

COMPREENDENDO A QUÍMICA ANALÍTICA QUALITATIVA: O DESENVOLVIMENTO DE TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA (TDCs) EM AULAS PRÁTICAS

Mirella R. V. Bertolo^{a, b} e Éder T. G. Cavalheiro^{a,*, b}

^aInstituto de Química de São Carlos (IQSC), Universidade de São Paulo (USP), 13566-590 São Carlos – SP, Brasil

Received: 07/11/2024; accepted: 19/02/2025; published online: 07/03/2025

UNDERSTANDING QUALITATIVE ANALYTICAL CHEMISTRY: THE DEVELOPMENT OF POPULAR SCIENCE TEXTS IN PRACTICAL CLASSES. One of the best ways to consolidate the experimentation seen in practical Analytical Chemistry classes is to demonstrate to students how the knowledge contained in such discipline is present in everyday situations. Science communication is an important tool that can help in this regard. The aim of this study was to contribute to the learning of students in the discipline 7500030 - Qualitative Analytical Chemistry Laboratory (São Carlos Institute of Chemistry, University of São Paulo) by encouraging the elaboration of popular science texts, aiming to learn, debate, and share the concepts learned during practical classes. In the texts, students should inform which groups of the Periodic Table the cations studied during the semester belonged to and some particularities, such as day-life applications, always in clear and accessible language for a non-specialized audience or for those who are not familiar with such concepts. The students got involved in the project and all the delivered texts met the expectations of the proposed teaching activity, as they can disseminate the knowledge acquired during the practical classes. All groups of cations were addressed, 6 different types of texts were produced, and most students understood the importance of Qualitative Analytical Chemistry in identifying these cations.

Keywords: qualitative analytical chemistry; science communication; popular science texts.

INTRODUÇÃO

Referencial teórico

A investigação científica é uma das principais habilidades previstas pelas diretrizes curriculares dos cursos de Bacharelado em Química.¹ Fazem parte dessa investigação o domínio do profissional sobre as técnicas e os equipamentos presentes nos laboratórios, bem como sua capacidade em coletar os dados, tratá-los, discuti-los, interpretá-los e reportá-los corretamente.¹ Para que a investigação científica e todas as habilidades referentes a ela sejam desenvolvidas, portanto, faz-se imprescindível que as grades curriculares de Bacharelado em Química tenham disciplinas práticas. Giordan² avaliou o papel da experimentação no ensino de ciências, e a relatou como um importante fator para a metodologia científica, estando relacionada à indução de princípios gerais e à dedução deles em situações particulares. Dessa forma, a experimentação em aulas práticas atua como uma ferramenta de debate, discussão e de entendimento de enunciados gerais.

Um dos maiores desafios a serem superados durante as aulas práticas de laboratório tem sido o de relacionar os ensinamentos apresentados na prática com situações reais que serão enfrentadas pelos alunos no decorrer de sua vida profissional. Em particular, nas aulas práticas de Química Analítica Qualitativa os alunos entram em contato, pela primeira vez em seu curso, com inúmeras reações para a separação e identificação de importantes elementos da Tabela Periódica.

Quando bem abordado, o curso vai muito além de “misturar soluções e ver o que acontece”. Nessas reações, estão envolvidos os diferentes aspectos do equilíbrio químico, processos microscópicos que representam as interações que ocorrem a nível microscópico e operações de mistura, separações e muita observação.³ Uma forma

de chamar a atenção dos alunos para estes aspectos relevantes é lembrá-los que os cátions analisados estão presentes no nosso dia a dia, ainda que de forma despercebida, e fazem parte de inúmeros materiais, processos, e reações biológicas essenciais para a vida.

Assim, compreender como esses elementos estão presentes em nosso dia a dia e qual a sua importância na vida cotidiana é uma das melhores maneiras de se melhorar a compreensão do conhecimento adquirido durante as aulas de laboratório. Uma estratégia para que esse processo ocorra é a de estimular a habilidade dos alunos no compartilhamento do conhecimento: para que eles consigam compartilhar e reportar o que aprenderam, devem compreender o que foi exposto a eles durante as aulas práticas. Além disso, o compartilhamento do conhecimento também é uma habilidade esperada de um Bacharel em Química.¹

Segundo Ferreira *et al.*,⁴ uma estratégia importante para a dominação de conceitos aprendidos durante os cursos de Química e seu compartilhamento por parte dos alunos é o uso de textos de divulgação científica (TDCs). Os TDCs se apresentam como aliados aos livros didáticos na construção de conceitos científicos e colocam os alunos em contato com uma diversidade de informações, que vai desde reportagens de mídia até textos originais de cientistas. Os TDCs fazem com que os alunos se posicionem criticamente em relação aos conceitos científicos, e requerem uma linguagem mais clara e acessível, o que também é interessante para a divulgação destes conceitos a um público não especializado (adultos sem formação científica, por exemplo) ou não familiarizado com tais conceitos (estudantes de outras áreas ou estudantes de Química que ainda não tenham aprendido os assuntos abordados pelos TDCs, por exemplo).⁵

Neste sentido, uma das melhores formas de se consolidar a experimentação presenciada nas aulas práticas é a de mostrar aos alunos como tais conhecimentos estão presentes em situações reais do dia a dia. Esse objetivo pode ser alcançado por meio do desenvolvimento de TDCs, o que também vai ao encontro da diretriz curricular número 3,

*e-mail: cavalheiro@iqsc.usp.br

Editor Associado responsável pelo artigo: Nyuara A. S. Mesquita

“Com relação à busca de informação, comunicação e expressão”, mais especificamente o tópico que pontua a habilidade de “Saber comunicar corretamente os projetos e resultados de pesquisa na linguagem científica, oral e escrita (textos, relatórios, pareceres, “posters”, internet etc.) em idioma pátrio e estrangeiro (especialmente inglês e/ou espanhol)”.¹

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi o de contribuir para a aprendizagem de alunos da disciplina 7500030 - Laboratório de Química Analítica Qualitativa, ofertada no segundo semestre de 2023, no Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo (IQSC/USP), ao estimular a elaboração de TDCs, visando debater, melhor compreender e compartilhar os conceitos aprendidos durante as aulas práticas. Pretendeu-se, assim, estimular a habilidade dos alunos em reportarem os conceitos aprendidos durante as aulas práticas de uma forma acessível e clara, que pudesse ser compreendida por um público não especializado ou não familiarizado com tais conceitos; pretendeu-se também estimular o pensamento crítico dos alunos quanto à necessidade de se cursar uma disciplina como a de Laboratório de Química Analítica Qualitativa para compreender a importância dos elementos analisados durante o curso e toda a carga conceitual envolvida nessa disciplina importantíssima para a formação básica do profissional de Química.

Divulgação científica e textos de divulgação científica (TDCs)

Ainda que o ensino em Química seja baseado quase que exclusivamente em livros didáticos, as aulas práticas de laboratório exigem uma estratégia diferenciada para um melhor aprendizado por parte dos alunos.⁶ As aulas práticas costumam ser mais dinâmicas, cabendo aos discentes desenvolverem um ou mais experimentos que atendam os objetivos do assunto tratado na aula. De forma geral, os alunos tendem a elaborar, após as aulas práticas, relatórios descrevendo o que foi feito, como, e o porquê dos resultados obtidos. Ainda que a elaboração de tais relatórios ajude na melhor compreensão do conhecimento adquirido durante a aula, tais textos têm um caráter mais científico e serão lidos e/ou revisados por docentes ou outros profissionais (monitores, estagiários) que já estão habituados com o assunto em questão.

Um acesso mais amplo e a uma maior diversidade de informações, além de um domínio mais profundo de conceitos e de termos científicos e um melhor desenvolvimento nas habilidades de leitura, são esperados quando os alunos se deparam, seja pela leitura ou pela elaboração de um texto, não apenas com livros didáticos e relatórios, mas sim com uma variedade de textos-base, desde artigos científicos até textos de divulgação científica (TDCs).^{6,7}

Assim, as disciplinas práticas de ensino em Química são uma boa oportunidade para os discentes serem estimulados a entrar em contato com tal variedade de textos, uma vez que essas aulas exigem que os alunos compreendam o que aprenderam durante a experimentação, para o posterior relato e compartilhamento desse conhecimento. Tal dinâmica difere das aulas teóricas, nas quais, na grande maioria dos casos, os alunos devem testar seu conhecimento por meio de provas e acabam se baseando apenas nos livros didáticos.

Para que se entenda a importância dos TDCs, deve-se antes retomar a relevância da divulgação científica no ensino de Química e outras ciências correlatas: Bueno⁸ define o processo de divulgação científica como sendo o de uma recodificação, ou seja, uma transposição da linguagem especializada para uma não especializada, ou leiga, com o objetivo de tornar o conteúdo acessível para uma vasta audiência. No contexto das escolas e universidades, a divulgação científica não assume apenas um papel educador, ou seja, o de apoiar a educação

científica ministrada nesses locais, mas também um papel social:^{9,10} quando indivíduos dentro dos muros das universidades, incluindo os alunos de Bacharelado em Química, compartilham seu conhecimento de forma acessível com uma população não especializada no assunto, eles estão buscando explicar o que é a Ciência, por que se faz Ciência, qual sua relação com os problemas enfrentados pela sociedade e com o desenvolvimento científico e tecnológico que espera-se que seja produzido no ambiente acadêmico.¹¹

Os TDCs são usados como um veículo de divulgação científica e podem ser definidos como textos não-escolares, ou seja, que circulariam, a princípio, fora do ambiente acadêmico.¹² Esses textos apresentam uma linguagem mais flexível, próxima da linguagem do cotidiano, e não se aprofundam em detalhes específicos ou em símbolos e equações (como acontece nos livros didáticos); além disso, enquanto os livros didáticos apresentam teorias e resultados como “verdades irrefutáveis”, os TDCs costumam explicar como tais conhecimentos científicos foram produzidos. Apesar de os textos didáticos serem revisados continuamente e apresentarem informações contemporâneas, eles não trazem informações próprias da esfera de realidade de cada aluno, o que pode ser obtido a partir da elaboração de TDCs.^{11,13}

Ainda que os TDCs possam ser usados como recursos didáticos em sala de aula, seu uso deve ser introduzido de forma diferenciada pelos docentes; os professores devem deixar claro a intenção e a forma de utilização de tais textos, uma vez que eles apresentam uma linguagem e uma estruturação totalmente diferentes das encontradas em textos didáticos. Assim, ressalta-se a importância de uma formação adequada por parte do professor e da equipe instrutora.^{11,13-15}

Outra vantagem é que os formatos dos TDCs podem ser os mais variados, permitindo o uso de *posts* de internet, panfletos, ilustrações e outras formas de comunicação, mais próximas das formas de expressão com as quais os jovens alunos dos cursos na atualidade estão familiarizados em sua vivência diária. Nesse sentido, pode-se também destacar a importância cada vez mais expressiva das redes sociais e de seus conteúdos, altamente utilizados pelos jovens estudantes, como espaços simultâneos de comunicação e de divulgação científicas.¹⁶ Os diversos recursos de áudio, vídeo e imagens, disponíveis nas redes, permitem o enriquecimento e a facilitação da divulgação científica.¹⁷ Assim, o uso de diferentes formatos de TDCs, desde os jornalísticos mais tradicionais, até aqueles voltados para a disseminação da ciência na Internet, permite que se atinja o maior número possível de públicos, de diferentes níveis de conhecimento.¹⁶

Diante do que foi exposto, é inegável a contribuição que o desenvolvimento de TDCs em aulas práticas pode promover no ensino da Química, bem como de ciências correlatas.¹⁵ Entretanto, quando se faz uma revisão sobre o tema, utilizando-se o termo “textos de divulgação científica” na plataforma SciELO,¹⁸ apenas 53 artigos são encontrados no período de 2002-2024. Tal resultado reflete a pouca utilização e/ou produção desses textos em cursos de nível superior, apesar de seu potencial como ferramenta didática.

A Tabela 1 ilustra tais artigos classificados de acordo com seu ano de publicação, os periódicos em que foram publicados e sua área temática na plataforma *Web of Science*. Uma vez que um mesmo artigo pode ter mais de uma área temática, o número de artigos total em cada coluna pode variar.

Química Analítica Qualitativa

A Química Analítica surgiu no Brasil em meados de 1935, com a vinda de Heinrich Rheinboldt, originalmente docente da Universidade de Bonn, na Alemanha, para a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.¹⁹ Rheinboldt e, com o tempo, seus discípulos, acreditavam que algumas disciplinas eram ensinadas

Tabela 1. Artigos publicados nos anos de 2002-2024 contendo no título, resumo ou palavras-chave o termo “textos de divulgação científica”, classificados de acordo com o ano, área temática e periódico de publicação

Ano de publicação	Número de artigos	Periódico	Número de artigos	Área temática	Número de artigos
2002	1	Ciência & Educação (Bauru)	15	educação	32
2003	2	Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)	7	educacional	32
2004	2	Linguagem em (Dis)curso	4	pesquisa	32
2005	1	Revista Brasileira de Ensino de Física	4	linguística	10
2006	2	Educação e Pesquisa	3	disciplinas	7
2007	1	Alfa: Revista de Linguística (São José do Rio Preto)	2	científica	7
2008	2	Bakhtiniana: Revista de Estudos do Discurso	2	linguagem	6
2009	1	Ciência & Saúde Coletiva	2	multidisciplinar	5
2010	4	História, Ciências, Saúde - Manguinhos	2	física	4
2011	4	Intercom: Revista Brasileira de Ciências da Comunicação	2	ciências	4
2012	1	Trabalhos em Linguística Aplicada	2	ambiente	3
2013	2	Cadernos CEDES	1	saúde	3
2014	1	Ciência da Informação	1	ocupacional	3
2015	3	Perspectivas em Ciência da Informação	1	filosofia	3
2016	7	Pesquisa Odontológica Brasileira	1	pública	3
2017	5	Revista Brasileira de Enfermagem	1	comunicação	2
2018	1	Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos	1	história	2
2019	1	Scientiae Studia	1	informação	2
2020	2	Trabalho, Educação e Saúde	1	biblioteca	2
2021	2	Ciência & Educação (Bauru)	15	dental	1
2022	3	Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)	7	humanidades	1
2023	3	Linguagem em (Dis)curso	4	medicina	1
2024	2			enfermagem	1
				oral	1
				cirurgia	1

Fonte: SciELO.¹⁸

de forma mais eficiente sob a forma de colóquios (momentos de aulas experimentais e discussão entre os alunos e docentes), do que sob a forma de aulas teóricas tradicionais. Dentre essas disciplinas, destacava-se a Química Analítica, área da Química que estuda os princípios e os métodos teóricos de análise química. A análise química é, por sua vez, o conjunto de técnicas, clássicas ou instrumentais, que permite identificar quais compostos são encontrados em uma determinada amostra, e em quais quantidades. A Química Analítica se divide em Qualitativa, ou seja, a área destinada à identificação das espécies que fazem parte da amostra em estudo, e Quantitativa, ou seja, a área que quantifica tais espécies. Historicamente, a Química Analítica Qualitativa se estabeleceu e se desenvolveu como disciplina nos cursos de Graduação em Química, devido à importância da análise dos minerais e de sua composição.¹⁹

Na prática, a disciplina de Química Analítica Qualitativa estuda o conjunto de reações e de métodos de separação e identificação de cátions e ânions.¹⁹ Os cátions são separados em cinco grupos principais, de acordo com suas similaridades quanto à formação de compostos insolúveis com um dado agente precipitante, também denominado agente de grupo. Autores como Vogel adotam a classificação dos cátions proposta pelo alemão K. R. Fresenius, considerado o pai da análise qualitativa, e também adotada por Rheinboldt no Brasil.^{19,20} Tal classificação se baseia na complexidade crescente das reações de precipitação à medida em que os cátions são estudados. A Tabela 2 mostra quais os cátions presentes em cada grupo (de acordo com a classificação e sequência adotados por Vogel),²⁰ bem como os reagentes de grupo em cada caso.

Apesar de menos usual, por não haver uma separação sistemática

Tabela 2. Classificação dos cátions em grupos e os reagentes precipitantes em cada caso (de acordo com Vogel)²⁰

Grupo	Cátions	Reagente de grupo
I	Ag^+ , Pb^{2+} e Hg_2^{2+}	Cl^-
IIA	Hg^{2+} , Pb^{2+} , Bi(III)^a , Cu^{2+} e Cd^{2+}	S^{2-} em meio ácido diluído (sulfetos insolúveis em solução de NaOH)
IIB	As(III)^a , As(V)^a , Sb(III)^a , Sb(V)^a , Sn^{2+} e Sn^{4+}	S^{2-} em meio ácido diluído (sulfetos solúveis em solução de NaOH)
III	Fe^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} e Mn^{2+}	S^{2-} em meio amoniacal
IV	Mg^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} e Sr^{2+}	CO_3^{2-}
V	Na^+ , K^+ e NH_4^+	não possui

^aEncontrados nas respectivas formas em solução neutra ou alcalina: BiO^+ , AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-} , SbO_3^{3-} e SbO_4^{3-} .

para eles, os ânions também podem ser separados em grupos.²¹ Os principais ânions estudados nos cursos de Química Analítica Qualitativa são os haletos (F^- , Cl^- , Br^- , I^-), o sulfato (SO_4^{2-}), o nitrato e o nitrito (NO_3^- e NO_2^-), o carbonato (CO_3^{2-}), o fosfato (PO_4^{3-}), o acetato ($C_2H_3O_2^-$) e o sulfeto (S^{2-}).²¹

Diversos dos cátions abordados durante o curso de Química Analítica Qualitativa vêm de elementos com aplicações práticas e/ou biológicas cujo conhecimento pode ser desconhecido por parte dos alunos de graduação em Química, e pela sociedade em geral: o cobre, por exemplo, é muito usado na fabricação de fios elétricos e age como fungicida na agricultura; o lítio é essencial na fabricação de pilhas recarregáveis, presentes em quase todos os dispositivos eletrônicos que conhecemos atualmente; o zinco, por sua vez, tem papel fundamental para o sistema imunológico, estando presente em diversos alimentos, como carnes e leguminosas; o magnésio também é importante biologicamente, participando da saúde muscular e nervosa, e é encontrado em nozes e sementes.

Assim, um estudo mais aprofundado das origens e aplicações de cada um dos cátions abordados nos cursos práticos de Química Analítica Qualitativa configura-se como uma boa oportunidade para a aplicação e o desenvolvimento de TDCs, uma vez que tais informações são do interesse e podem ser de grande valia para a população como um todo, e não apenas para um nicho científico.

MÉTODOS

Contextualização sobre a disciplina de Laboratório de Química Analítica Qualitativa

A disciplina 7500030 - Laboratório de Química Analítica Qualitativa faz parte do elenco de disciplinas do segundo semestre do curso de Bacharelado em Química do IQSC/USP. Neste caso, a disciplina foi ofertada no segundo semestre letivo de 2023, às segundas-feiras das 14h00 às 17h20. A turma era composta por 15 alunos, que, ao longo do semestre, entraram em contato com inúmeras reações para a separação e identificação de cátions. As aulas práticas foram divididas de acordo com os grupos de cátions a serem analisados (do Grupo I ao Grupo V); na primeira aula prática os alunos deveriam testar uma série de reações (que envolviam a precipitação desses cátions), e da segunda aula prática em diante eles deveriam proceder com a separação e a identificação dos grupos de cátions, agrupados conforme a Tabela 2. O método de avaliação da disciplina se baseou na entrega de relatórios quinzenais e na aplicação de duas provas práticas, uma no meio e outra no fim do semestre.

Contextualização sobre o Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE)

O Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE) é um programa da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade de São Paulo, que visa aprimorar a formação de alunos de pós-graduação em atividades didáticas de graduação.

No IQSC/USP, para que os alunos de pós-graduação possam ser estagiários PAE em disciplinas de graduação, é necessária uma etapa de preparação pedagógica que consiste em cursar a disciplina de pós-graduação SQF5798 – Aspectos Avançados da Docência no Ensino Superior de Química. Em seguida, os alunos podem atuar na etapa de estágio supervisionado em docência, que exige uma dedicação de 6 h semanais e envolve a participação dos estagiários em seminários, experimentos de laboratório e/ou estudos dirigidos durante as disciplinas de graduação, bem como a organização e participação de plantões de dúvidas para auxiliar os alunos em provas e afins.²²

Os estagiários PAE também são estimulados a aplicar atividades didáticas com os alunos de graduação, e sua aprovação e classificação (para a atribuição de bolsas) no programa dependem da entrega de um projeto pedagógico durante a inscrição, no qual as atividades a serem desenvolvidas são listadas e detalhadas. Ao final do semestre, os estagiários reportam seus principais resultados na forma de relatórios e os apresentam na forma de pôster, em um *Workshop* organizado pela Comissão PAE do IQSC/USP, semestralmente.

Aplicação da atividade didática – elaboração dos TDCs

A atividade didática aplicada pela estagiária PAE aos alunos da disciplina Laboratório de Química Analítica Qualitativa foi conduzida da seguinte forma: inicialmente, a estagiária enviou um material aos alunos explicando o conceito de TDCs, sua classificação, seu formato, sua importância e um exemplo de TDC aplicado à Química Analítica Qualitativa (Figura 1).

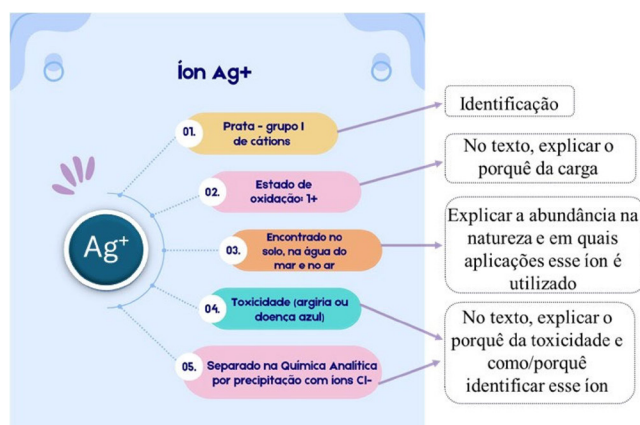


Figura 1. Exemplo de TDC elaborado pela estagiária, para que os alunos entendessem a atividade didática proposta

A estagiária solicitou que os alunos, que foram divididos em 6 duplas e 1 trio, escolhessem dois cátions para trabalharem no desenvolvimento dos TDCs (para o trio, foram solicitados três cátions, totalizando 15 TDCs), sendo aplicados dois requisitos obrigatórios: (i) que esses cátions pertencessem a diferentes grupos; (ii) que os TDCs elaborados pelas duplas/trio fossem diferentes entre si (por exemplo, se um fosse em formato de reportagem, o outro poderia ser um pôster, um *post* de Internet etc.).

O segundo requisito obrigatório foi um critério definido pela estagiária e pelo docente, baseado nos mais diferentes formatos e meios de comunicação disponíveis atualmente,¹⁶ e tinha por objetivo estimular a criatividade dos alunos, fazendo com que eles escolhessem mais de um formato de TDC.

Apesar da atividade ter sido apresentada aos alunos no meio do semestre, foi recomendado que eles aguardassem até que a maior parte das aulas práticas tivesse sido ofertada para que elaborassem os TDCs, tendo tempo hábil, portanto, para entrarem em contato com a maioria dos cátions a serem abordados no curso.

Nos TDCs elaborados pelos alunos, deveriam constar as respostas aos seguintes questionamentos:

- (1) A quais grupos da Tabela Periódica pertencem os elementos desses cátions?
- (2) Onde podemos encontrar esses cátions no nosso dia a dia?
- (3) Quais suas particularidades (toxicidade, importância, abundância etc.)?
- (4) Qual o papel da Química Analítica Qualitativa em identificar esses cátions? Por que os identificar nas amostras? Como isso é feito?

Os TDCs entregues pelos alunos contaram como um relatório extra, a ser considerado na média de notas de relatórios. Para a atribuição das notas dos TDCs, foi levado em consideração se os alunos haviam cumprido os dois requisitos obrigatórios mencionados anteriormente, bem como se haviam respondido as questões apresentadas acima. Assim, os TDCs entregues foram analisados de acordo com seu conteúdo, em questão de temática, ou seja, se atenderam ao tema que foi proposto, em relação às características da atividade científica, se responderam aos questionamentos 1-3 apontados acima, e em questão de abordagens e contexto, se responderam ao questionamento 4 apontado acima, de acordo com o esquema de análise de TDCs proposto por Ferreira e Queiroz.²³ Ainda de acordo com tal esquema, os TDCs também foram analisados quanto à sua forma, de acordo com sua estrutura (analisando-se se os alunos atenderam ao critério de diferentes formatos de TDCs), linguagem (ou seja, se os alunos foram capazes de produzir textos claros, se usaram linguagem acessível, conceitos científicos, metáforas etc.) e recursos visuais e textuais (analisando-se o uso de ilustrações, fotos, desenhos etc.). A Figura 2 ilustra o esquema de avaliação adotado para os TDCs.

Todos os alunos concordaram voluntariamente a participar da atividade proposta e com a eventual divulgação dos seus resultados, por meio do preenchimento de um termo de compromisso via *Google Forms*. Em uma rodada de *feedback*, foram apontados os erros ortográficos e os erros conceituais de cada TDC, por meio de um formulário tipo *Google Forms*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tipos de TDCs entregues

Os alunos receberam a proposta da atividade didática dois meses antes de seu prazo de entrega. Esse período, relativamente longo, foi

considerado necessário para que todas as práticas propostas para o semestre fossem desenvolvidas no laboratório, de forma que os alunos entrassem em contato com a maioria dos grupos de cátions a serem abordados durante a disciplina e pudessem escolher diferentes cátions para a elaboração dos TDCs.

Todos os alunos entregaram a atividade; no total, foram entregues 15 TDCs, em diversos formatos e abordando diversos cátions. Os formatos de TDCs entregues pelos alunos foram: entrevista, painel, panfleto, *post* da Internet, quadrinhos e texto informativo (classificação atribuída pela estagiária) (Figura 3a). Os formatos *post* da Internet (33%) e panfleto (20%) foram os majoritários, seguidos pelos formatos de entrevista, painel e texto informativo (todos com 13%) e, por fim, pelo formato de quadrinhos (7%). A presença de *posts* e panfletos reflete a forma de comunicação dos jovens atuais, mais familiarizados com este tipo de comunicação.¹⁶ Além disso, é válido ressaltar que a escolha dos formatos pelos alunos foi livre, sendo que alguns dos formatos entregues haviam sido sugeridos pela estagiária no momento da aplicação da atividade, e outros não. Ribeiro e Kawamura¹⁴ adotaram uma análise metodológica semelhante a deste estudo para avaliar TDCs sobre um mesmo tema (aquecimento global), em diferentes formatos e publicados em diferentes meios de comunicação; as autoras apontaram as especificidades de cada formato adotado e as diversas potencialidades que a aplicação de tais textos traria em sala de aula, outro ponto encorajador para os diferentes formatos de TDC preparados pelos alunos neste estudo.

Neste trabalho, serão mostrados alguns dos TDCs entregues, de acordo com as considerações julgadas mais importantes de serem trazidas, no contexto da atividade didática aplicada e da análise metodológica aplicada.

A Figura 3b mostra as porcentagens relacionadas a cada um dos cátions sobre os quais os alunos explanaram em seus TDCs. No total foram abordados 11 cátions, sendo os mais abordados o cobre(II)

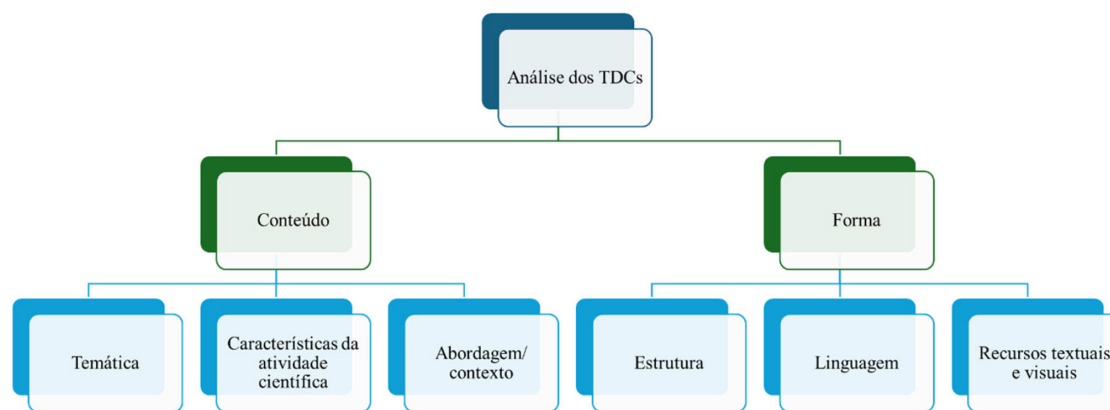


Figura 2. Esquema de análise dos TDCs, adaptado de Ferreira e Queiroz²³

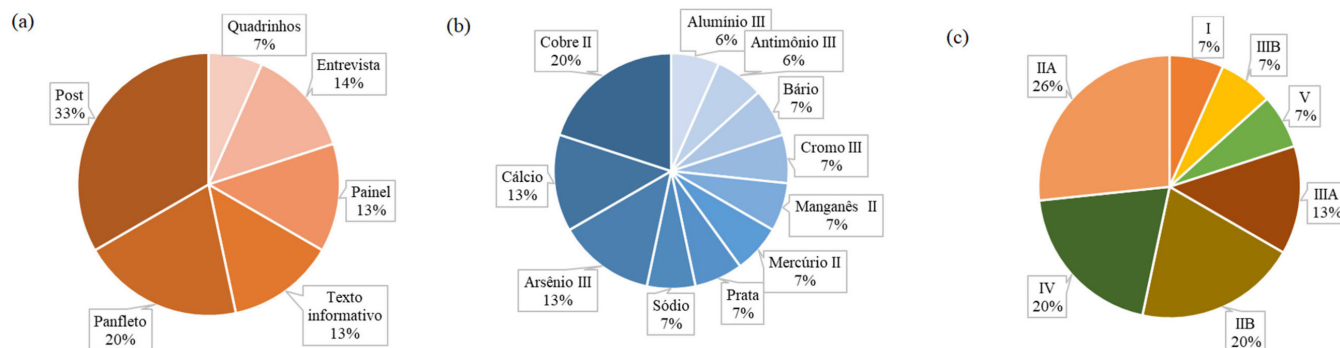


Figura 3. Gráficos com as porcentagens de: (a) tipos de TDCs entregues, (b) cátions abordados e (c) grupos de cátions abordados pelos alunos na atividade didática proposta

(20%, ou seja, 3 TDCs), o cálcio e o arsênio(III) (ambos com 13%, ou seja, com 2 TDCs para cada um deles). Os demais cátions: alumínio(III), antimônio(III), bário, cromo(III), manganês(II), mercúrio(II), prata e sódio, foram abordados apenas uma vez cada pelos alunos (7% cada). De forma geral, todos os grupos de cátions analisados nas aulas práticas de laboratório foram abordados (ou seja, grupos I, IIA, IIB, IIIA, IIIB, IV e V), conforme mostra o gráfico da Figura 3c. Os grupos com maiores porcentagens de TDCs foram os grupos IIA, IIB e IV, nos quais encontram-se o cobre, o arsênio e o cálcio, respectivamente. Tal resultado é um primeiro indicativo de que os alunos conseguiram, de forma geral, compartilhar conhecimento sobre a maioria dos cátions analisados ao longo do semestre, atendendo a um dos objetivos deste estudo.

Diferentes TDCs para um mesmo cátion

Para os três cátions mais abordados pelos alunos, os TDCs entregues foram de diferentes formatos; o cobre(II), elemento do grupo IIA, foi o cátion com a maior variedade de TDCs entregues. As Figuras 4, 5 e 6 mostram exemplos dos TDCs em formato de painel, *post* da Internet e panfleto, respectivamente, que foram elaborados para o cobre(II).

Conforme observado nas Figuras 4-6, os alunos elaboraram diferentes tipos de TDCs com informações variadas sobre o cobre(II), e com o emprego de diferentes recursos visuais, como fotografias, estruturas químicas, desenhos etc., o que foi analisado de acordo com a forma e a estrutura dos TDCs.²³ A análise metodológica dos TDCs sobre a linguagem adotada pelos alunos mostrou que, independentemente do tipo de TDC escolhido, os alunos foram

capazes de empregar uma linguagem mais simples, passível de ser entendida por um público não especializado, e de abordar a maioria ou todas as informações que a atividade didática exigia, como o grupo da Tabela Periódica no qual o elemento referente ao cátion se encontra, como o cobre é encontrado em nosso dia a dia, e curiosidades como toxicidade, abundância e obtenção.

O TDC em formato de *post* da Internet (Figura 4) veio acompanhado, por exemplo, de uma legenda explicativa sobre o cátion, respondendo a maioria dos questionamentos levantados pela atividade didática: “(sic) O cátion Cu pertence ao Grupo 11 da Tabela Periódica, juntamente com a prata e o ouro. Encontrados em diversas fontes cotidianas, como moedas, cabos elétricos e utensílios de cozinha, os cátions de cobre desempenham papéis cruciais. Sua importância é evidente em processos industriais, como a produção de ligas metálicas e componentes eletrônicos. A principal fonte natural de cobre é a calcopirita. O estado de oxidação mais comum do cobre é 2⁺. Ingerir cobre umas grandes quantidades pode ser tóxico ao organismo causando sintomas como náuseas, vômitos, diarreia e, em casos mais graves, danos ao fígado e ao sistema nervoso. No universo da Química Analítica Qualitativa, conseguimos identificar o cobre(II) a partir da precipitação do Grupo II por meio de sulfeto. Com sulfeto de amônio precipitamos Grupo IIA, grupo o qual o cobre (II) está inserido. O cobre (II) possui uma coloração azul”.

Na rodada de *feedback* feita com alunos após a entrega e a correção dos TDCs, foram apontados os principais erros ortográficos e conceituais cometidos, os quais foram levantados a partir da análise metodológica adotada para os TDCs. No texto entregue junto com o TDC da Figura 4, por exemplo, podem ser apontados alguns erros ortográficos como: “(sic) Ingerir cobre umas grandes quantidades...”



Química do Cobre

Instituto de Química de São Carlos - IQSC-USP
São Carlos, São Paulo, Brasil

INTRODUÇÃO

O cobre foi, provavelmente, o primeiro mineral utilizado pelo homem, sendo um dos metais mais utilizados pela humanidade até os dias atuais. Sua utilização começa a ser registrada pelos seres humanos desde 9000 a.C. A importância deste elemento é tão marcante que denomina até uma era: a Era do Cobre ou Bronze. Algumas curiosidades que valem serem destacadas sobre o cobre é que, cerca de 30% deste elemento utilizado atualmente é proveniente de reciclagem, a quantidade de cobre presente em um carro equivale a uma fiação de 1,5 km e suas capacidades antimicrobianas o permite ser utilizado no campo medicinal também.

Na
H

INFORMAÇÕES QUÍMICAS DO COBRE

O cobre é um metal de transição, como alta resistência a corrosão e elevada condutividade. Possui uma coloração típica alaranjada, porém em alguns compostos como o cloreto de cobre e nitrato de cobre, a cor é diferente, sendo nesse caso, respectivamente, amarelo e azul. Vale destacar também, ainda sobre sua aparência, que este elemento possui um brilho metálico que pode sofrer alterações devido a impurezas ou presença de óxidos. Falando da parte propriamente química do cobre, pode-se citar as seguintes características:

- É representado pela abreviação Cu na tabela periódica.
- Possui dois estados de oxidação, com NOX variando de +1 e +2.
- Possui uma massa atômica de aproximadamente 64 u.
- Seus pontos de fusão e ebulição são, respectivamente, 1357 K e 2835 K.
- Eletronegatividade de Pauling = 1,9






PROCESSO DE OBTENÇÃO

O cobre é um metal encontrado na natureza e obtido através de processo de extração e separação, visto que quando encontrado, pode conter vestígios de outros elementos bem como contendo impurezas. Vale ressaltar que, o cobre é encontrado no formato de minérios, ou seja, compostos formados por outros elementos, mas que contenham cobre em sua composição, alguns exemplos são: cuprita (2), malaquita (3), calcocita e tetraedrita (1). É importante ressaltar também que, existem diversos processos que formam esses minérios, por exemplo, processos ígneos, hidrotermiais, de intemperismo, sedimentação e oxidação.





COBRE NO ORGANISMO

O cobre é também um elemento que, na quantidade adequada, pode trazer vários benefícios para o organismo humano, como por exemplo:

- Melhoria da função cognitiva;
- Prevenção da osteoporose;
- Colabora na produção de melanina;
- Ajuda na absorção do ferro.

Uma informação importante a ser destacada é que o cobre pode ser obtido, no corpo humano, através da ingestão de alguns alimentos, como cereais, mariscos, verduras, algumas carnes e em alguns legumes.



O COBRE NA INDÚSTRIA

O cobre é um elemento altamente utilizado na indústria devido às suas características citadas anteriormente, para ilustrar isso, pode-se citar diversos exemplos de suas aplicações na atualidade, algumas são:

- Componente de fios de eletricidade (1);
- Siderurgia;
- Área naval (2);
- Componente de motores (3);
- Exploração petrolífera;
- Exploração de petróleo.





CONCLUSÕES

Como demonstrado no pôster, o cobre é um elemento muito importante para a humanidade, sendo amplamente utilizados desde sua obtenção, que ocorreu muito anos atrás. Além disso é um elemento com diversas características importantes, que o tornam amplamente abrangente em diversos setores, indo desde de práticas comerciais até a manutenção de sistemas biológicos. Com este pôster foi possível demonstrar alguns dos principais fatos que permeiam este elemento.

Figura 4. TDC em formato de painel sobre o cobre(II)

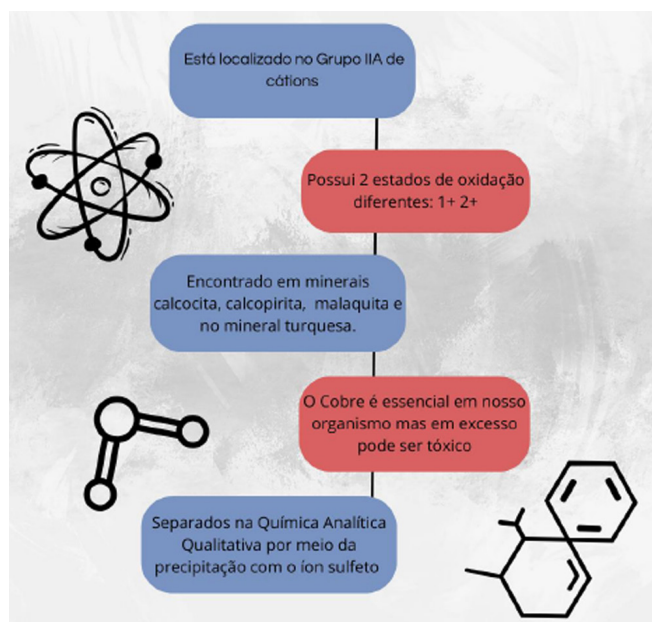


Figura 5. TDC em formato de post da Internet sobre o cobre(II)

e “(sic) ...grupo o qual o cobre (II) está inserido...”. Os textos foram reproduzidos neste estudo da forma como foram entregues pelos alunos, pois acredita-se que isso indica uma das principais dificuldades enfrentadas pelos estudantes na elaboração dos TDCs, ou seja, o uso de uma linguagem coloquial, mas sem erros ortográficos ou gramaticais (o que foi analisado metodologicamente na abordagem da forma/linguagem dos TDCs).

Além desses erros, o texto da Figura 4 também apresenta um erro conceitual que foi cometido em mais casos: “(sic) O cátion Cu pertence ao Grupo 11 da Tabela Periódica...”; tal exemplo mostra que os alunos confundiram conceitualmente o elemento cobre (Cu, ao qual eles estavam se referindo como pertencendo ao Grupo 11 da Tabela Periódica) com o seu cátion (cobre(II), Cu^{2+}). Tal erro conceitual é compreensível até certo ponto, uma vez que os elementos dão

origem aos cátions e muitas vezes a mesma denominação é utilizada oralmente para ambos (ou seja, sem mencionar na fala o estado de oxidação da espécie, o que indicaria que se trata de um cátion), mas foi apontado para que os alunos não tivessem dúvidas de que as espécies trabalhadas durante todo o semestre tratavam-se dos cátions dos elementos, e não dos elementos em seu estado fundamental.

TDCs em formato de entrevista

Apesar de terem sido entregues em menor quantidade, os TDCs das entrevistas merecem destaque, uma vez que atestaram a criatividade dos alunos em criar uma espécie de “roteiro” para contar sobre as particularidades do elemento em questão, de forma inclusiva e com uma linguagem adequada para o entendimento por um público não especializado ou não familiarizado com tais conceitos, o que também atendeu aos objetivos originalmente definidos com a aplicação da atividade didática. As Figuras 7 e 8 mostram trechos das entrevistas dos TDCs entregues para os cátions manganês(II) e sódio, respectivamente.

Novamente, a partir da análise metodológica da forma dos TDCs, destaca-se a criatividade dos alunos, o uso de elementos e recursos visuais nos TDCs, além da linguagem adotada no formato de entrevista, com dinâmicas de perguntas e respostas que visam informar o leitor quanto às principais características que ele deve saber sobre os cátions, de forma didática e divertida (Figura 9). É interessante ressaltar também o modo como a Química Analítica Qualitativa foi abordada no TDC da Figura 8: “(sic) A Química Analítica Qualitativa é como um detetive químico. Utiliza testes químicos e espectroscopia para identificar minha presença em amostras, ajudando em áreas como controle de qualidade e pesquisa científica”. O fato de os alunos se referirem à disciplina como sendo um “detetive químico” mostra que o TDC cumpriu uma dupla função: (i) auxiliou o entendimento dos alunos sobre a importância da disciplina cursada e (ii) permitiu que eles compartilhassem esse entendimento de forma clara e sucinta com leitores que talvez não sejam químicos, ou que não saibam do que trata a Química Analítica Qualitativa. Ferreira *et al.*,⁴ de forma similar, aplicaram TDCs em uma disciplina de ensino superior de

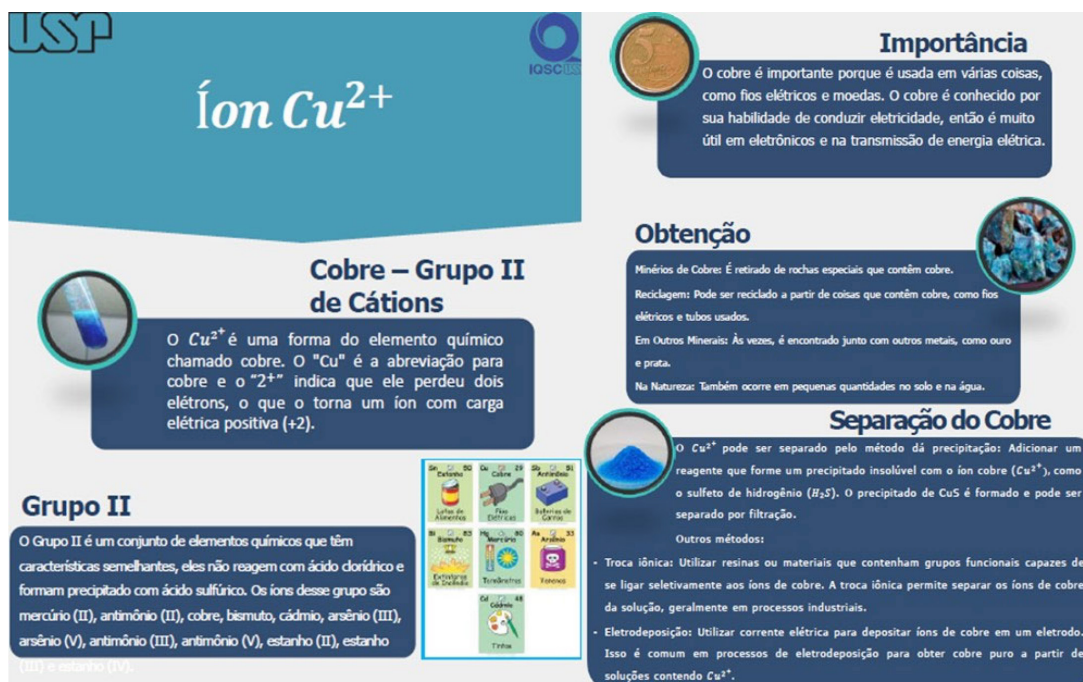


Figura 6. TDC em formato de panfleto sobre o cobre(II)

Manganês diz sobre suas atividades e a diversa carga que possui em seu trabalho

Íon falou sobre sua relação com a sociedade e importância para a vida humana



AMANDA CORRÊA COSTAS/DIVULGAÇÃO

Imagine só encontrar um elemento químico que é a combinação perfeita entre unicidade e versatilidade? Pois é, o manganês é o crush dos cientistas e até nutrólogos, a estrela principal da tabela periódica. Prepare-se para mergulhar de cabeça nesse universo químico e descobrir por que o íon manganês está causando o maior noticiário no mundo das substâncias!

Entrevistando, Manganês, o eterno queridinho das indústrias siderúrgicas.

Figura 7. Trecho do TDC em formato de entrevista sobre o manganês(II)

1. AnalitiXplore - Antes de mais nada... começando por onde todo mundo quer saber, por onde você anda Manganês???

Manganês - Desde que eu fui descoberto em 1774, eu pertenço ao grupo 7 da tabela periódica; mas pertenço também ao grupo IIIB de cátions segundo Vogel. Sendo um ótimo metal de transição externa.

2. A - O que é ser um metal de transição externa, acho que muita gente é curioso para saber isso, conta um pouco mais para a gente? Você gosta de ser chamado assim?

M - Bomm, vamos lá... Recebo esse nome por ser, primeiramente, um metal haha. A parte da "transição" se deve pela passagem de elétrons ao meu orbital d, que está semi-preenchido. E pelo fato de ter meu orbital d incompleto, eu possuo um subnível d mais energético, por isso sou chamada de transição externa.

Eu amooo ser considerado um metal de transição, porque além de formar compostos coloridinhos (como lilás quando estou na forma de cátion $2+$ ou uma cor mais amarronzado quando sou Mn^{3+} e até mesmo consigo ficar verde de vez em quando com meu estado de oxidação $5+$), posso ser usado também como catalisador em reações químicas.

3. A - Agora, back to the 80's... Conta pra gente, como é que você foi descoberto no ano de 1774?

M - Sempre estive presente nesse mundão, principalmente em minérios. Mas só fui identificado em 1774 pelo químico sueco Carl Wilhelm Scheele; enquanto ele trabalhava com o minério pirolusita. Contudo, foi o seu sócio, Johann Gottlieb Gahn, que conseguiu me isolar nesse mesmo ano pela técnica de aluminotermia - técnica que o meu óxido reage com o alumínio metálico.

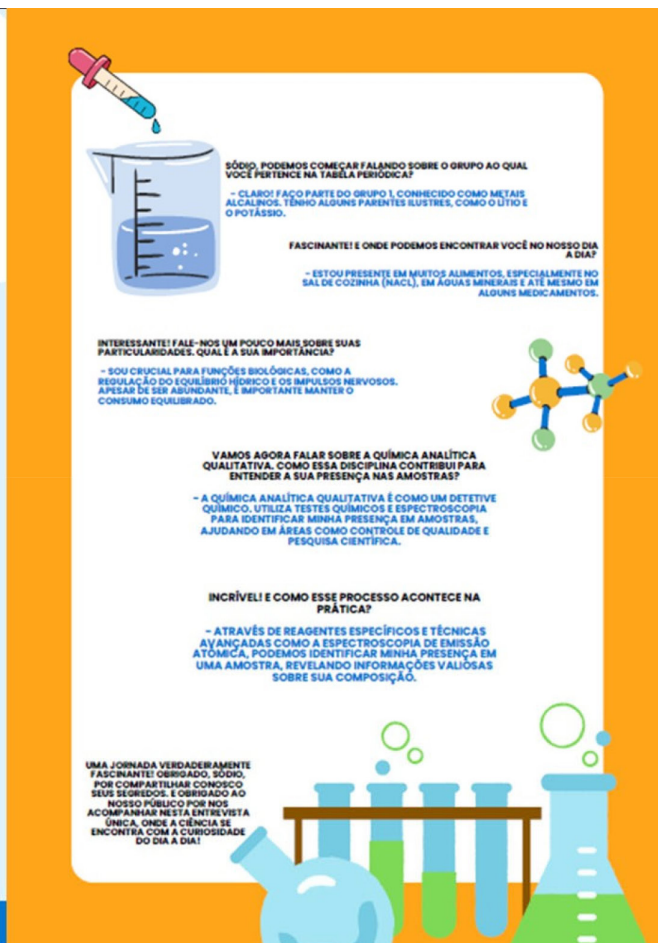


Figura 8. TDC em formato de entrevista sobre o sódio

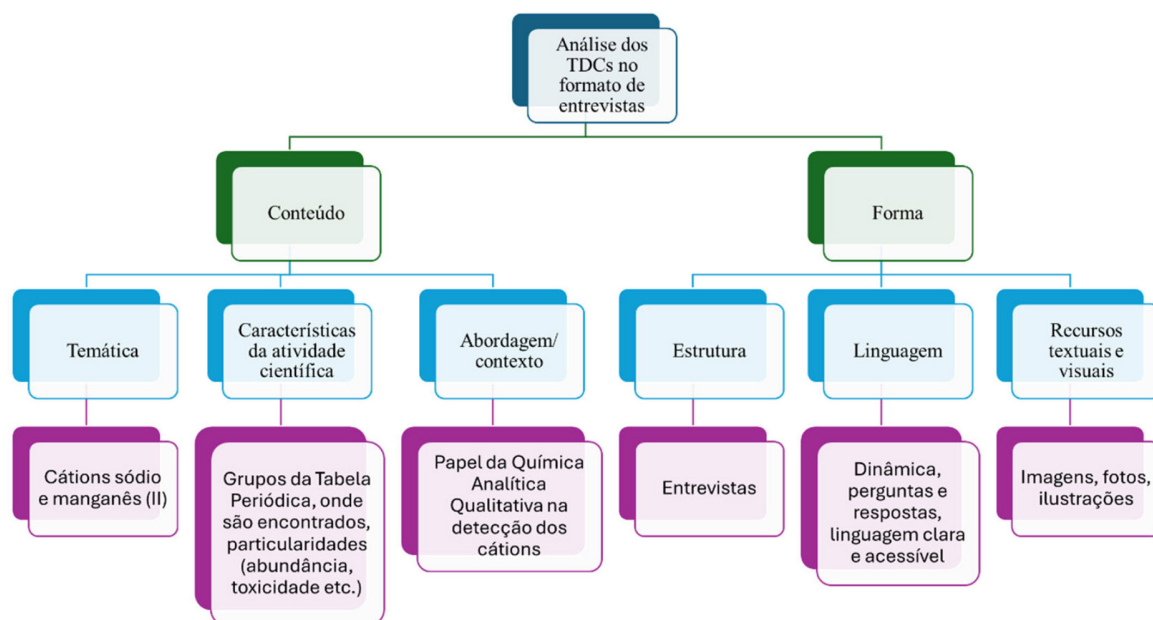


Figura 9. Esquema de análise dos TDCs em formato de entrevistas²³

Química (Química Estrutural); as autoras reportaram que os textos desenvolvidos auxiliaram no entendimento do processo de construção do conhecimento científico por parte dos alunos e têm potencial para serem instrumentos adequados para estimular o desenvolvimento de habilidades relevantes para graduandos em Química.

Outros TDCs e as dificuldades enfrentadas pelos alunos

Outro TDC entregue em um formato interessante foi o de quadrinhos, a respeito do cromo(III) (Figura 10). Apesar deste formato apresentar menos recursos visuais do que um *post* da Internet, por exemplo, o aluno conseguiu resumir em poucas falas as principais informações sobre o elemento em questão, em uma linguagem popular e acessível. Novamente, destaca-se a dificuldade dos alunos, de forma geral, em utilizar uma linguagem coloquial sem erros ortográficos ou de pontuação.

De forma geral, os 15 TDCs entregues corresponderam às expectativas da atividade didática proposta, por se apresentarem como recursos complementares aos textos científicos para a divulgação e o compartilhamento do conhecimento adquirido pelos alunos durante as aulas práticas do semestre. Os TDCs entregues apresentaram informações básicas sobre os cátions, como seus grupos, onde são encontrados na Tabela Periódica, suas características químicas,

onde podem ser encontrados no dia a dia, e particularidades sobre eles, como sua toxicidade e um pouco de sua história/descoberta. Na maioria dos casos, os alunos usaram uma linguagem clara e acessível, que poderia ser entendida até mesmo por um público não especializado, o qual também era um objetivo da atividade.

A maior dificuldade enfrentada pelos alunos na elaboração dos TDCs, entretanto, foi a de responder ao questionamento sobre o papel e a importância da Química Analítica Qualitativa em identificar esses cátions, o que foi observado pela análise metodológica dos textos entregues. Enquanto alguns conseguiram justificar o estudo da identificação e da separação (como na resposta: “(sic) A Química Analítica Qualitativa desempenha um papel crucial na identificação do elemento cálcio em amostras, pois essa identificação é crucial em setores como controle de qualidade, pesquisa científica e diagnóstico médico. Por exemplo, em várias indústrias, como alimentos, farmacêutica e ambiental, é crucial garantir que os produtos atendam a padrões específicos de composição. A presença ou ausência de elementos como o cálcio pode ser crítica para a qualidade e conformidade.”), outros apenas relataram o passo a passo laboratorial de como separar quimicamente o cátion em questão (como na resposta: “(sic) Na Química Analítica podemos separar os cátions de Bário precipitando como carbonato na presença de amônia e dissolvendo o precipitado com ácido acético ou clorídrico diluído. O

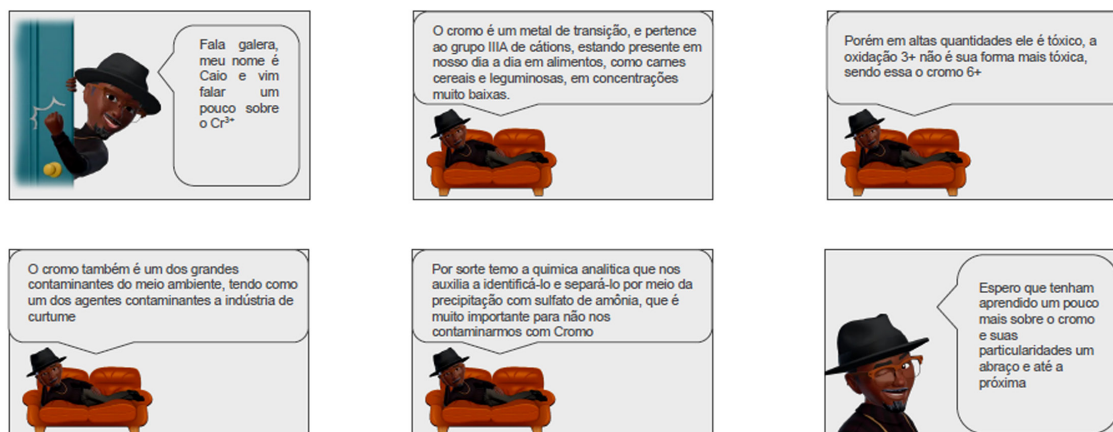


Figura 10. TDC em formato de quadrinhos sobre o cromo(III)

Bário é fácil de identificar, já que ao colocar no fogo forma uma chama verde.”). Este ponto foi também abordado na rodada de *feedback* feita com os alunos após a correção dos textos, e a importância da Química Analítica na identificação dos cátions foi destacada. Tal ponto pode ser mais bem abordado e discutido em atividades futuras que envolvam a elaboração de TDCs.

CONCLUSÃO

A atividade didática proposta aos alunos da disciplina Laboratório de Química Analítica Qualitativa estimulou o desenvolvimento de textos de divulgação científica por parte dos alunos, como uma forma de melhor compreenderem os conhecimentos adquiridos durante as aulas práticas de laboratório, na proposta de compartilhá-los com terceiros, em uma linguagem clara e acessível. Os alunos apresentaram os mais diversos tipos de TDCs, que variaram desde o formato de *post* da Internet até o formato de entrevista, sobre a maioria dos cátions estudados durante o curso. Os TDCs elaborados não apenas trouxeram informações novas e diferentes sobre um mesmo cátion, como também utilizaram diversos recursos visuais (imagens, estruturas químicas) e de linguagem (como as perguntas e respostas dos TDCs no formato de entrevista), a maioria nas formas de comunicação mais familiares aos jovens contemporâneos. Outro ponto abordado pela maioria dos TDCs foi a importância da Química Analítica Qualitativa em analisar os cátions apresentados, o qual pode não ter sido compreendido de forma clara por alguns dos alunos, que apenas relataram o passo a passo de como identificar o cátion em questão em uma amostra. Espera-se que esse estudo estimule o desenvolvimento de novas atividades didáticas que tenham como principal objetivo a melhor compreensão do conhecimento adquirido durante as aulas práticas de laboratório em cursos de graduação em Química. Espera-se também que este estudo sirva como base e inspiração para novos trabalhos que visem analisar a aplicação de TDCs em salas de aula, observando não apenas os aspectos aqui abordados, mas também outras questões, como sociais e didáticas, que podem ser levantadas a partir da análise crítica de tais textos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os 15 alunos da disciplina, os quais participaram da atividade didática proposta e gentilmente concordaram com o uso e reprodução de seus TDCs. Agradecemos também ao técnico do Laboratório Didático do IQSC, que acompanhou a disciplina, Sr. G. M. Broch, e aos demais estagiários da disciplina, G. L. da Silva e F. V. B. Nascimento, pelo apoio durante as aulas práticas. Por fim, agradecemos ao Programa de Aperfeiçoamento de Ensino pela bolsa concedida à estagiária e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (processos 2019/18748-8 e 2022/15211-6).

REFERÊNCIAS

1. Zucco, C.; Pessine, F. B. T.; de Andrade, J. B.; *Quim. Nova* **1999**, *22*, 454. [Crossref]
2. Giordan, M.; *Quim. Nova Esc.* **1999**, *10*, 43. [Link] acessado em Março 2025
3. Postigo, J. P.; Barbosa, H. F. G.; Calefi, R. M.; de Jesus, J. H. F.; Cervini, P.; Buoro, R. M.; Otero, R. L. S.; Cavalheiro, É. T. G.; *Quim. Nova* **2021**, *44*, 502. [Crossref]
4. Ferreira, L. N. A.; Imasato, H.; Queiroz, S. L.; *Educ. Quim.* **2012**, *23*, 49. [Link] acessado em Março 2025
5. Batistele, M. C. B.: *Análise de Características de Textos de Divulgação Científica da Revista Minas Faz Ciência: Possibilidades para o Ensino de Química*; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil, 2016. [Link] acessado em Março 2025
6. de Abreu, L. N.; Massi, L.; Queiroz, S. L.; *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*; Florianópolis, Brasil, 2007. [Link] acessado em Março 2025
7. Martins, J. L. C.: *As Potencialidades do Uso de Textos de Divulgação Científica no Ensino de Química na Percepção de Professores em Formação Inicial*; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 2021. [Link] acessado em Março 2025
8. Bueno, W. C.; *Desenvolvimento e Meio Ambiente* **2007**, *15*, 33. [Link] acessado em Março 2025
9. Estrada, J. C. O.; *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* **2011**, *8*, 137. [Crossref]
10. dos Santos Filho, C. A. S.; Wenzel, J. S.; *Revista REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática* **2022**, *10*, e22042. [Crossref]
11. Gomes, V. B.; da Silva, R. R.; Machado, P. F. L.; *Quim. Nova Esc.* **2016**, *38*, 387. [Crossref]
12. da Silva, H. C.; de Almeida, M. J. P. M.; *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2005**, *4*. [Link] acessado em Março 2025
13. da Silva, P. R. M.; Schifino, F.; Sirtori, C.; Passos, C. G.; Simon, N. M.; *Quim. Nova* **2023**, *46*, 836. [Crossref]
14. Ribeiro, R. A.; Kawamura, M. R. D.; *Anais do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*; Bauru, Brasil, 2005. [Link] acessado em Março 2025
15. Diniz, N. P.; Assis, A.; *EDUCERE - Revista de Educação da UNIPAR* **2021**, *21*, 299. [Crossref]
16. Ferreira, J. R. S.; Autran, M. M. M.; de Souza, E. D.; *P2P & Inovação* **2023**, *9*, 324. [Link] acessado em Março 2025
17. Correia, F.; *Visualidades* **2011**, *9*, 221. [Link] acessado em Março 2025
18. SciELO, www.scielo.br, acessado em 24 de Outubro de 2024
19. de Abreu, D. G.; Costa, C. R.; Assis, M. D.; Iamamoto, Y.; *Quim. Nova* **2006**, *29*, 1381. [Crossref]
20. Vogel, A. I.; *Química Analítica Qualitativa*, 5ª ed.; Mestre Jou: São Paulo, 1981.
21. Baccan, N.; Aleixo, L. M.; Stein, E.; Godinho, O. E. S.; *Introdução à Semimicroanálise Qualitativa*, 7ª ed.; Ed. UNICAMP: Campinas, 1997.
22. PAE-IQSC, <https://spqr.iqsc.usp.br/pae/>, acessado em Março 2025
23. Ferreira, L. N. A.; Queiroz, S. L.; *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia* **2012**, *5*, 3. [Link] acessado em Março 2025