

Partilha de práticas letivas/Mostra de Projetos/Pósteres

Fátima Cristina Batista Pires

Escola Secundária de Oliveira do Bairro

fatimapires@aeob.edu.pt

Título	Os metais na cidade de Oliveira do Bairro: uma sequência didática para o ensino secundário de Química
nível	Secundário - Química 12º ano
contexto	A relação entre a História, a Arte e a Química na cidade de Oliveira do Bairro (Portugal) serviram de mote para o desenvolvimento de um projeto centrado no desenvolvimento (conceção, implementação e avaliação) da sequência didática “CtoC – Chemistry to City”. O caráter inovador do projeto relaciona-se com o envolvimento ativo de vinte alunos de uma disciplina de Química do 12.º ano de escolaridade no desenvolvimento de módulos de comunicação e educação em química. Inspirados na abordagem de design thinking, cada módulo explora as relações entre a Química, a Tecnologia e a Sociedade, e divulga o capital social, cultural e científico de diversos pontos da cidade, contribuindo para a melhoria da literacia científica da comunidade escolar e civil envolvente. A recolha de dados do projeto implicou a aplicação de um questionário (antes e após a realização da sequência didática) e a realização de uma entrevista aos alunos envolvidos e a observação participante da professora-investigadora. A análise de conteúdo dos dados recolhidos demonstra que houve a mobilização de competências dos alunos, tais como: a compreensão da relação entre as propriedades dos metais, sua estrutura e ligações metálicas (alterando concepções alternativas como, por exemplo perceber a ligação metálica como molecular ou iónica); o sentido crítico e criativo e de relacionamento interpessoal durante o processo de desenvolvimento dos módulos
utilização	Domínio dos Metais e Ligas Metálicas
Tempo previsto	20 a 30 sessões
Material necessário	Computadores; cartões; material de laboratório para kits experimentais: calcário, ácido clorídrico, fios de cobre, baterias, elétrodos de cobre, ferro, zinco, alumínio; aparelhos para condutividade térmica; copos; cloreto de ferro e tiocianato de potássio; cloreto de sódio e nitrato de prata; cloreto de zinco; blocos de alumínio e ferro ou cobre.

Observações

PIRES, Fátima; GUERRA, Cecília. Os metais na cidade de Oliveira do Bairro: uma sequência didática para o ensino secundário de Química. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, São Paulo, v. 14, n. 5, p. 1–20, 2023. DOI: 10.26843/rencima.v14n5a06.

Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/rencima/article/view/4351>

Poster: https://drive.google.com/file/d/1aS_J2LnA1WQ4fl5tQu-tDKdJ2_kKGEH8/view?usp=sharing

Página do projeto: <https://sites.google.com/aeob.edu.pt/ctoc-olb/inicial>



“TuQ-TuC” Científico

QUÍMICA PARA A CIDADE

“OLIVEIRA DO BAIRRO, ONDE A QUÍMICA E O POVO SE CRUZAM!”



Imagem negativa da Química (Vilches & Pérez, 2011).

Química, é difícil (Chang & Goldsby, 2013)

Falta de sentido de pertença dos cidadãos de Oliveira do Bairro (CMOL, 2019)

11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS



Objetivos:

- i- Aumentar o sentido de pertença do cidadão à cidade a partir dos seus monumentos e da Química;
- ii- Construir um percurso científico na cidade envolvendo a Química para melhoria da literacia científica dos cidadãos;
- iii- Comunicar a História, a Arte, a Tecnologia dos monumentos, estabelecendo a relação destes com a Química.

A Química dos Metais foi comunicada a cerca de 70 alunos do 10º de CT e à comunidade



- * Reciclagem e revalorização de metais;
- * Toxicidade de alguns metais e os efeitos sobre o Homem / Ambiente;
- * Corrosão dos metais - uma reação de oxidação-redução;
- * Proteção dos metais - impacto no ciclo de vida das estruturas metálicas;
- * Metais e ligas metálicas com elevada resistência à corrosão;
- * Química dos Metais - História, Arte, Tecnologia, Ambiente e Sociedade.

CHUMBO
Pb

FERRO
Fe

LÍTIO
Li

FERRO
ZINCADO

ALUMÍNIO
Al

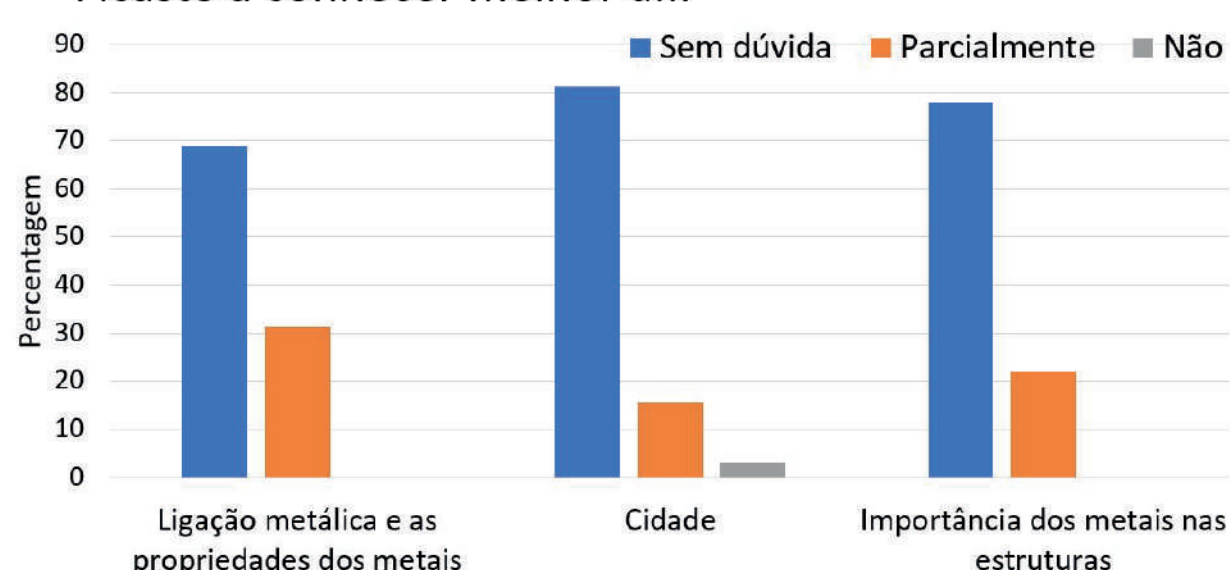
COBRE
Cu

LATÃO
Cu-Zn

AÇO
Fe-C

Resultados Inquérito Por Questionário

Ficaste a conhecer melhor a...



Cerca de 50% da população-alvo (alunos) respondeu ao questionário.

CONCLUSÃO

As respostas ao inquérito por questionário indicam que o percurso científico “TuQ-TuC” possui potencial para aumentar o sentido de pertença do cidadão à sua cidade - Oliveira do Bairro - com uma visão melhorada da Química ao perceber a sua aplicação.

“ficamos a conhecer melhor Oliveira do Bairro e podemos perceber que as estruturas apresentadas foram muito bem pensadas pelos seus respetivos criadores”

“curiosidades dos metais, a sua importância, a sua história na nossa região, e as suas características químicas.”

“pude perceber como de acordo com os metais que são constituídas, ao longo do tempo as estruturas também se degradam de forma diferente.”

“É interessante saber a história e o impacto que cada tipo de metal teve na nossa região, a sua utilização em ferramentas do nosso quotidiano...”

“compreender melhor os metais e as suas ligações de uma forma mais cativante”

Os metais na cidade de Oliveira do Bairro: uma sequência didática para o ensino secundário de Química

Fátima Cristina Batista Pires¹

Cecília Vieira Guerra²

Resumo: A História, a Arte e a Química de monumentos metálicos na cidade de Oliveira do Bairro (Portugal) motivaram a investigação e o desenvolvimento da sequência didática - SD “CtoC – Chemistry to City” para a melhoria das aprendizagens de vinte alunos de Química do 12^o ano de escolaridade. Numa abordagem de ensino inovadora, o *Design Thinking*, eles desenharam módulos de comunicação e educação explorando as relações entre a Ciência - Química, Tecnologia e Sociedade no meio local, contribuindo para a melhoria da literacia científica dos envolvidos. A análise do conteúdo das respostas dos alunos a um questionário (antes e após a implementação da SD) e a uma entrevista, e ainda dos registos da professora investigadora, evidencia o potencial da SD para a melhoria das aprendizagens dos alunos na compreensão da relação entre as propriedades dos metais e as ligações químicas, na pesquisa e comunicação, no pensamento crítico e criativo e no relacionamento interpessoal.

Palavras-chave: Ciências e Tecnologia e Sociedade. Comunicação e Educação em Ciência. Design Thinking. Metais e Ligas Metálicas. Percurso Científico.

Metals in the city of Oliveira do Bairro: a teaching sequence for secondary education of chemistry

Abstract: The History, Art, and Chemistry of metallic monuments in the city of Oliveira do Bairro (Portugal) motivated the developmental and research a teaching sequence (TS) “CtoC – Chemistry to City” to improve the learning and skills of students of chemistry secondary education. In an innovative teaching approach, Design Thinking, they designed communication and education sessions disseminating the relationships between Science - Chemistry, Technology and Society in the local environment, contributing to the improvement of the scientific literacy of those involved. Data collection involved the application of a questionnaire (before and after the completion of the TS), interview and participant’ observation of the teacher as investigator. The content analysis of the collected data demonstrates that the students’ skills were mobilized, such as: understanding the relationship between the properties of metals and metallic bonds; the critical and creative thinking and interpersonal relationship during the development process.

Keywords: Science and Technology and Society. Communication and Science Education. Design Thinking. Metals and Metal Alloys. Chemistry Trails.

Metales en la ciudad de Oliveira do Bairro: una secuencia didáctica para la enseñanza de la Química en bachillerato

¹ Escola Secundária de Oliveira do Bairro — Aveiro, Portugal. ✉ fcpires@ua.pt  <https://orcid.org/0000-0002-2721-2551>

² Universidade do Porto — Porto, Portugal. ✉ cguerra@fc.up.pt  <https://orcid.org/0000-0002-2560-165X>

Resumen: La Historia, el Arte y la Química de monumentos metálicos en Oliveira do Bairro (Portugal) motivaron la investigación y el desarrollo de la secuencia didáctica - SD "CtoC – Química a la Ciudad" para mejorar el aprendizaje de veinte estudiantes de Química del último curso de Bachillerato. En un enfoque de enseñanza innovador, *Design Thinking*, los alumnos diseñaron módulos de comunicación y educación, explotando las relaciones entre Ciencia - Química, Tecnología y Sociedad en el entorno local. El análisis del contenido a una encuesta [antes y después de la implementación del SD] y a una entrevista y de los registros de la profesora investigadora, demuestra el potencial del SD para mejorar los aprendizajes en la comprensión de la relación entre las propiedades de los metales y de los enlaces químicos, en la investigación y la comunicación, no solo en un pensamiento crítico y creativo, como también en las relaciones interpersonales.

Palabras clave: Ciencia y Tecnología y Sociedad. Ciencias de la Comunicación y la Educación. El Pensamiento de Diseño. Metales y Aleaciones de Metales. Camino Científico.

1 Introdução

No Ano Internacional da Tabela Periódica (2019), professores de Biologia-Geologia e Físico-Química do Agrupamento de Escolas de Oliveira do Bairro (AEOB), situado em Portugal, colaboraram no projeto "Ciência pela Cidade" no âmbito do Clube de Ciência Viva (<https://clube-ciencia-viva-aeob.webnode.pt/os-meus-servicos/>). Os professores desenharam atividades de divulgação científica sobre a importância da Química no desenvolvimento científico e tecnológico da cidade de Oliveira do Bairro (OLB).

A investigação em educação preconiza que se devem recolher dados para avaliar o impacto dos projetos nos diversos sistemas e atores educacionais, com vista a potenciar a sustentabilidade dos resultados da investigação (Guerra, 2021). Todavia, no presente caso não foi considerada a recolha de dados para a realização da avaliação do impacto do projeto "Ciência pela Cidade" nos participantes envolvidos (ex. desenvolvimento de aprendizagens dos alunos, particularmente em Química).

Em alternativa, considerou-se fundamental potenciar a sustentabilidade dos resultados alcançados no projeto "Ciência pela Cidade", refletindo criticamente sobre o processo de desenvolvimento de inovações educativas produzidas. Para isso, torna-se fulcral integrar a avaliação do impacto da investigação durante o processo de desenvolvimento dos projetos, potenciando a sua sustentabilidade (Guerra, 2021).

Neste contexto, durante o ano letivo 2021/2022, foi concebida, implementada e avaliada a SD intitulada "CtoC – Chemistry to City" para o ensino e a aprendizagem

dos conceitos relacionados aos conteúdos do domínio dos “metais e ligas metálicas” da disciplina de Química do 12º ano de escolaridade (Aprendizagens Essenciais do Currículo Escolar Português). Para tal, foram delineados os seguintes objetivos: i) conceber um conjunto de atividades de aprendizagem e recursos didáticos a integrar na SD “CtoC”, para o ensino e aprendizagem de Química (Metais e Ligas Metálicas) do 12.º ano de escolaridade, com orientação de ensino Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS); ii) avaliar o potencial científico e didático das atividades e recursos didáticos concebidos na melhoria das aprendizagens conseguidas pelos alunos envolvidos.

Uma componente central na SD “CtoC” foi a participação de uma turma de 20 alunos, a frequentar a disciplina de Química do 12.º ano de escolaridade da escola de Oliveira do Bairro, no processo de desenvolvimento do percurso científico “TuQ-TuC Científico – Química para a Cidade”. Este percurso científico foi construído em grupo, com a orientação da professora-investigadora (PI), titular da turma na disciplina de Química (e uma das autoras deste artigo), tendo sido trabalhados diversos aspetos científicos, históricos e arquitetónicos da cidade de OLB³.

Neste artigo apresenta-se de forma breve o processo de conceção, implementação e avaliação da sequência didática intitulada “CtoC – Chemistry to City”, que teve como produto o percurso científico “TuQ-TuC Científico – Química para a Cidade”. A SD pode ser consultada no repositório da Universidade de Aveiro⁴.

2 Contextualização teórica

A sociedade contemporânea parece não compreender, ainda, a importância da Ciência e da Tecnologia para o bem-estar da humanidade (VILCHES e GIL-PEREZ, 2011). A maioria dos cidadãos tende a considerar a Química como sendo responsável pela degradação das condições humanas, sociais e ambientais. Exemplo disso é o impacto da indústria mineira na poluição de rios e solos por metais pesados, com consequências nocivas para os seres vivos e para o ambiente.

O debate em sala de aula sobre estas questões, numa abordagem didática intencional, foge ao ensino focado apenas nos conteúdos, claramente insuficiente

³ Este artigo compõe a dissertação de mestrado defendida no Programa de Pós-Graduação em Educação Formação pela Universidade de Aveiro, organizada em formato multipaper, escrita pela primeira autora e orientada pela segunda autora.

⁴ Repositório da Universidade de Aveiro - <http://hdl.handle.net/10773/36327>

para a formação de cidadãos críticos, porque encontra-se afastado de um contexto social, existindo assim uma aproximação e um reforço das abordagens CTS e da Educação para a Cidadania na sua vertente ambiental (SANTOS, AFFONSO e KATAOKA, 2020).

A Química é fundamental para várias áreas da sociedade (ex. Engenharia, Saúde, Ambiente) e contribui para a investigação e o avanço tecnológicos, fundamentais para o bem-estar da sociedade contemporânea, não descurando o ambiente (VILCHES e GIL-PEREZ, 2011). Neste âmbito, a comunidade educativa deve ajudar a romper com o estereótipo da Química como ciência negativa, sendo por essa razão importante despertar o interesse dos alunos de todos os níveis e anos de escolaridade por esta área do conhecimento (VILCHES e GIL-PEREZ, 2011).

A Química é considerada, por muitos, como uma das disciplinas mais difíceis de ensinar, apresentando inúmeros desafios aos professores, exigindo um grau de abstração elevado por parte dos alunos para conseguirem compreender as propriedades e as características observáveis dos materiais que os rodeiam (ex. um olhar macroscópico sobre os fenómenos e um pensar microscópico) (CHANG e GOLDSBY, 2013). Os alunos fazem referência "... à sua linguagem simbólica e representacional, acompanhada de um forte desagrado e/ou da incompreensão sobre a aplicação de tal conhecimento" (MARTINS et al., 2004, p. 35). É, então, necessário um pensamento que permita relacionar os aspetos macro, sub-micro e simbólico representacional, o que exige uma grande capacidade de processamento da informação por parte dos alunos (JOHNSTONE, 2010).

Um dos aspetos que é ensinado na disciplina de Química do ensino secundário português (alunos entre os 14 e os 17 anos de idade) relaciona-se com a compreensão da ligação metálica. A compreensão desta ligação permite, por exemplo, explicar as propriedades dos metais, tais como: condutividade elétrica e térmica; altos pontos de fusão e ebulição; formação de ligas e reatividade química (ACAR e TARHAN, 2008).

Todavia, os alunos têm apresentado dificuldades de aprendizagem no domínio dos metais e ligas metálicas, formando construções prévias sobre esse conhecimento, em particular as designadas conceções alternativas (CA), às quais o professor deve

estar atento no momento de construção e uso de novos instrumentos e estratégias de trabalho (CACHAPUZ, PRAIA e JORGE, 2002). Vários autores têm realizado estudos identificando e elencando as CA na vertente dos metais, das suas propriedades e da natureza da ligação metálica.

A tabela 1 apresenta algumas destas CA apontadas por autores de referência sobre o tema em questão.

Tabela 1: Concepções alternativas sobre os metais e ligação metálica

A ligação metálica e a Natureza eletrostática da ligação
<ul style="list-style-type: none"> • Metais possuem ligação covalente e/ou iônica (TABER, 2001 citado por ACAR e TAHRAN, 2008); • Não há ligação entre metais; há apenas uma força e não uma ligação real nos metais (TABER, 2001 citado por ACAR e TAHRAN, 2008); • As espécies carregadas em redes metálicas são núcleos; as estruturas metálicas contêm átomos neutros (COLL e TAYLOR, 2001); • Pouca apreciação da natureza eletrostática subjacente à ligação química (TABER, 1995b; DE POSADA, 1997; BOO, 1998, citado por COLL e TAYLOR, 2001); • a atração entre duas espécies de cargas opostas ser pensada como neutralização (SCHMIDT, 1997; BOO, 1998 citado por COLL e TAYLOR, 2001).
Estrutura da Rede Metálica e Ligação covalente
<ul style="list-style-type: none"> • As redes metálicas contínuas são de natureza molecular; sólidos metálicos são de natureza molecular; (HARRISON e TREAGUST, 1996 citado por COLL e TAYLOR, 2001); • A ligação metálica não é uma ligação real, pois não envolve o compartilhamento de elétrons (TABER, 1995a, 1998; DE POSADA, 1997, citados por COLL e TAYLOR, 2001); • A luz atravessa o vidro, mas não os metais, porque as moléculas estão mais próximas nos metais do que no vidro (DE POSADA, 1997); • O alumínio liga-se a outro alumínio, compartilhando elétrons para obedecer à regra do octeto (COLL e TREAGUST, 2003).
Ligação Metálica e Ligação Iônica
<ul style="list-style-type: none"> • Os metais possuem altos pontos de fusão e ebulição porque possuem características iônicas (TABER, 2003); • A ligação metálica é similar à ligação iônica porque é entre positivo e negativo (TABER, 2003).
Propriedades dos Metais
<ul style="list-style-type: none"> • A ligação metálica é uma ligação fraca (COLL e TAYLOR, 2001); • Em metais maleáveis as ligações são fracas (COLL e TAYLOR, 2001); • A ligação metálica é inferior a outras formas de ligação (COLL e TAYLOR, 2001); • Os elétrons conduzem corrente elétrica no metal (DE POSADA, 1997); • A ligação metálica só existe nas ligas metálicas (DE POSADA, 1997);

- O Metal é bom condutor de corrente elétrica, os seus átomos transmitem a corrente elétrica porque vibram com a energia que recebem. (DE POSADA, 1997).

Taber (2003) elenca algumas metodologias que podem ser promovidas pelos professores de química para identificar e alterar as CA em Química, em particular as que estão relacionadas com a ligação metálica:

- i) explorar a ligação química com base nas interações elétricas, antes de explorar cada ligação em detalhe, dando maior ênfase às interações que mantêm as estruturas unidas;
- ii) realçar que nas reações químicas os metais não tendem a ser átomos, eles estão quimicamente ligados;
- iii) usar com cuidado a linguagem metafórica – por ex., os átomos "querem", "mar" de eletrões;
- iv) evitar a tónica na discussão das ligações iónicas e covalentes, parecendo que são formas de ligação mais importantes;
- v) iniciar a abordagem das ligações químicas pela metálica, que é menos complexa, prosseguindo para a iónica, para a covalente gigante, para simples estruturas covalentes, evitando a transferência de aspetos específicos de um modelo para os outros.

Neste contexto, sugere-se que os professores de Química sejam criativos nas suas práticas didático-pedagógicas, motivando os alunos para a aprendizagem (VEERASINGHAN, BALAKRISHNAN, IBRAHIM, DAMANHURI e GENGATHARAN, 2021; HÖPER e KÖLLER, 2018). Para tal, é fundamental que o professor recorra a abordagens holísticas e progressistas, investigando, instigando, avaliando e reformulando as suas práticas letivas (BEHRENS, 2005).

A comunidade científica tem procurado investigar e desenvolver (I&D) estratégias e recursos didáticos que permitam alterar as CA dos alunos, melhorando a compreensão de conceitos científicos e tecnológicos complexos (CACHAPUZ,

PRAIA e JORGE, 2002). A investigação no ramo da educação em ciências, em particular na abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), tem procurado estudar metodologias inovadoras para ajudar os alunos a compreender a realidade dos fenômenos da natureza.

Vários são os estudos desenvolvidos na linha da abordagem CTS, cujos resultados evidenciam impactos positivos na compreensão dos alunos (e dos professores) relativamente à relação existente entre o saber científico, o saber técnico e o saber social (CACHAPUZ et al., 2002; MARTINS, et al., 2004; OLIVEIRA, GUERRA, COSTA e PINO, 2018).

O ensino CTS, a partir de contextos e questões sociais, promove a construção ativa do conhecimento por parte do aluno, dado que se encontra envolvido no processo ensino e aprendizagem. Neste contexto, a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de capacidades e atitudes, integrando numa educação coesa o conhecimento científico com a tecnologia existente e o meio onde ele se insere, levará a tomada de decisões informadas e refletidas. (PEZARINI e MACIEL, 2018).

Neste artigo, a comunicação em ciência (BURNS et al., 2003) é aliada à educação em química, no sentido de investigar metodologias inovadoras para a promoção da compreensão do conteúdo científico (em Química), valorizando a interligação da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade para a promoção de atitudes mais positivas em relação à Química.

3 Metodologia

No início do ano letivo 2021/2022, uma turma de vinte alunos (doze do sexo feminino e oito do sexo masculino), que frequentavam o 12.º ano de escolaridade do curso de Ciências e Tecnologia de uma escola da cidade de OLB (zona urbana), envolveram-se na construção do percurso científico “TuQ-TuC Científico – Química para a Cidade”.

Os alunos optaram pela disciplina de Química, no 12.º ano de escolaridade, sendo uma das autoras deste artigo a professora-investigadora (PI) titular da turma. Três alunos residiam na cidade de OLB, sede do concelho; catorze alunos nas outras freguesias do concelho; dois alunos eram de outros concelhos; e um dos alunos era italiano, encontrando-se em programa de intercâmbio (Erasmus).

Inspirado no trabalho “*Create an Amazing Science Trail*”, e seguindo princípios de *Design Thinking* (DORAN et al., p. 39, 2021), o desenvolvimento do percurso científico TuQ-TuC realizou-se em quatro momentos (Tabela 2).

Tabela 2 – Desenvolvimento da sequência didática “CtoC”

Momento	Duração	Descrição Sumária
Sentir	2 sessões (200 minutos)	“Sentir a Química” A Química é... (Brainstorming – nuvem de palavras) Vídeos: Ano Internacional da Química – 2011; Química das Coisas. Discussão de questões em turma comparadas com informações recolhidas na investigação da PI sobre problemas com o património local. Trabalho de grupo: Elaboração de documento de divulgação de turismo científico de 5 monumentos com interesse Químico (metais) em OLB.
Imaginar	2 sessões (100 minutos)	Trabalho em grupo: “O desenho da “Árvore do projeto” As raízes – problemas e potencialidades; O caule – o projeto; As folhas – os objetivos Comunicação do projeto, tomada de decisão do projeto único – “TuQ-TuC” um percurso Químico
Criar	10 sessões (1000 minutos)	“A História, a Arte, a Tecnologia e a Química” Aulas contextualizadas de acordo com o projeto com integração dos conteúdos lecionados nos temas. Inclusão de contributos de parcerias com Universidades, centros de ciência e poder local.
Partilhar	2 sessões	“TuQ – TuC Científico – Química para a Cidade” Partilha dirigida aos alunos do 10º ano do curso de Ciências e Tecnologias e à comunidade local.

O percurso científico “TuQ-TuC Científico – Química para a Cidade” integra sete módulos de comunicação e educação em Química. Os grupos de trabalho, 2-3 alunos, foram formados de acordo com os seus interesses em termos de relações pessoais e de preferência por determinados metais, monumentos, conteúdos possíveis de serem abordados (momento *sentir*).

Cada grupo desenvolveu um módulo (momentos *imaginar* e *criar* referidos na Tabela 2), integrando atividades e recursos de divulgação científica sobre as propriedades dos metais e das ligas metálicas presentes em diversas estruturas

históricas e arquitetônicas da cidade de OLB (ex. estruturas sub-microscópicas e a natureza das ligações dos metais, tais como os vitrais da Biblioteca da cidade) (Tabela 3).

Tabela 3 – Potencial do patrimônio de Oliveira do Bairro em temas CTS(A)

Patrimônio / Estrutura	Metal	Temas abordados pelos alunos
1- Porta	Alumínio	Densidade; Reação de oxidação-redução (proteção anódica) Reciclagem.
2- Vitral Biblioteca	Chumbo	Força de Ligação Metálica, dureza e ponto de fusão; Rede cristalina e Densidade; Toxicidade.
3- Telhado da Biblioteca e Busto do Escritor Antônio de Cértima	Cobre Bronze (Cu-Sn)	Condutividade elétrica e térmica; Reatividade e reação de oxidação - verde;te; Liga substitucional e Resistência a corrosão; Arte e Cultura de OB
4 - Monumento aos Combatentes	Ferro e Aço Inoxidável	Ferromagnetismo e Antiferromagnetismo; Reações de oxidação – redução; Reações de complexão e os íons ferro no sangue; Arte, Arquitetura e História.
5 - Letreiro Ourivesaria	Latão (Cu-Zn)	Liga substitucional; Dilatação dos metais; Valor de mercado dos metais.
6- Bicicletas elétricas	Lítio	Pilhas e baterias; Exploração mineira de recursos, sociedade, economia e ambiente.
7-Monumento Escultórico	Aço Inoxidável	Liga Intersticial e a dureza; Resistência a corrosão; História de Oliveira do Bairro (Carta Foral)
8- Monumento Epopeia Marítima	Ferro Zincado	Proteção galvânica; História e Poesia

No final do processo de desenvolvimento dos módulos (momento *partilhar*), cada grupo organizou um expositor próximo às estruturas e monumentos, criando um ambiente de comunicação interativa de ciência para os seus pares (10.º ano) e para um público diferente do seu habitual - a comunidade civil da cidade de OLB.

O processo de desenvolvimento da SD “CtoC” seguiu uma metodologia de investigação de natureza qualitativa, assentando no paradigma sócio-crítico (COUTINHO, 2020), e seguiu ainda princípios do plano de Investigação & Desenvolvimento (I&D) (GUERRA, 2021) durante o processo de recolha e análise de dados. Para tal, os dados foram recolhidos através de:

- i) inquérito por questionário para identificar e comparar a mudança (ou não) de CA em Química, especificamente em Metais e Ligas Metálicas (ACAR e TARHAN, 2008). O inquérito, traduzido e validado para o contexto brasileiro (FERREIRA; CAMPOS e FERNADES, 2013), foi adaptado ao contexto português;
- ii) a observação participante da PI com registo em diário da PI;
- iii) o inquérito por entrevista aos alunos (CARVALHO, 2020).

Posteriormente foi feita a análise descritiva dos dados quantitativos (questionário) e, para os dados qualitativos (questionário, entrevista e diário da PI), foi utilizada a técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 2016). O potencial didático das atividades e recursos propostos na SD foi analisado segundo o modelo de Zabala (1998), citado por Maroquio (2021), de acordo com as dimensões e categorias apresentadas na tabela 4.

Tabela 1: Categorias de análise dos dados dos instrumentos de avaliação da SD

Dimensões	Categorias
Atividades e recursos da sequência didática	Problematização CTS
	Pesquisa e Investigação (pluralidade metodológica)
	Papel da PI / Papel do aluno
Aprendizagens essenciais dos alunos	Conhecimentos
	Capacidades e Atitudes

4 Resultados

Antes e após a implementação da SD, foram identificadas algumas CA dos estudantes utilizando, para isso, as respostas provenientes de um inquérito por questionário (ACAR e TARHAN, 2008), traduzido e validado para o contexto brasileiro

(FERREIRA; CAMPOS e FERNADES, 2013), e adaptado ao contexto português. As cinco questões do inquérito por questionário procuravam identificar os conhecimentos prévios e CA dos alunos sobre a relação entre as propriedades dos metais e a ligação metálica, como dispostas a seguir:

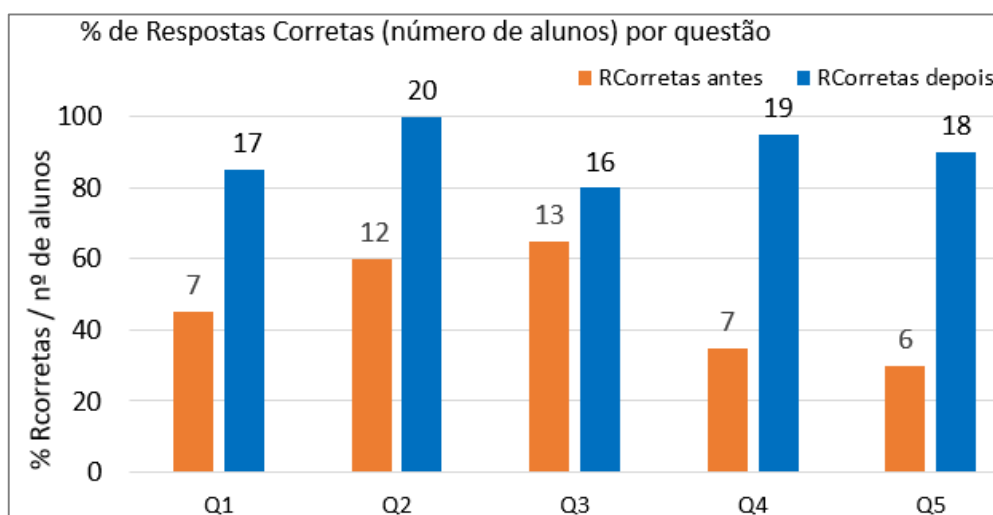
- Q1 - Propriedades dos metais e a forma como se estabelece a ligação metálica;
- Q2 - Propriedade de condutividade elétrica dos metais;
- Q3 - Diferenças de condutividade elétrica nos metais e nos compostos iónicos, quando sólidos ou em solução aquosa;
- Q4 - Ligação metálica em comparação com outros tipos de ligação;
- Q5 - Diferenciação da ligação metálica da ligação iónica quanto à propriedade de maleabilidade.

As questões apresentavam opções de escolha múltipla com pedido de justificação. A partir de uma análise de conteúdo, as respostas foram categorizadas em respostas cientificamente aceites - Respostas Satisfatórias (RS), respostas parcialmente aceites - Respostas Pouco Satisfatórias (RPS) ou respostas não satisfatórias.

Nos gráficos, as barras laranjas correspondem às respostas obtidas antes da implementação da sequência didática, e as azuis, depois da sua implementação.

A figura 1 apresenta a síntese da distribuição de respostas de escolha múltipla dos alunos, antes e depois da implementação da SD “CtoC”.

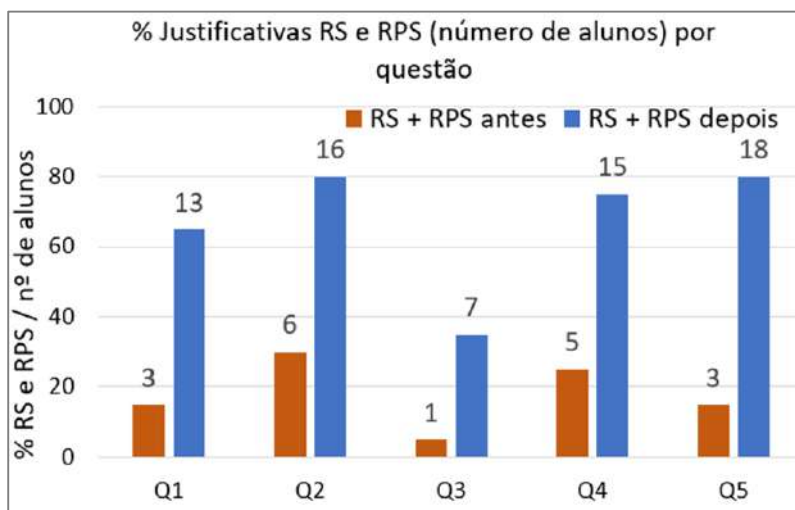
Figura 1 – Distribuição das respostas de escolha múltipla



É possível observar, para as cinco questões, um aumento substancial do número de alunos que selecionou a resposta correta após a implementação da SD.

A figura 2 apresenta uma síntese da distribuição das justificações por categoria, antes e depois da implementação da sequência didática “CtoC”.

Figura 2 – Distribuição das justificações por categoria

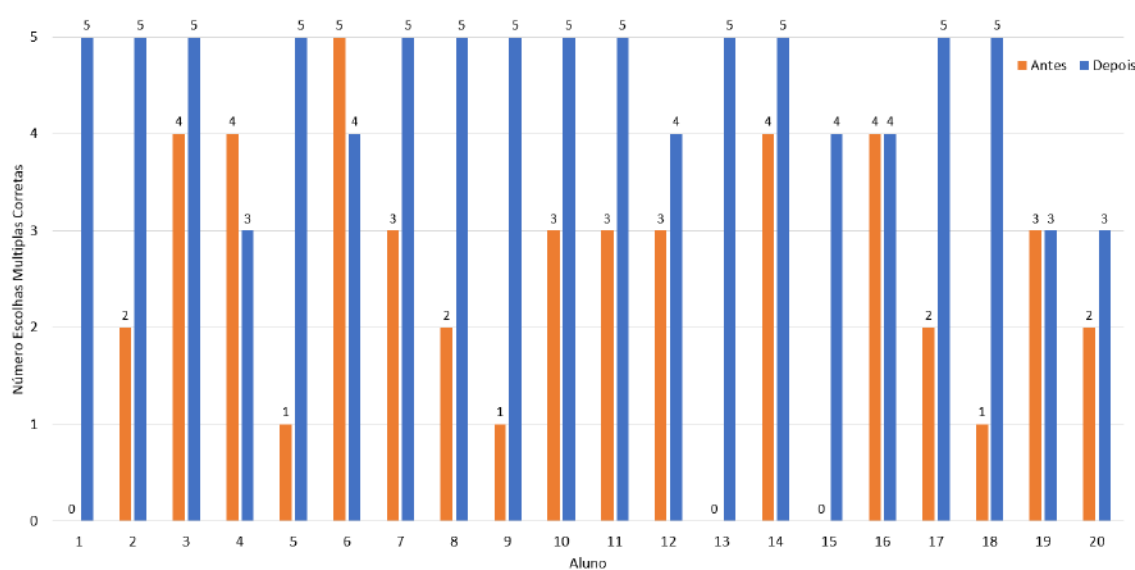


O aumento de seleção de opções corretas (figura 1) também foi acompanhado pelo aumento na qualidade científica das justificações dadas pelos alunos às cinco questões (figura 2), com um maior número de RS e RPS após a implementação da SD.

A figura 3 apresenta graficamente o resultado individual do número de respostas corretas às opções de escolha múltipla antes e após a implementação da SD.

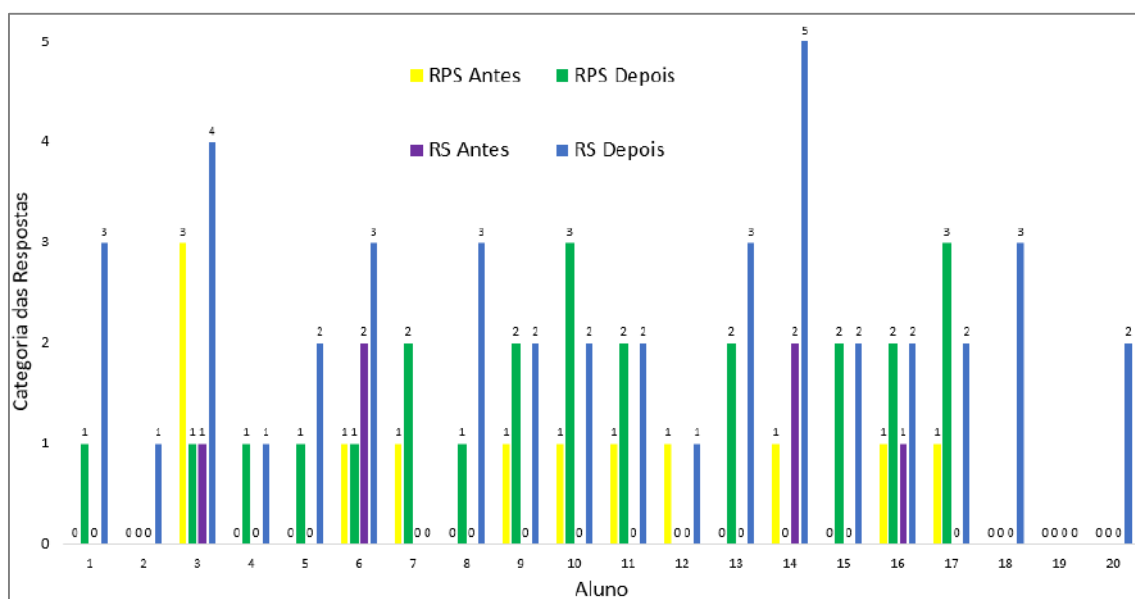
Numa análise global dos resultados obtidos por aluno, é possível observar que 16 alunos progrediram na seleção das opções de respostas corretas após a implementação da SD (barra azul), 2 alunos mantiveram e 2 regrediram.

Figura 3- Resultado individual em relação às categorias de respostas antes e depois da implementação da SD



Na figura 4 é apresentado o resultado individual de cada aluno em relação às categorias de respostas antes e depois da implementação da SD.

Figura 4 - Análise global dos resultados obtidos por aluno.



Verifica-se que todos os alunos progrediram - aumento das barras azuis e verdes – com a exceção do aluno n.º 19, que não justificou nenhuma opção nem antes nem após o desenvolvimento da SD.

Algumas CA identificadas nos alunos antes do desenvolvimento da SD correspondem às identificadas por outros autores (ver Tabela 1), nomeadamente nos aspetos a seguir discriminados:

- i) não reconheceram a partilha de eletrões deslocalizados pelos cernes (catiões), indício de falta de compreensão da natureza eletrostática subjacente à ligação metálica;
- ii) não referiram a movimentação orientada de eletrões livres como a causa da condutividade elétrica dos metais;
- iii) consideraram que os eletrões de valência livres transportam as cargas elétricas;
- iv) referiram a propagação de corrente elétrica ao longo do metal como semelhante a condução de calor;
- v) consideram a natureza iónica/covalente das ligações metálicas;
- vi) responderam que a força da ligação metálica diminui de cima para baixo num grupo da TP com o aumento do raio atómico;
- vii) indicaram que a força da ligação metálica não afeta o ponto de ebulição ou mesmo que os metais têm baixo ponto de fusão;
- viii) afirmam que a causa da maleabilidade dos metais é a fraca intensidade da ligação metálica; e
- ix) mencionaram que os metais não podem formar misturas.

A tabela 5 apresenta exemplos de justificações dadas pelos alunos relacionadas com as CA referidas anteriormente.

Tabela 5: Relação entre concepções alternativas e exemplos de justificações dadas pelos alunos

Exemplos de Conceções Diagnosticadas	Exemplos de justificações
Metais possuem ligação covalente e/ou iónica (TABER, 2001 citado por ACAR e TAHRAN, 2008).	<i>“eles precisam receber eletrões, como existe um défice de eletrões entre os elementos, eles partilham os seus eletrões entre si de forma deslocalizada de forma a se estabilizarem a nível das cargas” (aluno 6).</i>
Pouca apreciação da natureza eletrostática subjacente à ligação química (TABER, 1995b; DE POSADA, 1997).	“existem eletrões de valência livres tendo a capacidade de transportar cargas elétricas com facilidade e rapidez pois estão fracamente ligados aos núcleos atómicos” (aluno 6).
Os eletrões conduzem corrente elétrica no metal (DE POSADA, 1997).	
Em metais maleáveis as ligações são fracas (COLL e TAYLOR, 2001).	<i>“O facto de a ligação dos átomos de sódio ser mais fraca torna este metal mais maleável” (aluno 15)</i>

O Metal é bom condutor de corrente elétrica, seus átomos transmitem a corrente elétrica porque vibram com a energia que recebem. (DE POSADA 1997).	“as suas ligações são iônicas como as ligações estão muito juntas a sua propagação será melhor” (Aluno 18).
--	---

A professora da turma, autora deste artigo, desenhou atividades intencionais de aprendizagem com vista a mudar as CA dos alunos, tais como, por exemplo, a discussão do modelo do “mar de elétrons” (Vídeo – Química: Metais e Ligações Metálicas), enfatizando a natureza eletrostática da ligação metálica e a estrutura de rede dos sólidos cristalinos, e a resolução do problema de determinação do raio atômico do elemento metálico a partir de medidas de um cubo do seu material (SIMONI e TUBINO, 1999).

Os resultados obtidos através do inquérito por questionário, antes e depois da implementação da SD, evidenciam os efeitos positivos da abordagem CTS para a compreensão de aspetos relativos aos conceitos dos Metais - ligação metálica e as suas propriedades.

A tabela 5, construída a partir da análise de conteúdo dos dados recolhidos (entrevista e observação), apresenta uma síntese das potencialidades dos recursos e atividades da SD nas dimensões e categorias apresentadas na tabela 4.

Tabela 5 – Potencialidades dos recursos e atividades da SD

Atividades e recursos da sequência didática			Aprendizagens essenciais
Problematização CTS	Pesquisa e Investigação	Papel PI / Alunos	Conhecimentos Capacidades/ Atitudes
Contexto: Património Metálico em OLB	Pluralidade metodológica	Orientador / ativo	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Motivador, didático e inovador ▪ Aplicação prática e transdisciplinar dos conhecimentos ▪ Inter-relação CTS, valores e ética ▪ Papel ativo do aluno 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atividades e recursos intencionais – resolução CA ▪ Respeito ao interesse dos alunos – liberdade de escolha ▪ Introdução dos conceitos acompanhou a necessidade ▪ Utilização das 	Professor /Investigador <ul style="list-style-type: none"> ▪ Instigou, organizou e orientou o processo ▪ Feedback TIC - economia de tempo PI/ Alunos <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesquisa / 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Melhoria da aprendizagem conseguida por 80% dos alunos em relacionar as propriedades dos metais com a ligação metálica ▪ Motivação pelo conhecimento ▪ Mobilização do

	tecnologias de informação e comunicação (TIC) - trabalho colaborativo <ul style="list-style-type: none"> ▪ Oportunidades de rever e melhorar (feedback) ▪ Impacte real na comunidade 	investigação na criação e partilha de recursos <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reflexão sobre os processos – avaliação, reavaliação e síntese 	pensamento crítico, da autonomia, da socialização, da comunicação, <ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidade para criação de projetos a partir do DT
--	---	---	---

Os resultados alcançados evidenciam que dezanove dos vinte alunos (um aluno faltou à entrevista) conseguiram identificar a Química nas estruturas metálicas da cidade, nos módulos do percurso científico “TuQ-TuC Científico – Química para a Cidade” na cidade de Oliveira do Bairro, relacionando a História, a Arte, a Sociedade e a Química. De seguida apresentam-se algumas das transcrições das entrevistas realizadas aos alunos.

“... os alunos conforme foram procurando informação, foi lhes entregue informação, houve um interesse da parte dos alunos para aprender a matéria, em vez de termos simplesmente de aprender e despejar” (A3)

“passar da sala de aula ... relacionar aquilo que aprendemos com o que está cá fora e conseguimos aplicar esses conhecimentos” (C4)

“As aprendizagens não se restringem apenas ao conhecimento...comunicar, a passar informação para outras pessoas de formar interativa, a socializar melhor” (A3)

“Química é a solução para quase todos os problemas, é ela que nos dá e nos pode vir a dar todas as respostas, é ela que melhora e facilita a nossa vida e é graças a ela que hoje vivemos deste modo. Como esta ciência é tão mal compreendida devido a falta de comunicação entre a comunidade científica e a população” (aluno 3 – ficha síntese da aula Sentir a Química).

Apesar de alguns constrangimentos apontados, principalmente com a gestão do tempo (que foi minorado com o uso das tecnologias de informação e comunicação, para *feedback* e *feedforward*, e com a disponibilidade dos alunos e da PI para trabalho algum dele pós laboral), a SD “CtoC – Chemistry to City”, concebida como um conjunto de atividades e recursos intencionais para o ensino e aprendizagem de Química (Metais e Ligas Metálicas) do 12.^o ano de escolaridade, revelou ter potencial científico e didático para a promoção das aprendizagens esperadas pelos alunos envolvidos.

5 Conclusões

A SD “CtoC” integra atividades e recursos didáticos para a exploração das aprendizagens essenciais dos alunos na disciplina de Química do 12.º ano de escolaridade, com foco no domínio de Metais e Ligas Metálicas. Os resultados alcançados com o projeto evidenciaram que, em geral, todos os alunos:

- identificaram a Química nas estruturas metálicas da cidade de OLB (Portugal);
- produziram módulos de comunicação e educação em Química inspirados num contexto real (a cidade);
- comunicaram os resultados do percurso científico ao público em geral (neste caso, a alunos do 10º ano de escolaridade da referida escola).

Neste âmbito, pode-se concluir que o projeto:

- possibilitou a integração de construtos teórico-práticos promotores de uma abordagem CTS, contribuindo com resultados que evidenciam impactes positivos da relação entre o saber científico, o saber técnico e o saber social – teóricos, a partir de um contexto próximo e de questões sociais – práticos, que promoveram a construção ativa do conhecimento por parte do aluno e o desenvolvimento de suas capacidades, atitudes e valores como cidadão crítico e interveniente;
- contribuiu para o desenvolvimento de aprendizagens essenciais dos alunos da disciplina de Química do 12.º ano de escolaridade, especificamente relacionadas com as propriedades dos metais e ligações metálicas;
- concorreu para a interligação entre o ensino formal da Química e outros cenários de educação não formal (o percurso científico).

Neste âmbito, o percurso científico “TuQ-TuC Científico – Química para a Cidade”, desenvolvido pelos alunos com a orientação da professora, permitiu evidenciar uma relação entre a História, a Arte e a Química na cidade de OLB, conferindo-lhe um carácter inovador para o processo de ensino e aprendizagem da Química.

Os produtos resultantes da sequência didática “CtoC” (ex. inquérito por

questionário; kits experimentais) podem ser utilizados e/ou adaptados para trabalhar diversos conteúdos científicos da Química, tendo em conta o contexto educativo (ex. a escola, a cidade) e as necessidades e interesses dos alunos, tais como na disciplina de Física e Química A:

- do 10º ano, em particular no domínio das Ligações Químicas;
- do 11º ano, no domínio das reações de Oxidação Redução.

Os professores devem procurar conceber, implementar e avaliar atividades e recursos didáticos que valorizem a abordagem CTS, desenvolvendo aprendizagens nos alunos, não só em termos de conteúdos, mas também em termos de capacidades, atitudes e valores consentâneos para uma sociedade que se quer preparada para os desafios do século XXI.

Financiamento

Este trabalho foi financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito dos projetos UIDB/00194/2020 e UIDP/00194/2020.

Agradecimentos

Câmara Municipal de Oliveira do Bairro; Universidade de Aveiro; Instituto de Educação e Cidadania da Mamarrosa; Agrupamento de Escolas de Oliveira do Bairro; Orientadora do Mestrado e aos docentes que partilham comigo a alegria de ensinar.

Referências bibliográficas

ACAR, B., e TARHAN, L. Effects of cooperative learning on students' understanding of metallic bonding. **Research in Science Education**, 38(4), 401–420. 2008

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo** (1st ed.). Edições 70. 2016

BEHRENS, M. A. Os paradigmas da ciência: a influência na sociedade e na educação. In: _____. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. 2.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005. p. 17-37.

BURNS, T. W., O'CONNOR, D. J., e STOCKLMAYER, S. M. Science communication:

a contemporary definition. **Public understanding of science**, 2003, 12.2: 183-202.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, João; JORGE, Manuela. Perspectivas de ensino: caracterização e evolução. **Ciência, Educação em Ciência e Ensino de Ciências**. Lisboa: Ministério da Educação, 2002, 139-193.

CARVALHO, A. S., & GUERRA, C. Understanding the effect of microorganisms on human health: a didactical proposal for science education. In Carvalho, G.; Afonso, A. and Anastácio, Z. (Orgs). **ESERA 2021. Fostering scientific citizenship in an uncertain world (Proceedings of ESERA 2021 online conference. Part 5/Strand 5 Teaching-Learning Sequences as Innovations for Science Teaching and Learning, 411)**. Braga: CIEC, University of Minho, Portugal. 2022. ISBN: 978-972-8952-82-2. <https://www.esera.org/esera-2021/>

COLL, R., e TAYLOR, N. Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students. **Research in Science & Technological Education**, 19(2), 171–191.2001

COLL, R., e TREAGUST, D. Investigation of Secondary School, Undergraduate, and Graduate Learners' Mental Models of Ionic Bonding. **Journal of Research in Science Teaching**, 40(5), 464–486.2003

COUTINHO, C. **Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas: teoria e prática** (2nd ed.). ALMEDINA.2020

DE POSADA, J. Conceptions of high school students concerning the internal structure of metals and their electric conduction: structure and evolution. **Science Education**, 81(4), 445–467.1997

DORAN, P., TSOURLIDAKI, E., MENTXAKA, I., VICENTE, T., GOMES, M., e DORAN, R. Design thinking in STEM education: A legacy from the Islands diversity for science education project. **IDiverSE Islands Diversity**.2021

FERREIRA, I., CAMPOS, A., e FERNANDES, L. Concepções alternativas dos alunos sobre ligação metálica. **Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas**, (Extra), 2403–2408.2013

GUERRA, C. Sustentabilidade da Investigação em Educação: da Concepção à Implementação de um Referencial. **Praxis Educacional**, 17(48), 196–212.2021

MAROQUIO, V. Sequências didáticas como recurso pedagógico na formação continuada de professores. **Brazilian Journal of Development**, 7(10), 95397–95409.2021

OLIVEIRA, E., GUERRA, C., COSTA, N., e PINO, J. Abordagem CTS em manuais escolares de Química do 10o ano em Portugal: um estudo de avaliação. **Ciência & Educação**, 24(4), 891–910.2018

PEZARINI, A. R.; MACIEL, M. D. O Ensino de Ciências pautado nos vieses CTS e das questões socio-científicas para a construção da argumentação: um olhar para as pesquisas no contexto brasileiro. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. 169–188, 2018. DOI: 10.26843/rencima.v9i5.1821.

SANTOS, D. B. dos; AFFONSO, A. L. S.; KATAOKA, A. M. Contribuições da Educação Ambiental Crítica para abordagem CTSA. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 418–135, 2020. DOI: 10.26843/rencima.v11i3.2679.

SIMONI, J., & TUBINO, M. Determinação do raio atômico de alguns metais. **Química Nova na Escola**, (9), 41-43.1999

VEERASINGHAN, K., BALAKRISHNAN, B., IBRAHIM, M., DAMANHURI, M., & GENGATHARAN, K. Design thinking for creative teaching of Chemistry. **Social Sciences**, 11(3), 670–687.2021