

Abordagem STEM com interfaces Arduino no ensino experimental da Química: implementação e avaliação de uma proposta pedagógica no 10.º ano de escolaridade.

Marcos António da Silva Lopes

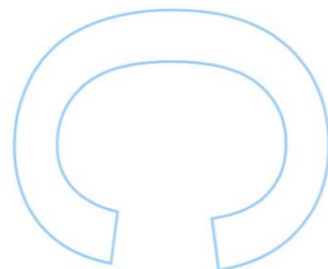
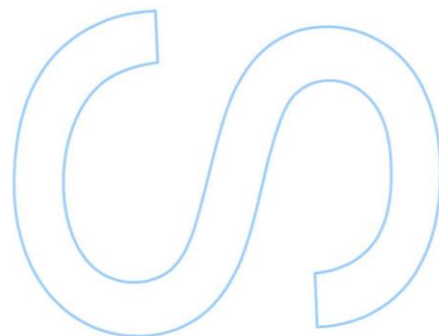
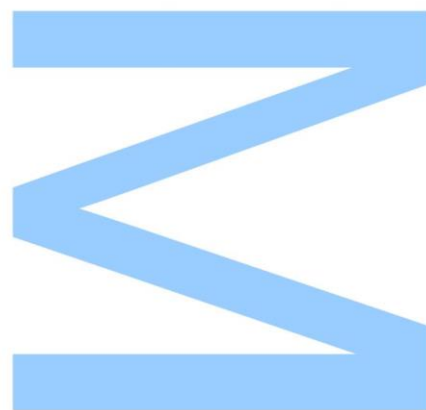
Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3ºCiclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Unidade de Ensino das Ciências/Departamento de Química FCUP

2022

Orientador

Professor Doutor João Paiva

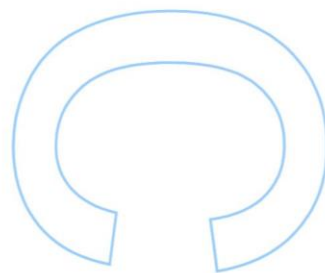
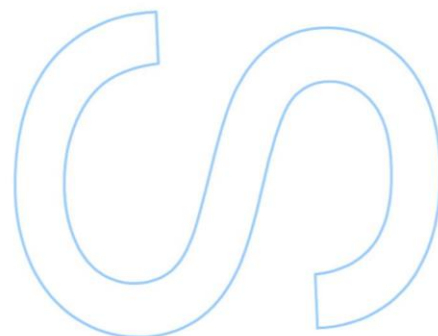
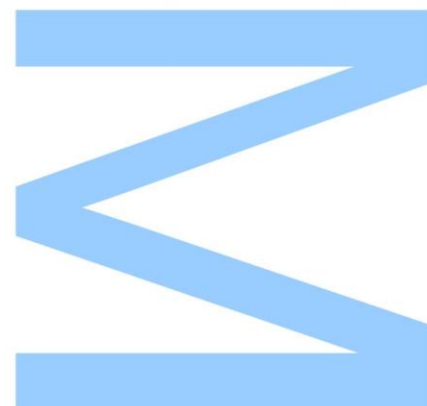




Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

A todos os professores que me acompanharam nesta viagem, principalmente ao Professor Doutor João Paiva e ao Professor Doutor Paulo Simeão de Carvalho, que foram como dois faróis sempre que precisei de encontrar terra firme.

Ao Doutor José Luís Araújo pela imensurável ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais, irmãos, e avós, por serem os pilares que me fizeram chegar aqui.

À Professora Beatriz e à Professora Dulce, por me ensinarem que é apenas com a ajuda dos outros que alcançamos o melhor de nós mesmos.

Aos *Fake Noobs*, por me mostrarem o equilíbrio entre o trabalho e o lazer, e que em qualquer situação devemos dar o nosso melhor em tudo o que fazemos.

À Eduarda, por me amar incondicionalmente e, ao manter a minha saúde mental, me levanta quando caio, e sem ela nada disto faria sentido.

Resumo

O Relatório de Estágio pretende explorar a implementação e avaliação de uma proposta pedagógica no 10º ano de escolaridade, partindo de uma abordagem STEM ao ensino experimental da Química utilizando interfaces Arduino. Foi desenvolvida uma atividade prática como alternativa à habitualmente apresentada nos manuais escolares envolvendo a preparação de soluções por diluição. Centrada no contexto da diluição de produtos de uso doméstico, a implementação foi realizada em duas aulas de 100 minutos cada, junto de 23 alunos. No desenvolvimento da implementação e avaliação da proposta referida, foi ainda aplicado um questionário aos alunos por forma a avaliar a qualidade e o impacto da atividade no desenvolvimento de competências e interesses na área das STEM.

Tratando-se de um estudo piloto, a implementação pode ser considerada bem sucedida: os resultados experimentais entre o método proposto e a abordagem presente nos manuais diferem aproximadamente em 5%, não obstante algumas fragilidades de validade interna e externa do nosso ensaio investigativo. Além disso, as respostas dos alunos evidenciam que a atividade é mais entusiasmante e igualmente precisa, desenvolvendo adicionalmente os interesses e competências dos alunos nas áreas STEM e pela Química. O Arduino mostrou-se uma ferramenta relevante no ensino da Química, possibilitando o desenvolvimento de abordagens entusiasmantes e atualizadas, melhorando o processo de ensino-aprendizagem e fazendo a ponte de ligação com a engenharia e a programação, preparando e motivando assim os alunos para carreiras transdisciplinares.

Palavras-chave: Ensino da Química, Abordagem STEM, ensino experimental, diluição de soluções, Arduino

Summary

The “Internship Report” intends to explore the implementation and evaluation of a pedagogical proposal in the 10th grade, starting from a STEM approach to the experimental teaching of chemistry using Arduino interfaces. A practical activity was developed as an alternative to the one usually presented in school textbooks involving the preparation of solutions by dilution. Centered around the context of dilution of household products, the implementation was carried out in two classes of 100 minutes each, with 23 students. In the development of the implementation and evaluation of the mentioned proposal, a questionnaire was also applied to the students in order to assess the quality and impact of the activity in the development of competences and interests in the area of STEM.

Being a pilot study, the implementation can be considered successful: the experimental results between the proposed method and the approach presented in the manuals differ by approximately 5%, despite the fragility in the internal and external validity of our investigative trial. In addition, student responses show that the activity is more exciting and equally accurate, further developing students' interests and skills in STEM and Chemistry areas. Arduino proved to be a relevant tool in the teaching of Chemistry, enabling the development of exciting and up-to-date approaches, improving the teaching-learning process and incorporating engineering and programming, thus preparing and motivating students for transdisciplinary careers.

Keywords: Chemistry education, STEM approach, experimental teaching, dilution of solutions, Arduino

Índice

Lista de Figuras	8
Lista de Tabelas	8
Lista de Abreviaturas	8
1 Introdução.....	9
2 Dossier de estágio: apresentação sintética.....	11
3 Enquadramento teórico.....	12
3.1 STEM – Educação, literacia, e abordagens STEM	12
3.2 Arduino como ferramenta pedagógica em Química	14
3.3 Ensino baseado em contextos	15
3.4 Absorvância e espectrofotometria	16
4 Enquadramento didático-curricular	19
4.1 Preparação de soluções através da diluição de uma solução concentrada	19
4.2 Educação para a Sustentabilidade	20
5 Implementação e avaliação da atividade	21
5.1 Preparação e enquadramento da atividade	21
5.1.1 Desenvolvimento e testagem da montagem experimental	22
5.1.2 Guião de atividade – Produtos Ultraconcentrados	24
5.1.3 Planificação da implementação e outros recursos	26
5.2 Metodologia usada para aplicação da atividade	27
5.2.1 Estudo de caso.....	27
5.2.2 Análise de conteúdo	28
5.3 Implementação da atividade	28
5.3.1 Descrição dos participantes.....	28
5.3.2 Descrição da aplicação da atividade em aula	29
6 Análise de resultados	32

6.1	Rigor experimental da técnica aplicada.	32
6.2	Aprendizagem da Química	33
6.3	Interesses e motivações dos alunos	35
6.4	Feedback sobre a implementação e comparação das atividades	37
6.5	Análise SWOT da implementação da atividade	38
7	Conclusões e considerações finais	39
8	Reflexão autocrítica e projetos futuros	40
9	Referências Bibliográficas	41
	Anexos	46
	Anexo 1 - Código usado na atividade (Arduino)	46
	Anexo 2 – Espectro de absorvidade molar (ϵ) de uma solução de sulfato de cobre	51
	Anexo 3 – Reagente usado (Sulfato de cobre (II) penta-hidratado)	52
	Apêndices	53
	Apêndice 1 – Guião de atividade – “Produtos Ultraconcentrados” – Preparação de soluções por diluição	53
	Apêndice 2 – Plano de aula 1 – Preparação da atividade	64
	Apêndice 3 – Apresentação usada na aula 1	67
	Apêndice 4 – Plano de aula 2 – Realização da atividade	70
	Apêndice 5 – Dados obtidos com o aparato experimental (testes iniciais, turno 1 e turno 2, em folha de cálculo Excel)	73
	Apêndice 6 – Questionário aplicado aos alunos (em Google Forms)	76
	Apêndice 7 – Tabela de registo das classificações às respostas pós laboratoriais (com análise estatística e esquema de cores)	82
	Apêndice 8 – Gráficos dos resultados da componente de interesses e motivações	83
	Apêndice 9 – Tabela com as respostas dos alunos justificando o feedback dado nas questões de resposta fechada	86
	Apêndice 10 – Tabela com os comentários dos alunos em relação às diferenças entre as atividades (implementada e do manual)	88

Apêndice 11 – Tabela com os comentários livres dos alunos em relação à implementação da atividade.....	89
--	----

Lista de Figuras

Figura 1: Distribuição de publicações relacionadas com educação STEM ao longo dos anos.	
Fonte: Li et al., 2020	14
Figura 2: Imagem representativa do sensor TSL2561.....	22
Figura 3: Montagem final.	23
Figura 4: Material de laboratório a usar na atividade.....	29
Figura 5: Montagem experimental (fios de ligação desconectados).	30
Figura 6: Disposição da sala, com distribuição dos guiões pelas mesas dos grupos.	31
Figura 7: Mesa comum à turma com a montagem, computador e guião.	31
Figura 8: Gráfico da classificação média por pergunta pós-laboratorial.	34
Figura 9: Espectro de absorvidade molar (ϵ) de soluções aquosas de sulfato de cobre.	
Fonte: Jancsó, 2005	51
Figura 10: Fotografia da embalagem do reagente usado.	52

Lista de Tabelas

Tabela 1: Cores da luz visível e relação entre cor observada e cor absorvida. Fonte: (Harris & Lucy, 2020)	18
Tabela 2: Rubrica de avaliação com descrição dos níveis de desempenho.	33
Tabela 3: Quadro-resumo das classificações às questões pós-laboratoriais.	33
Tabela 4: Quadro-resumo da análise STEM da implementação da atividade.	38

Lista de Abreviaturas

ESIC – Escola Secundária Inês de Castro
FCUP – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
IPP – Introdução à Prática Profissional
I&D – Investigação e Desenvolvimento (do inglês <i>R&D – Research and Development</i>)
LED – <i>Light-Emitting Diode</i>
PASEO – Perfil dos Alunos à Saída do Ensino Obrigatório
STEM – <i>Science, Technology, Engineering and Mathematics</i>
SWOT – <i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>

1 Introdução

Os aspetos experimentais no ensino da Química têm, provavelmente mais do que em qualquer outra ciência dita “exata” ou “experimental”, uma relevância preponderante no entusiasmo que podem gerar tanto nos alunos como nos professores, na prova da validade de certos conceitos e aprendizagens, ou até na componente técnica inerente ao trabalho em laboratório que não se aprende nos livros ou sentado numa sala de aula (Hofstein & Hugerat, 2021). Esta importância da componente laboratorial no ensino da Química, quer no desenvolvimento de interesses e atitudes em relação à disciplina e à ciência em si, quer no desenvolvimento de aprendizagens mais significativas, está altamente documentada na literatura (Hofstein & Hugerat, 2021; Soares et al., 2017). Tendo a Física e a Química uma componente intrínseca e naturalmente experimental, se o seu ensino não for ele experimental também, vê-se distante da sua natureza e sem relação com a realidade, quando lecionado de uma forma demasiadamente expositiva (Salta & Tzougraki, 2004).

Segundo Nadelson & Seifert, 2017, estando a humanidade no processo de transição da era digital, ou era da informação, para a era da síntese, mudam também os domínios requeridos ao processo de ensino-aprendizagem, como avaliar e aplicar informação aparentemente díspar, acompanhar os novos conhecimentos e tecnologias e preparar para carreiras transdisciplinares. Carreiras emergentes como a nanotecnologia biomédica, por exemplo, requerem aos engenheiros desta área conhecimentos de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM), usando informação colaborativamente sobre computação, biologia, medicina, química, e engenharia para encontrar soluções inovadoras no campo da saúde.(Nadelson & Seifert, 2017).

No âmbito da unidade curricular de Iniciação à Prática Profissional (IPP), incluindo a Prática de Ensino Supervisionada (PES), do *Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário*, foi desenvolvida uma atividade prática para o currículo de Química do 10º ano intitulada “*Produtos Ultraconcentrados – preparação de soluções por diluição*”, com a finalidade não só de responder à Aprendizagem Essencial¹ “*Preparar soluções aquosas a partir de solutos sólidos e por diluição, avaliando procedimentos e comunicando os resultados.*”, mas também para trabalhar um conjunto de competências envolvidas numa atividade *hands-on* através de uma abordagem STEM, e ainda fomentar o interesse dos alunos pelas diferentes áreas da

¹ Homologadas pelo Diário da República, Despacho nº 8476-A/2018 de 31 de agosto, disponíveis em: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/10_fq_a.pdf

ciência e tecnologia envolvidas, como a programação, matemática e engenharia, pretendendo também melhorar e superar os conhecimentos e competências aliadas à realização da atividade tal como é habitualmente apresentada nos manuais escolares.

Sendo uma atividade experimental na área da Química, envolvida no subdomínio “Gases e dispersões” do domínio das “Propriedades e transformações da matéria”, que mobiliza conhecimentos da Física como a Ótica, proporciona aos alunos uma ponte de ligação entre as duas áreas científicas que muitas vezes aparecem dissociadas no currículo, e nem sempre são de fácil relação. A atividade proposta usa uma placa microcontroladora Arduino numa montagem com componentes eletrónicos e sensores, que permite aos alunos uma relação mais próxima e atual com a tecnologia, indústria e a presente era digital. Pretende-se também enfatizar a importância de todas estas relações no ensino da Química, bem como argumentar que a atividade proposta consegue harmonizar de forma coerente estas áreas numa perspetiva STEM.

Uma vez que o projeto foi realizado no âmbito da unidade curricular de IPP, na segunda secção deste trabalho é feita uma apresentação sintética do *Dossier de Estágio* onde constam os planos de aula e outros recursos utilizados na preparação ou aplicação da atividade, também em anexo neste relatório. Na secção seguinte, é feito um enquadramento teórico que tem por objetivo apresentar a abordagem STEM e a importância das atividades “hands-on” no ensino da Química, procurando traçar o atual panorama da investigação na área. Consequentemente, serve uma parte deste terceiro capítulo para descrever a interface Arduino e as suas aplicações na escola, e especificamente na atividade aplicada. Adicionalmente, apresenta-se ainda a justificação da aplicação do aparato experimental desenvolvido com base na absorvância das soluções usadas e consequente relação com a espectrofotometria e interdisciplinaridade com a Física.

No capítulo quatro é feito o enquadramento curricular da atividade, e no capítulo cinco é descrito todo o processo desde a sua planificação, implementação e metodologia usada. No sexto capítulo é conduzida a análise e discussão dos resultados, tanto da validade e robustez da experiência em si, como das aprendizagens e interesses desenvolvidos pelos alunos. Por fim, no sétimo capítulo sumarizam-se algumas conclusões, e no oitavo capítulo é feita uma reflexão autocrítica sobre o trabalho realizado.

Sendo este relatório um relato da investigação conduzida, importa destacar a sua relevância para o desenvolvimento de abordagens STEM inovadoras, motivantes e desafiantes, de forma a tornar as aprendizagens realizadas no laboratório de Química mais significativas, transversais e com uma ligação com o mundo contemporâneo.

2 Dossier de estágio: apresentação sintética

Esta secção tem por objetivo servir como um “portal” de acesso ao *Dossier de Estágio*, sendo que a implementação da atividade foi realizada no âmbito da unidade curricular de *Iniciação à Prática Profissional*, incluindo a *Prática de Ensino Supervisionada*, no *Dossier* encontram-se as informações relativas à PES, contemplando toda a atividade nas áreas da Física e da Química, realizada ao longo do ano letivo, com duas turmas de 7º ano e uma de 10º ano, incluindo os planos de aula e recursos associados à implementação da atividade no terreno, e ainda atividades extracurriculares e não letivas realizadas no núcleo de estágio, com e para os alunos – <https://cutt.ly/xK9wMqc>. O núcleo de estágio foi constituído pela professora orientadora cooperante Maria Dulce Peixoto, pela professora estagiária Beatriz Rocha, e por mim próprio, também professor estagiário, sob a alçada dos professores orientadores da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, professor Doutor João Paiva e professor Doutor Paulo Simeão de Carvalho da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Apresenta-se de seguida o índice do *Dossier*, para uma breve apresentação dos conteúdos presentes no mesmo.

Índice	Anexo – Guião de atividade – Produtos Ultraconcentrados 158
Lista de Figuras 3	3. Atividades extracurriculares e não letivas 177
Lista de Tabelas 4	3.1 Tutorias PhET 177
1. Dossier de estágio – informações gerais 5	3.2. Visitas de estudo 178
1.1. Caracterização da escola 5	Planetário do Porto (7º ano) 178
1.2. Caracterização das turmas 7	CATIM – Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica 180
Turma 7ºA 8	3.3. Palestras 181
Turma 7ºB 10	Palestra sobre Astronomia - “Universo: Escalas e Conteúdos” – Professor Paulo Maurício 181
Turma 10ºA 12	Palestra sobre Compostagem – Inauguração do compostor da ESIC e plantação de uma árvore 181
2. Regências 15	3.4. Projeto Astro-pi 182
2.1. Física 7 – Planos de aula e anexos 17	Astro-pi: Mission Zero 182
Questão de aula e critérios de correção 44	Astro-pi: Mission Space Lab 183
2.2. Física 10 – Planos de aula e anexos 47	3.5. Projeto Detetives do Clima 186
2.3. Química 7 – Planos de aula e anexos 81	3.6 PmatE – Competições Nacionais em Rede (CNR) 187
Rubrica de Avaliação da WebQuest 112	3.7 ACD e sessões formativas 189
2.4. Química 10 – Planos de aula e anexos 113	4. Reflexão autocrítica 191
Rubrica de Avaliação do trabalho de pesquisa e das apresentações orais 140	
2.5. DAC 7º ano – Planos de aula e anexos 142	
2.6. Aulas no âmbito do Relatório de Estágio e anexos 152	

3 Enquadramento teórico

3.1 STEM – Educação, literacia, e abordagens STEM

O acrónimo STEM expressa, literalmente, as palavras “Science, Technology, Engineering, and Mathematics”, mas o que realmente significa nos contextos onde é usado? Moon & Singer, (2012), colocam esta mesma pergunta, mencionando que uma resposta unânime não é clara, dado que existem múltiplas definições de STEM, educação STEM, escolas STEM, redes STEM e currículos STEM. Os autores mencionam também a visão mais epistemológica do National Research Council, (2012) que, no relatório citado, considera como as “fontes, estratégias ou práticas envolvendo e partilhando ciência e conhecimento STEM”. Moon & Singer, (2012) mencionam ainda que repensar a ciência escolar em torno das práticas características da ciência e engenharia, como a construção de modelos, análise de dados e raciocínio baseado em evidências, é uma das etapas fundamentais encontradas no relatório do NRC para o desenvolvimento de práticas STEM similares às praticadas pelos profissionais que trabalham e investigam nestas áreas. Além destas práticas, o NRC aponta os conceitos transversais e transdisciplinares e as ideias centrais de cada disciplina como as três dimensões que refletem as realidades da ciência (incluindo a matemática) e engenharia contemporâneas, onde as práticas dependem da tecnologia disponível, criando pontes entre todas as áreas STEM. Essas pontes possibilitam então a interdisciplinaridade e, mais importante, fornecem um conjunto de estratégias e ferramentas intrínsecas ao processo de ensino-aprendizagem STEM.

Bybee, 2010, aponta o termo “STEM education” como amplamente usado, mas que muitas vezes apenas contempla a “ciência” e a “matemática”, sendo a “engenharia” e a “tecnologia” igualmente importantes nesta abordagem, mas frequentemente negligenciadas. Este autor argumenta ainda que uma verdadeira educação STEM deve aumentar a perceção do aluno sobre o funcionamento do mundo que o rodeia e melhorar as suas competências tecnológicas, através de atividades em grupo, investigações laboratoriais e projetos, de forma a desenvolver competências essenciais na sociedade atual como, por exemplo, a adaptabilidade, as *social skills*, como a comunicação e trabalho de equipa, a resolução de problemas, a autogestão e pensamento crítico, tornando-os cidadãos com capacidade de fazer melhores decisões sobre a sua saúde, eficiência energética, qualidade ambiental, uso de recursos, segurança, entre outros (Bybee, 2010).

Este autor define ainda, no seu livro *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities* (Bybee, 2013), “literacia STEM” como:

- Sendo o conjunto de conhecimento, atitudes e competências para identificar questões e problemas em situações do quotidiano, explicar o mundo (natural e artificial)², e deduzir conclusões baseadas nas evidências sobre assuntos STEM;
- A compreensão das características das disciplinas STEM como formas de conhecimento humano, investigação e *design*;
- Conscientização de como as áreas STEM moldam o nosso ambiente material, cultural e intelectual; e
- Apetência a se empenharem em assuntos relacionados com as ideias de ciência, tecnologia, engenharia e matemática como um cidadão construtivo, preocupado e refletivo.

O autor aponta ainda uma sociedade com literacia STEM como um dos objetivos da educação STEM, para além do desenvolvimento de competências adequadas às necessidades da sociedade do século XXI para o mercado de trabalho em geral, e ainda uma mão-de-obra focada na inovação especializada em I&D. São referidos ainda neste livro alguns dos desafios associados à educação STEM como um maior envolvimento das áreas da tecnologia e da engenharia, o uso de contextos, entre outros (Bybee, 2013).

Ao apostar numa educação STEM, para além das competências desenvolvidas pelos alunos, também são expandidos os seus interesses por carreiras relacionadas com essas mesmas áreas. Segundo Shahali et al., 2019, num estudo em relação ao interesse dos alunos pelas STEM, o autor conclui que:

The outcomes of this study provide evidence that exposing early secondary school students to processes of engineering design through applying disciplinary knowledge in solving a meaningful and appealing problems has positive impacts on their levels of interest towards those subjects and related careers (Shahali et al., 2019, p. 86)

A relevância emergente nos últimos anos da educação STEM foi documentada numa análise sistemática conduzida por Li et al. (2020), de onde se retirou o gráfico da Figura 1 que mostra a distribuição de publicações ao longo dos anos relacionados com a investigação em educação STEM. Os autores concluem que, entre 2000 e 2018, houve um tremendo crescimento na investigação nesta área, especialmente nos últimos 10 anos, sendo ainda uma área com crescente importância e reconhecimento académico. O estudo

² A que o autor se refere como “*natural and designed world*”.

mostra ainda um aumento tremendo no número de publicações em jornais de educação STEM, o que indica que esses jornais têm vindo coletivamente a desenvolver uma identidade profissional própria. Reconhecem ainda que a maior parte das publicações são provenientes dos EUA (onde se considera ter origem a educação STEM).

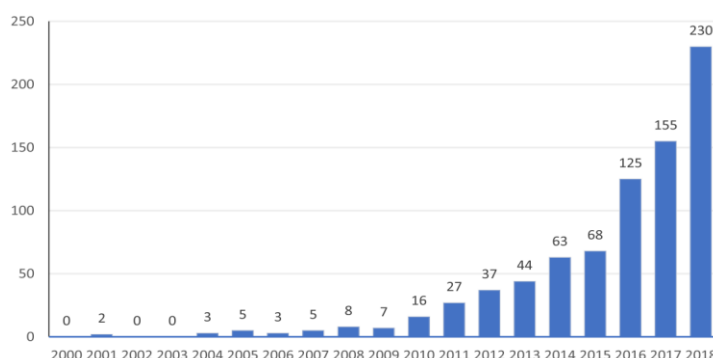


Figura 1: Distribuição de publicações relacionadas com educação STEM ao longo dos anos. Fonte: Li et al., 2020

Uma forma de integrar a tecnologia e a engenharia numa abordagem STEM ao ensino da Química passa por implementar atividades que façam recurso a ferramentas ou procedimentos destas áreas numa perspetiva investigativa. O uso, por exemplo, de circuitos, sensores, e microcontroladores para aquisição e tratamento de dados por forma a resolver um problema na área da Química, surge então como possível ponte para um processo de ensino e aprendizagem baseado numa abordagem STEM nesta área.

3.2 Arduino como ferramenta pedagógica em Química

Os instrumentos de aquisição de dados são ferramentas indispensáveis no laboratório de Química ou engenharia Química, e, como tal, com importância no ensino destas áreas. No entanto, estes instrumentos podem ter custos demasiado elevados para serem utilizados na maioria das escolas e mesmo em universidades (Vallejo et al., 2020). Assim, a microeletrónica *open-source* tem características que permitem colmatar este fator, pelo seu baixo custo e acessibilidade, nomeadamente através de microcontroladores como, por exemplo, o Arduino, e de uma gama variada de sensores e outros componentes que lhes podem estar associados. Um microcontrolador é um circuito integrado compacto, desenhado para controlar uma operação específica, receber informações de sensores e interagir com outros componentes, e, hoje em dia, são facilmente programáveis através do uso de linguagens simples de programação (Enciso et al., 2018).

O Arduino é uma plataforma eletrónica open-source baseada em hardware (microcontroladores, sensores, entre outros) e software fácil de usar. No *web site*³ (em nota de rodapé da página seguinte) podemos encontrar um conjunto de vantagens associadas

ao uso deste microcontrolador, como o seu baixo custo e a capacidade de correr em múltiplas plataformas como Windows, Linux e Macintosh OSX. A placa Arduino UNO, sendo a mais popular, pode ser adquirida à data por 22 €.³ Sendo ideal para utilizadores com baixo conhecimento de eletrónica, pode ser conjugada com variados sensores, também eles de baixo custo, sendo já considerada uma ferramenta pedagógica valiosa para o ensino laboratorial da Química (Papadimitropoulos et al., 2021).

Não só na componente pedagógica e científica, mas também no que toca à relação da Química com a engenharia e a indústria, a importância da tecnologia e da programação torna ainda mais evidentes e estreitas estas relações (Enciso et al., 2018), realçando a importância das abordagens STEM ao ensino da Química.

Um estudo realizado por Koh, (2020) mostra que apesar da disponibilidade geral de tecnologias e infraestruturas em rede, a inovação pedagógica esperada proveniente do potencial pedagógico acrescentado pelas tecnologias (*Technology-Enhanced Learning*) ainda não é prevalente. O Arduino apresenta-se assim como uma opção barata, *open-source*, e relativamente acessível neste âmbito, com uma variada gama e versatilidade de usos no laboratório de Química (Kubínová & Šlégr, 2015; Vallejo et al., 2020; Papadimitropoulos et al., 2021; McClain, 2014; Pino et al., 2019)

No entanto, falta-nos ainda abordar a interligação de todos os tópicos até agora discutidos e o elemento central do processo de ensino-aprendizagem: o aluno. Se as atividades, problemas e conceitos não se relacionarem com o aluno, ou não tiverem impacto ou aplicação no mundo real, não só os conceitos aparentam ser de maior complexidade como as aprendizagens são menos significativas e de maior dificuldade (King, 2012). No subcapítulo seguinte é então abordado o ensino baseado em contextos, essencial e inerente a uma abordagem STEM do ensino experimental da Química.

3.3 Ensino baseado em contextos

Segundo Önen & Ulusoy, (2014) devido à abstração inerente a grande parte dos conteúdos da Química, é comum ser difícil para os alunos encontrar relação entre esta ciência e o mundo que os rodeia, levando ao recurso à memorização dos conteúdos em vez da sua compreensão, e associando a Química a uma alta dificuldade de entendimento por muito que se esforcem. Contudo, sabemos bastante bem que muitos dos fenómenos no quotidiano se relacionam direta ou indiretamente com a Química. Assim, de forma a

³ Informações retiradas do web site: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> (Arduino, 2022).

tornar a aprendizagem da Química mais significativa, interativa, e motivante, é necessário que os alunos façam a associação entre os conteúdos a lecionar e contextos da vida diária.

Segundo Gilbert, (2006) a própria definição de “contexto” como a descrição das circunstâncias que formam um cenário para um evento ou ideia, de forma a que possa ser totalmente compreendida, é consistente com o “uso de contextos” no ensino da química.

Citando o autor:

A context must provide a coherent structural meaning for something new that is set within a broader perspective. These descriptions are consistent with the function of “the use of contexts” in chemical education: students should be able to provide meaning to the learning of chemistry; they should experience their learning as relevant to some aspect of their lives and be able to construct coherent “mental maps” of the subject (Gilbert, 2006, p. 960).

Segundo King, (2012), uma interpretação da aprendizagem “significativa” apontada por Gilbert exige que os alunos conectem conceitos científicos a um contexto do mundo real, abordando questões relevantes que gerem discussões entre professores e alunos e que incentivam essas mesmas ligações. A autora indica que, depois de usarem os conceitos em situações familiares, a confiança dos alunos com os conceitos pode aumentar. A perspectiva de Vygotsky, (1978), de que um conceito é compreendido quando as versões científica e quotidiana se fundem, pode ser vista como um alicerce para a sugestão de ensinar química contextualmente. Sendo que uma abordagem baseada em contextos se centra na aplicação da ciência como forma de melhorar, junto dos alunos, a compreensão científica do “seu” mundo, esta estrutura incorpora um princípio de “necessidade de saber” (“*need to know*”): o contexto legitima a aprendizagem dos conceitos na perspetiva dos alunos, tornando as aprendizagens mais intrínseca e extrinsecamente significativas (King, 2012), potencializando a literacia científica mas também uma mudança de atitudes numa perspetiva de ciência cidadã (Araújo et al., 2022). Literacia científica, neste caso, literacia Química, requer aos alunos que iteem sobre situações do quotidiano refletindo criticamente sobre estratégias de resolução de problemas. Um ensino baseado em contextos é então um ponto de partida para o desenvolvimento desta literacia, providenciando uma melhor compreensão de problemas socio-científicos (Wiyarsi et al., 2020).

3.4 Absorvância e espectrofotometria

Segundo Harris & Lucy, (2020) qualquer técnica ou procedimento que usa a luz para medir grandezas ou propriedades do meio, de forma a aferir concentrações de espécies

químicas através de processos ou fenómenos óticos, pode ser chamada de espectrofotometria. Se o procedimento considerar absorção de luz visível apenas, podemos também designá-los por “colorimetria”, no entanto, por simplicidade e redundância, usaremos o termo mais geral.

Quando se faz atravessar um feixe de luz através de uma amostra, uma parte da radiação pode ser absorvida e a irradiância⁴ do feixe é diminuída. A irradiância é uma medida da energia da radiação que chega a um determinado recetor por segundo e por unidade de área. Se considerarmos um feixe de luz monocromática (com apenas um comprimento de onda específico) com irradiância I_0 , e fizermos atravessar um meio com percurso ótico de distância b , a irradiância medida será I , inerentemente igual ou inferior a I_0 , dado que alguma luz pode ser absorvida pela amostra. A transmitância, T , é, então, uma grandeza definida como a fração da luz incidente que atravessa o meio, tendo valores entre 0 e 1 (Harris & Lucy, 2020).

$$T = \frac{I}{I_0}$$

Já a absorvância (ou absorbância) é uma grandeza que refere à quantidade de luz incidente absorvida pelo meio e definida como:

$$A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) = -\log T$$

A absorvância é de enorme importância e relevância para a química dado que é diretamente proporcional à concentração de uma solução. A lei de Beer-Lambert explica essa relação através da expressão:

$$A = \epsilon bc$$

Esta lei é a base da espectrofotometria, sendo que a concentração de uma solução é geralmente apresentada em moles por decímetro cúbico (M ou mol.dm⁻³), o percurso ótico em centímetros (cm) e ϵ , a absorvidade molar da espécie expressa nas unidades correspondentes de forma a que o produto ϵbc seja adimensional (neste caso, seria M⁻¹cm⁻¹). A absorvidade molar é uma medida da quantidade de luz absorvida para um dado comprimento de onda em 1 cm do meio ótico. Este fator é muito relevante na escolha do comprimento de onda da radiação usada na análise. A lei de Beer-Lambert pode ser escrita da forma:

$$A_\lambda = \epsilon_\lambda bc$$

⁴ Ou iluminância, dependendo da designação radiométrica ou fotométrica. Os termos “luminosidade”, “intensidade luminosa” e “potência radiante” também são frequentemente usados na literatura (Harris & Lucy, 2020). Luminosidade é também o termo usado no “Guião de atividade” por familiaridade e simplicidade do termo junto dos alunos.

dado que A e ε dependem do comprimento de onda da radiação (λ). Quanto maior o fator ε , maior a absorvância. Um espectro de absorção (ver Anexo 2) indica-nos graficamente a variação da absorvância (ou ε) com o comprimento de onda (Harris & Lucy, 2020).

A absorção de um fóton leva geralmente à excitação de eletrões que podem pertencer a átomos de uma molécula poliatómica. Por exemplo, quando um grupo carbonilo está presente numa molécula, uma absorção no comprimento de onda dos 290 nm é observada. Grupos deste tipo, com bandas de absorção características no visível são chamados cromóforos (do grego “os que que trazem cor”), e a sua presença é geralmente responsável pela coloração das substâncias (Atkins et al., 2018). Uma substância que absorva luz visível aparece colorida quando luz branca incide sobre ela, sendo que absorve alguns dos comprimentos de onda e os nossos olhos detetam os restantes, que são refletidos – apresentando a cor complementar da cor absorvida (Harris & Lucy, 2020).

Na Tabela 1 podemos observar a relação entre o comprimento de onda de absorção, referente à cor absorvida, para uma dada cor observada. Por exemplo, para uma solução de sulfato de cobre (II) podemos constatar que, por apresentar uma cor azul-turquesa, o comprimento de onda da radiação absorvida encontra-se na ordem dos 620-680 nm, ou seja, a cor absorvida é vermelho-alaranjado (linha a **negrito**).

Tabela 1: Cores da luz visível e relação entre cor observada e cor absorvida. Fonte: (Harris & Lucy, 2020)

Comprimento de onda de absorção máxima	Cor absorvida	Cor observada
380-420	Violeta	Verde-amarelo
420-440	Violeta-azul	Amarelo
440-470	Azul	Laranja
470-500	Azul-verde	Vermelho
500-520	Verde	Roxo-vermelho
520-550	Amarelo-verde	Violeta
550-580	Amarelo	Violeta-azul
580-620	Laranja	Azul
620-680	Vermelho-laranja	Azul-verde
680-780	Vermelho	Verde

Em suma, é possível determinar a absorvância correspondente a diferentes concentrações de sulfato de cobre (II) numa experiência em que se faça passar um feixe de luz monocromática vermelha pela solução, incidindo depois num sensor que meça a irradiância que nele incide. Para diferentes soluções obtém-se um gráfico da absorvância em função das concentrações das soluções, cuja reta serve de calibração do equipamento por forma a aferir a concentração de uma solução deste sal através dos valores medidos pelo sensor, procedimento comum em química analítica e análises laboratoriais, que usam este princípio em equipamentos mais sofisticados, chamados espectrofotómetros.

4 Enquadramento didático-curricular

A atividade laboratorial sobre diluição de soluções está enquadrada com a Aprendizagem Essencial do 10º ano da disciplina de Física e Química A “*Preparar soluções aquosas a partir de solutos sólidos e por **diluição**, avaliando procedimentos e comunicando os resultados*”, subdomínio de “Gases e Dispersões” do Domínio das “Propriedades e Transformações da Matéria”, em que se propõe aos alunos que preparem soluções diluídas de sulfato de cobre (II), a partir de uma solução mais concentrada, realizando cálculos e utilizando material de laboratório como pipetas e balões volumétricos. Como tal, a atividade desenvolvida no âmbito deste relatório, sendo ela uma alternativa à atividade habitualmente apresentada nos manuais escolares, que se descreve com maior detalhe no capítulo seguinte, tem como principal finalidade atender à mesma Aprendizagem Essencial, numa abordagem STEM que seja mais rica, motivadora e potenciadora de competências.

Dado ser uma atividade laboratorial, em que os alunos têm que executar um procedimento experimental, reunir dados e extrair conclusões, comunicando-as através de um questionário, explora múltiplas áreas de competências presentes no *Perfil dos Alunos à Saída do Ensino Obrigatório* (PASEO)⁵, como a “Informação e Comunicação”, “Pensamento Crítico e Pensamento Criativo”, e “Raciocínio e Resolução de Problemas”. Sendo uma atividade em grupo, enquadra-se também na área de competência de “Relacionamento Interpessoal”. No entanto, estes não são os únicos objetivos da atividade, dado que relaciona diferentes conceitos, sendo mais abrangente do que a sua equivalente, habitualmente presente nos manuais, explorando conhecimentos de Física já levemente abordados em ciclos anteriores, como a Ótica. A sua componente STEM está diretamente relacionada com a área de competência “Saber Científico, Técnico e Tecnológico”, indo além das competências estipuladas no Perfil, no que toca a esta área.

4.1 Preparação de soluções através da diluição de uma solução concentrada

Tal como referido acima, sendo a atividade baseada numa outra habitualmente presente nos manuais escolares, e apresentando-se como uma alternativa a esta, responde diretamente à Aprendizagem Essencial “*Preparar soluções aquosas a partir de solutos sólidos e por **diluição**, avaliando procedimentos e comunicando os resultados*”. Para tal,

⁵ Homologado pelo Diário da República, Despacho nº 6478/2017, de 26 de julho, disponível em: https://dqe.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf

assume-se que os alunos já consolidaram, ou irão consolidar, outras Aprendizagens Essenciais ao longo da atividade, como, por exemplo, *“Resolver problemas envolvendo cálculos numéricos sobre a composição quantitativa de soluções aquosas e gasosas, exprimindo-a nas principais unidades, explicando as estratégias de resolução”*. Esta aprendizagem implica que os alunos recordem conceitos abordados em anos escolares anteriores, tais como a concentração de soluções e as diferenças entre uma solução mais diluída e outra mais concentrada (7º ano), que voltam a ser abordados no 10º ano.

A componente da atividade que aborda a absorção da luz ao atravessar um meio, relaciona-se diretamente com o domínio “Luz” do 8º ano, nomeadamente na parte de “Fenómenos Óticos”, contemplada na aprendizagem: *“Concluir, através de atividades experimentais, que a luz pode sofrer reflexão (especular e difusa), refração e **absorção**, verificando as leis da reflexão e comunicando as conclusões”*.

Visto que durante a atividade laboratorial proposta é pedido aos alunos que montem um circuito elétrico e identifiquem alguns componentes elétricos e eletrónicos, serão também abordados alguns dos conceitos explorados no 9º ano no domínio da “Eletricidade”.

É de notar que esta interdisciplinaridade, ligada ao contacto com múltiplas áreas do conhecimento e tecnologia, é intrínseca à abordagem STEM a que esta atividade se propõe, e ao ser uma atividade *hands-on* investigativa e realizada em grupo, apela além disso às *soft skills* essenciais na sociedade atual, como a cooperação e trabalho de equipa.

4.2 Educação para a Sustentabilidade

Para além das áreas do PASEO já referidas, ao escolher o contexto para a introdução da atividade procurou-se que estivesse relacionado com a Educação para a Sustentabilidade, um tema cada vez mais presente e importante na atualidade. Assim, o contexto escolhido relaciona a diluição de produtos domésticos de limpeza ultraconcentrados com a poupança inerente do plástico usado para comercializar estes mesmos produtos, praticando assim um uso mais cuidadoso dos recursos naturais e reduzindo os resíduos que produzimos ao usar esta “diluição de produtos mais concentrados”. A atividade acaba, portanto, por explorar também a componente de “Bem-estar, saúde e ambiente”, outra das áreas de competências presentes no PASEO. Os alunos são confrontados com uma medida para contribuir ativamente para uma sociedade mais sustentável, sendo convidados a refletir sobre este tema. Neste sentido, no capítulo seguinte apresenta-se a atividade prática alternativa que foi desenvolvida, bem como os recursos preparados para a sua exploração.

5 Implementação e avaliação da atividade

Durante este capítulo é descrita a preparação e aplicação da atividade em sala de aula, descrevendo a metodologia usada em todo o processo. Importa referir inicialmente que a preparação da atividade, principalmente da montagem usada, que envolveu a sua construção e otimização, foi realizada maioritariamente nos laboratórios do Departamento de Química e Bioquímica da FCUP, sob a alçada do Professor Doutor João Paiva e do Doutor José Luís Araújo. Importa também referir que o código Arduino (Anexo 1) e o circuito a ele associado, bem como o caminho ótico da montagem, foram construídos pelo Doutor José Luís Araújo, sem a ajuda do qual seria muito mais morosa a implementação otimizada da atividade.

Já a implementação em terreno educativo foi realizada no âmbito da PES na Escola Secundária Inês de Castro (ESIC), nomeadamente com a turma 10ºA, da qual é feita uma pequena descrição dos participantes para efeitos de contexto. Foram planeadas duas aulas de 100 minutos cada para implementação desta proposta pedagógica, a primeira para preparação da atividade, explorando os conceitos e material a usar, e a segunda para realização da atividade e recolha e análise dos dados.

Ambas as componentes, bem como a metodologia usada para a implementação, serão descritas em rigor nos subcapítulos seguintes, apresentando ainda alguns recursos desenvolvidos (na secção “Apêndices”). Os resultados e análise obtidos relativos à atividade implementada são abordados no capítulo seguinte, bem como a revisão do processo como um todo, inferindo sobre os conhecimentos de Química e interesses desenvolvidos pelos alunos, através da análise de conteúdo (Bardin, 2016) de um questionário aplicado pós-atividade, obtendo-se também *feedback* dos alunos.

5.1 Preparação e enquadramento da atividade

A preparação da atividade divide-se em duas partes, desenvolvidas em simultâneo: a preparação do aparato experimental e soluções a utilizar, e a planificação da implementação em aula, incluindo preparação de recursos. Dentro desta segunda parte considera-se de maior importância o desenvolvimento do recurso intitulado “*Guião de atividade – Produtos Ultraconcentrados – Preparação de soluções por diluição*” (Apêndice 1), doravante designado apenas por “*Guião*”, desenvolvido com a finalidade de preparar e orientar os alunos em todas as partes da atividade, introduzindo o contexto preparado para a atividade e apresentando os componentes elétricos e eletrónicos com as quais os alunos

podem não estar familiarizados. O Guião inclui ainda o protocolo experimental, orientando a exploração dos resultados, incluindo questões pós-laboratoriais, e uma sugestão de aplicação da experiência a um contexto diferente, essencial para estimular a criatividade dos alunos e aplicação de conhecimentos em diferentes situações.

5.1.1 Desenvolvimento e testagem da montagem experimental

Tal como mencionado anteriormente, foi desenvolvida e testada a montagem experimental na FCUP, com o auxílio do Doutor José Luís Araújo, e cujo material foi fornecido também pela FCUP. Este processo desenvolveu-se em duas partes:

- Planeamento e montagem do aparato experimental, nomeadamente do circuito elétrico, caminho ótico (montagem “física”) e código Arduino, desenvolvido pelo Doutor José Luís Araújo, discutindo e melhorando os mesmos oportunamente;
- Testagem da montagem e preparação das soluções a utilizar na implementação da atividade com os alunos.

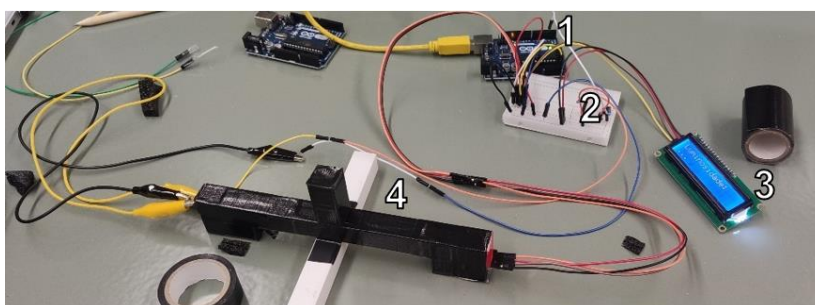
Uma das primeiras montagens a ser testadas foi produzida com o caminho ótico ainda rudimentar, feito a partir de esponjas para suportar a cuvete com uma caixa de cartão suportando todo o aparato, e fazendo uso de um LED vermelho. A utilização da cor vermelha para o LED é justificada pelas informações constantes na Tabela 1 (subcapítulo 3.4), dado que o comprimento de onda de emissão de um LED vermelho é da ordem dos 640-700 nm. Adiante, o LED vermelho foi substituído por um LED RGB de alto brilho (usado com a componente vermelha), pois a intensidade da luz emitida pelos diferentes LEDs influenciaria a precisão das medições. Ainda de notar que um LED RGB permite facilmente alterar a cor do feixe, permitindo maior flexibilidade na adaptação do aparato experimental a situações em que se utilize um diferente comprimento de onda. O sensor de luminosidade utilizado foi o TSL2561 gy-2561, representado na Figura 2.



Figura 2: Imagem representativa do sensor TSL2561.

Na Figura 3 apresenta-se a montagem final, cujas alterações mais significativas em relação às primeiras montagens foram as seguintes:

- Alteração do LED vermelho para um LED RGB com maior intensidade luminosa. Este LED permite também alterar facilmente a cor da luz emitida para verde ou azul.
- Construção de um caminho ótico mais adequado, com melhor bloqueio da luz ambiente, estabilidade, e encaixe fixo para a cuvete, de forma a minimizar os movimentos e erros de reflexão e refração inerentes a ligeiras diferenças na orientação angular da cuvete entre cada ensaio;
- Alterações no código Arduino, de forma a apresentar uma média de 15 valores de luminosidade medidos pelo sensor a cada ensaio, em vez de apenas uma medição, apresentando um valor mais provável para a luminosidade medida;



1 – Arduino
 2 – Breadboard
 3 – *Display* LCD
 4 – Montagem final do caminho ótico

Figura 3: Montagem final.

Na Figura 3 podemos também observar a zona onde se insere a cuvete com a solução para realização de um ensaio (coberta por uma “capa” de forma a evitar ao máximo a influência da luz ambiente), existindo um botão na breadboard que o utilizador pressiona para iniciar a medição de luminosidade, observando depois o valor medido no *display* LCD, procedimento a realizar pelos alunos durante a atividade.

Para a segunda parte, de forma a encontrar as soluções mais adequadas para utilizar na construção da reta de calibração, foram testadas diferentes concentrações de solução inicial e respetivas diluições, tendo em conta os seguintes parâmetros:

- Capacidade das pipetas e balões volumétricos disponíveis;
- Uso racional dos recursos de forma a tornar a experiência o mais “Verde” possível (Anastas & Warner, 1998), minimizando o uso de soluto, através de, por exemplo:
 - Reduzir o quanto possível os volumes iniciais para cada diluição, utilizando, para cada grupo de trabalho, balões volumétricos com a menor capacidade possível, minimizando o volume total necessário de solução-padrão;
 - Utilizar soluções o mais diluídas possível, sem comprometer a qualidade e validade da experiência.

Como tal, todos os balões volumétricos utilizados foram de 50,00 cm³, visto que estes eram os que estavam disponíveis com o menor volume, escolhendo-se o fator de

diluição a usar tendo em conta as pipetas disponíveis. Com base neste fator, e na disponibilidade de pipetas volumétricas de 5,00 cm³, 10,00 cm³, e 20,00 cm³, foram escolhidos os quatro diferentes fatores de diluição a usar: 1,25; 2; 2,5 e 5.

Após alguns ensaios preliminares chegou-se à conclusão que o valor de concentração para a solução inicial de 0,1 mol.dm⁻³ era suficiente para obter boas leituras de luminosidade, mesmo nas soluções mais diluídas. Com estes valores, obteve-se um volume de solução necessário para a atividade de 190 cm³, pelo que se preparou um balão volumétrico de 250 cm³ cujo conteúdo foi distribuído durante a implementação de forma cuidadosa para cada grupo de alunos. Assim, a massa requerida de sulfato de cobre (II) penta-hidratado para a realização da atividade é de apenas 6,242 g. Os valores obtidos na construção da reta de calibração relacionando a absorvância e concentração retornaram um valor de $R^2 = 0,9812$ (dados e gráfico obtidos disponíveis no “Apêndice 5”).

5.1.2 Guião de atividade – Produtos Ultraconcentrados

Tal como já mencionado, considera-se o desenvolvimento do “Guião” como o recurso mais importante produzido para a implementação da abordagem pretendida, pois nele constam todas as informações e etapas pelas quais os alunos têm que se guiar para realizar a atividade laboratorial. Este recurso é adiante descrito em detalhe, explorando as motivações que levaram à sua versão final, pois considera-se relevante ao ponto em que apenas uma remissão para o mesmo em “Apêndice 1” ficaria aquém da sua importância.

Contexto – O “Guião” começa por introduzir o tema e o trabalho a realizar, providenciando um contexto – os produtos ultraconcentrados da empresa *Inokem*⁶ – apresentando não só o conceito de diluição em Química, mas também o porquê de ser necessário realizar diluições também fora do laboratório de Química. Numa perspetiva de educação para a sustentabilidade, são também apresentados os benefícios associados à mudança das rotinas de compras, por exemplo, a troca de embalagens de detergentes prontos para utilização por produtos mais concentrados para depois se efetuar diluições para a sua concentração ficar adequada para uso diário. No “Guião” estes benefícios são apresentados primeiramente como uma enorme poupança económica, sendo que o exemplo do produto “*Eco Glass*” da marca *Inokem* apresentado no “Guião” apresenta um custo final de 0,22 €/L, enquanto o produto da “marca mais vendida do mercado”, teria um custo de 3,89 €/L, indicando que uma garrafa do produto “*Eco Glass*” equivale a 40

⁶ <https://www.inokem.com/> (Inokem Biotech Shop - BIO detergentes ultra concentrados, 2022).

embalagens da sua concorrente. Assim sendo, também do ponto de vista ambiental, ao optar por comprar apenas 1 embalagem do produto da *Inokem* estaríamos a poupar 39 embalagens de plástico, os recursos associados à sua produção e resíduos associados ao seu fim de vida.

Visto que as soluções usadas para efetuar as diluições são de sulfato de cobre (II), uma substância com propriedades fungicidas e herbicidas, aproveitou-se o facto de a *Inokem* produzir alguns produtos também com essa função para que o sulfato de cobre (II) não aparecesse dissociado do contexto apresentado, descontextualização habitualmente presente em muitas das atividades laboratoriais apresentadas nos manuais.

Parte 1 – Preparação – De seguida, os alunos são confrontados com uma imagem com os componentes elétricos e eletrónicos, inclusive o Arduino UNO, que serão usados na montagem experimental para determinação da concentração de soluções de sulfato de cobre (II) a partir da medição da absorvância das diferentes soluções. Dado que nesta fase do seu percurso académico os alunos não estão familiarizados com grande parte destes componentes, sugere-se que façam uma pequena pesquisa para entender a sua função.

Posteriormente, apresenta-se de forma sintética o conceito de “reta de calibração”, indicando o propósito da sua construção: aferir a concentração de uma solução desconhecida, partindo da leitura do valor de luminosidade medido pelo sensor na montagem experimental. Nesta etapa indica-se que o gráfico que se irá construir contempla valores de absorvância e concentração, deixando a abordagem da relação entre absorvância e os valores medidos no sensor de luminosidade para a parte do “Guião” que contempla a análise de resultados. Neste ponto exemplifica-se aos alunos como se constrói um gráfico de dispersão no *software* Excel, com base numa tabela de valores previamente disponibilizada, gerando a linha de tendência do mesmo, a equação da reta associada e ainda o valor de R^2 , que indica a “qualidade” da reta de ajuste obtida através dos valores medidos, processo com o qual os alunos não estão familiarizados.

Ainda durante a Parte 1, recomenda-se aos alunos a resposta às questões pré-laboratoriais presentes no protocolo experimental disponibilizado nas páginas seguintes, de forma a estarem melhor preparados para realizar a atividade. Solicita-se ainda aos alunos a realização de uma pequena pesquisa para se recordarem que fenómeno sofre a luz quando atravessa um meio ótico, especificamente uma solução translúcida de cor azulada, de forma a que o fenómeno que irá ser estudado seja de mais fácil compreensão. Neste sentido, foram ainda colocadas quer durante a implementação, quer durante a aula de preparação para a atividade, questões conceptuais que relembrem ou façam os alunos

chegar às conclusões necessárias para entender o porquê da intensidade luminosa medida no sensor ser cada vez menor à medida que aumenta a concentração e consequente “coloração azul” das soluções pelas quais se faz incidir o feixe luminoso.

Parte 2 – Realização da atividade – Nesta etapa do “Guião” apresenta-se o esquema necessário à montagem do circuito elétrico do aparato experimental, bem como os testes iniciais necessários para confirmar o seu pleno funcionamento. Optou-se por apenas mencionar em aula aos alunos que o Arduino já tinha sido programado para obter, em cada ensaio, a média de várias leituras da luminosidade medida no sensor, apresentando as medições no *display*, de forma a que a extensão e a complexidade apresentada no “Guião” não fossem excessivas para os alunos do 10º ano.

Seguidamente, sugere-se aos alunos que sigam o protocolo experimental para a preparação de soluções através da diluição de uma solução mais concentrada, cuja primeira parte é semelhante à presente nos manuais escolares. A segunda parte, no entanto, intitulada “Procedimento Experimental (medição da intensidade luminosa)”, é específica à abordagem STEM (processo explicado sucintamente no subcapítulo 5.1.1).

Parte 3 – Exploração – Disponibilizam-se as tabelas necessárias aos registos a efetuar pelos alunos, para produção dos gráficos da absorvância das soluções em função da sua concentração, bem como as questões pós-laboratoriais que deverão responder aquando a entrega do questionário. As questões pós-laboratoriais foram desenvolvidas com o objetivo de melhorar a compreensão dos conceitos inerentes à atividade, bem como avaliar as aprendizagens desenvolvidas por esta abordagem. Finalmente, apresenta-se uma última parte intitulada “**Parte 4 – Aplicação**”, em que os alunos são convidados a aplicar o método que aprenderam para determinação da concentração de soluções coloridas em meio translúcido num contexto diferente – a determinação de iões metálicos, possivelmente tóxicos, na água de consumo. Ainda que não lhe tenha sido dado um caráter “obrigatório”, esta parte foi construída de forma a que o trabalho desenvolvido na atividade possa ter seguimento para além do trabalho realizado em aula, estimulando a consolidação dos conceitos ao serem aplicados num contexto diferente, especialmente para os alunos mais interessados pelo tópico.

5.1.3 Planificação da implementação e outros recursos

Para a implementação em terreno educativo da atividade foram planeadas duas aulas, sendo a segunda aula (realização da atividade prática) com a turma dividida em turnos. Uma semana antes da atividade, na plataforma Google Classroom da turma, foi

disponibilizado o “Guião,” e após a aula terminar, na mesma plataforma, foi partilhado o link de acesso ao questionário a preencher pelos alunos. A aplicação da atividade será descrita no subcapítulo seguinte, sendo os sumários das aulas:

- Aula 1 (100 minutos): Preparação da atividade: “Produtos ultraconcentrados”.
- Aula 2 (2×100 minutos): Realização da atividade: “Produtos ultraconcentrados”.

Os planos de aula e recursos associados às mesmas estão disponíveis para consulta nos Apêndices 2 a 4, bem como o “Guião” (Apêndice 1), os dados obtidos (Apêndice 5) e o questionário aplicado (Apêndice 6).

5.2 Metodologia usada para aplicação da atividade

Ainda que numa versão muito simplificada, entende-se que a investigação conduzida pode ser considerada um estudo de caso (Pardal & Lopes, 2011). Os dados recolhidos relativos às opiniões dos alunos foram analisados com recurso à técnica de análise de conteúdo (Bardin, 2016), nomeadamente das respostas dos alunos às questões abertas do questionário aplicado e ao feedback recolhido. As questões fechadas presentes no questionário foram analisadas com recurso a métodos de estatística descritiva. A análise SWOT foi também um instrumento de avaliação da atividade, em que se pretende avaliar criticamente esta abordagem, referindo os seus pontos fortes e fracos, oportunidades de melhoria e falhas do mesmo (Gürel & Tat, 2017). Neste subcapítulo descrevem-se algumas destas técnicas, remetendo para mais detalhe a consulta das referências indicadas.

5.2.1 Estudo de caso

O estudo de caso permite, ao viabilizar o conhecimento pormenorizado de uma situação e recorrendo a diversos métodos, compreender o particular na sua complexidade, podendo sobre condições muito limitadas levar a generalizações empíricas (Pardal & Lopes, 2011). Sendo um modelo de análise empírico que investiga um fenómeno particular (o “caso”) dentro do seu contexto na vida real, é flexível no recurso a técnicas e permite recolha de informação diversificada, como, por exemplo, questionários. (Pardal & Lopes, 2011). Assim, entende-se a análise feita nestes capítulos como um estudo de caso do tipo “*de exploração/descritivo*”, segundo a caracterização de Bruyne et al., (1991) já que a investigação conduzida possui características típicas de ambos.

Carmo & Ferreira, 2015 referem que o produto final (entenda-se, neste caso, as conclusões da investigação) deve ser uma “descrição rica e rigorosa do caso que constitui o objeto de estudo”. No estudo de caso torna-se então necessário – através da recolha de

diferentes dados e da descrição pormenorizada do processo – assegurar a validade interna e a fiabilidade do estudo. Na tentativa de o fazer, recorre-se a várias técnicas de recolha e interpretação de dados explicitadas de seguida, remetendo-se a discussão e análise das mesmas para os capítulos seguintes.

5.2.2 Análise de conteúdo

Referenciando a definição de Berelson, “*análise de conteúdo é uma técnica que tem como finalidade a descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto da comunicação*” (Sampieri et al., 2013, p. 343), que tendo à sua disposição um conjunto variado de técnicas de análise, move-se entre o rigor da objetividade e a leitura subjetiva, sendo a interpretação o seu suporte cognitivo (Pardal & Lopes, 2011). Uma vez que é aplicada preferencialmente à comunicação linguística, podendo incidir sobre o registo escrito ou oral (Pardal & Lopes, 2011), foi aplicada na análise das respostas abertas às perguntas incidentes sobre as aprendizagens na Química, bem como ao feedback sobre a implementação e comparação entre a atividade em estudo e a do currículo. Para a parte das aprendizagens da Química, foi possível quantificar através de uma rubrica de avaliação (Tabela 2, pág. 33) entre 0 e 3 as respostas dos alunos, fazendo uma análise quantitativa descritiva, calculando medidas de posição (Morettin & Bussab, 2010) como a classificação média e mediana por pergunta e por aluno, enquanto que para as restantes perguntas abertas foi feita uma análise meramente qualitativa, inferindo algumas conclusões através da análise das opiniões dos alunos.

5.3 Implementação da atividade

5.3.1 Descrição dos participantes

A atividade foi implementada na turma do 10ºA do curso de Ciências e Tecnologias da Escola Secundária Inês de Castro, uma das turmas acompanhadas ao longo do ano durante a PES nesta escola no ano letivo de 2021/2022. Para uma descrição mais profunda da caracterização da turma, sugere-se a consulta do “Dossier de estágio”, nomeadamente das páginas 12 a 14. No dia da implementação da atividade faltou um aluno, pelo que no total participaram na investigação conduzida 23 alunos, com idades entre os 15 e 16 anos, distribuídos por 2 turnos. É uma turma com alunos de diferentes interesses e níveis cognitivos, com vários alunos a declarar interesse em seguir um curso superior nas áreas das ciências, tecnologias, engenharias e saúde.

5.3.2 Descrição da aplicação da atividade em aula

Aliado ao facto de ser uma atividade STEM, que tem por natureza ser intrinsecamente “*hands-on*”, bem como ser uma atividade laboratorial de Química, pretende-se que sejam os alunos a realizar ativamente grande parte, senão a totalidade da abordagem proposta, o mais autonomamente possível. Preparou-se uma aula teórica que teve como objetivo explicar e discutir os aspetos da atividade que poderiam ser desconhecidos para os alunos, como, por exemplo, o conceito de absorvância (que é completamente novo, mas que se entendeu ser uma boa forma de explorar conceitos de Química além daqueles contemplados nas Aprendizagens Essenciais através da nova abordagem proposta para a atividade da diluição de soluções), bem como uma revisão sobre os conceitos de concentração e diluição de soluções, focando principalmente nos cálculos necessários, devido à dificuldade apresentada pelos alunos nesta componente (Ranga, 2018), uma introdução ao Arduino e a alguns dos componentes eletrónicos como a *breadboard* (remetendo a pesquisa dos restantes para casa), entre outros, que pela novidade apresentada se considerou relevante abordar como preparação da atividade.



Figura 4: Material de laboratório a usar na atividade.

Para a aula prática em si, foi reunido o material de laboratório de Química necessário à preparação de soluções numa banca, de forma a que fossem os alunos a escolher o material inerente à solução atribuída a cada grupo (Figura 4). Foram impressas cópias do “*Guião*” para cada grupo, colocadas nas suas mesas habituais. Foi ainda colocado numa mesa o equipamento necessário à montagem com o Arduino (Figura 5), com a maior parte dos fios de ligação desligados, para que fosse montado o circuito em grande grupo, com a participação de todos os alunos (cada aluno, com base no esquema e auxílio do professor, fez uma ligação, depois passando a “vez” para o aluno seguinte até todo o circuito estar completamente operacional). Nesta mesa estava ainda um computador portátil com um documento Excel aberto, apresentando uma tabela por preencher e gráficos previamente preparados, mas em branco, e que iriam ser construídos automaticamente à medida que os alunos inserissem os dados experimentais.

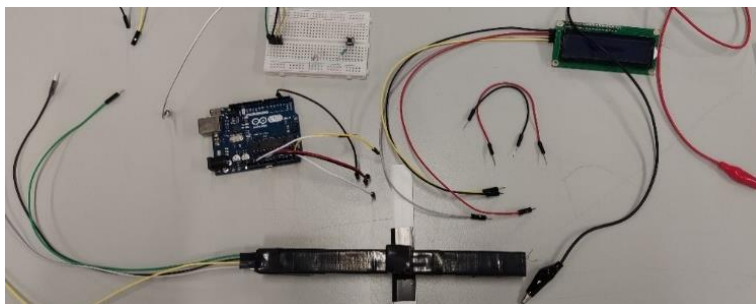


Figura 5: Montagem experimental (fios de ligação desconectados).

Tal como previamente mencionado, a realização da atividade implica a preparação de 4 soluções-padrão com diferentes concentrações, por isso foi decidido que cada grupo de alunos iria preparar apenas uma das soluções, de forma a poupar reagentes, tornando assim a atividade mais “Verde” (Anastas & Warner, 1998), sendo que à medida que estas iam ficando prontas, cada grupo testa a sua solução na montagem experimental, com o auxílio do professor para colocação correta da cuvete, e registando o valor de luminosidade medido na folha Excel comum de forma a facilitar os cálculos inerentes à relação entre a luminosidade medida e absorvância da solução.

Optou-se por colocar uma tabela “automática” em que os alunos apenas tinham que colocar o valor de luminosidade medido de forma a conseguir realizar a atividade completa durante os 100 minutos de aula disponíveis. Desta forma, consegue-se fazer a análise dos resultados com os alunos logo após cada grupo ter inserido os seus dados, aferindo a qualidade da reta de calibração, e passando de seguida à preparação das soluções de concentração desconhecida de forma a garantir a fluidez da aula, para que os alunos pudessem fazer ainda a análise gráfica da experiência, algo em que demonstraram ter bastantes dificuldades, tendo em conta que muitos alunos nunca tiveram contacto prévio com folhas de cálculo. Considera-se também que a preparação das soluções de concentração desconhecida e determinação da sua concentração é das partes mais importantes de toda a atividade, visto que o objetivo da montagem é proporcionar uma forma alternativa, mas, ainda assim, mais enriquecedora, de determinar essas mesmas concentrações, relacionando todas as componentes da atividade num culminar efetivamente investigativo, retirando conclusões sobre a precisão do método utilizado e do equipamento em si. Ainda assim, considera-se uma boa abordagem, admitindo mais tempo, a análise gráfica e operacionalização das tabelas e gráficos em folhas de cálculo por parte dos alunos, e seria certamente aplicado no caso de haver mais tempo disponível. As folhas de cálculo preenchidas em ambos os turnos foram depois disponibilizadas na plataforma Classroom da turma.

Para a realização da atividade, os alunos foram divididos nos seus grupos de trabalho habituais nas aulas laboratoriais, sendo que em cada turno os alunos encontram-se distribuídos por 4 grupos de 3 alunos. Na Figura 6, pode observar-se a disposição do laboratório com os guiões distribuídos pelos grupos de trabalho, em evidência à esquerda a mesa “comum”, onde se colocou a montagem e o computador, como se pode observar em melhor detalhe na Figura 7. No primeiro turno, devido à ausência de um aluno, apenas se formaram três grupos (dois grupos de 4 alunos e um grupo de 3 alunos) e atribuiu-se a um dos grupos com mais elementos duas soluções a preparar.



Figura 6: Disposição da sala, com distribuição dos guiões pelas mesas dos grupos.

Após a construção da reta de calibração, foi comunicado aos alunos que deviam preparar a solução de concentração desconhecida misturando pequenos volumes medidos com uma pipeta graduada de duas das soluções preparadas pelos grupos, registando os volumes utilizados de cada solução. Apesar de não constar no “Guião”, foi sugerido a cada grupo que, após determinação da concentração da solução de concentração desconhecida, tanto através da montagem experimental como de cálculos (usando para isso os volumes e concentrações das soluções usadas), se calculasse a percentagem pela qual diferiam os resultados obtidos por estes dois métodos, aferindo qualitativamente as incertezas que cada um deles poderia ter, gerando uma discussão bastante pertinente sobre qual dos métodos mais se aproxima do valor real.

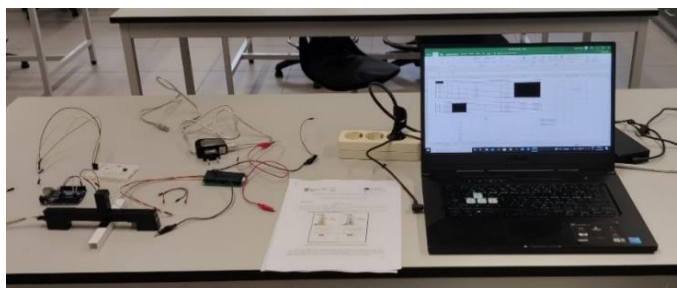


Figura 7: Mesa comum à turma com a montagem, computador e guião.

Sugeriu-se ainda logo no início da aula que à medida que os grupos terminassem todas as etapas da atividade, deveriam responder às questões pós-laboratoriais, sendo essas mesmas perguntas que constam no questionário a preencher.

6 Análise de resultados

Neste capítulo pretende-se fazer uma análise dos resultados obtidos durante a implementação da atividade, nomeadamente no que se prende à:

- Análise do rigor e validade científica do método usado, através dos resultados obtidos e do material usado;
- Análise de conteúdo das respostas às questões pós-laboratoriais, através da classificação das respostas dadas pelos alunos, avaliando o desenvolvimento de aprendizagens em Química relacionadas com a experiência;
- Estudo estatístico descritivo sobre o desenvolvimento de interesses, motivações e impacto da atividade (quer nestes aspetos ou na metacognição de conhecimentos adquiridos);
- Análise de conteúdo ao *feedback* de carácter opcional e aberto em relação à implementação da atividade.

Por fim, apresenta-se ainda num subcapítulo adicional uma análise SWOT, por nós realizada, permitindo autoavaliar, criticar, e aprimorar a implementação da atividade como alternativa à habitualmente realizada pelos alunos por ser apresentada nos manuais.

6.1 Rigor experimental da técnica aplicada.

A análise dos valores da reta de ajuste, tanto nos primeiros ensaios de validação do aparato experimental ($R^2 = 0,9812$) como na sua aplicação na aula ($R^2 = 0,9987$), permitem inferir uma boa relação entre a absorvância das soluções calculada com base dos valores medidos no sensor de luminosidade e a concentração das mesmas, relação com base na lei de Beer-Lambert já discutida na secção 3. Este facto permite depois encontrar com rigor o valor da concentração de uma solução de concentração desconhecida, mostrando assim o sucesso da montagem experimental na obtenção desta grandeza com um erro reduzido.

É ainda pertinente realçar que os melhores resultados foram obtidos durante a aplicação em terreno, nos ensaios realizados no segundo turno, o que mostra que os resultados obtidos não dependem de uma preparação extremamente rigorosa das soluções-padrão, dado que foram os alunos, com pouca prática, a prepará-las. Os resultados do primeiro turno, ainda que sejam considerados bons e não invalidem a experiência, mostram a fragilidade que a montagem apresenta a pequenas variações no alinhamento LED-cuvete-sensor, que podem alterar os valores medidos para a

luminosidade, sendo este o motivo mais provável para o erro considerável encontrado nos valores da absorvância que resultam de um ajuste linear menos preciso, e consequente desvio nos valores obtidos para a concentração das soluções de concentração desconhecida. Esta fragilidade pode ser facilmente colmatada através da construção de um aparato experimental mais estável, robusto e com melhor isolamento da luz ambiente. Os valores e gráficos mencionados podem ser consultados com maior detalhe no Apêndice 5.

6.2 Aprendizagem da Química

Para organizar e tratar a informação sobre as aprendizagens realizadas, através das respostas às questões pós-laboratoriais submetidas pelos alunos, foi construída a seguinte rubrica de avaliação (Tabela 2), que apesar de apresentar um carácter algo subjetivo, pretende atribuir uma classificação de 0 a 3 a estas questões de resposta aberta.

Tabela 2: Rubrica de avaliação com descrição dos níveis de desempenho.

Níveis	0	1	2	3
Descrição	O aluno não responde ou a resposta não se enquadra à pergunta.	O aluno responde de forma bastante incompleta ou com graves lacunas.	O aluno responde à pergunta de forma correta mas incompleta, ou com pequenos erros que não afetam a sua compreensão.	O aluno responde corretamente à pergunta.

Note-se que apesar de todos os alunos que participaram na atividade terem respondido ao questionário, três deles não apresentaram nenhuma resposta às questões pós-laboratoriais, apenas responderam à parte motivacional de carácter fechado. Quando confrontados os alunos em causa argumentaram não ter percebido bem ou não saberem a resposta às questões apresentadas. Entende-se que a forma mais adequada de tratar estes resultados é assumir que os alunos de facto não entenderam as questões/atividade, ou não possuem os conhecimentos e capacidades para responder, e como tal contabilizar tais respostas como 0, mas não as excluir da análise estatística, o que seria pouco ético e a tornaria irreal. No Apêndice 7 pode ser consultada em detalhe a tabela com esquema de cores associado, na qual se registou as classificações atribuídas e análise estatística resultante, e de onde se inferem os dados a seguir constatados. A Tabela 3 apresenta apenas os resultados médios das classificações por pergunta.

Tabela 3: Quadro-resumo das classificações às questões pós-laboratoriais.

Aluno/Questão	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Média
Média	1.39	1.48	2.04	1.61	1.57	0.78	0.87	1.09	1.35
Média(%)	46.38	49.28	68.12	53.62	52.17	26.09	28.99	36.23	45.11
Mediana	1	2	3	2	2	0	0	0	
% acertos (3)	21.7	17.4	56.5	30.4	43.5	13.0	17.4	26.1	28.26
% acertos (3 e 2)	47.8	60.9	69.6	52.2	52.2	21.7	30.4	34.8	46.20
% acertos em tentadas	57.9	87.5	88.9	60.0	80.0	33.3	70.0	61.5	67.39

Como turma, o valor médio obtido para a classificação foi de 1,35 pontos, num máximo de 3 possíveis, o que equivale a 45,11%. A percentagem de acertos completos (ou seja, classificação de 3 pontos) foi de 28,26%, e de acertos “parciais” (ou seja, classificação de 2 ou 3 pontos, correspondendo a respostas certas e incompletas) foi de 46,20%.

Considerando que os alunos não tiveram limite de tempo para responder às questões, podendo consultar os recursos que achassem necessário, se contabilizarmos apenas as tentativas de resposta, ou seja, ignorando as respostas em branco, a taxa de acerto foi de 67,29%. Este valor, que corresponde à percentagem de *acertos “parciais”*, contabilizando apenas as tentativas de resposta, apesar de pouco rigoroso, não deixa de ser interessante por mostrar que apesar das perguntas se mostrarem um pouco complexas, os alunos que tentaram investigar, por exemplo, através da *internet* ou do manual, mostrando assim interesse em responder corretamente às perguntas, conseguiram suceder nessa vertente.



Figura 8: Gráfico da classificação média por pergunta pós-laboratorial.

Como podemos constatar pelo gráfico da Figura 8, a pergunta com maior taxa de sucesso foi a pergunta 3 – média de 68,12%, com uma percentagem de acertos completos de 56,50% e de acertos parciais de 69,60%. Dos alunos que responderam, 88,90% acertou (parcial ou totalmente). Já a pergunta com pior taxa de sucesso foi a pergunta 6 – média de 26,09%, com uma percentagem de acertos completos de 13,00% e de acertos parciais de 21,70%.

Dois alunos responderam corretamente a todas as perguntas (obtendo classificação equivalente a 100% e 96%), e 3 alunos apenas falharam uma (dois deles obtiveram média equivalente a 83% e 79% respetivamente). Para além dos 3 alunos que não responderam a nenhuma questão, outros 9 tiveram classificação abaixo de 50%, sendo que 7 destes obtiveram classificação abaixo de 33%.

Observamos pelo esquema de cores da Figura 8 que existe uma grande discrepância na qualidade das respostas a partir da pergunta 5, que pode estar relacionado com a dificuldade das perguntas em si, cansaço dos alunos ao chegarem ao final destas questões, ou, mais provavelmente, com o facto das perguntas finais envolverem ou a

aplicação a um contexto diferente fora do laboratório (pergunta 8, que muitos alunos não entenderam que o que era pedido era mais simples do que assumiram), ou sobre as partes da atividade com as quais não estavam ainda familiarizados (função das soluções-padrão na calibração e espectrofotometria e as suas aplicações, perguntas 6 e 7).

Nas primeiras 4 perguntas, relacionadas com a atividade da diluição em si, semelhantes às encontradas nos manuais, os alunos obtiveram uma classificação média positiva (ou muito perto, no caso da pergunta 1 e 2). Já na pergunta 5, que relaciona os conceitos de intensidade luminosa medida no sensor com a absorvância e concentração das soluções, através da análise do gráfico obtido em aula, e que poderia ter gerado algumas dúvidas inerentes aos novos e abstratos conceitos, os alunos obtiveram uma classificação média de 52,17%, em que 80,00% dos alunos que submeteram resposta fizeram-no corretamente. Isto demonstra que uma das relações mais importantes a reter, na qual se baseia esta atividade, foi bem compreendida pelos alunos, tendo esta relação sido bastante enfatizada durante várias etapas da implementação da atividade.

6.3 Interesses e motivações dos alunos

Nesta secção do questionário foram desenvolvidas questões para avaliar as seguintes componentes:

1. **Dificuldade encontrada:** “Quão difícil achaste esta atividade?”;
2. **Motivação:** “Quão motivado te sentiste para a realizar?”;
3. **Interesse:** “Quão interessante achaste esta atividade?”;
4. **Metacognição:** “Classifica esta atividade, de 1 a 5, em termos de aprendizagens realizadas”;
5. Justificação (resposta aberta) às questões anteriores;
6. **Relevância do Arduino:** “Classifica, na tua opinião, a relevância da utilização do Arduino no laboratório de Física e Química A”;
7. **Apetência para voltar a trabalhar com montagens semelhantes:** “Gostarias de trabalhar com montagens deste género (Arduino, sensores, etc.) noutras atividades experimentais de Física e Química A?” (“Sim” ou “Não”);
8. **Desenvolvimento de interesse por uma área** (Ciência, Programação, Engenharia, Matemática, Tecnologia, “Nenhuma em específico” ou “Outra opção”).

A resposta aos primeiros 4 pontos e ao ponto 6 foi feita numa escala do tipo Likert de 5 pontos, sendo os extremos, respetivamente: “muito simples”, “muito complicada”; “pouco motivado”, “muito motivado”; “sem interesse”, “muito interessante”; “não aprendi nada”,

“aprendi bastante”; e, por último, “irrelevante”, “muito relevante”. Estes resultados encontram-se sistematizados no Apêndice 8. A partir da análise das respostas dos alunos, inferem-se de seguida algumas conclusões, de modo sintético, referentes a cada um dos tópicos de análise anteriores:

1. A maioria dos alunos não considerou a atividade difícil, tendo 19 dos 23 inquiridos respondido nível 2 ou 3 (“simples” ou “indiferente”), sendo que apenas 3 alunos responderam “complicada”;
2. No que toca à motivação, dos 23 inquiridos todos se dividiram entre a classificação máxima (12 alunos) ou a imediatamente anterior (11 alunos), mostrando que este tipo de abordagem foi deveras motivante para os alunos desta turma;
3. À semelhança do ponto anterior, 17 dos 23 inquiridos consideraram a atividade “muito interessante”, e os restantes 6, “interessante”;
4. Apesar de pouco poder ser aferido a partir desta questão em relação à metacognição, facto é que todos os alunos responderam 4 ou 5, equitativamente. Isto poderá querer indicar que sentem que aprenderam mais ao realizar esta atividade do que o “normal”, para uma ou duas aulas de Química, que se considera ser um indicador positivo;
5. Por ser uma pergunta de resposta aberta, a sua discussão é feita na secção seguinte;
6. Relativamente à relevância do Arduino, 19 alunos dividiram-se entre 4 ou 5 (“muito relevante” ou “relevante”), e os restantes ficaram no valor intermédio, mas nenhum respondeu 1 ou 2 (“irrelevante” ou “pouco relevante”). Isto poderá querer indicar que os alunos entenderam a relevância do Arduino e/ou gostaram de trabalhar com o material.
7. A resposta a esta questão suporta os resultados da anterior: 22 dos 23 inquiridos gostariam de trabalhar novamente com montagens usando Arduino, circuitos elétricos e outros sensores, mostrando afinidade pela inovação tecnológica da atividade, comparado com o que estão habituados.
8. Em relação à questão dos interesses em áreas científicas e tecnológicas desenvolvidos pelos alunos, as respostas foram bastante surpreendentes: a par da “tecnologia” (o que inequivocamente faz sentido), a área que obteve mais respostas a favor foi a “Programação” apesar do pouco realce dado a esta componente, quer no “Guião”, quer na aula prática em si. Esta componente apenas foi mencionada durante a aula de preparação, mostrando um vídeo sobre o Arduino e alguns comentários sobre o código que corre durante a atividade. Note-se que um grupo de 6 alunos já tinha tido contacto com *hardware* semelhante ao Arduino (neste caso, Raspberry-Pi), o que pode ter influenciado os resultados. Outro fator interessante é que todas as componentes STEM

tiveram praticamente o mesmo número de respostas, com exceção da “Matemática” que teve apenas 4, facto que não é surpreendente dada a típica aversão dos alunos a esta área científica. É ainda de salientar que 1 aluno introduziu uma nova categoria: “fotometria, espectroscopia”.

6.4 Feedback sobre a implementação e comparação das atividades

Na componente do questionário que contempla as respostas abertas, foi pedido aos alunos que comparassem livremente a atividade implementada à do manual (14 respostas), que justificassem a sua opinião nas questões de resposta quantitativa (17 respostas) e que indicassem algum comentário extra (*feedback* sobre a implementação) que considerassem relevante (4 respostas). Na comparação com a atividade presente nos manuais, alguns dos pontos-chave presentes nas respostas foram:

- “Mais fácil” (1)
- “Gostei mais”, “mais interessante”, “mais divertida” (7), “inovadora” (1)
- “Foi diferente (positivamente) devido ao uso de...”: Excel, gráficos, absorvância, luminosidade ou relacionar áreas diferentes (7)
- “No livro está tudo feito e aqui os professores ajudam a fazer” (1)
- “Ajuda a entender os conceitos” (3)

Já na justificação geral das respostas às perguntas de carácter fechado, dado que a resposta implica tópicos mais abrangentes do que uma comparação direta, existem consequentemente pontos-chave mais dispersos:

- Interessante (11), inovadora (3) ou cativante (5)
- Relevância ou importância do laboratório (3) e dos contextos (2)
- Diferentes materiais, ferramentas e procedimentos (6)
- “Mais aprendizagens” (3)
- Gostariam de maior exploração do Arduino e circuito (2) e de menos cálculos (1)
- “Mais difícil” (3) e “Não foi difícil” (4)

Em relação ao feedback sobre a implementação, 3 das respostas foram apenas a dizer que gostaram de uma forma geral, no entanto foi deixado um comentário bastante interessante:

“Gostei muito de realizar a atividade (comparativamente a outras já realizadas) e acho que a sua implementação foi bem conseguida (por exemplo, o guião ajudou bastante à compreensão da atividade), mas penso que o professor podia ter explicado mais as ligações entre os componentes feitas na breadboard, já que me

pareceu difícil a compreensão de como era suposto ligá-los e porque é que os fios tinham de ficar em determinado sítio, apesar do esquema disponibilizado.”

6.5 Análise SWOT da implementação da atividade

A fim de avaliar as possibilidades da abordagem STEM desenvolvida e os desafios inerentes à sua implementação, foi conduzida uma análise SWOT cujo objeto de estudo é não só a própria atividade, mas também a sua implementação e integração na aula. A análise SWOT é uma ferramenta analítica focada em analisar as forças e fraquezas internas e as oportunidades e ameaças externas do objeto em estudo (Gürel & Tat, 2017). Como tal, acredita-se ser uma boa ferramenta para identificar e avaliar referidas possibilidades e desafios, de forma a poder melhorar quer a atividade em si quer a sua implementação no terreno. Machado et al., (2012), explora uma aplicação mais desenvolvida desta ferramenta a atividades laboratoriais do ensino secundário, a qual serviu de inspiração. Para a análise SWOT da implementação desta abordagem, decidiu-se procurar responder à seguinte pergunta: *“Quais as possibilidades e o impacto do uso de abordagens STEM com interfaces Arduino no ensino da Química?”*. Partindo de uma perspetiva CTSA (Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente), no qual a abordagem STEM se interliga e correlaciona, desenvolveu-se o seguinte quadro-resumo (Tabela 4).

Tabela 4: Quadro-resumo da análise STEM da implementação da atividade.

Componente interna	
Strengths (Forças) - A multidisciplinaridade associada potencia o desenvolvimento de conhecimento e interesses em múltiplas áreas. - O uso de interfaces Arduino resulta numa ligação mais próxima com o mundo real. - Providenciando um contexto, os conceitos surgem com um propósito e não desconectados. Torna as aprendizagens mais significativas. - Mais sustentável que o seu equivalente curricular como apresentado nos manuais. - A implementação de abordagens inovadoras e diferentes do que os alunos estão habituados pode desenvolver o interesse pela disciplina.	Weaknesses (Fraquezas) - Requer conhecimentos e capacidades de alto nível em várias áreas que podem ter que ser desenvolvidos previamente com os alunos, como a criação e interpretação de gráficos e fórmulas em Excel. - Atacar o ponto anterior e a introdução de grandezas que os alunos não estão familiarizados (luminosidade e absorvância) requer precioso tempo letivo, bem como a preparação da atividade por parte do professor. - Nível de dificuldade de compreensão dos fenómenos e realização plena da atividade requer maior atenção e ajuda por parte do professor aos alunos com mais dificuldades.
Opportunities (Oportunidades) - Pode desenvolver interesse de alguns alunos em seguir carreiras STEM. - A abordagem “hands-on” pode envolver alguns alunos que necessitam de “fazer para aprender”. - Oportunidade de habituar os alunos a abordagens diferentes e ao uso do Arduino noutras atividades/práticas letivas. - O professor pode planificar a atividade de modo a explorar mais ou menos das suas componentes, remeter para trabalho autónomo ou em aula, consoante os objetivos, tempo disponível e capacidades dos alunos.	Threats (Ameaças) - Falta de hardware, material laboratorial, reagente, ou até espaço físico para realizar a atividade; - Currículos demasiado extensos (e preparação para exames) podem gerar receio em “perder tempo” com abordagens deste género; - Guião relativamente extenso e necessidade de preparação prévia pode afastar os alunos com menos interesse inicial. - Necessidade de algum domínio da programação e eletrónica por parte do professor e alunos.
Componente externa	

7 Conclusões e considerações finais

O momento em que, durante a realização da atividade em sala de aula, foi obtido o melhor valor de R^2 (0,9987) até à data para a regressão linear da “reta de calibração” foi a prova final para a robustez do método para determinação da concentração de soluções de sulfato de cobre (II) através da medida da absorvância, o que revela o potencial da implementação desta atividade em substituição à atividade habitualmente apresentada nos manuais escolares, levando em conta todas as vantagens pedagógicas associadas à implementação do mesmo já expostas ao longo deste Relatório. Este fator é realçado ainda pela obtenção de uma diferença relativa de apenas 0,97% (no melhor ensaio, 4,65% de média para os ensaios dos quatro grupos desse turno) em relação ao valor obtido através da determinação da concentração da solução desconhecida partindo dos volumes utilizados na sua preparação. Devido a todas as novidades associadas à atividade para alunos do 10º ano, e por forma a levar à plena compreensão e realização fluída da atividade, recomenda-se a lecionação de uma aula de preparação, ainda que o “Guião” permita a sua total preparação fora da sala de aula.

Considera-se o trabalho realizado como um ponto de partida relevante quer para a sedimentação do uso do Arduino no Ensino da Química, quer para a implementação de abordagens STEM que permitam tornar as atividades laboratoriais do Ensino Secundário mais interessantes, relevantes e motivadoras, proporcionando aos alunos a possibilidade de desenvolverem competências transversais e essenciais na atualidade. Segundo Margot & Kettler, (2019) os professores acreditam, de um modo geral, que as abordagens STEM melhoram as aprendizagens dos estudantes enquanto os preparam para o futuro. Apesar da confiança ser um fator importante na lecionação destas abordagens Kale et al., (2020) referem que ainda existe bastante dificuldade de os professores integrarem a tecnologia na sua prática, apesar de ser uma abordagem que promove uma melhoria no processo de ensino-aprendizagem. A este respeito, o Arduino surge como um desafio aliciante e de baixo custo, mas não muito exaustivo, na aproximação da disciplina ao mundo real, fazendo uso de contextos relevantes e métodos atuais e trazendo a tecnologia para a sala de aula.

Ainda que a metodologia usada para avaliação da mesma possa ser aprofundada, os resultados, quer ao nível da aprendizagem da Química, quer ao nível do desenvolvimento de interesses e competências nas STEM, foram satisfatórios e permitiram acima de tudo demonstrar as possibilidades associadas a este tipo de implementações na lecionação da disciplina de Física e Química A no Ensino Secundário.

8 Reflexão autocrítica e projetos futuros

É importante indicar desde início como única a oportunidade de desenvolver um projeto deste âmbito e simultaneamente acompanhar a turma na qual foi implementada a atividade, não sendo o professor regente da mesma, contando assim com o apoio do núcleo de estágio na implementação da abordagem desenhada. Sinto que seria muito mais exigente fazê-lo de um modo isolado e reconheço que a colaboração entre pares é essencial e devemos fomentá-la não só nos alunos mas também em nós próprios.

Entre as limitações de tempo e espaço disponível para o desenvolvimento desta pequena investigação, devido essencialmente a ter sido desenvolvida no âmbito da IPP como uma introdução à investigação em educação e didática da Química, aliado às minhas próprias limitações enquanto iniciante na área, admito que a revisão da literatura ficou aquém e poderia ter sido mais aprofundada.

É importante referir também que reconheço um certo entusiasmo no papel de investigador, constatando que o professor também se prende com questões da procura de novo conhecimento, tendo um papel privilegiado na investigação do ensino na Química e na construção de um conhecimento científico comum na área da didática, não descurando, evidentemente, os amparos metodológicos associados à implementação da atividade, reconhecendo inequivocamente o que foi feito neste Relatório como um *proto* ensaio investigativo. Todavia, sinto ainda maior entusiasmo por me estar agora a preparar para tentar amparar e amplificar este trabalho junto do investigador Doutor José Luís Araújo com quem colaborei, e constituí-lo num artigo para publicação, motivado por saber que é assim que se faz ciência não só na didática da Química mas de um modo geral. Nesse sentido, dar um contributo para o desenvolvimento de avanços, por muito pequenos que possam ser, na área da Educação e do Ensino da Química, é algo que não esperava conseguir alcançar e que me deixa tremendamente feliz de se estar a tornar realidade.

Esta jornada abriu ainda novos caminhos que julgava já ter fechado, podendo este “*proto*” ensaio ser um ponto de partida para evoluir da sua categoria de “*proto*” investigação, e realizar um trabalho mais profundo, dedicado, e coerente quer na área da Química quer na área da Física, desde que esteja relacionada com o ensino de qualquer uma delas. Contudo, sinto imprescindíveis a esse caminho os anos de serviço e contacto com os alunos que ainda não possuo, e como tal, é o “terreno” que se segue num futuro próximo, esperando que a experiência e as vivências indiquem qual o próximo tema a explorar, em qualquer uma das duas áreas pelas quais desde cedo me apaixonei.

9 Referências Bibliográficas

- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). *Green chemistry: Theory and practice*. Oxford University Press.
- Araújo, J. L., Morais, C., & Paiva, J. C. (2022). Citizen Science as a Pedagogical Tool in Chemistry Education: Students' Attitudes and Teachers' Perceptions. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 18(2).
<https://doi.org/10.21601/ijese/11841>
- Arduino. (2022, junho). *What is Arduino?* <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Atkins, P. W., De Paula, J., & Keeler, J. (2018). *Atkins' Physical chemistry* (11^a ed.). Oxford University Press.
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Bruyne, P. de, Herman, J., & Schoutheete, M. de. (1991). *Dinâmica da pesquisa em ciências sociais: Os pólos da prática metodológica* (5^a ed.). Rio de Janeiro: F. Alves.
- Bybee, R. W. (2010). What Is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996–996.
<https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association.
- Carmo, H., & Ferreira, M. M. (2015). *Metodologia da investigação: Guia para auto-aprendizagem*. Universidade Aberta.
- Despacho n.º 6478/2017, de 26 de julho. (2017). *Diário da República: II série, n.º 143*. Lisboa: Educação - Gabinete do Secretário de Estado da Educação.
- Despacho n.º 8476-A/2018, de 31 de agosto. (2018). *Diário da República: II série, n.º 168*. Lisboa: Educação - Gabinete do Secretário de Estado da Educação.

- Enciso, P., Luzuriaga, L., & Botasini, S. (2018). Using an Open-Source Microcontroller and a Dye-Sensitized Solar Cell to Guide Students from Basic Principles to a Practical Application. *Journal of Chemical Education*, 95(7), 1173–1178.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00094>
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976.
<https://doi.org/10.1080/09500690600702470>
- Gürel, E., & Tat, M. (2017). SWOT Analysis: A Theoretical Review. *Journal of International Social Research*, 10(51), 994–1006. <https://doi.org/10.17719/jisr.2017.1832>
- Harris, D. C., & Lucy, C. A. (2020). *Quantitative chemical analysis* (10ª ed.). Macmillan Learning.
- Hofstein, A., & Hugerat, M. (2021). Chapter 1: The Role of the Laboratory in Chemistry Teaching and Learning. Em *Teaching and Learning in the School Chemistry Laboratory* (pp. 1–15). Royal Society of Chemistry.
<https://doi.org/10.1039/9781839164712-00001>
- Inokem Biotech Shop—BIO detergentes ultra concentrados. (2022). Inokem Biotech Shop | Loja Online. <https://www.inokem.com/>
- Jancsó, G. (2005). Effect of D and 18O isotope substitution on the absorption spectra of aqueous copper sulfate solutions. *Radiation Physics and Chemistry*, 74(3–4), 168–171. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2005.04.011>
- Kale, U., Roy, A., & Yuan, J. (2020). To design or to integrate? Instructional design versus technology integration in developing learning interventions. *Educational Technology Research and Development*, 68(5), 2473–2504.
<https://doi.org/10.1007/s11423-020-09771-8>

- King, D. (2012). New perspectives on context-based chemistry education: Using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), 51–87. <https://doi.org/10.1080/03057267.2012.655037>
- Koh, J. H. L. (2020). Three approaches for supporting faculty technological pedagogical content knowledge (TPACK) creation through instructional consultation. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2529–2543. <https://doi.org/10.1111/bjet.12930>
- Kubínová, Š., & Šlégr, J. (2015). ChemDuino: Adapting Arduino for Low-Cost Chemical Measurements in Lecture and Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 92(10), 1751–1753. <https://doi.org/10.1021/ed5008102>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Machado, A., Costa, D., & Ribeiro, M. G. (2012). Uma Análise SWOT do Contexto CTSS das Atividades Laboratoriais do Ensino Secundário. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 65. <https://doi.org/10.52590/M3.P654.A30001725>
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- McClain, R. L. (2014). Construction of a Photometer as an Instructional Tool for Electronics and Instrumentation. *Journal of Chemical Education*, 91(5), 747–750. <https://doi.org/10.1021/ed400784x>
- Moon, J., & Singer, S. R. (2012, janeiro 30). Bringing STEM Into Focus. *Education Week*. <https://www.edweek.org/teaching-learning/opinion-bringing-stem-into-focus/2012/01>

- Morettin, P. A., & Bussab, W. de O. (2010). *Estatística Básica* (6ª ed.). Saraiva.
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221–223.
<https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775>
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/13165>
- Önen, A. S., & Ulusoy, F. M. (2014). Developing the context-based chemistry motivation scale: Validity and reliability analysis. *Journal of Baltic Science Education*, 13(6), 809–820. <https://doi.org/10.33225/jbse/14.13.809>
- Papadimitropoulos, N., Dalacosta, K., & Pavlatou, E. A. (2021). Teaching Chemistry with Arduino Experiments in a Mixed Virtual-Physical Learning Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 30(4), 550–566.
<https://doi.org/10.1007/s10956-020-09899-5>
- Pardal, L., & Lopes, E. S. (2011). *Métodos e técnicas de investigação social*. Areal Editores.
- Pino, H., Pastor, V., Grimalt-Álvaro, C., & López, V. (2019). Measuring CO₂ with an Arduino: Creating a Low-Cost, Pocket-Sized Device with Flexible Applications That Yields Benefits for Students and Schools. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 377–381. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00473>
- Ranga, J. S. (2018). ConfChem Conference on Mathematics in Undergraduate Chemistry Instruction: Impact of Quick Review of Math Concepts. *Journal of Chemical Education*, 95(8), 1430–1431. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00070>

- Salta, K., & Tzougraki, C. (2004). Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece. *Science Education*, 88(4), 535–547.
<https://doi.org/10.1002/sce.10134>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. D. P. B. (2013). *Metodologia de Pesquisa* (5ª ed.). Penso.
- Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Mohamad Arsad, N. (2019). Students' interest towards STEM: A longitudinal study. *Research in Science & Technological Education*, 37(1), 71–89.
<https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1489789>
- Soares, B. C., Campos, M. E. C. de, Thomaz, J. R., Pereira, G. D. C., & Roehrs, R. (2017). The importance of experimentation in the teaching of sciences to elementary school. *Revista Monografias Ambientais*, 15(2), 1.
<https://doi.org/10.5902/2236130827003>
- Vallejo, W., Diaz-Urbe, C., & Fajardo, C. (2020). Do-it-yourself methodology for calorimeter construction based in Arduino data acquisition device for introductory chemical laboratories. *Heliyon*, 6(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03591>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Harvard University Press.
<https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>
- Wiyarsi, A., Pratomo, H., & Priyambodo, E. (2020). Vocational High School Students Chemical Literacy on Context-Based Learning: A Case of Petroleum Topic. *Turkish Journal of Science Education*, 17(1), 147–161.
<https://doi.org/10.36681/tused.2020.18>

Anexos

Anexo 1 - Código usado na atividade (Arduino)

```
+#include <Wire.h>
#include <TSL2561.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// Example for demonstrating the TSL2561 library - public domain!

// connect SCL to analog 5
// connect SDA to analog 4
// connect VDD to 3.3V DC
// connect GROUND to common ground
// ADDR can be connected to ground, or vdd or left floating to
change the i2c address

// The address will be different depending on whether you let
// the ADDR pin float (addr 0x39), or tie it to ground or vcc. In
those cases
// use TSL2561_ADDR_LOW (0x29) or TSL2561_ADDR_HIGH (0x49)
respectively
TSL2561 tsl(TSL2561_ADDR_FLOAT);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
void setup(void) {
  pinMode(2, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  if (tsl.begin()) {
    Serial.println("Found sensor");
  } else {
    Serial.println("No sensor?");
    while (1);
  }

  // You can change the gain on the fly, to adapt to
brighter/dimmer light situations
  // tsl.setGain(TSL2561_GAIN_0X);          // set no gain (for
bright situations)
  tsl.setGain(TSL2561_GAIN_16X);          // set 16x gain (for dim
situations)
```

```
// Changing the integration time gives you a longer time over
which to sense light
// longer timelines are slower, but are good in very low light
situations!
//tsl.setTiming(TSL2561_INTEGRATIONTIME_13MS); // shortest
integration time (bright light)
tsl.setTiming(TSL2561_INTEGRATIONTIME_101MS); // medium
integration time (medium light)
//tsl.setTiming(TSL2561_INTEGRATIONTIME_402MS); // longest
integration time (dim light)

// Now we're ready to get readings!
}

void loop(void) {
  // Simple data read example. Just read the infrared,
  fullspectrum diode
  // or 'visible' (difference between the two) channels.
  // This can take 13-402 milliseconds! Uncomment whichever of the
  following you want to read
  // uint16_t x = tsl.getLuminosity(TSL2561_VISIBLE);
  uint16_t x = tsl.getLuminosity(TSL2561_FULLSPECTRUM);
  //uint16_t x = tsl.getLuminosity(TSL2561_INFRARED);

  // Serial.println(x, DEC);

  // More advanced data read example. Read 32 bits with top 16 bits
  IR, bottom 16 bits full spectrum
  // That way you can do whatever math and comparisons you want!
  // uint32_t lum = tsl.getFullLuminosity();
  //uint16_t ir, full;
  //ir = lum >> 16;
  // full = lum & 0xFFFF;
  // Serial.print("IR: "); Serial.print(ir); Serial.print("\t\t");
  // Serial.print("Full: "); Serial.print(full); Serial.
  print("\t");
```

```
// Serial.print("Visible: "); Serial.print(x); Serial.
print("\t");

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Luminosidade: ");

if (digitalRead(2) == HIGH) {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Luminosidade: ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(".");
  delay (2500);
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.print(".");
  delay (2500);
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print(".");
  delay (2500);
  lcd.setCursor(3, 1);
  lcd.print(".");
  delay (2500);
  lcd.setCursor(4, 1);
  lcd.print(".");
  delay (2500);
  lcd.setCursor(5, 1);
  lcd.print(".");
  delay (2500);
  lcd.setCursor(6, 1);
  lcd.print(".");
  delay (2500);
  lcd.setCursor(7, 1);
  lcd.print(".");
  delay (2500);
  lcd.setCursor(8, 1);
  lcd.print(".");
  delay (2500);
```

```

lcd.setCursor(9, 1);
lcd.print(".");
delay (2500);
lcd.setCursor(10, 1);
lcd.print(".");
delay (2500);
lcd.setCursor(11, 1);
lcd.print(".");
delay (2500);
lcd.setCursor(12, 1);
lcd.print(".");
delay (2500);
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print(".");
delay (2500);
lcd.setCursor(14, 1);
lcd.print(".");
delay (2500);
lcd.setCursor(15, 1);
lcd.print(".");
delay (2500);
Serial.println("");
Serial.print("Media: ");
int total = 15;
int valor = 0;

for (int i = 1; i <= total; i++) {
  int y = tsl.getLuminosity(TSL2561_VISIBLE);
  valor = valor + y;
  Serial.print(y);
  Serial.print(" | ");
  Serial.println(valor);
  delay(200);
}
int media = valor / (total);

```

```
Serial.println(media);  
Serial.print("Luminosidade: "); Serial.println(media);  
  
lcd.clear();  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Luminosidade: ");  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print(int(media));  
delay(200);  
}  
}
```

Anexo 2 – Espectro de absortividade molar (ϵ) de uma solução de sulfato de cobre

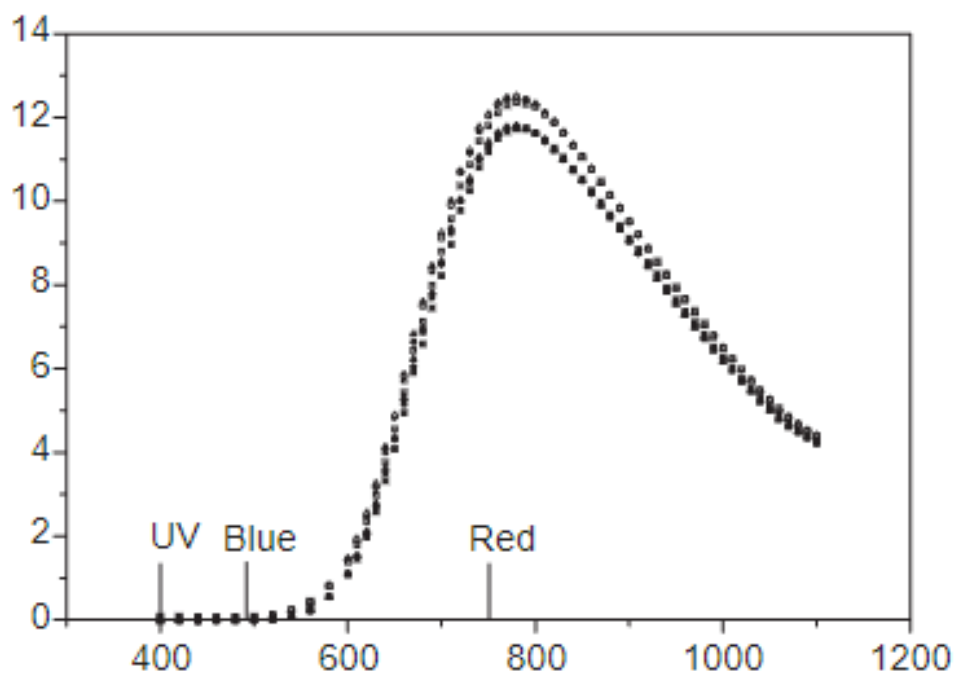


Fig. 1. Molal absorption coefficient (ϵ) in the function of wavelength (λ) for 0.5 aquamolality solutions of copper sulfate (CuSO_4) in H_2^{16}O ($\square, \circ, \triangle$) and D_2^{16}O ($\blacksquare, \bullet, \blacktriangle$). The molal absorption coefficient is given in $(\text{mol}/55.51 \text{ mol of water})^{-1} \text{cm}^{-1}$, λ in nm.

Figura 9: Espectro de absortividade molar (ϵ) de soluções aquosas de sulfato de cobre. Fonte: Jancsó, 2005

Anexo 3 – Reagente usado (Sulfato de cobre (II) penta-hidratado)



Figura 10: Fotografia da embalagem do reagente usado.

Link para o *website* com a ficha de segurança, de acordo com o Regulamento (CE) nº 1907/2006: <https://www.sigmaaldrich.com/PT/en/product/mm/102790>

Apêndices

Apêndice 1 – Guião de atividade – “Produtos Ultraconcentrados” – Preparação de soluções por diluição



Guião de atividade - Produtos Ultraconcentrados

Preparação de soluções por diluição

INTRODUÇÃO

INOKEM – Biotech Shop

A INOKEM é uma empresa 100% portuguesa, especialista no desenvolvimento de soluções PREMIUM de desinfecção e limpeza biodegradáveis pensadas para o bem-estar dos consumidores, e focada na inovação e sustentabilidade com opções *eco-friendly*.

1. Visita o site da INOKEM (<https://www.inokem.com/about>) para saberes mais sobre esta empresa e os produtos que comercializa.

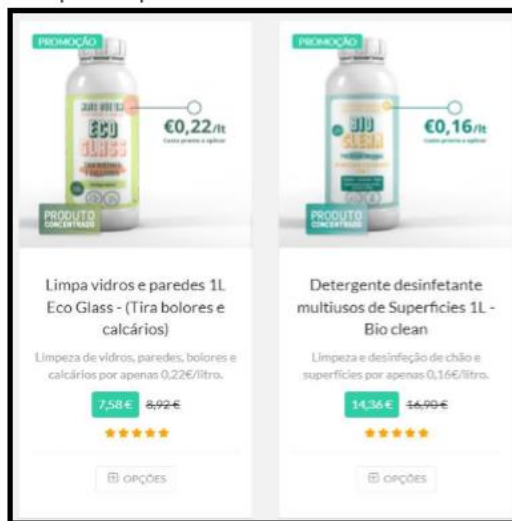


FIGURA 1: EXEMPLO DE DOIS PRODUTOS ULTRACONCENTRADOS DA INOKEM

Uma das categorias de produtos vendidos pela INOKEM são os ultraconcentrados, como detergentes, limpa vidros ou desinfetantes, que devem ser preparados adicionando água a uma pequena quantidade de produto – ou seja, efetuando uma **diluição** – para que possam ser utilizados. A imagem seguinte ilustra a poupança associada à utilização dos produtos ultraconcentrados.

SABE COMO POUPAR COM PRODUTOS CONCENTRADOS?

ECO GLASS

CUSTO PRONTO A APLICAR DO ECO GLASS

0,22 € / lt



EQUIVALE A 40 DILUIÇÕES

PRODUTO DA MARCA MAIS VENDIDA DO MERCADO

TEM UM CUSTO DE: **3,89 € / lt**

UMA GARRAFA DE ECO GLASS

= 40 EMBALAGENS
DA MARCA MAIS VENDIDA NO MERCADO

FIGURA 2: INFOGRAFIA SOBRE A POUPANÇA ASSOCIADA AO PRODUTO ULTRA-CONCENTRADO

Para além da poupança económica, há uma “poupança” direta também para o meio ambiente, nomeadamente, no número de embalagens de plástico que o consumidor iria ter que gastar, e que muitas delas acabam por nem ser recicladas, como relatado na seguinte notícia:

Inokem arranca com campanha de sensibilização para reutilização de embalagens



FIGURA 3: CAMPANHA DE SENSIBILIZAÇÃO POR PARTE DA INOKEM

[HTTPS://GRANDECONSUMO.COM/INOKEM-ARRANCA-COM-CAMPANHA-DE-SENSIBILIZACAO-PARA-REUTILIZACAO-DE-EMBALAGENS/](https://grandeconsumo.com/inokem-arranca-com-campanha-de-sensibilizacao-para-reutilizacao-de-embalagens/)

Mas, então, o que significa ao certo efetuar uma diluição? O que significa diluir 25 mL de detergente em 1 L de água? Qual a concentração final da mistura? De seguida, é proposta uma atividade que te irá ajudar a dar resposta a estas e outras perguntas.

Alguns dos produtos da INOKEM têm substâncias ou propriedades herbicidas, fungicidas ou inseticidas. Estas são substâncias tóxicas para as plantas, fungos, ou insetos, respetivamente. São usadas para o controlo de pragas na agricultura, indústria, e até em uso doméstico. No entanto, o uso exagerado destas substâncias pode trazer riscos ao ser humano e à natureza. Neste sentido, a concentração da substância que se irá aplicar, geralmente na forma de uma solução, é extremamente importante. O sulfato de cobre(II) é um exemplo de uma substância com propriedades fungicidas e herbicidas.

Parte 1 – Preparação da atividade

1. O seguinte material elétrico e eletrónico foi usado para efetuar uma montagem experimental para determinação da concentração de soluções diluídas de sulfato de cobre. Analisa os componentes e realiza uma pequena pesquisa sobre a sua principal função.

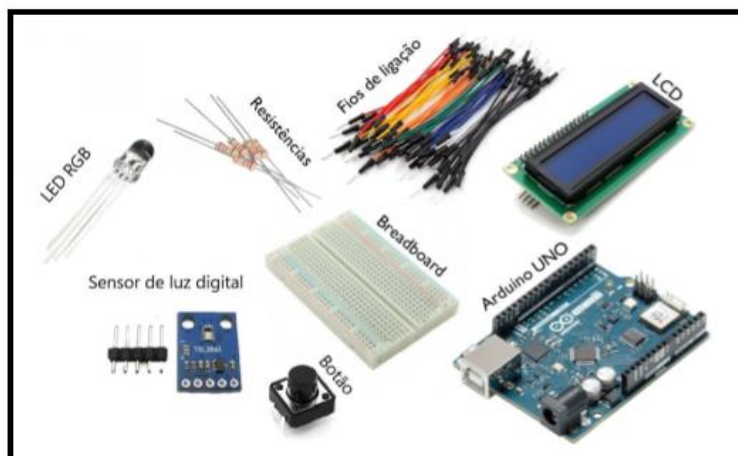


FIGURA 4: MATERIAL A USAR PARA A MONTAGEM DO CIRCUITO

2. Iremos usar os resultados das nossas medições para construir uma “reta de calibração” para a nossa atividade, que nos permitirá aferir a concentração de uma solução “mistério” através do valor de luminosidade medido no sensor. Para tal, iremos construir um gráfico que relaciona a absorvância (uma medida da luminosidade absorvida pela solução que irás aprender a calcular na “Parte 2”) de várias soluções com valores de concentração conhecidos. Estes valores permitem depois construir uma reta de ajustes com uma equação conhecida. Isto significa que conhecendo um dos valores (de “absorvância” ou de “concentração”), sabemos o outro. Neste caso, lemos no LCD o valor de luminosidade, e fazemos a correspondência para concentração da solução, ou seja, calibrámos o nosso instrumento de medida!

- a. Para te familiarizares com esta técnica, prepara no Microsoft Excel ou Google Sheets uma tabela com os seguintes valores (Figura 5):

C (mol.dm ⁻³)	Absorvância
0	0.000
0.0015	0.012
0.003	0.020
0.006	0.048

FIGURA 5: TABELA DE VALORES PARA CONSTRUÇÃO DE UM GRÁFICO

- b. Constrói o gráfico de dispersão com base na tabela da Figura 5 – Inserir -> Gráfico -> Dispersão – selecionando os valores de concentração para o eixo horizontal, e de fluxo luminoso para o eixo vertical – Estrutura do gráfico -> Selecionar Dados -> Adicionar (Figura 6).

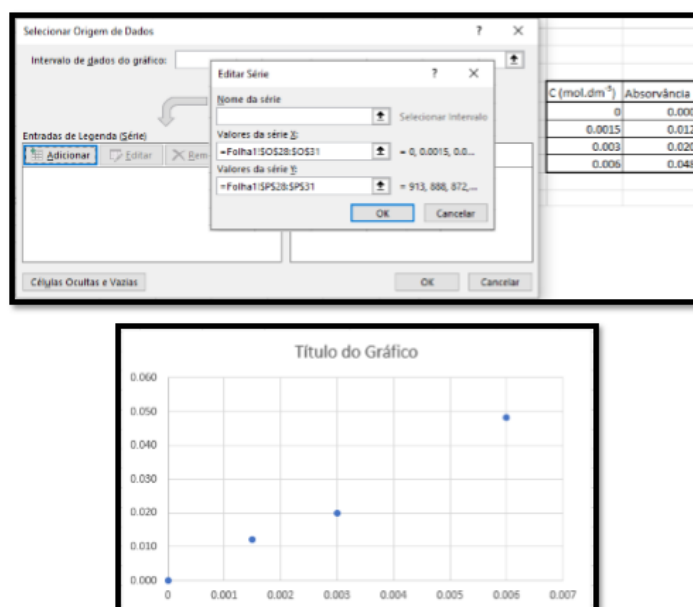


FIGURA 6: CONSTRUÇÃO DO GRÁFICO EM EXCEL

- c. Altera o título e eixos do gráfico.

- d. Representa o ajuste linear, bem como a sua equação da seguinte forma: Adicionar Elemento ao Gráfico -> Linha de tendência -> Linear (Figura 7).

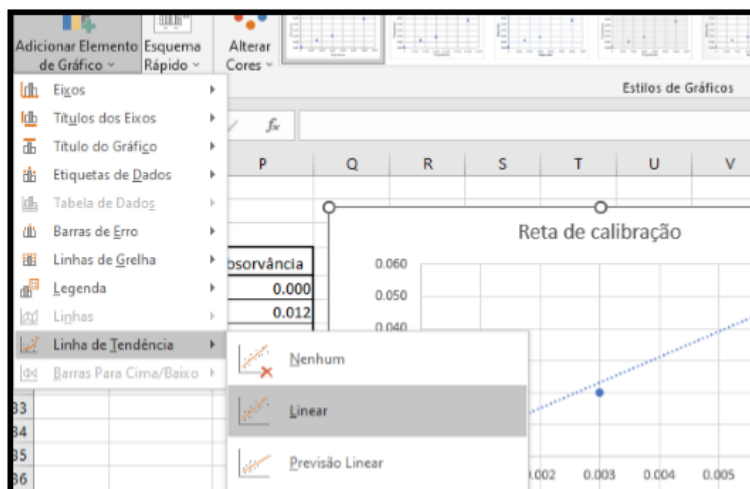


FIGURA 7: ADIÇÃO DA LINHA DE TENDÊNCIA

- e. Em “Mais Opções da Linha de Tendência”, seleciona a opção para mostrar a equação no gráfico, bem como o valor de R ao quadrado (Figura 8):

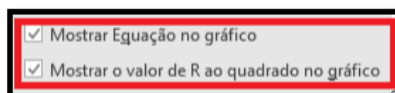


FIGURA 8: OBTENÇÃO DA EQUAÇÃO DA RETA

3. Responde às questões pré-laboratoriais presentes no protocolo experimental antes de vires para o laboratório.
4. Realiza uma pequena pesquisa para recordares o que acontece à luz quando passa por um meio, que, neste caso, é uma solução azul.

Parte 2 – Realização da atividade

1. Com base no esquema seguinte, faz a montagem experimental do circuito elétrico que iremos usar para montar o aparato experimental.

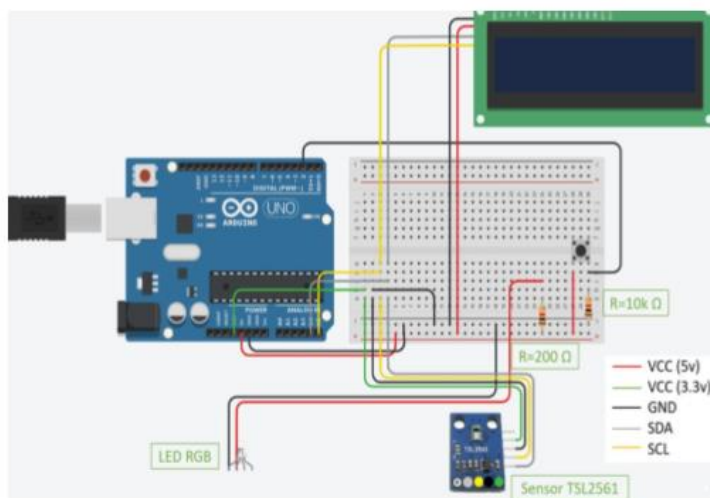


FIGURA 9: ESQUEMA DO CIRCUITO

2. Testa o funcionamento do circuito: ao ligar o equipamento, deve aparecer no LCD a palavra "Luminosidade", e ao carregar no botão presente na *breadboard*, devem aparecer pontos continuamente (por baixo da palavra "Luminosidade"), que significa que o programa está a efetuar medições. Passado 20 segundos deves obter o resultado médio das medições.

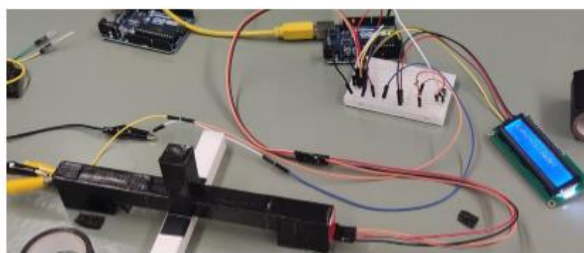


FIGURA 10: FOTOGRAFIA DA MONTAGEM EXPERIMENTAL

3. Segue agora o protocolo experimental seguinte, semelhante ao que podes encontrar no teu manual, para a preparação das soluções por diluição de uma solução padrão mais concentrada.

Protocolo experimental para a preparação de soluções através de diluição de uma solução concentrada

Aprendizagem essencial

Preparar soluções aquosas a partir de solutos sólidos e por diluição, avaliando procedimentos e comunicando os resultados

Questão-Problema

Podemos avaliar qualitativamente o fator de diluição através da observação da tonalidade de uma amostra colorada? E quantitativamente?

Questões Pré laboratoriais

1. O que significa dizer que se procedeu à preparação de uma solução diluída de fator de diluição 2?
2. Determina o volume da solução padrão de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ de concentração aproximada de $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$, que é necessário para preparar $200,0 \text{ cm}^3$ de uma solução diluída com fator de diluição 2, apresentando o resultado com o número correto de algarismos significativos.
3. A Figura 11 mostra inscrições numa pipeta volumétrica. Indica o volume que a pipeta pode medir, com o respetivo intervalo de incerteza associado.



FIGURA 11: INSCRIÇÕES NUMA PIPETA VOLUMÉTRICA.

4. Poderias usar a pipeta acima 5 vezes para preparar a solução da Questão 1? Este procedimento seria o mais correto? Justifica adequadamente a tua resposta, indicando o procedimento ideal.

5. Tendo em conta a análise anterior, em que circunstâncias é que se deve optar pela utilização de uma pipeta volumétrica ou de uma pipeta graduada?
6. Descreve sucintamente o procedimento/técnica que deve ser utilizado/a no uso de pipetas.

Material e reagentes

- Balões volumétricos de 50,00 cm³
- Pipetas volumétricas de 5,00 cm³, 10,00 cm³ e 20,00 cm³
- Pipetas graduadas de 10,0 cm³
- Solução padrão de CuSO₄·5H₂O de concentração 0,1 mol dm⁻³
- Funil de vidro
- Conta-gotas
- Garrafa de esguicho (água destilada)
- Enchedor de pipetas (pompete)
- Gobelés de 50,00 cm³
- Cuvetes de análise



Procedimento Experimental (preparação das soluções)

Preparação de uma solução aquosa padrão de sulfato de cobre(II) penta-hidratado por diluição rigorosa de uma solução aquosa padrão mais concentrada.

1. Construir uma tabela semelhante à sugerida em REGISTOS E TRATAMENTO DE RESULTADOS para registo dos resultados experimentais no caderno de apontamentos do aluno.
2. Identificar e registar as características de todos os instrumentos de medição e as respetivas incertezas de leitura, na Tabela I.

3. Determinar o volume inicial da solução concentrada (volume da pipeta) que é preciso utilizar para preparar cada uma das soluções pretendidas, considerando o volume final da solução diluída (volume do balão) e os fatores de diluição (f), referidos na Tabela II.
4. Para economizar reagentes, conferir com os outros grupos qual das soluções cada grupo irá preparar.
5. Medir com uma pipeta o volume da solução concentrada calculado no ponto 3 e transferir para o respetivo balão volumétrico previamente lavado e passado por água destilada.
6. Registrar os valores medidos na Tabela II, com o número correto de algarismos significativos.
7. Completar o volume do balão (até ao traço de referência) com água destilada, acertar com o auxílio do conta-gotas e, depois de colocar a tampa no balão, agitar até à homogeneização da solução.
8. Rotular o frasco.

Procedimento Experimental (medição da intensidade luminosa)

1. Transferir a solução do balão para uma cuvete de vidro, previamente lavada e passada por água destilada e por um pouco da própria solução preparada.
2. Colocar, com o auxílio do professor, a cuvete na montagem de leitura de intensidade luminosa e registar o valor no caderno.
3. Registrar os valores na Tabela III e partilhar os resultados com os outros grupos.
4. Construir um gráfico da absorvância (A) em função da concentração (c) das soluções, calculando a absorvância para cada solução da seguinte forma:

$$A = -\log \frac{I_1}{I_0} \quad (1)$$

sendo I_1 a luminosidade medida para cada solução e I_0 a luminosidade medida para o branco (água destilada).

5. Preparar, num gobelé, uma pequena quantidade de solução com concentração desconhecida, medindo com uma pipeta graduada pequenas quantidades das soluções preparadas anteriormente. Registrar os volumes de cada solução utilizada.
6. Determinar a concentração da solução-mistério de outro grupo, colocando a cuvete com a solução no aparelho experimental para medição da luminosidade, calculando a respetiva absorvância pela equação (1) e determinando a concentração através da relação:

$$A \propto c \quad (2)$$

sendo as constantes de proporcionalidade encontradas através da equação da reta de calibração (" $A = mc + b$ ").

Parte 3 – Exploração dos resultados

Registo e tratamento de dados

Exemplo de tabelas a construir, no caderno de apontamentos do aluno, para o registo dos resultados da atividade.

Instrumento de medição	Pipeta			Balão volumétrico
	5,00 cm ³	10,00 cm ³	20,00 cm ³	50,00 cm ³
Grandeza medida				
Incerteza de leitura				

TABELA 1: INCERTEZAS DE LEITURA.

N.º balão	V _{balão} /cm ³	[CuSO ₄] _{concentrada} /mol dm ⁻³	Fator de diluição (f)	V _{pipetas} /cm ³	[CuSO ₄] _{diluída} /mol dm ⁻³
1	50,00		1,25		
2	50,00		2		
3	50,00		2,5		
4	50,00		5		

TABELA 2: DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO FINAL DE CuSO₄·5H₂O NAS SOLUÇÕES DILUÍDAS.

N.º balão	Fator de diluição (f)	[CuSO ₄] _{diluída} /mol dm ⁻³	Luminosidade relativa
1	1,25		
2	2		
3	2,5		
4	5		

TABELA 3: LEITURA DA INTENSIDADE LUMINOSA QUE CHEGA AO SENSOR APÓS ATRAVERSSAR CADA SOLUÇÃO.

Questões pós-laboratoriais

- Os instrumentos utilizados para medição de volumes possuem diferentes incertezas de leitura. Comenta esta afirmação, explicando a importância deste aspeto e tendo em conta as medições efetuadas.
- Poderias ter usado métodos mais simples para efetuar as diluições, recorrendo por exemplo a provetas, em vez de pipetas. Explica o porquê de não ser esse o método mais indicado em preparação das soluções que servem a função de “calibração”.
- Identifica a solução mais diluída e relaciona a concentração dessa solução com o fator de diluição e a cor final da solução.
- Quais são os principais erros que poderão ter afetado a preparação das soluções?
- Pela análise do gráfico o que concluis acerca dos valores de intensidade luminosa medidos pelo sensor, à medida que as soluções vão ficando mais diluídas? E de absorvância?
- Explica qual a função das soluções com concentração conhecida na determinação da solução-mistério.

7. A técnica usada para determinação da concentração da solução mistério poderia ser usada num contexto diferente, fora do laboratório de Química. Comenta a afirmação anterior, referindo possíveis usos deste aparelho.

Dica: se tiveres dificuldades em responder a esta questão, faz uma curta pesquisa na Internet sobre a palavra “*Espetrofotómetro*”.

8. Imagina que queres efetuar a diluição em casa de um dos produtos ultraconcentrados da INOKEM. Descreve como o farias, da forma mais sustentável possível. Explica também o porquê de, neste contexto, não utilizarmos instrumentos de medição rigorosos, como as pipetas volumétricas.

Parte 4 – Aplicação

A experiência que realizaste utiliza um LED RGB configurado para utilizar a componente vermelha, de forma a proporcionar o máximo de absorção pela solução de cor azul. No entanto, este LED pode também ser configurado para usar outra cor.

Este método pode ser útil para determinar concentrações de soluções aquosas coloridas, desde que o meio seja translúcido, realizando o mesmo processo de calibração. A determinação de valores o mais precisos possível de várias propriedades ou quantidades – análise quantitativa - é a área de estudo da Química Analítica.

Imagina agora que queríamos estudar a concentração de algum catião metálico na água de consumo (como o cobre, titânio, entre outros, que podem ser tóxicos para o ser humano e meio ambiente). Ora, a água de consumo não tem cor, mesmo podendo conter contaminantes. Podemos, no entanto, fazer reagir os catiões de um dado metal que pretendemos analisar com outras substâncias de forma que o produto dessa reação seja um ião que dê coloração à solução. Por exemplo, o ião hexa-aquatitânio(III), $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, apresenta, em solução, uma coloração violeta.

Planifica as etapas de uma experiência em que utilizes a mesma montagem e processo para determinar a concentração de uma solução de, por exemplo, cloreto de titânio (III), TiCl_3 . Alguns tópicos que te podem ajudar nesta planificação:

- Como irás preparar as soluções-padrão?
- Qual a coloração de uma solução de cloreto de titânio (III)?
- Como podes averiguar qualitativamente se existe Ti^{3+} numa amostra de água?
- Qual a cor do LED que irás utilizar? Que alterações na montagem precisas de fazer?

Dica: Planifica os passos de uma forma geral, numa primeira fase não necessitas ser muito detalhado com quais as reações químicas que irão acontecer. Por exemplo, um dos passos do teu projeto podem ser: “Fazer reagir o ião metálico de forma a tornar a solução colorida.”

Apêndice 2 – Plano de aula 1 – Preparação da atividade

PLANO DE AULA Professor: Marcos Lopes Disciplina: Física e Química A Ano letivo: 10^º Lição nº: 125/126 (10Q_RE_1) Data: 25/02/2022 Duração: 100 mins				
Domínio: Propriedades e transformações da matéria Subdomínio: Gases e dispersões				
SUMÁRIO: Preparação da atividade: “Produtos ultraconcentrados”.				
Situação-Problema / Questões Orientadoras: Podemos avaliar qualitativamente o fator de diluição através da observação da tonalidade de uma amostra colorada? E quantitativamente?				
CONTEÚDOS	METAS DE APRENDIZAGENS INTERMÉDIAS / AE's	METODOLOGIAS DE ENSINO	RECURSOS/ MATERIAIS	AVALIAÇÃO
Concentração de soluções e fator de diluição	Atividade a realizar no âmbito do Relatório de Estágio, com alguns objetivos, entre os quais: - Transformar uma das atividades experimentais obrigatórias do 10º ano numa atividade <i>STEM-based</i>; - Fomentar a aprendizagem da Química através do ensino experimental, numa abordagem <i>hands-on</i>; - Promover o primeiro contacto com material eletrónico, programação, sensores, entre outros; - Dar a conhecer o Arduino UNO e algumas das suas capacidades; - Relacionar e contextualizar os conteúdos já abordados; - Promover o pensamento crítico e método científico; - Fomentar o interesse nas áreas STEM das Ciências, Tecnologias, Engenharia e Matemática; - Promover modos de vida sustentáveis.	Exposição de conteúdos através de uma apresentação PPT Apresentação de um guião de atividade que deve ser trabalhado em casa Observação de um vídeo sobre o <i>Arduino UNO</i>	Computador + projetor Quadro branco + caneta Apresentação PPT	Participação dos alunos em aula. Avaliação formativa através do trabalho a realizar na aula seguinte, bem como a resposta a um questionário em <i>Google Forms</i> .
Luz				
Absorvância				
Circuitos elétricos				
Microcontrolador Arduino UNO				
Obtenção de dados através de sensores	Preparar soluções aquosas a partir de solutos sólidos e por diluição, avaliando procedimentos e comunicando os resultados			
Gráficos e retas de calibração				
Sustentabilidade				

DESCRIÇÃO DA AULA:

- Chamada e sumário (5 min)
- Apresentação do guião de exploração, das suas partes, e do trabalho a entregar na aula seguinte (10 min)
- Pedir à turma para ajudar o professor a fazer um resumo das fórmulas usadas para a concentração de uma solução e para o seu fator de diluição. ~~(15 min)~~ (25 min – mais 5 para passar para o caderno)
- Questionar os alunos sobre:
 - Porque é que o ser humano, e outros animais, conseguem “ver” as coisas?
 - Porque vemos a cor azul na solução de sulfato de cobre?
 - Porque vemos a cor **azul** na solução de sulfato de cobre?

Discussão e debate sobre estas perguntas, com observação da solução de sulfato de cobre a usar na aula seguinte trazida para a aula (15 min)

- Apresentação do conceito de “Absorvância”, relevante para a atividade a desenvolver (10 min)
- **Construção de gráficos em Excel – exemplificar com tabela presente no PowerPoint (15 min)**
- Distribuir pelos alunos exemplos dos componentes elétricos a usar na atividade – explicação de como funciona uma *breadboard*. Os outros componentes devem ser os alunos, em casa, a procurar a sua função. (10 min)
- Observação de um vídeo sobre o funcionamento e as capacidades do *Arduino Uno* (5 min)
- Breve introdução à representação esquemática de circuitos elétricos, a qual irá ser mais calmamente abordada na aula seguinte, aquando da montagem do circuito (5 min)
- **Resposta individual ou em grupos de 2 às questões pré-laboratoriais (5 min – até ao fim da aula, terminar em casa)**

ANEXOS AO PLANO:

- Apresentação em PowerPoint
- Guião de exploração da atividade
- Questionário *Google Forms* (anexado na aula seguinte)

BIBLIOGRAFIA:

- Ministério da Educação e Ciência, Governo de Portugal. (2014). *Programa e Metas Curriculares de Física e Química A* (revogados pelo despacho 6605-A/2021, de 6 de julho).
- Ministério da Educação, Governo de Portugal. (2018). *Aprendizagens Essenciais. Física e Química A 10.º ano* (Em vigor de acordo com o previsto no artigo 38.º do Decreto-Lei n.º 55/2018, de 6 de julho)

Observações / Alterações Futuras:

- A parte a “vermelho” não foi lecionada, por falta de tempo, sendo que no “guião de exploração” existe uma secção que explica a construção de gráficos, pelo que ficou para exploração em casa.
- Grande parte do tempo reservado para o ponto acima foi “gasto” na sistematização do conceito de concentração e as várias formas de a exprimir, sendo que os alunos sentiram bastantes dificuldades na introdução do fator de diluição, e no procedimento a seguir para encontrar a concentração de uma solução preparada através de uma mais concentrada.
- Outro dos motivos que fez com que se gastasse mais tempo do que o planeado foi o elevado interesse dos alunos nos componentes eletrónicos a usar na experiência, bem como no funcionamento e capacidades do Arduino, fazendo diversas perguntas.
- Dado que alguns conceitos são novos, outros aparentam ser desafiantes, e na aula seguinte iremos trabalhar com material com o qual os alunos não tiveram ainda contacto, foi dado bastante ênfase à necessidade de o guião de exploração ser trabalhado em casa antes da vinda para o laboratório, para que todos acompanhem o trabalho a realizar.
- Para mais informações, consultar o link disponível no site *Sigarra* da FCUP, que remete para o “Relatório de Estágio” - https://sigarra.up.pt/fcup/pt/conteudos_geral.ver?pct_pag_id=1012841&pct_parametros=pv_curso_id=1022&pct_grupo=57437#57437

Apêndice 3 – Apresentação usada na aula 1

 Preparação de soluções por diluição 10º A – Física e Química A – 25/02/2021 – Aula nº125/126 Sumário: Preparação da atividade: “Produtos ultraconcentrados”. Resolução de exercícios.	 Guia de atividade - Produtos Ultraconcentrados Preparação de soluções por diluição INTRODUÇÃO INOKEM - Biotech Shop A INOKEM é uma empresa 100% portuguesa, especializada no desenvolvimento de soluções PREMIUM de desinfeção e limpeza biodegradáveis pensadas para o bem-estar dos consumidores, e focada na inovação e sustentabilidade com opções eco-friendly. 1. Visite o site da INOKEM (https://www.inokem.com/pt/pt) para saber mais sobre esta empresa e os produtos que comercializa. FIGURA 1: EXEMPLO DE DOIS PRODUTOS ULTRACONCENTRADOS DA INOKEM Uma das categorias de produtos vendidos pela INOKEM são os ultraconcentrados, como detergentes, água sanitária ou desinfetantes, que devem ser preparados adicionando água a uma	- Parte 1: Preparação da atividade - Parte 2: Realização da atividade - Parte 3: Exploração dos resultados - Parte 4: Aplicação Para entregar: Preenchimento de um Google Forms, a ser colocado no Classroom.
 Concentração e fator de diluição	 Porque vemos a cor azul na solução de sulfato de cobre? Como podemos ver “azul”, mas também “através”?	

Absorvância (ou Absorbância)

- **Absorvância** - Proporção de **radiação absorvida** por um meio, num certo comprimento de onda.

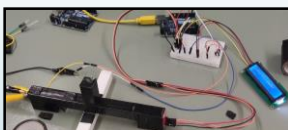
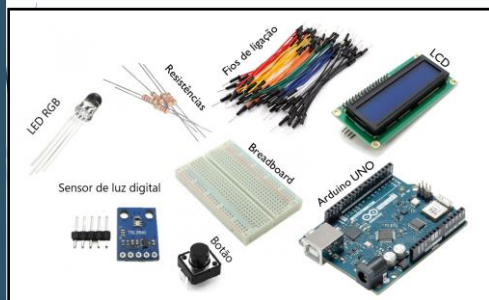
$$A = -\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

- Relaciona, para um dado comprimento de onda, a luz **incidente** com a luz **transmitida**.
- Nas soluções de sulfato de cobre, a solução qual a mais "transparente"?
- Proporcional à **concentração**!
- $A = k \cdot c$ ($y=mx$, relação de proporcionalidade direta - reta)

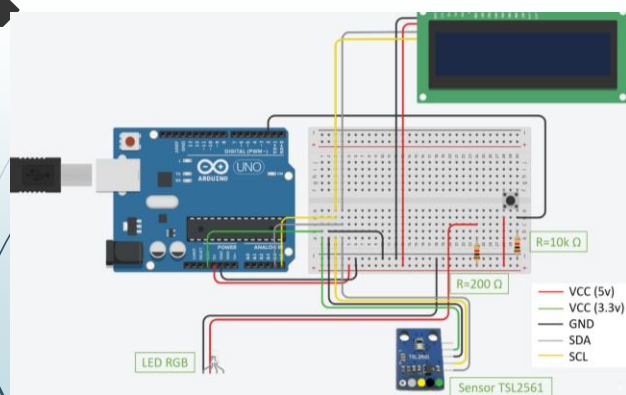
Gráficos em Excel

conc	I	A=-log(I/I0)
0.1	570	
0.08	606	
0.05	650	
0.04	692	
0.02	752	
0	825	

Componentes Elétricos



Circuito



Questões pré laboratoriais

- 1. O que significa dizer que se procedeu à preparação de uma solução diluída de fator de diluição 2?
- 2. Determina o volume da solução padrão de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ de concentração aproximada de $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$, que é necessário para preparar $200,0 \text{ cm}^3$ de uma solução diluída com fator de diluição 2, apresentando o resultado com o número correto de algarismos significativos.

Questões pré laboratoriais

- 3. A Figura 11 mostra inscrições numa pipeta volumétrica. Indica o volume que a pipeta pode medir, com o respetivo intervalo de incerteza associado.



FIGURA 11: INSCRIÇÕES NUMA PIPETA VOLUMÉTRICA.

Questões pré laboratoriais

4. Poderias usar a pipeta acima 5 vezes para preparar a solução da Questão 1? Este procedimento seria o mais correto? Justifica adequadamente a tua resposta, indicando o procedimento ideal.
5. Tendo em conta a análise anterior, em que circunstâncias é que se deve optar pela utilização de uma pipeta volumétrica ou de uma pipeta graduada?
6. Descreve sucintamente o procedimento/técnica que deve ser utilizado/a no uso de pipetas.

Apêndice 4 – Plano de aula 2 – Realização da atividade

PLANO DE AULA Professor: Marcos Lopes					Disciplina: Física e Química A Ano letivo: 10^a Lição nº: 127/128 (10Q_RE_2) Data: 28/02/2022 Duração: 150 mins
Domínio: Propriedades e transformações da matéria Subdomínio: Gases e dispersões					
SUMÁRIO: Realização da atividade: “Produtos ultraconcentrados”.					
Situação-Problema / Questões Orientadoras: Podemos avaliar qualitativamente o fator de diluição através da observação da tonalidade de uma amostra colorada? E quantitativamente?					
CONTEÚDOS	METAS DE APRENDIZAGENS INTERMÉDIAS / AE's	METODOLOGIAS DE ENSINO	RECURSOS/ MATERIAIS	AVALIAÇÃO	
Concentração de soluções e fator de diluição	Atividade a realizar no âmbito do Relatório de Estágio, com alguns objetivos, entre os quais:	Realização da atividade prática STEM – “Produtos ultraconcentrados”, com recurso ao “Guião de exploração” e auxílio do professor.	Computador + projetor	Participação dos alunos em aula.	
Luz	Transformar uma das atividades experimentais obrigatórias do 10º ano numa atividade <i>STEM-based</i>;		Quadro branco + caneta	Avaliação formativa através do trabalho a realizar na aula, bem como a resposta a um questionário em <i>Google Forms</i> .	
Absorvância	Fomentar a aprendizagem da Química através do ensino experimental, numa abordagem <i>hands-on</i>;		Guião de exploração da atividade STEM		
Circuitos elétricos	Promover o primeiro contacto com material eletrónico, programação, sensores, entre outros;		Material para realização da atividade (em detalhe no “Guião” já anexado)		
Microcontrolador Arduino UNO	- Dar a conhecer o Arduino UNO e algumas das suas capacidades; - Relacionar e contextualizar os conteúdos já abordados; - Promover o pensamento crítico e método científico; - Fomentar o interesse nas áreas STEM das Ciências, Tecnologias, Engenharia e Matemática; - Promover modos de vida sustentáveis.				
Obtenção de dados através de sensores	Preparar soluções aquosas a partir de solutos sólidos e por diluição, avaliando procedimentos e comunicando os resultados				
Gráficos e retas de calibração					
Sustentabilidade					

DESCRIÇÃO DA AULA:

- Chamada e sumário (5 min)
- Realização da atividade prática – “Produtos ultraconcentrados”, com recurso ao “Guião de exploração” e auxílio do professor (140 min):
 - O seguimento da atividade por ser mais detalhadamente seguido através da análise do guião, mas o planeamento é o seguinte:
 1. Pequena discussão com os alunos sobre dúvidas na exploração do guião;
 2. Mostrar aos alunos o Excel já preparado para recolher os dados dos vários grupos. De notar que os gráficos também já estão configurados para automaticamente mostrarem os valores à medida que vão sendo inseridos.
 3. Voltar a explicar aos alunos o processo de cálculo da absorvância a partir dos valores do sensor de luminosidade e consequente cálculo da concentração e vice-versa. Notar que o Excel também foi configurado para receber um dos valores e converter no outro, pelo que todos os cálculos “complicados” (como o logaritmo que ainda não foi abordado em Matemática) irão ser feitos pelo computador.
 4. Durante esta explicação, voltar a dar ênfase ao objetivo das primeiras medições – produzir a reta de calibração. Relacionar com os cálculos do ponto anterior.
 5. Montar o circuito com os alunos – cada aluno, com auxílio do professor, irá montar um dos fios que ligam os componentes à breadboard e ao Arduino.
 6. Teste do circuito com o “branco” e distribuição pelos grupos das soluções a preparar.
 7. Cálculo dos volumes necessários e consequente preparação das soluções pelos grupos – à medida que cada grupo termina, vem ter com o professor para realizar a medição na montagem experimental.
 8. Quando todos os grupos terminarem, mostrar a reta de calibração aos alunos, e pedir que cada grupo prepare uma solução mistério – cada grupo irá decidir num pequeno volume de cada uma das soluções a usar, fazendo uma mistura, para medição no aparelho experimental e extrapolação da concentração. É importante que registem os volumes usados com rigor de modo a que seja possível o cálculo do erro em comparação com a concentração obtida através da luminosidade, e respetivas conclusões a retirar da experiência.
- Limpeza do material de laboratório e das bancadas (5 min)

ANEXOS AO PLANO:

- Folhas Excel com os dados e resultados de cada grupo;
- Questionário *Google Forms* – alguns exemplos das questões e respostas;
- Fotos do material e da atividade.

BIBLIOGRAFIA:

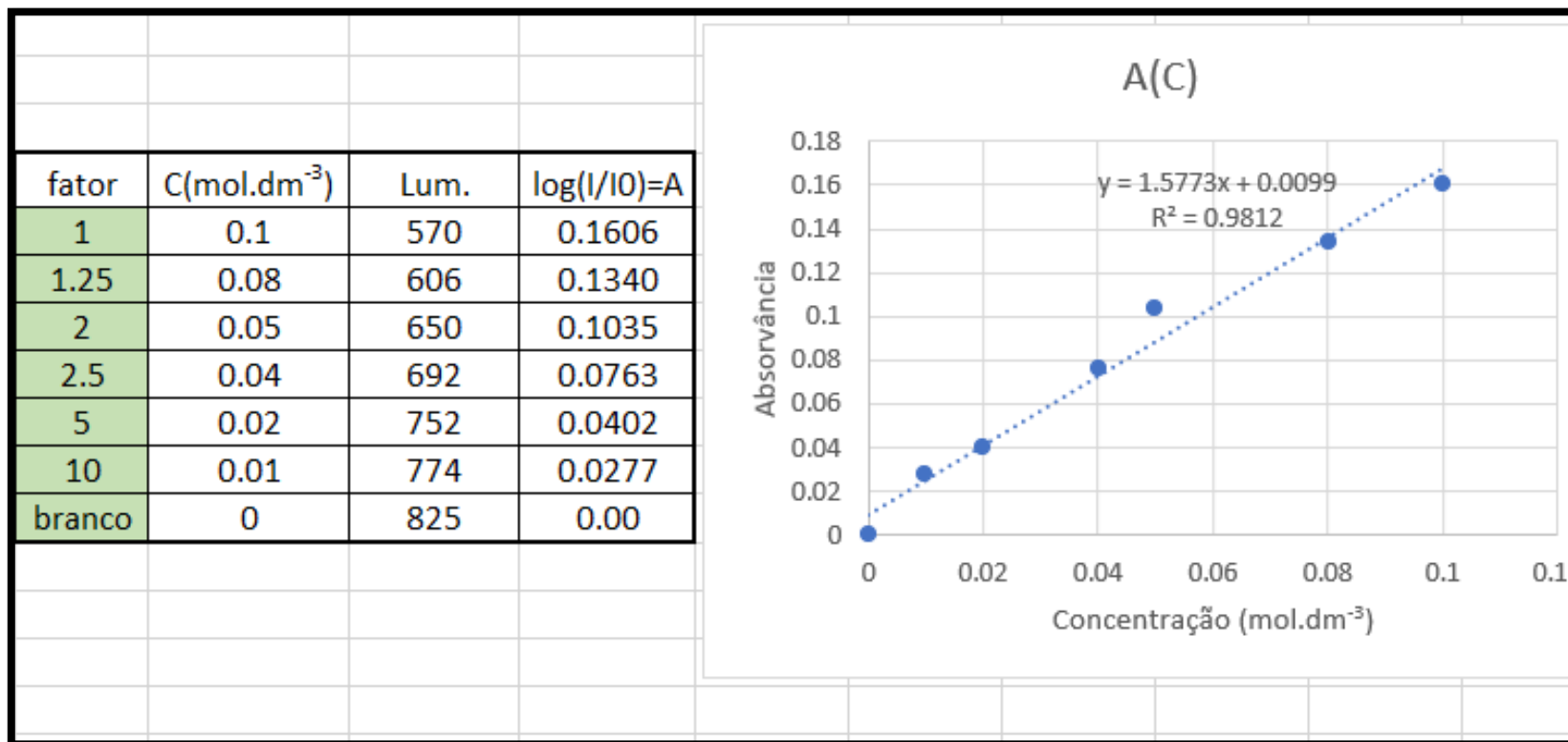
- Ministério da Educação e Ciência, Governo de Portugal. (2014). *Programa e Metas Curriculares de Física e Química A (revogados pelo despacho 6605-A/2021, de 6 de julho)*.
- Ministério da Educação, Governo de Portugal. (2018). *Aprendizagens Essenciais. Física e Química A 10.º ano (Em vigor de acordo com o previsto no artigo 38.º do Decreto-Lei n.º 55/2018, de 6 de julho)*

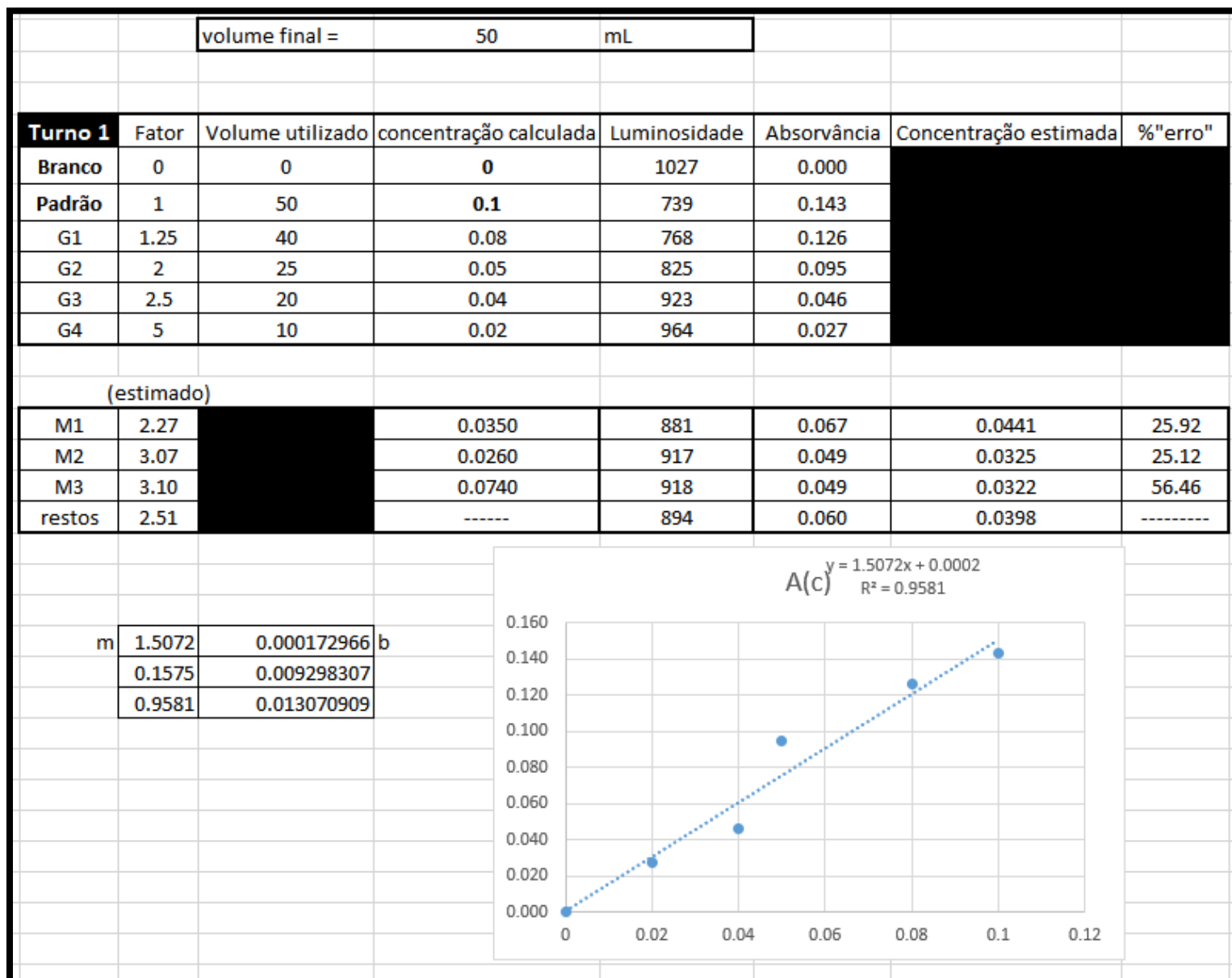
Observações / Alterações Futuras:

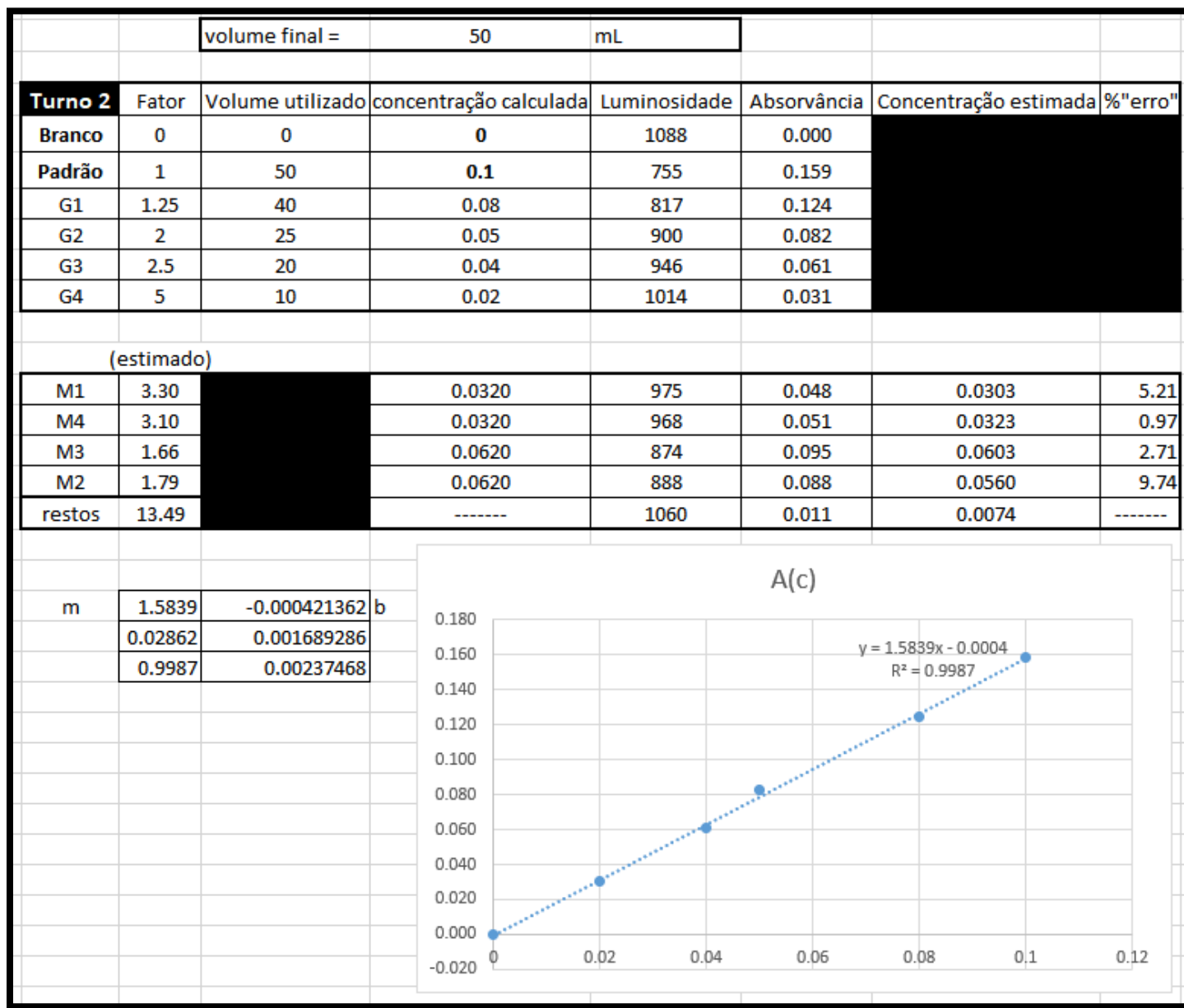
- A planificação foi executada em pleno, sendo que a atividade foi cumprida até ao fim. Os alunos demonstraram entusiasmo, que foi confirmado pelas respostas ao inquérito. Demonstraram elevado interesse na parte da montagem do circuito, na parte do cálculo do erro e discussão das diferenças entre os vários métodos, e também no funcionamento do Arduino.
- O segundo turno obteve melhores resultados que o primeiro, em que foram obtidos os melhores resultados até à data.
- Para mais informações, bem como a análise da implementação da atividade, consultar o link disponível no site *Sigarra* da FCUP, que remete para o “Relatório de Estágio” –

https://sigarra.up.pt/fcup/pt/conteudos_geral.ver?pct_pag_id=1012841&pct_parametros=pv_curso_id=1022&pct_grupo=57437#57437

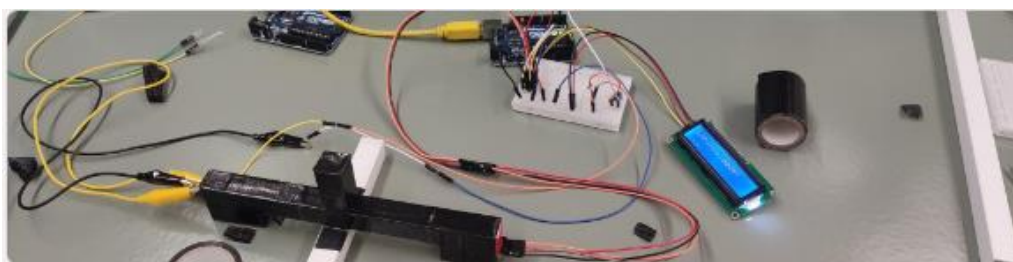
Apêndice 5 – Dados obtidos com o aparato experimental (testes iniciais, turno 1 e turno 2, em folha de cálculo Excel)







Apêndice 6 – Questionário aplicado aos alunos (em Google Forms)



Questionário sobre a atividade - Produtos Ultraconcentrados - Diluição de soluções

Responde às seguintes questões o melhor que conseguires e de forma honesta e séria.

A primeira parte irá incidir sobre os teus conhecimentos de Química, nomeadamente a resposta às questões pós-laboratoriais contidas no "Guião de atividade".

A segunda parte permitirá perceber a tua opinião sobre a atividade em si, comparando-a com outras atividades laboratoriais que tens vindo a realizar. Nesta secção não existem respostas erradas, e as respostas serão tratadas anonimamente.

Obrigado pela tua participação!

[Mudar de conta](#)



O seu email será registado quando enviar este formulário

***Obrigatório**

Turma *

A sua resposta

Número de aluno *

A sua resposta

[Seguinte](#)



Página 1 de 3

[Limpar formulário](#)

Parte 1 - Questões pós-laboratoriais

Nesta secção apresenta as respostas às questões pós laboratoriais do Guião de Atividade

1. Os instrumentos utilizados para medição de volumes possuem diferentes incertezas de leitura. Comenta esta afirmação, explicando a importância deste aspeto e tendo em conta as medições efetuadas.

A sua resposta

2. Poderias ter usado métodos mais simples para efetuar as diluições, recorrendo por exemplo a provetas, em vez de pipetas. Explica o porquê de não ser esse o método mais indicado em preparação das soluções que servem a função de “calibração”.

A sua resposta

3. Identifica a solução mais diluída e relaciona a concentração dessa solução com o fator de diluição e a cor final da solução.

A sua resposta

4. Quais são os principais erros que poderão ter afetado a preparação das soluções?

A sua resposta

5. Pela análise do gráfico o que concluis acerca dos valores de intensidade luminosa medidos pelo sensor, à medida que as soluções vão ficando mais diluídas? E de absorvância?

A sua resposta

6. Explica qual a função das soluções com concentração conhecida na determinação da solução-mistério.

A sua resposta

7. A técnica usada para determinação da concentração da solução mistério poderia ser usada num contexto diferente, fora do laboratório de Química. Comenta a afirmação anterior, referindo possíveis usos deste aparelho. Dica: se tiveres dificuldades em responder a esta questão, faz uma curta pesquisa na Internet sobre a palavra “Espectrofotómetro”.

A sua resposta

8. Imagina que queres efetuar a diluição em casa de um dos produtos ultraconcentrados da INOKEM. Descreve como o farias, da forma mais sustentável possível. Explica também o porquê de, neste contexto, não utilizarmos instrumentos de medição rigorosos, como as pipetas volumétricas.

A sua resposta

Anterior

Seguinte

Página 2 de 3

Limpar
formulário

1 2 3 4 5

Sem interesse ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito interessante

Classifica esta atividade, de 1 a 5, em termos de aprendizagens realizadas. *

	1	2	3	4	5	
Não aprendi nada	☐	☐	☐	☐	☐	Aprendi bastante

Justifica, num pequeno texto, a opinião dada nas questões anteriores, comparando a atividade em causa com as outras atividades laboratoriais que tens vindo a realizar ao longo deste ano. Alguns tópicos podem ser: Interesse pessoal, estrutura, recursos, motivação, dificuldade, aprendizagens realizadas, material utilizado, etc. Podes mencionar aspetos gerais ou particulares.

A sua resposta

Classifica, na tua opinião, a relevância da utilização do Arduino no laboratório de Física e Química A. *

	1	2	3	4	5	
Pouco relevante	☐	☐	☐	☐	☐	Muito relevante

Gostarias de trabalhar com montagens deste género (Arduino, sensores, etc) noutras atividades experimentais de Física e Química A? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Indica se a atividade despertou ou aumentou o teu interesse por alguma destas ^{*} áreas:

- ☐ Ciência (Química ou outra)
- ☐ Programação
- ☐ Engenharia
- ☐ Matemática
- ☐ Tecnologia
- ☐ Nenhuma área em específico
- ☐ Outra: _____

Se quiseres deixar alguns comentários adicionais (feedback) em relação à atividade e/ou à sua implementação, podes fazê-lo aqui.

A sua resposta

Por fim, indica se estarias disponível a realizar uma entrevista para responder a ^{*} algumas perguntas deste género acerca da atividade.

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez

Anterior

Enviar

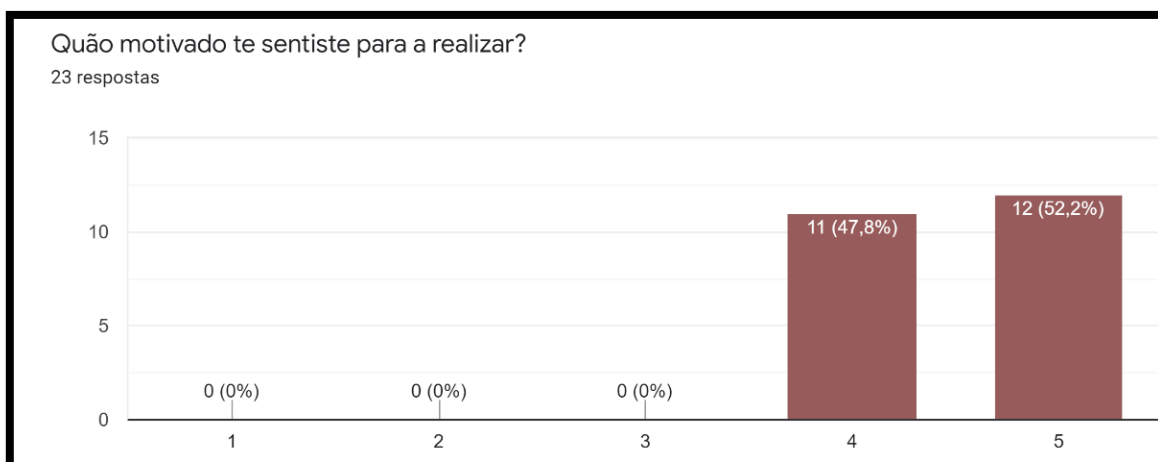
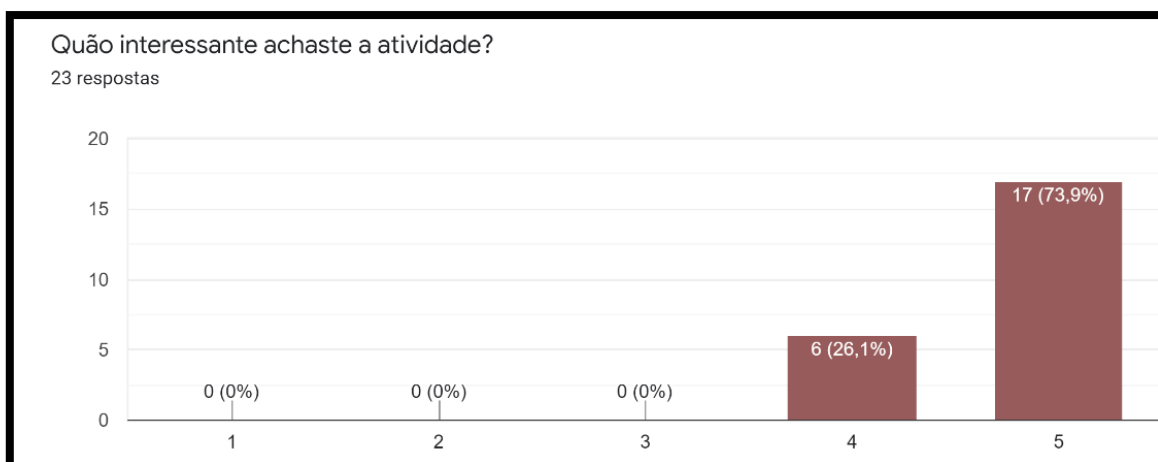
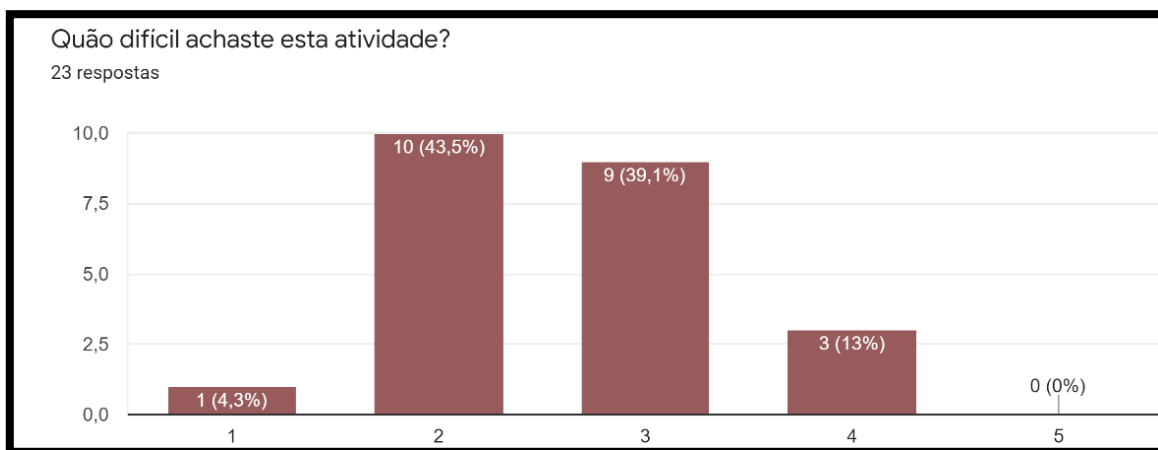
Página 3 de 3

Limpar
formulário

Apêndice 7 – Tabela de registo das classificações às respostas pós laboratoriais (com análise estatística e esquema de cores)

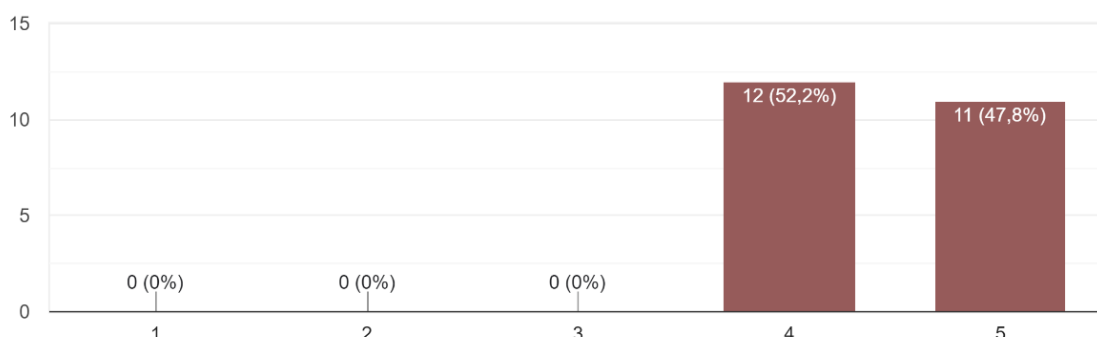
Aluno/Questão	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Média	Média(%)	% acertos (3)	% acertos (3 e 2)
2	1	2	2	1	2	0	0	3	1.375	46	12.5	50
3	2	0	3	3	3	3	3	3	2.5	83	75	87.5
4	0	2	3	2	0	0	0	0	0.875	29	12.5	37.5
5	2	1	3	3	3	0	0	0	1.5	50	37.5	50
6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	100	100	100
7	0	2	0	0	1	0	2	0	0.625	21	0	25
8	0	0	3	0	3	0	0	0	0.75	25	25	25
9	0	2	1	1	0	0	0	0	0.5	17	0	12.5
10	2	2	3	2	3	2	0	0	1.75	58	25	75
11	2	2	3	2	0	3	0	2	1.75	58	25	75
12	2	3	2	1	1	1	0	1	1.375	46	12.5	37.5
13	1	1	1	1	0	0	1	1	0.75	25	0	0
14	1	2	2	1	0	0	0	1	0.875	29	0	25
15	1	0	0	1	0	0	0	0	0.25	8	0	0
16	3	2	3	3	3	1	2	2	2.375	79	50	87.5
17	3	2	3	3	3	1	2	3	2.5	83	62.5	87.5
18	2	0	3	2	3	0	1	3	1.75	58	37.5	62.5
19	3	3	3	3	3	2	3	3	2.875	96	87.5	100
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	3	2	3	2	3	1	0	0	1.75	58	37.5	62.5
25	1	3	3	3	2	1	3	0	2	67	50	62.5
Média	1.39	1.48	2.04	1.61	1.57	0.78	0.87	1.09	1.35			
Média(%)	46.38	49.28	68.12	53.62	52.17	26.09	28.99	36.23	45.11			
Mediana	1	2	3	2	2	0	0	0				
% acertos (3)	21.7	17.4	56.5	30.4	43.5	13.0	17.4	26.1	28.26			
% acertos (3 e 2)	47.8	60.9	69.6	52.2	52.2	21.7	30.4	34.8	46.20			
% acertos em tentadas	57.9	87.5	88.9	60.0	80.0	33.3	70.0	61.5	67.39			

Apêndice 8 – Gráficos dos resultados da componente de interesses e motivações



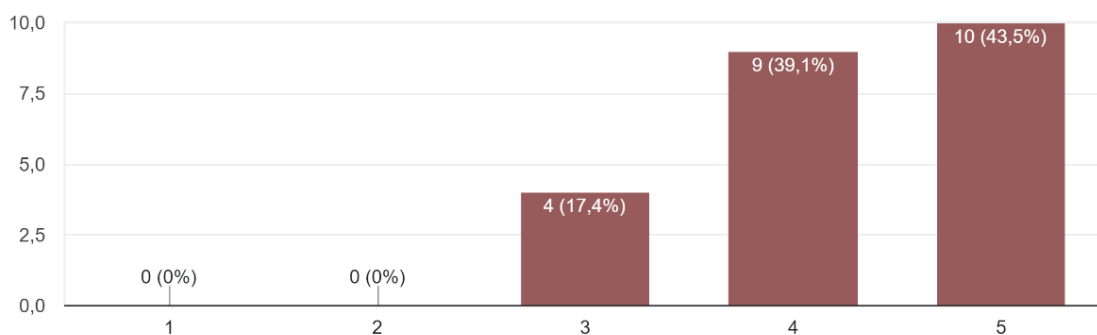
Classifica esta atividade, de 1 a 5, em termos de aprendizagens realizadas.

23 respostas



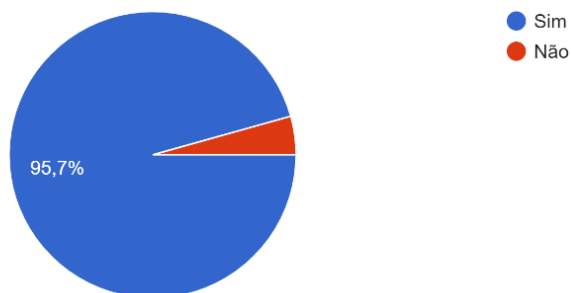
Classifica, na tua opinião, a relevância da utilização do Arduino no laboratório de Física e Química A.

23 respostas



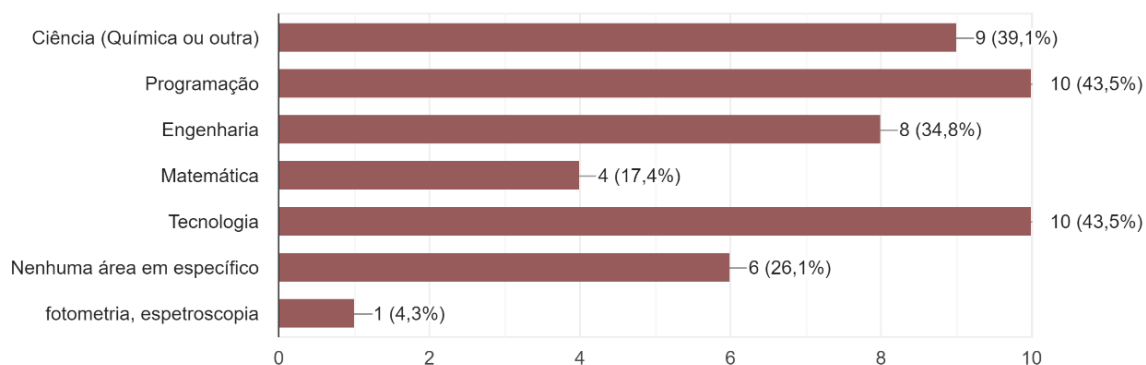
Gostarias de trabalhar com montagens deste género (Arduino, sensores, etc) noutras atividades experimentais de Física e Química A?

23 respostas



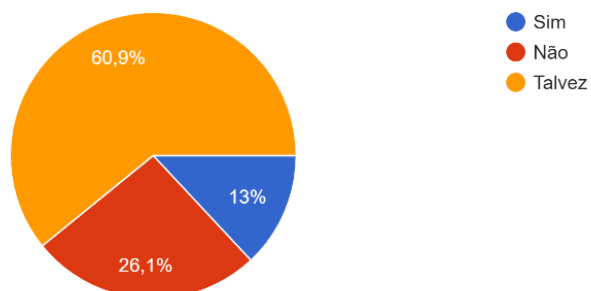
Indica se a atividade despertou ou aumentou o teu interesse por alguma destas áreas:

23 respostas



Por fim, indica se estarias disponível a realizar uma entrevista para responder a algumas perguntas deste género acerca da atividade.

23 respostas



Apêndice 9 – Tabela com as respostas dos alunos justificando o feedback dado nas questões de resposta fechada

Questão: Justifica, num pequeno texto, a opinião dada nas questões anteriores, comparando a atividade em causa com as outras atividades laboratoriais que tens vindo a realizar ao longo deste ano. Alguns tópicos podem ser: Interesse pessoal, estrutura, recursos, motivação, dificuldade, aprendizagens realizadas, material utilizado, etc. Podes mencionar aspetos gerais ou particulares.

Então eu achei esta atividade muito interessante pois , deu pra aprendermos coisas que não sabíamos , e conseguimos além de tudo nos divertir a fazer é gostar de fazer .

Eu achei muito interessante esta atividade pois a parte laboratorial também tem um grande efeito na nossa evolução , tínhamos todos os matérias necessários , ao início achei um bocado difícil mas era normal porque estava a ser um pouco confuso mas depois consegui fazer tudo normalmente .

Na minha opinião, o facto de utilizarmos materiais diferentes motivou nos mais para aprendermos e cativou mais a nossa atenção. Apesar de não ser muito fácil, o professor ajudou nos até na montagem do material que nos dizia a luminosidade e sempre que tínhamos dúvidas o professor esclareceu as. Foi interessante e foi inovador, além de ter sido uma aula divertida. Obrigada por fazer as aulas de física e química ainda melhores.

Acho que as várias atividades laboratoriais ajudaram bastante para a minha aprendizagem e consolidação de conhecimentos.

Devido a ser bastante inovadora mas não muito longe da nossa matéria

Eu achei mais interessante esta experiência visto que tínhamos outro tipo de materiais e recursos que não tínhamos nas outras, também deu para aprender um pouco mais de programação, e da montagem de fios com um arduino

Em termos de dificuldade, achei a parte de preparar as soluções diluídas fácil, bem como não me pareceu muito difícil de perceber o objetivo da espectrofotometria e do excel. Por outro lado, foi mais complicado entender o funcionamento dos compostos eletrónicos e de como se faz a montagem dos mesmos. Achei a atividade muito interessante, devido ao material utilizado e às áreas de estudo que envolveu e, por isso, senti-me motivado para a fazer. Penso que aprendi bastante sobre diluições, vantagens de produtos ultraconcentrados, espectrofotometria e absorbância, mas ao mesmo tempo gostava de ter explorado mais o funcionamento dos compostos eletrónicos e do código usado para o arduino.

Senti me motivado para realizar

Para mim esta atividade foi diferente das outras, primeiro porque utilizamos instrumentos diferentes. Foi também interessante e o professor ajudou-nos.

Apesar da atividade ter sido bastante interessante e apelativa, acho que foi um bocado difícil de compreender os conceitos para a realização desta.

Eu gosto muito da parte da experiencia mas gostava que ouvesse menos cálculos por trás de tudo.

esta experiencia despertou mais o meu interesse pois tivemos um exemplo que realmente existe difrente das anteriores que apenas faziamos solucoes por fazer porem em termos de aprendizagens eu acho que esta mais ao menos no mesmo nivel

No início achei a atividade laboratorial difícil mas quando realmente percebi a experiência, tomei a como um desafio e como uma forma de expandir o meu conhecimento! Então posso dizer que o meu empenho e interesse nesta atividade foram notórios no bom sentido.

Eu gostei muito desta atividade. Em primeiro lugar, foi ao encontro dos meus interesses. O uso de programação, tecnologia, engenharia, matemática e química foi muito encorajador. O trabalho foi muito organizado, pois na aula anterior existiu uma explicação de tudo o que se iria utilizar e realizar. Ao existir uma aula de preparação, foi muito mais fácil responder às questões e realizar os cálculos necessários. A utilização de materiais não tão comuns em aulas de laboratório fez com que a atividade se tornasse muito apelativa.

Eu acho que me senti muito interesse em fazer a atividade mais devido por gostar de fazer atividades experimentais

O uso de material como o sistema que montámos foi diferente do que antes utilizamos em outras experiências o que trouxe para mim maior interesse. Na análise do gráfico era preciso maior concentração apesar disso não achei o resto do processo complicado.

Primeiramente achei a atividade interessante já que não é todos os dias que podemos usar material de laboratório, e é também algo em que me interessa desde pequeno e isso motiva-me bastante, de seguida não achei a atividade difícil visto que tivemos uma boa orientação por parte dos professores e também do manual, por fim estas atividades são uma boa forma de aplicar a matéria visto que muitas vezes a minha dificuldade é entender o contexto das perguntas e de aplicar as respetivas formulas à questão, e esta atividade ajuda-me a compreender alguns aspetos que seriam difíceis de perceber numa aula teorica.

Apêndice 10 – Tabela com os comentários dos alunos em relação às diferenças entre as atividades (implementada e do manual)

Questão: Apesar do tema ser o mesmo (preparação de soluções através da diluição), esta atividade é diferente da que está no teu manual. Comenta livremente e dá a tua opinião pessoal sobre as diferenças nomeadamente na determinação do fator de diluição.

As diferenças são que no livro temos praticamente tudo feito e nas aulas temos a ajuda dos professores que nos explicam tudo muito bem .

Foi diferente pois usámos o excel e tivemos noção de como nos correu a experiência devido ao gráfico que o professor nos mostrou. Conseguimos perceber também como diferentes fatores de diluição influenciam uma solução, através da concentração que calculámos e da cor que obtivemos.

Achei a experiência bastante diferente mas boa por esse mesmo motivo, relacionando com áreas diferente tornando-a muito interessante mas não difícil

Eu na minha opinião achei está experiência um pouco mais divertida visto que tínhamos um sistema programado para nós dar valores dos resultados que tínhamos preparado, e ao saber o nosso erro em percentagem conseguimos perceber que mesmo que pareça estar direito afinal ainda havia margem para erro. A outra foi um pouco mais chata visto que só tínhamos que calcular o soluto e juntar água.

Achei esta atividade muito mais apelativa e interessante do que a que está no manual, pois é mais inovadora e aproxima-nos a outras áreas, como tecnologia e programação, para além da forma "tradicional" de fazer diluições. Acho que nos pode abrir mais os horizontes em relação a investigações e análises feitas no âmbito da química. Esta atividade também possibilita explorar o funcionamento de materiais (elétricos), normalmente já montados, o que ajuda a perceber o seu objetivo.

Mais fácil

Esta atividade foi diferente devido a termos utilizado o Excel para calcular a luminosidade e fazer o gráfico

Na minha opinião, esta experiência foi bastante interessante, principalmente quando criamos a solução mistério e, com ela, tínhamos de calcular a concentração.

Eu gostei de ter realizado esta experiência

Na minha opinião, penso que a atividade foi muito interessante e abordou tópicos que, normalmente, não seriam abordados. Gostei muito da utilização do Arduino e de todos os outros materiais que nunca tinham sido utilizados nestas experiências e da aula dada anteriormente para uma maior compreensão do que ia ser realizado na experiência. Acho que foi ótimo e gostaria de fazer mais experiências deste tipo no futuro, pois tenho como objetivo seguir um curso relacionado a informática e esta atividade aumentou o interesse que tenho por Programação, Engenharia e Tecnologia, para além da Química.

Eu acho que foi uma experiência diferente no bom sentido já que desta vez medimos a luminosidade para depois calcularmos a absorvância.

Apesar de as atividades terem o mesmo objetivo, acredito que esta atividade foi muito mais estimulante. Além de desenvolvermos capacidades laboratoriais, também temos conhecimento de materiais que não utilizamos nas aulas habituais. Exemplo disso é o Arduino. Claro que no manual a atividade não necessita de muito aprofundamento, o que significa menos trabalho. No entanto, esta atividade permitiu-me perceber como isto é utilizado no quotidiano.

Apêndice 11 – Tabela com os comentários livres dos alunos em relação à implementação da atividade

Questão: Se quiseses deixar alguns comentários adicionais (feedback) em relação à atividade e/ou à sua implementação, podes fazê-lo aqui.

Acredito que mais atividades neste formato suscitarão um maior interesse. Que se repitam.

Gostei muito de calcular a percentagem de erro.

Foi belo

Gostei muito de realizar a atividade (comparativamente a outras já realizadas) e acho que a sua implementação foi bem conseguida (por exemplo, o guião ajudou bastante à compreensão da atividade), mas penso que o professor podia ter explicado mais as ligações entre os componentes feitas na breadboard, já que me pareceu difícil a compreensão de como era suposto ligá-los e porque é que os fios tinham de ficar em determinado sítio, apesar do esquema disponibilizado.