

SEMÁFORO QUÍMICO

Ano letivo 2020/21
4 de Dezembro de 2020



Ana Moreira N° 11364
João Magalhães N° 11375

ÍNDICE

Fase pré-Laboratorial

Introdução.....	3
Fundamentação teórica	4

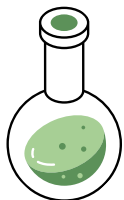
Fase laboratorial

Material.....	8
- Cuidados de segurança a considerar.....	9
Procedimento experimental.....	10
- Fluxograma.....	11
- Alterações ao protocolo proposto.....	13
Registo de dados.....	13
- Possíveis causas de erro.....	16

Fase pós-Laboratorial

Tratamento de dados.....	17
Conclusão.....	21
Fontes e referências bibliográficas.....	22
Anexos.....	23

FASE PRÉ- LABORATORIAL



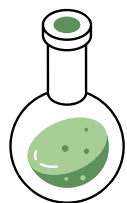
INTRODUÇÃO

Objetivo geral: observar a alteração da cor de uma solução com base na interpretação das reações de oxidação-redução que ocorrem na mesma determinando a quantidade de vezes que o ciclo da variação de cor pode ser repetido.

A atividade laboratorial que será consumada, terá como objetivo a obtenção de um semáforo químico. Assim, perspetivamos visualizar a alteração da cor de uma solução, através da agitação gradual da mesma, de amarela para vermelha e de vermelha para verde. Ao deixar a solução repousar, as mudanças de cor deverão reverter-se até ao momento em que a solução apresente novamente a sua coloração inicial (amarela). Tal deve-se às reações de oxidação-redução que ocorrem dentro do balão de fundo chato (recipiente utilizado para fazer a mistura), entre o oxigénio e os restantes reagentes presentes no mesmo. Neste caso, os reagentes são: o índigo-carmim. ($C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$), a glicose ($C_6H_{12}O_6$) e hidróxido de sódio ($NaOH$). Assim, quando um dos intervenientes desta atividade se esgota a coloração da solução não variará mais, ou seja, o processo apenas poderá ser repetido num número limitado de vezes.

Objetivos específicos:

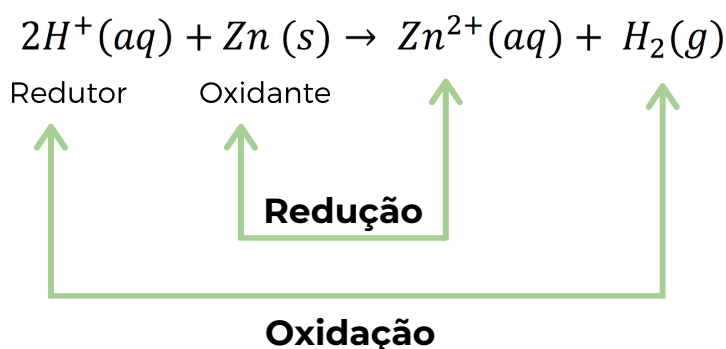
- Consolidar técnicas experimentais e aprimorar conhecimentos do trabalho laboratorial;
- Preparar de forma correta soluções de diferentes reagentes e concentrações;
- Depreender os fundamentos teóricos que explicam o fenómeno da alteração da cor que será observado nesta atividade laboratorial relacionando-os com os dados registados;
- Interpretar os resultados bem como o número de vezes em que foi possível agitar a solução e, conseqüentemente, verificar a alteração da sua coloração;
- Concluir sobre a atividade efetuada evidenciando e avaliando possíveis causas de erro associadas ao trabalho laboratorial efetuado;
- Executar de forma metódica o protocolo experimental planificado, respeitando as normas de segurança adotadas no laboratório.



FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na base desta atividade laboratorial estão as **reações de oxidação-redução** que podem ser caracterizadas, de forma simplista, por reações em que **ocorre transferência de elétrons**.

Assim, enquanto que as reações de **oxidação levam à perda de elétrons**, as reações de **redução conduzem ao ganho de elétrons**. Como uma espécie apenas se comporta como oxidante na presença de um redutor e vice-versa, falamos não apenas de reações de oxidação ou de redução, mas sim de oxidação-redução ou redox, como é possível compreender pelo seguinte exemplo:



Semirreação de oxidação: $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

Semirreação de redução: $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$

Para facilitar o reconhecimento de reações de oxidação-redução, os químicos introduziram o conceito de **número de oxidação (n.o.)**. Este é o número de elétrons que um átomo perde ou ganha na ligação iônica, ou que ganharia ou perderia se os elétrons da ligação fossem transferidos para o átomo com maior tendência para atrair os elétrons na ligação covalente.

$\Delta n.o. > 0$ Elétrons **perdidos**

$\Delta n.o. < 0$ Elétrons **ganhos**

Agente Redutor	Agente Oxidante
Provoca reduções	Provoca oxidações
É oxidado	É reduzido
Perde eletrões	Ganha eletrões
n.o. aumenta	n.o. diminuiu

Um dos reagentes que iremos empregar no desenvolvimento desta atividade laboratorial é o índigo-carmim ($C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$), que é um indicador de pH. O **pH** é um parâmetro importante na caracterização de soluções aquosas que está relacionado com o **maior ou menor grau de acidez/basicidade das soluções**. Para misturas usuais os valores de pH variam entre **0 e 14**, na **escala de Sorensen**, que é apenas definida para substâncias a **25°C**.

Se $[H_3O^+] > [OH^-]$, a solução é **ácida** e o **pH < 7**

Se $[H_3O^+] = [OH^-]$, a solução é **neutra** e o **pH = 7**

Se $[H_3O^+] < [OH^-]$, a solução é **básica** e o **pH > 7**



A acidez de uma solução será tanto maior quanto menor for o valor de pH.

Existem **indicadores de pH** que, dependendo da sua zona de viragem, são mais indicados para certas reações. Esta **zona de viragem** é o intervalo de pH em que se observa **mudança de cor e que difere de indicador para indicador**.

O responsável pela mudança de cor de um indicador ácido-base é o par ácido-base conjugado: $HInd / Ind^-$. **A cor do indicador de pH depende do meio em que este se encontra:** $HInd + H_2O \leftrightarrow Ind^- + H_3O^+$

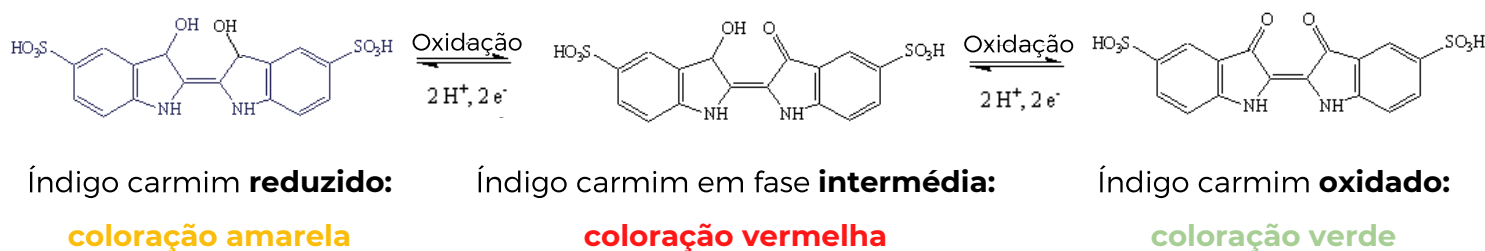
Assim, conforme prevê o princípio de Le Châtelier:

- Se o indicador índigo-carmim, for adicionado a um meio em que o pH seja **inferior a 11.4**, uma maior $[H_3O^+]$ favorecerá a **reação inversa**, ou seja, favorece a formação do *HInd* logo, revela-se a **cor azul do indicador**.
- Se o indicador índigo-carmim, for adicionado a um meio em que o pH seja **superior 13**, a menor $[H_3O^+]$ favorecerá a **reação direta**, ou seja, favorece a formação do *Ind⁻* logo, revela-se a **cor amarela do indicador**.



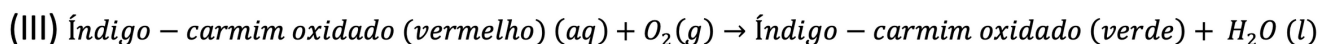
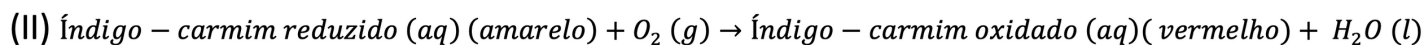
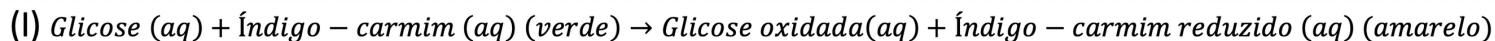
Figura 1: Esquema da zona de viragem do índigo-carmim

No entanto, o índigo carmim não é apenas um indicador ácido-base uma vez que, também pode atuar como um **indicador redox** já que, quando **oxidado**, exibe uma coloração **verde**, numa **fase intermédia** a sua cor é **vermelha** e quando se encontra **reduzido** apresenta um tom **amarelo**. As reações químicas que irão ocorrer no processo de oxidação do índigo-carmim encontram-se aqui evidenciadas:



Os reagentes presentes nas reações que vão ocorrer são o índigo carmim, o hidróxido de sódio e a glicose. O hidróxido de sódio funciona como um **recetor de prótons**, a glicose em meio básico vai funcionar com **agente redutor**, oxidando-se no processo e reduzindo o índigo carmim. O oxigénio presente no ar funciona como **agente oxidante**, oxidando o índigo carmim.

As reações que ocorrem podem ser descritas pelas seguintes equações:



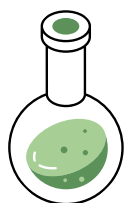
Assim, o índigo-carmim na sua forma **verde** reagirá com a glicose que se encontrará em solução. Quando ele reagir com a glicose, oxidá-la-á, aparecendo o índigo-carmim na forma reduzida com cor **amarela**. A introdução de oxigénio no meio, através da agitação, permite a oxidação do índigo-carmim passando este pela fase intermédia que é o **vermelho**.



Figura 2: Previsão sequência de cores a observar durante a atividade

Podemos inferir que a reação terminará no momento em que um dos reagentes se esgotar (glicose ou oxigénio) por isso, a partir desse instante, é previsível que **não se verifique qualquer alteração na cor da solução**. Como o oxigénio presente é o existente no ar, será de concluir que as reações terminarão quando já não existir glicose para provocar a redução do índigo-carmim.

FASE LABORATORIAL



MATERIAL

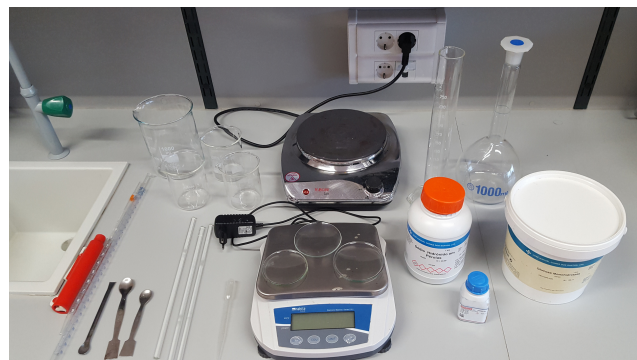


Figura 3: Materiais e reagentes utilizados

Material

3 varetas de vidro

3 vidros de relógio

3 espátulas

3 gobelés

Macro controlador (ou pipetador)

Pipeta de (10,00 ± 0,05)mL

Proveta graduada de (50,0 ± 0,5)mL

Balão Erlenmeyer (100,0 ± 0,4)mL

Conta-gotas

Placa de aquecimento

Balança digital (± 0,1 g)

Reagentes

Água destilada (H_2O)

Glicose ($C_6H_{12}O_6$)

Hidróxido de sódio ($NaOH$)

Índigo-carmim ($C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$)

CUIDADOS DE SEGURANÇA A CONSIDERAR:

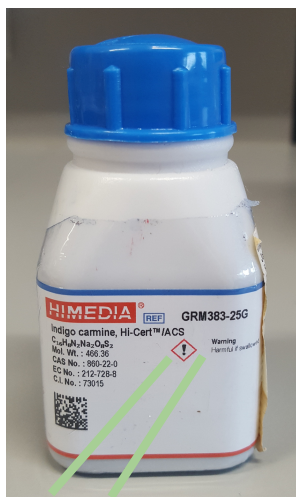


Figura 4: Rótulo do índigo-carmim



Reagente nocivo ou irritante

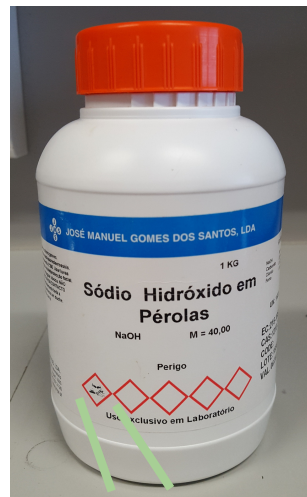
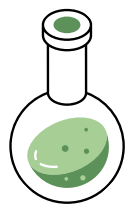


Figura 5: Rótulo do hidróxido de sódio



Reagente corrosivo

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, o hidróxido de sódio, é uma substância corrosiva. Assim sendo, e para evitar corrosões cutâneas ou lesões oculares graves, é recomendado o uso de bata, luvas e óculos para que seja possível evitar o contacto desta solução com a pele, olhos e vestuário. Outro dos reagentes que será utilizado é o índigo-carmim que, segundo o seu pictograma, é uma substância nociva. Como tal, e para evitar irritações das vias respiratórias, cutâneas, oculares e efeitos narcóticos torna-se fundamental que, no momento da sua utilização, seja necessário não só o uso de óculos, luvas e bata, pelas razões evidenciadas previamente, como também o uso da hotte para assim prevenir a inalação de vapores provenientes do mesmo.



PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Medimos (100,0 ± 0,5)mL, (20,0 ± 0,5)mL e (140,0 ± 0,5)mL de água destilada para três gobelés diferentes com o auxílio de uma proveta de (50,0 ± 0,5)mL (figura 6 e figura 7) (registo 1);
2. Preparamos a solução de índigo-carmim com uma concentração de $4,3 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ (registo 2.1):
 - Pesamos (0,2 ± 0,1)g de índigo carmim (figura 8) (registo 2);
 - Transferimos o reagente para o gobelé 1, que continha 100 mL de água destilada (figura 9) e dissolvemo-lo com o auxílio da vareta de vidro (figura 10);
3. Preparamos a solução de glicose com uma concentração de $1,26 \text{ mol/dm}^3$ (registo 3.1):
 - Pesamos (5,0 ± 0,1)g de glicose (figura 11) (registo 3);
 - Transferimos o reagente para o gobelé 2, que continha 20 mL de água destilada (figura 12) e dissolvemo-lo com o auxílio da vareta de vidro (figura 13);
4. Preparamos a solução de hidróxido de sódio com uma concentração de $0,571 \text{ mol/dm}^3$ (registo 4.1):
 - Pesamos (3,2 ± 0,1)g de hidróxido de sódio (figura 14) (registo 4);
 - Transferimos o reagente para o gobelé 3, que continha 140 mL de água destilada (figura 15) e dissolvemo-lo com o auxílio da vareta de vidro (figura 16);
5. Pipetamos (40,00 ± 0,05)mL da solução de índigo carmim, com o auxílio de uma pipeta de (10,00 ± 0,05)mL, para um balão de fundo chato (figura 17 e 18) e registamos a cor que a mesmo apresentava (registo 5);
6. Aquecemos ligeiramente a solução de hidróxido de sódio utilizando a placa de aquecimento (figura 19);
7. Transferimos para o balão de fundo chato, onde previamente tinha sido adicionado o índigo carmim, a solução de hidróxido de sódio e agitando a solução, homogeneizamo-la (figura 20);
8. Depois de ser homogeneizada, registamos a cor que a solução apresentava (figura 21) (registo 5);
9. Vertemos a solução de glicose para o recipiente onde tinham sido adicionadas as outras duas soluções, arrolhamos o mesmo (figura 22) e procedemos à agitação do balão de fundo chato registando o que se sucedeu (figura 23) (figura 24) (figura 25) (registo 5);
11. Continuamos a agitar a solução até ao momento em que não ocorreu a alteração da coloração do conteúdo do fundo chato e registamos o número de vezes que tal se verificou (figura 26) (registo 6).

FLUXOGRAMA

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



Figura 6



Figura 7



Figura 8



Figura 11

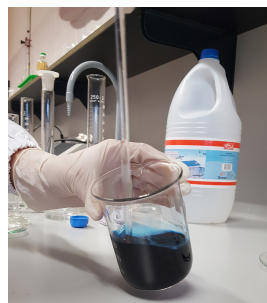


Figura 10

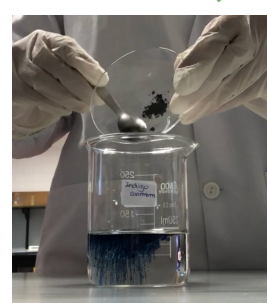


Figura 9



Figura 12

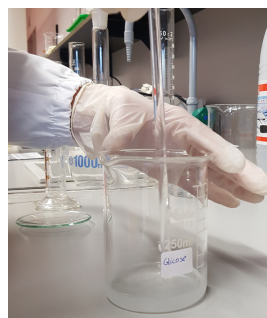


Figura 13



Figura 14



Figura 17



Figura 16



Figura 15



Figura 18



Figura 19

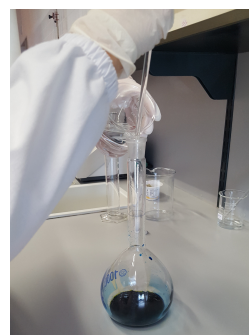


Figura 20



Figura 23

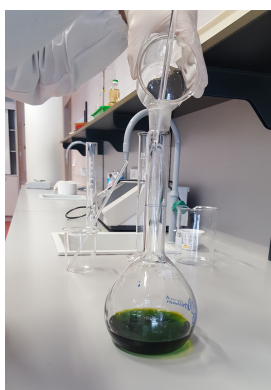


Figura 22



Figura 21



Figura 24



Figura 25



Figura 26

ALTERAÇÕES AO PROTOCOLO PROPOSTO

O protocolo experimental pelo qual nos orientamos para a consumação desta atividade laboratorial, mencionava a utilização de uma proveta para medir e adicionar o volume da solução de índigo-carmim ao balão de fundo chato. No entanto, tendo em vista tornar esta medição mais rigorosa e precisa, optamos por adaptar o nosso protocolo e pipetar a solução de índigo-carmim com o auxílio de uma pipeta e respetivo macro controlador. Para além disso, verificamos também a importância de registar o número de vezes em que foi possível observar a alteração da cor da solução, através da sua agitação, o que não era mencionado no protocolo de referência.



REGISTO DE DADOS

→ **Registo 1:** Volume de água destilada presente nos diferentes gobelés

Gobelé	Volume (mL)
Gobelé 1	(100,0 ± 0,5) mL
Gobelé 2	(20,0 ± 0,5) mL
Gobelé 3	(140,0 ± 0,5) mL

→ **Registo 2:** Massa do reagente índigo-carmim

Reagente	Massa (g)
Índigo-carmim	(0,2 ± 0,1) g

→ **Registo 2.1.:** Cálculo da concentração da solução de índigo-carmim

$$M = 466,36 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$c = \frac{n}{V}$$

$$\Leftrightarrow n = \frac{0,2}{466,36}$$

$$\Leftrightarrow n = 0,00043 \text{ mol}$$

$$\Leftrightarrow c = \frac{0,00043}{0,1}$$

$$\Leftrightarrow c = \mathbf{0,00429 \text{ mol/dm}^3}$$

→ **Registo 3:** Massa do reagente glicose

Reagente	Massa (g)
Glicose	(0,5 ± 0,1) g

→ **Registo 3.1.:** Cálculo da concentração da solução de glicose

$$M = 198,17 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$c = \frac{n}{V}$$

$$\Leftrightarrow n = \frac{5}{198,17}$$

$$\Leftrightarrow n = 0,0252 \text{ mol}$$

$$\Leftrightarrow c = \frac{0,0252}{0,02}$$

$$\Leftrightarrow c = \mathbf{1,26 \text{ mol/dm}^3}$$

→ **Registo 4:** Massa do reagente hidróxido de sódio

Reagente	Massa (g)
Hidróxido de sódio	(3,2 ± 0,1) g

→ **Registo 4.1.:** Cálculo da concentração da solução de hidróxido de sódio

$$M = 40,00 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$c = \frac{n}{V}$$

$$\Leftrightarrow n = \frac{3,2}{40,00}$$

$$\Leftrightarrow n = 0,08 \text{ mol}$$

$$\Leftrightarrow c = \frac{0,08}{0,14}$$

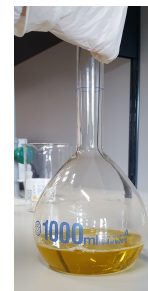
$$\Leftrightarrow c = \mathbf{0,571 \text{ mol/dm}^3}$$

➔ **Registo 5:** Colorações apresentadas pela solução ao longo da atividade laboratorial

Composição da reação	Cor registada	
Índigo-carmim (s) + água (l)	Azul	
Índigo-carmim (aq) + Água (l) + Hidróxido de sódio (aq)	Verde-amarelado	
Índigo-carmim (aq) + Água (l) + Hidróxido de sódio (aq) + Glicose (aq)	Amarelo	
Índigo-carmim (aq) + Água (l) + Hidróxido de sódio (aq) + Glicose (aq) + Oxigénio (g)	Vermelho	
Índigo-carmim (aq) + Água (l) + Hidróxido de sódio (aq) + Glicose (aq) + Oxigénio (g) + Oxigénio (g)	Verde	

→ **Registo 6:** Coloração final e número de vezes em que se verificou a alteração da cor da solução através da sua agitação

Nº de vezes em que se verificou a alteração da cor	Coloração final registada
12 vezes	Amarelo



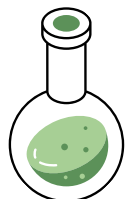
POSSÍVEIS CAUSAS DE ERROS

Leitura defeituosa dos volumes nos instrumentos de medida utilizados (pipetas e provetas): como consequência da deficiente leitura dos volumes indicados nos instrumentos de medida ficamos submissos a erros nesta atividade laboratorial. Especialmente no que diz respeito às concentrações das soluções que eram esperadas e que poderão apresentar um grande desvio em relação às que foram obtidas.

Escolha incorreta dos materiais: a balança por nós escolhida apresentava uma incerteza de leitura muito grande, o que poderia estar a afetar a rigorosidade com a qual pesávamos os reagentes e, conseqüentemente, interferir na concentração das soluções comprometendo os resultados observados e registados. Para além disso, a utilização de gobelés ao invés de balões Erlenmeyer fez com que a preparação das soluções não fosse feita da forma mais rigorsa. Também o facto de quer a pipeta quer a proveta utilizadas terem um alcance inferior ao volume que pretendíamos medir, fez com que, em alguns dos casos, se tivesse de realizar mais do que uma medição de volume o que aumenta a incerteza de leitura associada às medições efetuadas.

Presença de defeitos na rolha do balão de fundo chato: ao tampar o balão com uma rolha defeituosa, esta poderá não assegurar a saída ou entrada de material gasoso para o balão de fundo chato. Por isso, toda a reação poderá estar a ser posta em causa e, conseqüentemente, a atividade laboratorial pelo que, o número de vezes em que ocorre o ciclo de variação de cor, estaria comprometido.

FASE PÓS- LABORATORIAL



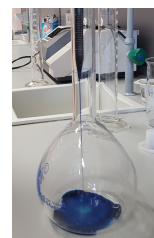
TRATAMENTO DE DADOS

→ **Interpretação das diferentes colorações que a solução apresentou ao longo da atividade:**

Primeira cor registada:

Índigo-carmim (s) + água (l)

Azul



Como foi previamente referido na fundamentação teórica, o índigo-carmim é um indicador de pH e, como tal, a cor que o mesmo apresenta depende do caráter mais ou menos alcalino da solução na qual se encontra. Inicialmente a solução de índigo-carmim apresenta um tom azulado o que nos indica que esta tem um valor de pH abaixo de 11,4.

Segunda cor registada:

**Índigo-carmim (aq) + Água (l) +
Hidróxido de sódio (aq)**

Verde-amarelado



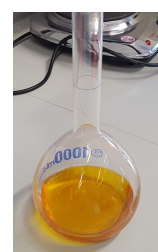
Uma vez que, a solução de hidróxido de sódio é uma substância alcalina, ao ser adicionada à solução de índigo-carmim, irá aumentar o pH da mesma tornando o seu caráter mais básico. Como resultado, ocorre a variação da cor da mesma como representado no registo de dados.

A solução resultante, quando homogeneizada, apresenta uma coloração verde amarelada o que se deve ao facto do valor de pH da solução se encontrar na zona de viragem do indicador de pH utilizado nesta atividade laboratorial. Tendo em conta a informação supramencionada, a zona de viragem de um indicador é o intervalo de pH no qual se observa a mudança de cor do mesmo. Neste caso, na passagem da cor azul para amarelo, surge o tom verde-amarelado, como seria previsto, o que nos indica que neste momento os valores do pH da solução se encontravam entre 11,4 e 13,0.

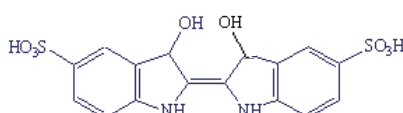
Terceira cor registada:

**Índigo-carmim (aq) + Água (l) +
Hidróxido de sódio (aq) + Glicose (aq)**

Amarelo



No momento em que adicionamos a solução de glicose ao balão de fundo chato e a homogeneizamos, esta apresenta uma coloração amarela tal como evidenciado no registo de dados. O que aconteceu foi que a glicose reduziu o índigo carmim aparecendo este na sua forma reduzida, na qual apresenta a cor amarelo.



Índigo carmim **reduzido:**

coloração amarela

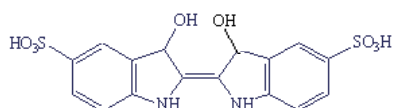
Quarta cor registada:

**Índigo-carmim (aq) + Água (l) +
Hidróxido de sódio (aq) + Glicose (aq) +
Oxigénio (g)**

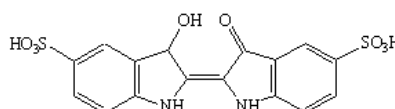
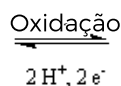
Vermelho



Ao agitar o balão de fundo chato, o oxigénio nele presente, dissolve-se na solução e por isso engloba-se na reação principal, o que está descrito na quarta linha da tabela do registo 5. Na presença de oxigénio o índigo-carmim oxidou-se e por isso passou a apresentar a cor da sua fase intermédia, que como já foi exposto na fundamentação teórica é vermelha:



Índigo carmim **reduzido**:
coloração amarela

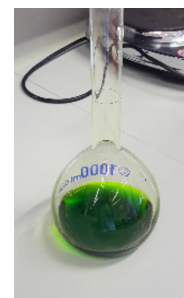


Índigo carmim em fase **intermédia**:
coloração vermelha

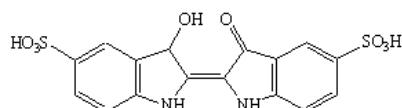
Quarta cor registada:

**Índigo-carmim (aq) + Água (l) +
Hidróxido de sódio (aq) + Glicose (aq) +
Oxigénio (g) + Oxigénio (g)**

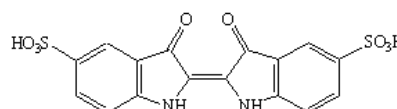
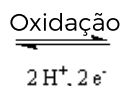
Verde



Após a agitação contínua da solução, o nível de oxigénio na mesma continuou a aumentar e por essa razão, uma maior quantidade de oxigénio ficou dissolvida em solução, como está iminente no registo de dados. Como resultado, o índigo-carmim oxidou-se novamente passando, da sua fase intermédia (vermelha), para a sua fase oxidada na qual apresenta a coloração verde:



Índigo carmim em fase **intermédia**:
coloração vermelha



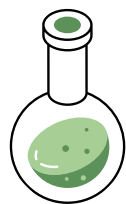
Índigo carmim **oxidado**:
coloração verde

A partir do momento em que a solução ficou em repouso, a quantidade de oxigénio dissolvida em solução diminuiu e por isso, a glicose retomou o seu papel. O índigo-carmim na sua forma verde, reagiu com a glicose presente no balão que vai ser responsável pela redução do índigo-carmim, retomando este para a sua fase intermédia apresentando uma coloração vermelha e posteriormente para a sua fase reduzida na qual apresenta um tom amarelo. Assim, a solução volta à sua coloração inicial e durante este processo a glicose oxida-se. Desta forma podemos concluir que a mudança de cor deve-se a uma sequência contínua de reações de oxidação-redução entre o índigo-carmim e o oxigénio e o índigo-carmim e a glicose, como demonstra o seguinte esquema:



➔ Explicação da limitação associada à ciclicidade do processo de variação da cor:

Como já mencionamos, o processo de variação da cor nesta atividade deve-se a uma sequência contínua de reações redox entre o índigo-carmim e o oxigénio e o índigo-carmim e a glicose. Assim sendo, na experiência em causa, o índigo-carmim funcionou apenas como um catalisador uma vez que, acelerou a velocidade de certas reações não sofrendo alterações. Isto é, não foi consumido e teve como função oxidar a glicose e reduzir o oxigénio, regenerando-se sempre no final. Por isso, os reagentes que se poderiam esgotar seriam a glicose e o oxigénio fazendo com que a reação terminasse. A partir desse instante, como foi previsto, não se verificou qualquer alteração na cor da solução, o que explica a limitação associada à ciclicidade da mesma. No caso da nossa experiência, conseguimos repetir o ciclo da mudança de cor 12 vezes, como está mencionado no registo 6. Neste registo verificamos ainda que a cor da solução que permaneceu mesmo depois do esgotamento de um dos reagentes foi amarela.



CONCLUSÃO

Em consonância com o trabalho reproduzido, vincamos de forma solene, o escopo principal ao qual nos propusemos. Visto que, com base em reações de oxidação-redução, fomos capazes de originar uma solução que variava, de forma cíclica, a sua coloração: de amarelo para vermelho e de vermelho para verde, e vice-versa, que são as cores típicas de um semáforo. Com isto, podemos concluir que a consumação desta atividade nos permitiu aprofundar conhecimentos teóricos previamente abordados como é o exemplo das reações redox. Para além disso, aperfeiçoamos técnicas e aprimoramos conhecimentos relativos ao trabalho laboratorial.

Por isso, a sua concretização, avolumou a acepção da química a um contexto inverso ao confinamento laboratorial ampliando assim, a prática experimental para diversas situações no nosso quotidiano.

FONTES E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS FREQUENTADAS

- Caderno diário de 11º ano;
- SILSVA, Cristina; CUNHA, Carlos; VIEIRA, Miguel – Eu e a Química 11 (Manual). 1ª edição. Porto Editora. 2018. ISBN 365 4099-023 Porto, Portugal;
- OLIVEIRA, Ana; SILVA, Beatriz; SILVA, Leonor – Relatório da atividade laboratorial “Semáforo Químico” [31 de outubro de 2019], data de consulta 26/12/2020, relatório secundário;
- AMSEI, Norberto – Reação “Traffic Light” , o Semáforo, data de consulta 29/12/2020, blog, disponível em <http://divertircomciencia.blogspot.com/2014/03/reacao-traffic-light-o-semaforo.html>
- Autor desconhecido – Explicatorium “ Semáforo químico”, consultado em 1/1/2021, disponível em <http://www.explicatorium.com/experiencias/semaforo-quimico.html>
- Autor desconhecido – ICIQ VIRTUAL lab “Experimentos Semáforo químico”, consultado em 21/12/2020, disponível em <http://labvirtual.iciq.es/es/experimento/semafor-quimic/>
- THENÓRIO, Iberê – Canal do Mundo “Reação QUÍMICA do semáforo (SuperQUÍMICA)”, consultado em 23/12/2020, disponível em https://www.youtube.com/watch?v=HzBmVpuZANc&feature=emb_title
- Autor desconhecido - Breaking Vlad- "SEMÁFORO QUÍMICO / Experimento explicado", consultado em 10/1/2021, disponível em

ANEXOS

→ Procedimento experimental consultado

1. Pipetou-se 100mL, 20mL e 140mL de água () para diferentes gobelés (anexo I);
2. Dissolveu-se 0,200g de Índigo-carmim () em 100mL de água (), no primeiro gobelé, formando uma solução de concentração $4,3 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ (solução 1) (anexo II);
3. Dissolveu-se 5,000g de Glicose () em 20mL de água (), no segundo gobelé, formando uma solução de concentração $1,39 \text{ mol/dm}^3$ (solução 2) (anexo IV);
4. Dissolveu-se 3,200g de Hidróxido de Sódio (), em 140mL de água (), no terceiro gobelé, formando uma solução de concentração $0,57 \text{ mol/dm}^3$ (solução 3) (anexo V);
5. Medimos 40mL de solução de Índigo-carmim (), com a proveta, e colocamos dentro do balão volumétrico de 1000 ml (anexo V);
6. Aquecemos ligeiramente a solução de Hidróxido de Sódio () (anexo VI);
7. Colocamos dentro do balão de fundo plano/achatado a solução de Hidróxido de Sódio () e misturamo-la com a solução de Índigo-carmim () (anexo VII);
8. Adicionamos a solução de glicose à mistura já existente dentro do balão de fundo plano/achatado;
9. Tapamos o balão com a rolha;
10. Agitamos e observamos o que aconteceu;
11. Agitamos ainda mais e verificamos novamente o que aconteceu.