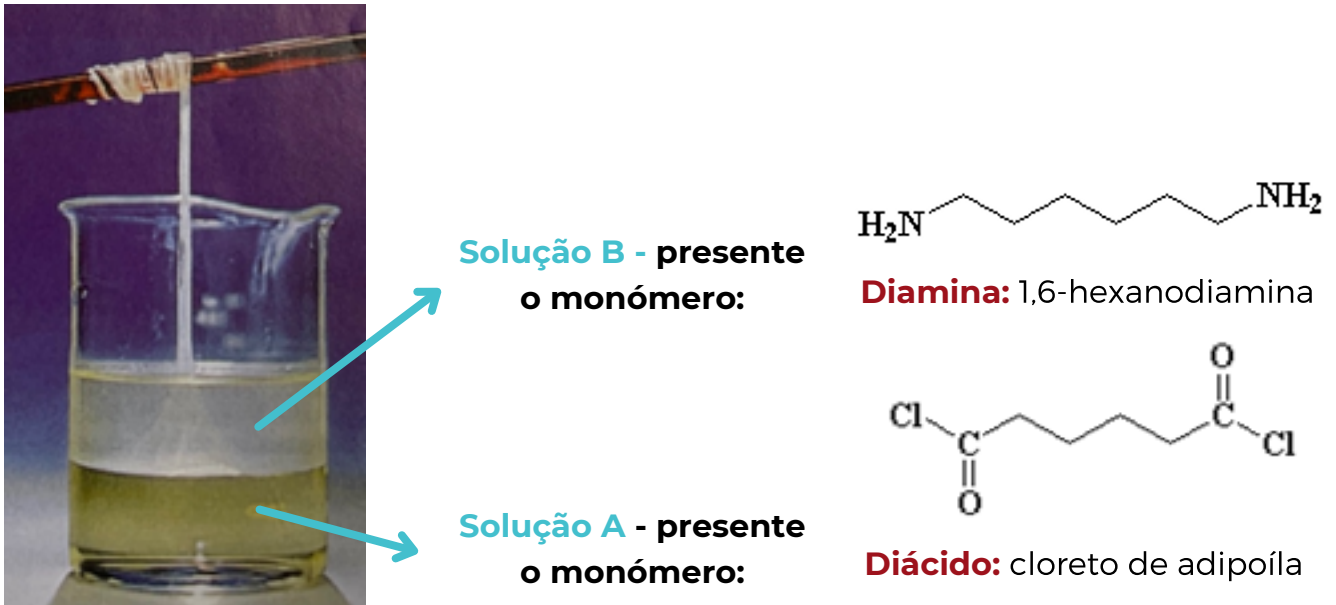
## FASE PÓS- LABORATORIAL



### TRATAMENTO DE DADOS

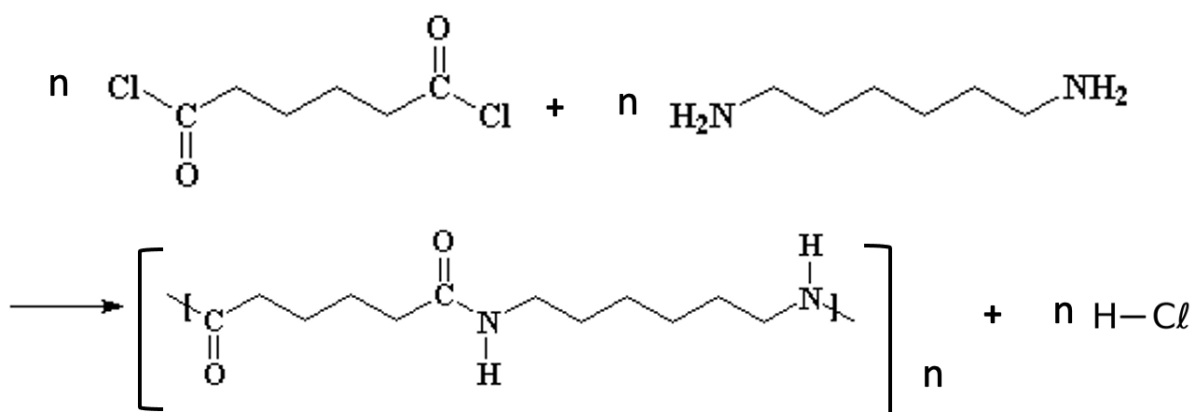
Como previsto na fundamentação teórica deste relatório, através de uma **reação de policondensação**, já que esta reação ocorreu entre grupos funcionais, **obtivemos o nylon 6.6.** que se apresentou como um composto **sólido e insolúvel**. Para além disso, e como previamente referido, verificamos a expulsão de moléculas mais pequenas, no caso de **ácido clorídrico**, o que pôde ser confirmado pela **libertação de vapores consequentes da perda destas moléculas.**

Como supramencionado, o polímero **formou-se na interface das duas fases**, pelo que esta é denominada como uma **polimerização interfacial**, sendo que **não é uma reação catalisada**. Em cada uma destas fases encontram-se um dos monómeros que constituem o polímero nylon 6.6.:



**Figura 27:** Esquema representativo dos monómeros presentes nas diferentes soluções (fonte da imagem utilizada: livro Técnicas Laboratoriais de Química II)

Como observável na figura, no monómero presente na solução A, cloreto de adipoíla, encontra-se o grupo funcional **cloreto de ácido**. Já no monómero presente na solução B, 1,6-hexanodiamina, verificamos a existência do grupo **amina**. Na interface das soluções, e uma vez que cada monómero apresenta nas suas extremidades os grupos funcionais já mencionados, estes reagiram entre si, originando um **outro grupo funcional: amida**, presente no nylon 6.6, pertencendo por isso à família das poliamidas, como podemos comprovar pelo seguinte esquema representativo da reação:



Para o fio de nylon 6.6. ser formado, o grupo  $-NH_2$  presente numa das suas extremidades, reage com um monómero que contenha  $-COCl$ . De igual forma, a outra extremidade desta molécula é formada pelo grupo  $-COCl$  reagindo então com um monómero que tenha  $-NH_2$ . Assim, **através destas sucessivas ligações, o fio de nylon foi obtido.**

Como mencionado no registo de dados, a quantidade de nylon 6.6. foi considerável. No entanto, este atingiu o seu fim, no momento em que os reagentes foram totalmente consumidos. Verificamos também que, **apesar do nylon ser reconhecido pela sua resistência, o fio de nylon obtido era frágil**, cedendo quando lhe eram exercidas forças. Uma hipótese para que o polímero de nylon se tornasse mais resistente seria a **adição de outros compostos à molécula**, ou até **fundi-lo num ponto de fusão elevado**, isto é, a altas temperaturas.

Por último é importante referir, que tal como supramencionado na fundamentação teórica, obtivemos um polímero:

- **Copolímero**, uma vez que é obtido a partir de dois monómeros diferentes;
- **Sintético**, já que é produzido sem recurso a polímeros naturais;
- **De cadeia linear**, como é perceptível pela sua estrutura molecular.



## CONCLUSÃO

---

Em consonância com o trabalho produzido, verificamos que cumprimos de forma solene, o desígnio ao qual nos propusemos. Uma vez que, através de uma reação de polimerização de condensação obtivemos um fio nylon 6.6., pela condensação de dois monómeros: uma diamina (1,6-hexanodiamina) e um diácido (cloreto de adipoíla). Para tal utilizamos uma técnica de polimerização que até então nos era desconhecida: a polimerização interfacial. Com isto, podemos concluir que a concretização desta atividade nos permitiu não só aprofundar conhecimentos teóricos previamente abordados, do que são exemplo as reações de polimerização, como também, conhecer e concretizar novas técnicas associadas ao trabalho laboratorial. Por último, é também importante mencionar que, o facto de termos tingido o polímero por nós obtido, avolumou, mais uma vez, a nossa gnose sobre a relação da química com a cor.

## FONTES E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS FREQUENTADAS

- 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].
- MÁXIMA, Sofia; AZEVEDO, Patrícia; TAVARES, João; RAÍNHO, André - Síntese do nylon, relatório científico, 2017, consultado em 20/05/2021, disponível em: <https://gqj.spq.pt/chemrus/2017/35.pdf>
- PACHECO, Nayara; COELHO, Mariana; GOMES, Margarida - We made it - Nylon 6.6, relatório científico, 2018, consultado em 20/05/2021, disponível em: <http://gqj.spq.pt/chemrus/2018/4.pdf>
- SOUZA, Líria - MUNDO DA EDUCAÇÃO " Polímero Nylon", blog, consultado em 21/05/2021, disponível em <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/nylon-um-polimero-resistente.htm>
- ARTHUSO, Aline; SCHULZ, Carolina; JOAQUIM, Raquel - Síntese da ureia e nylon, relatório científico, 2018, consultado em 21/05/2021, disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/69260531/sintese-da-ureia-e-nylon>
- Autor desconhecido -MAKING NYLON 6,6, artigo científico, consultado em 01/06/2021, disponível em <https://pslc.ws/macrog/nysyn.htm>
- SILSVA, Cristina; CUNHA, Carlos; VIEIRA, Miguel - Eu e a Química 12 (Manual). 1º edição. Porto Editora. 2019. ISBN 365 4099-023 Porto, Portugal.
- Autor desconhecido - "Os plásticos e os materiais poliméricos", powerpoint, consultado em 29/05/2021, disponível em Classroom



## ANEXOS



### Protocolo de referência

1. Coloque 25 mL de hexano num copo de precipitação. Junte-lhe 1 mL de cloreto de hexanodioílo;
2. Rotule o copo como "solução A";
3. Coloque 1 mL de 1,6 - hexanodiamina num copo de precipitação. Junte-lhe 25 mL de água e 5 gotas de hidróxido de amónio;
4. Rotule o copo como "solução B";
5. Verta a solução B sobre a solução A com muito cuidado, de modo a manter as duas fases separadas;
6. Retire a camada de Nylon formada na interface e enrole-a numa vareta de vidro;
7. Lave o fio enrolado com água;
8. Coloque o fio ao ar livre para secar.