

Esquentando o debate: análise de temas sociocientíficos controversos selecionados por licenciandos em visitas a museus¹

Martha Marandino²

ORCID: 0000-0001-9175-012X

Eduardo Dantas Leite³

ORCID: 0000-0002-6232-4874

Pedro Donizete Colombo Junior⁴

ORCID: 0000-0003-3324-5859

Resumo

A abordagem das chamadas Questões Sociocientíficas Controversas (QScC) e das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) tem sido fortemente recomendada por pesquisas em educação em ciências. Ao permitirem trabalhar aspectos sociais, políticos, históricos, econômicos e morais, tais questões podem contribuir para a compreensão da natureza do conhecimento científico, favorecendo processos de alfabetização científica e de formação de professores. Os museus de ciências, por sua vez, também têm se mostrado locais promissores para essas discussões, pois agregam grande potencial na promoção de educação científica que realce as relações CTSA e as QScC. Este artigo analisa a escolha de temas e conteúdos por licenciandos do curso de licenciatura em Ciências Biológicas da USP, ao planejarem atividades após visitarem dois museus de ciências de São Paulo. A pesquisa é de natureza qualitativa e exploratória e envolveu planejamento das saídas de sala de aula, acompanhamento dos alunos durante as visitas e, posteriormente, análise das atividades produzidas, buscando identificar quais os conteúdos selecionados e de que forma estes fazem uma articulação com CTSA e QScC. Dentre os resultados, foi possível identificar temáticas que possuem potencial para intensificar o debate das controvérsias sociocientíficas em sala de aula e nos museus, apresentando um conhecimento científico em construção e envolto por fatores sociais, morais, éticos, políticos e históricos. Além disso, foi possível verificar como os licenciandos constroem suas atividades, escolhendo temas para além dos presentes nas exposições e, ao mesmo tempo, ampliando as possibilidades dentro do que as exposições apresentam.

1- Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro. Disponibilidade de dados: todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

2- Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Contato: marmaran@usp.br

3- Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, Brasil. Contato: edledudant@gmail.com

4- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil. Contato: pedro.colombo@uftm.edu.br



<https://doi.org/10.1590/S1678-4634202349250644>

This content is licensed under a Creative Commons attribution-type BY 4.0.

Palavras-chave

Formação de professores – CTSA – Museus de ciências – Controvérsias sociocientíficas.

Heating up the debate: analysis of controversial socio-scientific issues selected by undergraduates during visits to museums

Abstract

The approach of controversial Socio-Scientific Issues (SSI) and the relations between Science, Technology, Society and Environment (STSE) has been strongly recommended by research in science education. Through social, political, historical, economic and moral aspects, these issues can contribute to understanding the nature of scientific knowledge, favoring processes of scientific literacy and teacher training. Science museums, in turn, have also proved to be promising places for these discussions, as they add great potential in promoting scientific education that enhances STSE and SSI relations. This article analyzes the choice of themes and content by undergraduate students in Biological Sciences at University of São Paulo, when planning activities after visiting two science museums in São Paulo. This is a qualitative and exploratory research and involved planning out of school activities, student monitoring during visits, and, subsequently, analysis related to the activities produced, seeking to identify which contents were selected and how they articulate with STSE and SSI. Among the results, it was possible to identify themes that have the potential to heat up the debate of socioscientific controversies in the classroom and in museums, presenting scientific knowledge under construction and surrounded by social, moral, ethical, political, and historical factors. In addition, it was also possible to verify how the undergraduates build their activities, choosing topics beyond those present in the exhibitions and, at the same time, expanding the possibilities within what the exhibitions present.

Keywords

Teacher training – STSE – Science museums – Socio-scientific issue

Introdução

Ao longo das últimas décadas, as relações estabelecidas entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) têm buscado combater o conservadorismo estrutural, adquirindo novos contornos a partir da inclusão de considerações socioculturais, ambientais e de valores (SANTOS; MORTIMER, 2001; PEDRETTI, 2002). Tais relações, por vezes, se apresentam imersas em um ambiente em que tensões e posicionamentos conflitantes se colocam em disputa, gerando confrontos de natureza diversas e envolvendo diferentes pontos de vistas, crenças e costumes de grupos, épocas e lugares específicos (PEDRETTI *et al.*, 2001).

Os avanços proporcionados pela ciência e pela tecnologia na sociedade contribuem para o surgimento de diversas questões sociocientíficas controversas (QScC), que podem direta ou indiretamente afetar a vida das pessoas e o entendimento sobre o meio em que vivem (NAVAS-IANNINI; PEDRETTI; ATKINSON, 2017). Exemplo deste movimento pode ser percebido em discussões sobre perda da biodiversidade, aquecimento global, vacinas, entre outros temas. Para Kolstø (2001), a busca por uma educação científica pressupõe a conscientização de que a ciência é apenas um dos vários domínios sociais para a tomada de decisões em questões sociocientíficas.

Desta forma, a educação CTSA, ao envolver QScC, contribui para a promoção da Alfabetização Científica (AC) do cidadão. O acesso a esses conhecimentos e aos mecanismos de tomada de decisão com base científica transcende o usual ambiente escolar e ocorre também em ambientes de educação não formal (HENRIKSEN; FRØYLAND, 2000; RENNIE, 2007); por exemplo, em museus de ciências. No que se refere ao contexto museal, Massarani *et al.* (2019) mencionam que as experiências que os estudantes têm em ambientes extraescolares são elementos importantes, pois não apenas suplementam o currículo de ciências, mas também atuam como mobilizadores de engajamentos cognitivos e afetivos dos estudantes.

Os museus são ambientes potenciais para o desenvolvimento de ações que visem a compreensão das relações CTSA e dos temas controversos. Contudo, para Marandino *et al.* (2016, p. 20), “ao olharmos especificamente para os museus, notamos que, apesar de as ações de cunho CTSA estarem cada vez mais presentes, ainda são poucas aquelas centradas em questões controversas”. Constata-se que nem sempre os museus têm se organizado de forma a promover o processo de AC de forma mais complexa e aprofundada, já que, como nas escolas, o desenvolvimento de aspectos sobre as relações CTSA e as QScC possui inúmeros desafios (CONTIER; MARANDINO, 2016). O contexto escolar pressupõe uma educação que vai muito além de conteúdos disciplinares, abrangendo a formação cidadã dos educandos. Assim, espera-se que o estudo de leis, teoremas e conceitos científicos, por exemplo, seja apresentado em intrínseca relação com aspectos sociais e culturais presentes na sociedade (SANTOS; MORTIMER, 2001; FOUREZ, 2005).

No entanto, é recorrente que discussões sobre tais relações sejam negligenciadas nas aulas de ciências (REIS, 2006). Para Pedretti e Nazir (2011, p. 611), “uma das principais críticas à ciência escolar é que ela retrata a ciência como desumanizada e descontextualizada”, o que contribui para o desinteresse dos alunos pelas ciências – quiçá

pelas carreiras científicas. Seja qual for o contexto educacional, a figura do professor coloca-se como central neste processo de alfabetização científica. Desta forma, discutir e problematizar aspectos das relações CTSA e das QScC em um viés da AC na formação do professor se coloca como fundamental e remete a diferentes contextos: escolar, museal e de formação inicial na universidade.

É importante que a educação CTSA e QScC esteja presente na formação inicial de professores, de modo que esses profissionais adquiram um arcabouço formativo que os habilite a trabalhar estas temáticas com seus alunos. Vimos que questões sociocientíficas têm se apresentado de forma tímida nas discussões em âmbito escolar e nos espaços museais. Por outro lado, esses espaços têm desempenhado um importante papel na educação e na divulgação de uma visão contextualizada e humanizada de ciências (MARANDINO, 2009; PEDRETTI, 2002), somado aos professores como mediadores essenciais na promoção da AC do cidadão (PILO; MANTERO; MARASCO, 2011). Neste sentido, tomamos como hipótese que, ao investir na formação inicial de professores na perspectiva CTSA e em ações que envolvam os museus de ciências, é possível fortalecer o processo de AC nas escolas e nos museus.

É oportuno mencionar que a abordagem CTSA deriva de um movimento que teve origens nas décadas de 1960 e 1970, denominado inicialmente de CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), cuja preocupação central estava atrelada a combater a ideia de ciência como atividade neutra, com pressupostos científicistas (SANTOS; MORTIMER, 2001). Ao agregar o termo representado pelo “A” à sigla, pontua-se a preocupação com o meio ambiente, inerente a todos os processos que envolvem ciência e tecnologia. Aqui, adotamos o uso do termo CTSA, uma vez demarcado o crescente e importante papel das questões socioambientais nas relações estabelecidas. No entanto, “apesar de as denominações indicarem um elemento diferenciador entre estes, o ambiente, nem sempre é possível diferenciar os movimentos em relação aos estudos em si [...]” (SIQUEIRA *et al.*, 2021, p. 17), o que acarreta uma falta de unanimidade de adoção de uma sigla entre pesquisadores da área.

Como forma de discutir as relações CTSA e as QScC no processo formativo inicial de professores, esse artigo apresenta a análise de alguns resultados de uma investigação desenvolvida no âmbito da formação inicial de professores na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP). Buscamos responder as seguintes inquietações: “Quais temáticas são selecionadas pelos licenciandos na elaboração de atividades a partir de visitas a museus de ciências?” e “De que forma os conteúdos escolhidos para abordar tais temas fazem uma articulação com QScC?”. A investigação envolveu o planejamento de atividades, pelos licenciandos do curso de Ciências Biológicas da USP, a partir de visitas a dois museus de ciências.

As questões sociocientíficas controversas, a formação de professores e a contribuição dos museus de ciências

Questões sociocientíficas envolvem a compreensão da natureza da ciência e dos aspectos sociais, políticos, históricos, econômicos e morais que estão implicados nos

processos de tomada de decisão (SADLER; ZEIDLER, 2004; SIMONNEAUX; SIMONNEAUX, 2012). Podem ser de natureza controversa, quando incluem divergências relacionadas às avaliações de vários atores sobre a validade ou a confiabilidade das alegações relacionadas à ciência (KOLSTØ, 2001).

Para que a escola possa exercer um papel transformador e para que o ensino de ciências possa contribuir nessa perspectiva, é necessário que o professor promova um trabalho envolvendo os variados aspectos da ciência. Como defende Martínez-Pérez (2012), os professores de ciências poderiam trabalhar com a natureza da ciência e da tecnologia, a tomada de decisão, o raciocínio ético-moral, a reconstrução sociocrítica e as ações adjacentes às interações CTSA utilizando questões controversas. O potencial das questões sociocientíficas refere-se à possibilidade de compreender a ciência e a tecnologia como atividades humanas, exigindo dos cidadãos um posicionamento crítico sobre seus impactos e alcances.

Kolstø (2001) pontua que as questões sociocientíficas incluem a falta de concordância entre os atores e estão conectadas a práticas humanas que envolvem riscos ligados à saúde e ao ambiente. Colombo Junior e Marandino (2020, p. 2) complementam que as QScC “são temáticas multidisciplinares e complexas, as quais não têm respostas óbvias e possuem impactos consideráveis na sociedade e na vida das pessoas”. Simonneaux (2014) tem caracterizado tais discussões como Questões Socialmente Vivas (*Socially Acute Questions* – SAQ), as quais questionam o saber de referência e têm implicações sociais. Para a autora, as “SAQ são sempre controversas, pois desafiam as práticas sociais e refletem representações sociais e sistemas de valores que muitos na sociedade acreditam ser importante discutir” (SIMONNEAUX, 2014, p. 2). A autora acrescenta ainda que há SAQ que não são questões sociocientíficas, ou seja, “no contexto francês, as SAQ têm um alcance educacional mais amplo, pois integram: questões socialmente agudas em humanidades (por exemplo, globalização ou crises financeiras) e questões socialmente agudas em ciência” (SIMONNEAUX, 2014, p. 3). Importante destacar que o desenvolvimento das SAQ teve forte inspiração no trabalho de Paulo Freire, como revelado em revisão publicada sobre o termo (BENCZE *et al.*, 2020), em especial, em suas ideias de educação crítica – forjadas no período da ditadura – e no papel do educador como sujeito político que deve se posicionar frente à ideologia dominante imposta pelos sistemas tecnológicos. Assim, as SAQ buscam promover no estudante uma atitude crítica e vigilante em relação a estes temas. Desta forma, as SAQ causam desafios e promovem mudanças sociais, além de refletirem os sistemas de valores que as sociedades acreditam ser relevantes para discutir. Por essa razão, são temas “quentes” para serem tratados em sala de aula.

[...] muitas vezes, eles são percebidos como “agudos” porque são encontrados durante as discussões sobre a sociedade e a pesquisa. Nesta situação, os professores por vezes se sentem incapazes de lidar com eles na discussão em sala de aula, pois não podem contar apenas com o uso de fatos científicos e podem ter medo de não ter a capacidade de gerenciar as reações dos alunos. Consequentemente, alguns professores optam por não os ensinar ou irão neutralizá-los (“para esfriá-los”), enquanto outros decidirão ativá-los (“para aquecê-los”). (SIMONNEAUX, 2014, p. 3).

A autora aborda a prática pedagógica do professor a partir de dois extremos, os quais podem contribuir na construção e no aprendizado de conceitos científicos: quente e frio. No extremo frio, o conhecimento mobilizado na sala de aula pode ser interpretado em meio a uma ciência disciplinar. Para Simonneaux (2014), há “uma integração de questões sociocientíficas em um programa de ensino como forma de motivar os alunos a aprender ciências”. No extremo quente, a prática pedagógica caminha no sentido de discussões mais interdisciplinares na relação entre as ciências naturais e as humanas, tendo um foco para além do desenvolvimento de “conhecimento conceitual e processual da ciência para nutrir compromissos ativistas entre os alunos” (SIMONNEAUX, 2014, p. 8). Entre os dois extremos, então, está a ciência em um gradiente que caminha entre os dois polos.

Entre esses dois extremos do *continuum*, um misto de questões educacionais está envolvido no ensino e aprendizagem de conceitos científicos que podem contribuir para o desenvolvimento do pensamento crítico [...] o estudo das SAQ leva a educação a transcender a divisão disciplinar, particularmente entre as ciências “duras” e as ciências “humanas”. (SIMONNEAUX, 2014, p. 8).

No âmbito da formação inicial de professores, discutir as QScC coloca-se, ao mesmo tempo, como um desafio e uma oportunidade de abordar conteúdos temáticos de forma interdisciplinar. Martínez-Pérez (2012) revela que vários trabalhos têm diagnosticado, nos professores em exercício, crenças descontextualizadas com respeito à ciência e à tecnologia, havendo desconhecimento a respeito dos valores e interesses que permeiam a atividade tecnocientífica – bem como suas implicações. Na verdade, raramente os licenciandos são provocados a refletir sobre tais questões, o que pode gerar limites para que esses tópicos sejam trabalhos em sala de aula futuramente (SILVA; MACIEL, 2019). Neste momento da formação, é pouco comum que eles sejam colocados em contato com temas relacionados à história, filosofia, sociologia e epistemologia da ciência. Por outro lado, a demanda pela contextualização dos conteúdos na formação de professores de biologia, química, física ou geociências é um tema bastante explorado na literatura do campo (REIS, 2006; HODSON, 2013).

Como ressaltam Marandino, Pugliese e Oliveira (2019), a relação dos professores com os saberes não se reduz a uma função de transmissão dos conhecimentos, mas é fruto de uma integralização de tais saberes ao longo da vida. Assim, atividades como visita a museus de ciências podem contribuir na formação inicial e continuada de professores de ciências naturais, uma vez que tais espaços possuem o potencial de promover a realização de práticas pedagógicas inovadoras a partir dos seus acervos e coleções e da pesquisa realizada com base neles – e a partir da interação com objetos musealizados e aparatos interativos –, contribuindo para uma formação docente com viés reflexivo.

Para Pugliese (2015), a inclusão dos museus na formação de professores perpassa por políticas públicas e pelo planejamento interno dos cursos de formação. A autora argumenta que, apesar de diversas pesquisas evidenciarem a importância deste espaço formativo para o professor, esse é um tema que gera tensão no contexto formativo inicial; por exemplo: “esse tópico será tratado em disciplinas obrigatórias ou optativas? Ficará

a carga das atividades complementares e desse modo como um aporte cultural? Será contemplado como horas de estágio?” (PUGLIESE, 2015, p. 17).

Incluir os museus na formação inicial tendo por base as QScC pode gerar reflexões importantes e contribuir ainda mais para legitimar essas instituições como espaços de promoção da AC. Contudo, se, por um lado, existe um enorme potencial para que os museus promovam a AC, por outro, são conhecidos os desafios que esses locais possuem em explorar aspectos científicos controversos ou relações entre CTSA (PEDRETTI, 2002; NAVAS-IANNINI, 2019). Em muitos casos, há limites de financiamentos e falta de adequação dos acervos e objetos para problematizar os conteúdos abordados. Além disso, a produção de exposições envolve relações de poder entre os diferentes agentes e agências em torno daquilo que se quer divulgar e da forma com que isso deverá ser feito (MARANDINO *et al.*, 2016). Muitos desses desafios podem ser identificados tanto em museus nacionais quanto internacionais; contudo, pesquisas desenvolvidas no Brasil revelam alguns embates específicos, que dizem respeito tanto à formação dos educadores quanto ao papel dos museus na sociedade (MARANDINO e CONTIER, 2017). A pesquisa aqui desenvolvida, ao trabalhar com professores em formação, buscou contribuir para que tanto as escolas quanto os próprios museus pudessem ampliar seus potenciais em explorar esses aspectos, enfrentando alguns dos desafios mapeados nas pesquisas.

Metodologia

Esta é uma pesquisa de natureza qualitativa e exploratória. Para Bogdan e Biklen (1994), a riqueza da investigação qualitativa pode ser encontrada nos relatos realizados pelos sujeitos da pesquisa. Gil (2008) acrescenta que a pesquisa de natureza exploratória tem o objetivo de proporcionar visão geral acerca de determinado assunto, obtendo, como resultado da investigação, um problema mais esclarecido que fomenta novas investigações com procedimentos mais sistematizados. O objetivo desta investigação foi analisar os temas e os conteúdos abordados por licenciandos no planejamento de atividades com o foco nas relações CTSA e nas QScC, a partir de visitas a museus de ciências. Participaram, ao todo, 123 licenciandos de duas disciplinas do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo (USP). Todos autorizaram a pesquisa e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Os participantes cursaram as disciplinas Metodologia do Ensino de Biologia II (MET II), no segundo semestre de 2018, e Metodologia do Ensino de Ciências I (MET I), no primeiro semestre de 2019. Em cada uma delas, um museu foi visitado, com a finalidade de fornecer elementos para o planejamento das atividades que envolvessem visitas a esses mesmos locais. Dentre os tópicos discutidos nas disciplinas estão AC, CTSA e QScC em contextos de educação formal (escolar) e não formal (museus de ciências), com a finalidade de apoiar os futuros professores para elaboração das atividades didáticas. Os dois museus visitados foram o Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZ-USP) e o Museu de Microbiologia do Instituto Butantan (MMB-IB). A descrição detalhada das disciplinas e as atividades desenvolvidas pelos licenciandos podem ser encontradas em outras publicações

relacionadas à pesquisa (PUGLIESE *et al.*, 2020; MILAN *et al.*, 2020; SCALFI, IZSLAJI e MARANDINO, 2020; COLOMBO JUNIOR; DANTAS LEITE; MARANDINO, 2021).

Na elaboração das atividades, os grupos foram orientados a escolher um tema que considerassem uma “questão sociocientífica controversa” e que estivesse vinculado aos museus visitados. Além disso, as atividades deveriam se enquadrar em uma das três seguintes modalidades: a) uma sequência didática para alunos da educação básica, envolvendo uma visita ao museu e a mediação do professor; b) um roteiro de mediação por um educador do museu para alunos da educação básica; c) um roteiro para visitantes do museu, sem mediação. Foi ainda orientado que os participantes refletissem e indicassem possíveis desafios e possibilidades frente à execução da atividade delineada pelo grupo.

Desse modo, integraram a construção dos dados: acompanhamento do planejamento e das discussões das atividades pelos grupos em sala de aula (registros em fotos e anotações em caderno de campo); visitas técnicas aos museus indicados, com acompanhamento da professora e de mediadores dos espaços (fotos e registros em caderno de campo de interações realizadas pelos licenciandos – entre eles e com a exposição); acompanhamento da socialização das atividades planejadas pelos grupos em sala de aula na universidade (registro em fotos, áudio e vídeo das discussões e das apresentações feitas pelos grupos em *slides*).

A turma correspondente à disciplina MET II/2018 visitou o Museu de Zoologia da USP (MZ-USP), localizado no bairro do Ipiranga, na cidade de São Paulo. Estabelecido em 1890, o Museu se destaca pelo seu acervo zoológico, pela pesquisa em zoologia e pelo seu espaço expositivo e ações educativas voltadas ao público. A exposição de longa duração, intitulada “Biodiversidade: conhecer para preservar”, possui a finalidade de compreender padrões e processos da biodiversidade brasileira (MZ-USP, 2021, s/p) e foi visitada pela turma.

Ao iniciar sua visita no museu, o público encontra uma estrutura metálica que sustenta uma série de exemplares de diferentes grupos de animais, acompanhada de painéis explicativos que destacam a diversidade ali presente. Na sequência, os visitantes passam por uma galeria central, onde são apresentados diversos fósseis e painéis explicativos discutindo a biodiversidade ao longo do tempo. Após o corredor central, os visitantes se encontram em uma larga sala que possui, no lado esquerdo, um conjunto de dioramas representando os diversos biomas brasileiros, incluindo os ambientes aquáticos. Este lado da sala também abriga vitrines que apresentam a diversidade de animais dos filos *Mollusca* e *Arthropoda*. No lado direito da sala, são abordadas as relações evolutivas entre os animais – e nela são exibidos diversos fósseis e animais taxidermizados. Na passagem para entrar na última sala da exposição, é exibido um “mapa” com a biodiversidade do local onde o Museu de Zoologia se encontra e aspectos sobre a biodiversidade urbana e sua complexidade. Encerrando a exposição, o museu abriga a chamada “Sala das Descobertas”, que busca apresentar o trabalho científico produzido pela instituição através de suas coleções e pesquisas e onde encontra-se uma mesa para realização de atividades educativas junto ao público (Figura 1).

Figura 1- Exposições do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo



Legenda: Imagem central indicando a estrutura metálica na entrada do museu. Em sentido horário, a partir da imagem superior esquerda: mapa com a biodiversidade urbana; sala com animais taxidermizados; sala das descobertas; sala com dioramas.

Fonte: Elaboração própria. Acervo do Grupo de Estudo e Pesquisa em Educação Não Formal e Divulgação em Ciência – GEENF/USP.

Os participantes da disciplina MET I/2019 visitaram o Museu de Microbiologia (MMB), que se encontra na zona oeste da cidade de São Paulo e faz parte do complexo organizacional do Instituto Butantan (IBu). Criado em 2002, o museu tem como principal missão “estimular a curiosidade científica nos jovens, promover oportunidades para aproximar a cultura científica do público em geral por meio de suas exposições e ações educativas, bem como se constituir como importante espaço de divulgação de atividades desenvolvidas pelo Instituto

Butantan” (MMB, 2021, s/p). A exposição de longa duração do museu conta com uma sala principal, na qual diversos itens expositivos são dispostos – nas suas laterais e em uma mesa central. O seu conteúdo, além de abordar os conceitos da microbiologia, também apresenta objetos e aparatos que discutem a história desta área de pesquisa.

Outro elemento presente na exposição é a possibilidade de manuseio de microscópios e outros aparatos que permitem observação ou interação com o conteúdo expositivo. Destacamos, entre estes, o aparato “*Qual a sua teoria?*”, que introduz ao público quatro hipóteses distintas sobre a origem da vida e disponibiliza um espaço para que os visitantes votem em uma das quatro hipóteses apresentadas. Além desse ambiente, o museu dispõe de um espaço nomeado como “*Praça dos Cientistas*”: uma sala circular que contém bustos de diversos cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da microbiologia. Outras áreas presentes no museu incluem um auditório e um laboratório didático (Figura 2).

Figura 2- Exposições do Museu de Microbiologia do Instituto Butantã

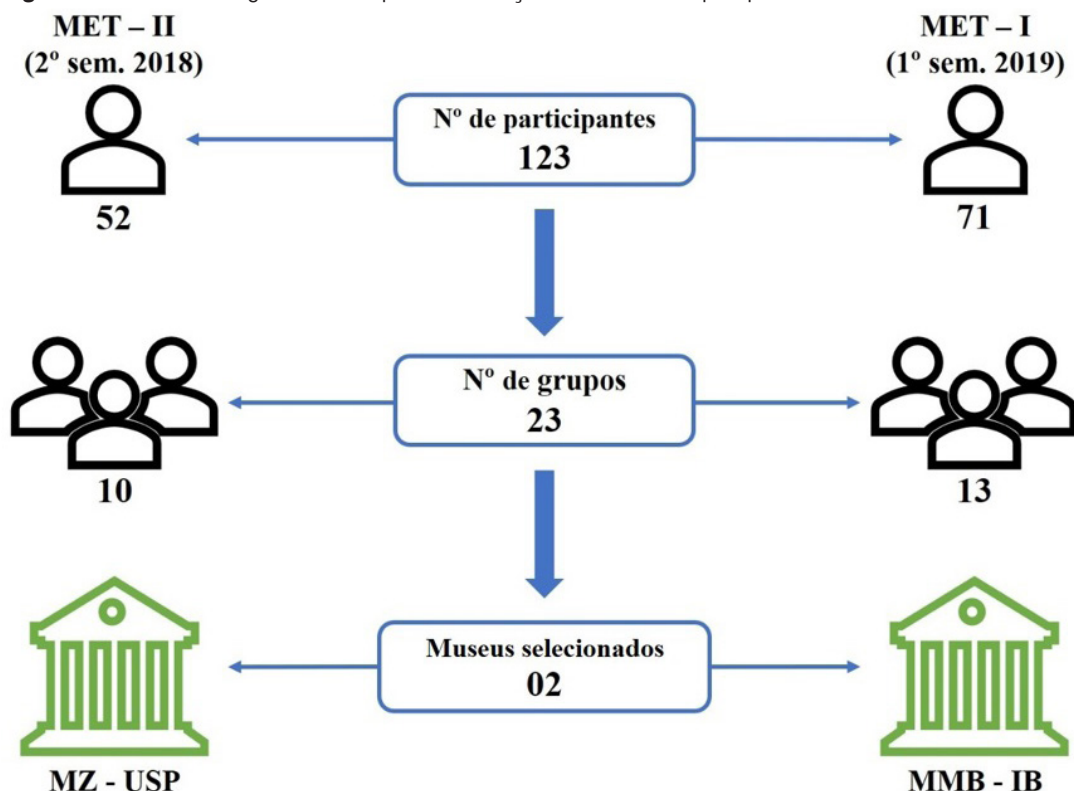


Legenda: Imagem central indicando parte da mesa central da exposição e aparatos interativos. Em sentido horário, a partir da imagem superior esquerda: mesa central da exposição; aparato “Qual a sua teoria?”; auditório do museu; outra parte da mesa central da exposição.

Fonte: Elaboração própria. Acervo do Grupo de Estudo e Pesquisa em Educação Não Formal e Divulgação em Ciência – GEENF/USP.

Com o exposto, a seguir indicamos um esquema que sintetiza a construção dos dados da pesquisa (Figura 3).

Figura 3- Panorama organizacional para construção dos dados da pesquisa



Legenda: MET – Metodologia do Ensino de Biologia; MZ-USP – Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo; MMB-IB – Museu de Microbiologia do Instituto Butantan.

Fonte: Elaboração própria.

A análise de dados

Analizamos os dados seguindo indutivamente o processo de análise de conteúdo (BARDIN, 2011), com a leitura exhaustiva do conjunto de dados (HSIEH; SHANNON, 2005). Procedemos com a leitura das transcrições referentes às apresentações das atividades pedagógicas realizadas pelos 23 grupos. Para a triangulação, confrontamos as transcrições com as nossas anotações feitas no caderno de campo e com os *slides* produzidos pelos grupos.

Após a análise indutiva e com vistas ao atendimento de nosso objetivo de pesquisa, retomamos os referenciais teóricos que discutem a AC, as relações CTSA e as QScC, selecionando as ideias que pudessem apoiar a investigação. Neste sentido, a partir de estudos como Kolstø (2001), Sadler (2004), Zeidler e Nichols (2009); Simonneaux (2011) e, em especial, o trabalho de Simonneaux (2014), delineamos uma dimensão de análise que chamamos de “Natureza do

Conhecimento Sociocientífico Controverso”, a qual busca indicar elementos que caracterizam este conhecimento. Com base nessas características, definimos as categorias que identificam quando a natureza do conhecimento sociocientífico controverso está mais próxima do eixo “frio” ou “esfriando” (F) e quando está, por outro lado, mais próxima do eixo “quente” ou “esquentando” (Q). Essas categorias foram então usadas para identificar como o conhecimento sociocientífico foi expresso pelos licenciandos (frio ou quente), a partir dos temas e conteúdos escolhidos para suas atividades. Tais categorias resultam de uma análise piloto desenvolvida por Colombo Junior, Dantas Leite e Marandino (2021).

As categorias que derivam do extremo “frio” são:

- F1. Conhecimento aceito e consensual: o conhecimento é apresentado de forma factual, prevalecendo as definições dos conceitos, leis e postulados. Não são apresentadas outras visões sobre o tema, garantindo sua característica “aproblemática”, não trazendo o papel do erro na sua construção. O consenso sustenta sua natureza, sendo elemento-chave para validação do conhecimento, blindando-o de controvérsias.

- F2. Valores e abordagens epistêmicas e acríticas: o conhecimento é apresentado sem as dimensões histórica e social de sua construção, reforçando a imagem “desumanizada” da ciência e descaracterizando seu contexto. Ser frio, aqui, implica não abordar ou abordar de forma muito pontual aspectos da história e filosofia da ciência, diluindo as marcas humanas de sua construção.

- F3. Abordagem disciplinar: o conhecimento é apresentado enfatizando a dimensão disciplinar, não revelando as intersecções existentes entre campos, áreas e disciplinas das ciências naturais e entre essas e as ciências sociais. O conhecimento se apoia em uma racionalidade linear, esfriando as discussões, pois evita que outros campos forneçam outras ou novas interpretações e visões sobre ele.

No extremo “quente”, as categorias se comportam de forma antagônica ao extremo “frio”. As categorias que derivam do extremo “quente” são:

- Q1. Conhecimento incerto e em construção: o conhecimento é apresentado de forma a explicitar diferentes ideias, atores e fatores internos e externos que influenciam sua construção. Ideias conflitantes e processos discordantes são intencionalmente expostos, revelando limitações e sua construção por meio de consensos, negociados a partir de novas ideias, contextos e atores (cientistas, políticos, não especialistas...).

- Q2. Valores e abordagens sociais, filosóficas e críticas: o conhecimento é apresentado de maneira a evidenciar a indissociabilidade de sua natureza histórica e social. Com isso, os aspectos históricos, sociais, políticos e culturais são apresentados, assim como os dilemas éticos, religiosos e morais, esquentando as discussões sobre a essência do conhecimento controverso a ser explicitado.

- Q3. Abordagem interdisciplinar: o conhecimento apresenta-se em abordagens interdisciplinares, articulando não só as disciplinas das ciências naturais, mas também destas com as ciências humanas e sociais. Ao abordar um tema a partir de múltiplas áreas de conhecimento, é possível perceber diferentes matrizes, intensidades e valores em jogo, favorecendo uma visão complexa e rica da ciência.

Resultados

Observações gerais sobre os temas selecionados pelos licenciandos

Apresentamos os resultados obtidos com base nos temas selecionados pelos licenciandos das duas disciplinas, a partir da visita aos dois museus indicados. As atividades de 1 a 10 se referem ao MZ-USP, enquanto as de 11 a 23, ao MMB-IB. Na tabela a seguir, encontram-se as informações sobre o museu visitado, os títulos de cada atividade e os temas explorados pelos grupos que elaboraram as atividades (Tabelas 1a, 1b).

Tabela 1a- Atividades elaboradas pelos licenciandos MZ-USP

		Título proposto da atividade	Síntese analítica do tema abordado
MUSEU DE ZOOLOGIA DA USP	A1	Quem montou essa exposição?	Questionar as representações sobre o passado apresentadas nos museus por meio dos fósseis, apresentando a dimensão histórica e a organização espacial e funcional dos museus
	A2	Urbanização na Mata Atlântica: e o MZUSP com isso?	Urbanização e conservação da Mata Atlântica: os impactos da expansão urbana nos biomas e os possíveis benefícios tanto da conservação como da urbanização
	A3	Atividade educativa – MZUSP “Caça ao Bioma”	As relações entre o desenvolvimento e conservação ambiental e a conscientização ou resistência de diversos setores da sociedade às mudanças de hábitos e na responsabilidade com o meio ambiente
	A4	O crânio de tapuiassauru do MZUSP e as funções dos museus	O papel dos museus, suas funções e seus propósitos como ambiente de conservação e pesquisa, trazendo a questão dos investimentos em museus e de incidentes ocorridos pelas dificuldades de manutenção
	A5	Diversidade, bioética e o papel do museu	A formação das coleções biológicas dos museus, sua relação com a pesquisa e seu papel na conservação da biodiversidade
	A6	Conservação e natureza da ciência – “Preservar a ciência para conservar a vida”	A relevância do trabalho científico realizado para a conservação da biodiversidade e em relação ao desenvolvimento tecnológico, diante das mudanças climáticas. Financiamento à pesquisa científica
	A7	Caça: uma ameaça à biodiversidade?	Diferentes tipos de caça: subsistência, comercial, esportiva ou de retaliação; a coleta científica e suas implicações para a conservação da biodiversidade
	A8	Proposta de atividade educativa MZUSP	Museus e coleções: a função e o papel dos museus e dos cientistas e a importância de seus investimentos, além dos aspectos éticos e morais para a conservação da biodiversidade
	A9	Alfabetização científica sobre temas controversos: UC no MZUSP	O papel das Unidades de Conservação (UC) para a proteção da biodiversidade
	A10	Hipóteses sobre a extinção do Cretáceo (K-Pg)	As diferentes hipóteses científicas sobre a grande extinção ocorrida no Período Cretáceo

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa. A análise piloto dessas dez atividades foi abordada por Colombo Junior; Dantas Leite; Marandino (2021).

Tabela 1b- Atividades elaboradas pelos licenciandos MMB-IB

Cont.	Título proposto da atividade	Síntese analítica do tema abordado
A11	Quem são os cientistas?	Presença/ausência de mulheres e de pessoas negras na ciência e a discussão sobre representatividade
A12	Uma noite no museu	HIV: biologia, histórico, profilaxia, tratamentos e aspectos políticos, econômicos e sociais
A13	Impactos da microbiologia	Diversos temas envolvendo aplicações tecnológicas da microbiologia – como a produção de vacinas e armas biológicas, a higienização e a produção de alimentos, entre outros
A14	Microrganismos e edição genômica no cotidiano	O que são e como atuam os microrganismos, seus usos na biotecnologia e os aspectos éticos de sua utilização
A15	Automedicação e superbactérias	O que são e como agem os antibióticos e as superbactérias e sua relação com a automedicação
A16	Mulheres na ciência	A participação e as contribuições das mulheres para a construção do conhecimento científico e o apagamento de seu papel na história da ciência
A17	Origem da vida: uma sequência didática	As diferentes interpretações sobre a origem da vida na Terra, entre as diferentes épocas e culturas, e o contraste entre as ideias defendidas pelas religiões e pela ciência
A18	Descobrimos as vacinas	Polêmicas sobre as vacinas e os questionamentos sobre seu uso presentes na sociedade
A19	Proposta de sequência didática para o MMB-IB	As diferentes concepções sobre a origem da vida e o papel do desenvolvimento científico e tecnológico na formulação de novas hipóteses, gerando debates entre ciência e religião
A20	Antibióticos: você está usando corretamente?	O consenso na ciência sobre as consequências da utilização de antibióticos de forma indiscriminada pela sociedade
A21	Origem da vida: já pensou nisso?	Diferentes hipóteses de natureza científica, religiosa ou mitológica sobre a origem da vida
A22	Resistência a antibióticos	Automedicação e resistência bacteriana: as polêmicas entre ciência e sociedade sobre sua utilização e sua relação com o sistema de saúde
A23	Qual o papel e a imagem do cientista no Brasil?	A imagem estereotipada do cientista junto ao público e seus impactos no entendimento e na imagem da ciência

Fonte: elaboração própria, a partir da pesquisa.

Os 23 temas selecionados foram pautados nas exposições dos museus visitados, como orientado inicialmente. Em outro trabalho, que analisou dados da mesma pesquisa, Scalfi, Izslaji e Marandino (2020) buscaram caracterizar os temas, as estratégias didáticas, as possibilidades e os desafios na produção dessas atividades pelos licenciandos. Dentre os resultados, destacamos que algumas das atividades propostas ampliaram as possibilidades temáticas para além das apresentadas pelos museus, trazendo novos temas ou novas abordagens aos temas trabalhados nas exposições. Portanto, apesar das atividades terem sido elaboradas a partir das visitas aos museus e serem baseadas em suas exposições, os licenciandos tinham a liberdade de escolher outros conteúdos ligados às exposições, mas que poderiam ir além delas.

Os resultados da pesquisa de Scalfi, Izslaji e Marandino (2020, p. 84) apontam que a abordagem de questões sociocientíficas controversas em atividades possuem diversas potencialidades e desafios. Sobre as potencialidades, as autoras apontam a possibilidade de discutir a natureza da ciência, “de questionar aspectos éticos, de promover a sensibilização e pensamento crítico, de incentivar a participação ativa e de apresentar diferentes pontos de vista”. Quanto aos desafios, destacaram a dificuldade de aprofundamento do tema controverso e de abordá-lo nesta perspectiva, já que é difícil trazer à tona os aspectos polêmicos, focalizando, por exemplo, apenas sua dimensão conceitual.

A partir dos resultados obtidos, houve a necessidade de aprofundar tais análises em nosso grupo de pesquisa, uma vez que era nosso interesse entender melhor se (e como) os temas e as justificativas para suas escolhas se aproximavam e se distanciavam das características que fundamentam as relações CTSA e as QScC. Ou seja, nessa nova leitura dos dados, buscamos saber até que ponto os temas escolhidos tinham o potencial de fomentar debates que, como aponta Simonneaux (2014), efetivamente estimulassem o compromisso com Questões Socialmente Agudas, promovendo, em seu extremo quente, o envolvimento dos alunos em processos de ação sociopolítica (ativismo). Para isso, os dados foram confrontados com as categorias relacionadas ao indicador da “Natureza do Conhecimento Sociocientífico Controverso”, buscando caracterizar se os temas selecionados esquentam ou esfriam o debate sobre as QScC.

Análises das atividades a partir do indicador “Natureza do Conhecimento Sociocientífico Controverso”

As análises das atividades propostas pelos licenciandos abrangeram todas as categorias por nós delineadas, tanto no extremo “esfriando” (F), quanto no “esquentando” (Q) da dimensão Natureza do Conhecimento Sociocientífico Controverso, ocorrendo, contudo, variação na frequência. A Tabela 2 apresenta os resultados de nossa classificação, em que identificamos 43 ocorrências (¥), que decodificam características das categorias do extremo Q, e 23 ocorrências (¥), que dialogam com as categorias do extremo F.

Tabela 2- Relações entre as atividades propostas pelos licenciandos e as categorias delineadas

Categorias		Classificação dos temas propostos pelos licenciandos	¥
Esfriando (F)	1	A2, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A12, A14, A15, A18, A20, A22	13
	2	A4, A5, A6, A7, A9, A13	6
	3	A5, A12, A15, A22	4
Esquentando (Q)	1	A1, A3, A6, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21, A22	15
	2	A1, A2, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A11, A12, A14, A16, A17, A19, A21, A22, A23	17
	3	A1, A3, A9, A10, A11, A16, A17, A19, A21, A22, A23	11
Número total de ocorrências de atividades nas categorias F e Q			66

Fonte: Elaboração própria, a partir da pesquisa.

Observando a distribuição das categorias na Tabela 2, classificamos as atividades da seguinte maneira (Tabela 3): atividades que possuem apenas características do lado quente como “totalmente quentes”; atividades que possuem características de ambos os extremos como “intermediárias” – sendo que essas atividades podem ser parcialmente quentes ou parcialmente frias; e atividades que possuem apenas características do lado frio como “totalmente frias”.

Tabela 3- Classificação das 23 atividades de acordo com a distribuição das categorias

Classificação	Totalmente frias	Intermediárias (parcialmente frias ou parcialmente quentes)	Totalmente quentes
Atividades	-	A2, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A18, A20, A22	A1, A3, A10, A11, A16, A17, A19, A21, A23
Total	0	14	9

Fonte: Elaboração própria, a partir da pesquisa.

A partir dessa organização, é possível observar que nenhuma das atividades se enquadra na classificação totalmente fria, ou seja, todas as atividades contemplam ao menos uma das três categorias do eixo quente da “Natureza do Conhecimento Sociocientífico Controverso”. Foi possível notar também que, no início de algumas delas, são apresentados temas que se aproximam do eixo “esfriando”, e que, ao longo do desenvolvimento das propostas, são abordados conteúdos que se aproximam do eixo “esquentando”. Ao olhar para o conjunto dessas atividades, podemos considerá-las parcialmente frias ou parcialmente quentes. Na sequência, são descritos alguns exemplos que ilustram as análises realizadas.

Exemplos de atividades “intermediárias” (parcialmente frias ou parcialmente quentes)

Iniciamos nossa discussão com a atividade “O crânio de tapuiassau do MZUSP e as funções dos museus” (A4), na qual os licenciandos propuseram uma abordagem centrada na reconstrução de um fóssil encontrado no Brasil. No planejamento da atividade, foram levantadas questões como os investimentos nos museus e a manutenção de suas exposições, citando o exemplo do incêndio no Museu Nacional, em 2 de setembro de 2018. Neste sentido, o museu foi apresentado pelo grupo como um ambiente de conservação e de pesquisa, mas também inserido nas políticas públicas de ciência e cultura do país – aproximando a atividade de aspectos de CTSA. Os licenciandos apresentaram a atividade propondo dois enfoques interligados, sendo o primeiro voltado para discussões teóricas e conceituais sobre o fóssil descoberto e, o segundo vinculado à importância de que se garanta a manutenção desse material. Para a execução da atividade, os licenciandos produziram um vídeo com dados e notícias sobre o tema e levantando questões.

Percebeu-se, desse modo, que o grupo apresentou a atividade A4 com a preocupação de enfatizar definições de conceitos vinculados ao tema e com enfoque disciplinar, aproximando-se de categorias do extremo F – em particular F1 e F2. No entanto, também

buscaram evidenciar as relações do museu na interface ciência e sociedade, em especial discussões a partir de considerações sociais e históricas vinculadas às instituições museais e sua manutenção. Tais discussões incluíram aspectos que esquentaram o debate (Q2).

Na atividade “Caça: uma ameaça à biodiversidade?” (A7), os licenciandos abordaram a conservação do meio ambiente por meio de uma questão considerada controversa: a caça de espécies invasoras em ecossistemas locais. Os licenciandos contextualizaram as discussões, inicialmente, a partir da caça de uma espécie exótica, o javaporco, e a controvérsia apresentada situou-se em dois caminhos distintos, porém interconectados. No primeiro, foram trazidos à discussão diferentes posicionamentos sobre a necessidade da caça do javaporco, no sentido de controle populacional, abordando aspectos teóricos vinculados à biodiversidade do cerrado brasileiro. No segundo, os licenciandos buscaram levantar a discussão sobre o perigo de uma caça predatória (quicá por hobby), causando prejuízos para a manutenção da espécie.

Na atividade, os licenciandos argumentam que a ideia foi propor contrapontos para pensar a presença de questões sociocientíficas controversas na sociedade, não tendo necessariamente uma única solução correta para lidar com a questão. De acordo com Reis *et al.* (2020), em exposições sobre questões sociocientíficas,

Os visitantes são convidados a se engajar ativamente no desenvolvimento de suas próprias perspectivas críticas e desafiados a participar de ações coletivas [...]. Este tipo de exposição não fornece respostas corretas; levanta questões, discussão aprofundada e pensamento crítico [...]. Representa um contexto e um pretexto para discussão entre curadores, visitantes e outros atores sociais, transformando todos em aprendizes. (REIS *et al.*, 2020, p. 2).

A falta de consenso sobre a caça do javaporco e sua importância adquirida no ambiente local indicam uma preocupação que dialoga com a categoria Q2. No entanto, ao enfatizarem aspectos dos conhecimentos teóricos sobre a biodiversidade do cerrado na atividade, também sinalizaram características que se aproximam das categorias F1 e F2, ou seja, a prevalência de conceitos e a descaracterização do contexto – fatores muito presentes em exposições tradicionais dos museus de ciências.

A atividade A9 abordou as Unidades de Conservação (UC) ambiental e as Áreas de Preservação Permanente (APP). No início das discussões, os licenciandos argumentaram sobre a criação de “*áreas de preservação permanente urbana* [...] em relação ao desenvolvimento, crescimento populacional” (trecho extraído da apresentação da A9 em sala de aula). Durante a apresentação, os licenciandos mostraram diferentes tipos de informações vinculadas ao tema discutido, como: dados científicos relacionados às UC e às APP (F1 e F2), aspectos legais e legislação (Q3) e as relações CTSA (Q1 e Q2), abordando conteúdos que possuem potencial tanto para esfriar quanto para esquentar o debate.

Ainda na apresentação de A9, o grupo fez uma explanação teórica sobre o tema, mas também discutiu os diferentes posicionamentos da sociedade sobre as UC e as APP, como: a exploração para fins econômicos, a permanência de comunidades tradicionais nas UC e nas APP, a exploração desses locais para a prática de ecoturismo em detrimento da manutenção da cultura local etc. Tais posicionamentos suscitaram a exploração das controvérsias em torno do assunto, levantando pontos relativos aos valores, à preservação

da cultura, à economia local, aos aspectos geográficos e de território, entre outros. Assim, ao desenvolverem o tema, percebemos aspectos das categorias Q1, Q2 e Q3, pois os conteúdos inicialmente abordados são aprofundados, considerando os diferentes atores que estão envolvidos no processo de formação e manutenção das UC.

A proposta de promoção de diálogo com a sociedade amplia a abordagem comum em exposições de museus de ciências, nos quais perdura o modelo de déficit da ciência, ou seja, uma ciência que é apenas transmitida ao público, sem margem para questionamentos, posicionamentos diferentes ou participação. Contrapondo-se a esse modelo, a proposta da atividade A9 promove o proposto por Yun, Shi e Jun (2022, p. 100): “à medida que o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade se tornou maior, a demanda por centros de ciência para cobrir questões sociocientíficas tem sido constantemente levantada”.

A atividade A12 (Uma noite no museu) trouxe para as discussões a temática HIV, apresentando, além dos conceitos científicos, aspectos sociais, econômicos e políticos. Ao iniciar a apresentação, os licenciandos argumentaram que:

[...] a temática escolhida foi o HIV, né, no qual a gente vai fazer uma atividade com os conteúdos da biologia do vírus, o histórico do vírus e da síndrome da imunodeficiência adquirida, a profilaxia da doença e os tratamentos existentes. (trecho extraído da apresentação da A12 em sala de aula).

Percebe-se, neste momento inicial, que a preocupação dos licenciandos foi em descrever os aspectos conceituais relacionados ao tema, evidenciando características do extremo “esfriando” da natureza do conhecimento. A proposta focalizava uma abordagem do conhecimento de forma factual (F1) e disciplinar, vinculado a aspectos estritamente biológicos (F3). A literatura aponta para o fato de que muitas vezes os museus evitam abordar controvérsias (DELICADO, 2009), sendo “difícil encontrar exposições que tratem de questões sociocientíficas nos centros de ciências” (YUN; SHI; JUN, 2022, p. 100). Para Skydsgaarda, Andersen e King (2016),

[...] muitos museus tratam seus públicos como ‘consumidores passivos’ e não como ‘participantes culturais’. [...] Os museus devem se ver como um fórum de debate, envolvendo assuntos polêmicos ou tabus. (SKYDSGAARDA; ANDERSEN; KING, 2016, p. 48).

Para esses autores, a curiosidade, o desafio, a narrativa e a participação são princípios de *design* de exposições baseados em questões sociocientíficas, evidenciando que tanto os conteúdos, quanto a forma ou as estratégias museográficas são fatores que podem aumentar (ou diminuir) as possibilidades de esquentar o debate. Neste exemplo, o grupo planejou uma abordagem que trata do impacto social e econômico causado pela doença, das contribuições da pesquisa científica na saúde pública e da importância do saneamento básico (Q1 e Q2). Nesse sentido, a atividade A12, ao trabalhar com o tema do HIV e desenvolvê-lo por meio de uma atividade lúdica, amplia as possibilidades de esquentar o debate e de promover ação sociopolítica.

Algumas atividades buscaram destacar, em seus conteúdos, o papel do trabalho científico empregado por pesquisadores em pesquisas realizadas nas instituições museais

(como as atividades A4, A5 e A8) ou em atenção para uma questão sociocientífica específica, como é o caso da atividade “Os microrganismos e a edição genômica no cotidiano” (A14). Nessa atividade, os licenciandos inicialmente propõem a abordagem de aspectos teóricos e conceituais sobre os microrganismos e suas aplicações no campo da biotecnologia, destacando a tecnologia de edição genômica e as relações CTSA. A princípio, a abordagem inicial para o tema propõe elementos que mantêm o debate “frio”, com características da categoria F1, como colocam os licenciandos:

O tema abordado vai ser de edição genômica e dentro desse tema vão ser destrinchados os conteúdos sobre como funcionam os microrganismos e sua utilização de biotecnologia. (trecho extraído da apresentação da A14 em sala de aula).

Contudo, ao longo da apresentação da atividade, os licenciandos revelam elementos presentes que “esquentam” o debate, já que foram colocados em evidência os aspectos controversos na prática da edição genômica. Além disso, os licenciandos adotaram uma postura crítica na apresentação, apontando dilemas que envolvem não apenas a comunidade científica e as pesquisas na área, mas toda a sociedade (Q1), levantando questionamentos de cunho ético e moral em relação à postura dos pesquisadores (Q2).

Entre os temas propostos, três atividades (A15, A20 e A22) abordaram a utilização de antibióticos, a automedicação e o desenvolvimento de superbactérias. Nessas atividades, os licenciandos apontaram para um consenso no campo acadêmico sobre a utilização de antibióticos e as consequências de seu uso indiscriminado. Sabe-se que, apesar de haver consenso científico, a automedicação ainda é presente na sociedade, revelando um conflito de ideias e práticas entre ciência e sociedade. Dessa forma, as atividades possuem características que contemplam as categorias F1 e Q1. Ao justificar a utilização do tema, os licenciandos argumentam:

A gente sabe, então, que na ciência já há um consenso de que o uso indiscriminado de antibióticos leva à criação de superbactéria, que é algo extremamente ruim, só que a população ainda não pensa dessa maneira, principalmente porque a gente ainda não tem muitos dados, a gente não tem muitos casos [...]. (trecho extraído da apresentação da A20 em sala de aula).

Na atividade “Resistência a antibióticos” (A22), por exemplo, além de abordar como a temática se situa entre ciência e sociedade, os licenciandos também trouxeram para a discussão questionamentos sobre como a automedicação se insere nos diferentes contextos e as consequências morais e emocionais que isso pode causar. Percebemos que, além da atividade fazer uma aproximação com valores sociais, políticos e culturais de forma crítica, também se utiliza de uma abordagem interdisciplinar para complementar o debate, percorrendo as categorias Q2 e Q3. Para Pedretti (2004), exposições baseadas em questões críticas “são muitas vezes carregadas emocional e politicamente e exigem um tipo diferente de resposta intelectual e emocional do visitante” (PEDRETTI, 2004, p. 36), dialogando com a proposta da A22.

Exemplos de atividades “totalmente quentes”

A atividade “Quem montou essa exposição?” (A1) foi desenvolvida considerando uma visita ao MZ-USP. Nesta atividade, os licenciandos buscaram abordar a formação dos fósseis, suas reconstruções e como elas são utilizadas para representar o passado na história natural. Ao justificarem, os licenciandos mencionaram que:

A gente quer, no fundo [...], problematizar o ponto de vista de que o museu está situado historicamente, nossa visão sobre passado também pode ser datada, né. E a gente vai tentar apresentar elementos disso ao longo da sequência didática. [...] os objetos de um museu são capazes de representar o passado ou só uma visão particular sobre o passado? (trecho extraído da apresentação da A1 em sala de aula).

Durante as discussões, foi mencionada a dimensão histórica do museu e de suas representações sobre a história natural – em especial a forma como essa muda com o tempo. Ao questionarem se o museu apresenta a visão do passado ou apenas um dos possíveis olhares para o passado, os alunos “esquentaram” a discussão sobre o papel do museu na sociedade, explicitando características da natureza dinâmica da produção da ciência (Q1), pois esses conhecimentos são socialmente produzidos por seres humanos (Q2), apontando para uma abordagem interdisciplinar dos temas selecionados (Q3).

A atividade A3 – “Atividade educativa no MZUSP: caça ao Bioma” – abordou a relação entre o desenvolvimento tecnológico e a conservação ambiental. As discussões foram balizadas a partir de uma situação problema na qual se deveria refletir sobre a construção de hidrelétricas e os impactos socioambientais, caracterizando-a como uma questão sociocientífica:

[...] como primeiro ponto, a gente tem essa ideia de oposição entre conservação ambiental e desenvolvimento tecnológico, industrial etc. [...] e que leva para outro ponto (segundo) que é a resistência das pessoas, de setores da sociedade às mudanças (de hábitos) [...] (o) terceiro ponto que é conscientização da sociedade sobre a responsabilidade de cada um com o meio ambiente; então é um tema que muita gente ainda não consegue absorver, não consegue entender que as ações dela vão ter uma ação no meio ambiente em geral. (trecho extraído da apresentação da A3 em sala de aula).

Ao longo das discussões, os licenciandos abordaram valores humanos e sociais vinculados à controvérsia em questão. Desta forma, apresentaram características que dialogavam com as categorias Q1, Q2 e Q3 – ao colocarem questões sociocientíficas (conservação ambiental e desenvolvimento tecnológico) e os diversos pontos de vistas e contrapontos sobre estas. Além disso, buscaram trazer para o debate aspectos que balizam a tomada de decisões e a percepção sobre os hábitos das pessoas em relação a ações no meio ambiente. Yun, Shi e Jun (2022), ao buscarem uma definição para o que é exatamente uma exposição que trate de questões sociocientíficas e como defini-la, apresentam três características que são marcantes: ter como objetivo a reflexão crítica; ter como forma da

mensagem a informação contextualizada; e ter como meio de expressão o compartilhamento de opiniões. Compreendemos que a atividade A3 contempla tais características.

Outras atividades trouxeram de forma marcante questões de interdisciplinaridade com ênfases nas ciências sociais, em diálogo com as ciências naturais – evidenciando características do extremo “esquentando” Q3. São exemplos as atividades A11, A16 e A23, que abordavam aspectos da Natureza da Ciência, levantando discussões como: quem faz ciência e a representatividade de mulheres e de pessoas negras na ciência (A11); o apagamento das contribuições das mulheres para o conhecimento científico (A16); e a imagem estereotipada dos cientistas nas mídias (A23).

As atividades A17, A19 e A21, ao abordarem a temática “Origem da vida”, também compartilham de características das categorias do eixo “esquentar” da natureza do conhecimento. Nestas atividades, os licenciandos tomam como apoio para as discussões um aparato expositivo presente no Museu de Microbiologia (MMB) que apresenta quatro hipóteses distintas sobre a origem da vida na Terra: panspermia cósmica, origem molecular, ideias metafísicas e geração espontânea. Na atividade A17, por exemplo, em sua apresentação, os licenciandos apontam para como o debate se situa entre os diferentes atores na sociedade:

E a gente acha que esse tema [...] é um tema controverso, principalmente pela relação entre o que é a concepção científica de origem da vida e o que é a concepção popular, né. *Então, quando a gente está falando em um contexto fora do meio científico, a gente pode se munir, enfim, de argumentos ou de teorias que não são científicas. Então, por exemplo, falar sobre religião, sobre Deus ter criado as coisas.* (trecho extraído da apresentação da A17 em sala de aula).

Neste caso, o próprio aparato da exposição favorecia o posicionamento dos visitantes sobre o tema, por meio da votação sobre a hipótese que eles podiam escolher. Tais apontamentos dialogam com as colocações de Pedretti (2004, p.34), nas quais a autora defende que “ao abordar questões sociocientíficas, os centros de ciência desafiam as instalações convencionais baseadas em fenômenos e criam diferentes experiências de aprendizagem e construção de significado para os visitantes”.

Nas atividades citadas neste item, aspectos da categoria *esquentando* ocupavam o lugar central de seus objetivos, estando presentes em vários momentos das discussões. Por exemplo, quando os licenciandos abordam as concepções populares relacionadas ao tema científico, explicitam dilemas éticos, religiosos (Q2). Ao mencionarem a existência de diferentes hipóteses, algumas indo contra a ciência, assumem o caráter de um conhecimento em construção (Q1), o qual é interdisciplinar, revelando relações com diferentes visões sobre o conhecimento (Q3).

Implicações e considerações finais

A diversidade de temas e conteúdos elencados pelos licenciandos mostra a complexidade e as possibilidades ao trabalhar com questões sociocientíficas. Podemos notar que, mesmo em atividades com temáticas semelhantes, a escolha dos conteúdos

específicos a serem abordados pode variar e, por consequência, “esfriar” ou “esquentar” o debate. Outro ponto a ser destacado é como a abordagem interdisciplinar não é marcante em todas as atividades. Apesar da ocorrência da categoria Q3 em 11 atividades, poucas propostas apresentaram um diálogo conciso entre diferentes áreas do conhecimento, como A11, A16 e A23. É importante destacar que esse não foi um dos atributos obrigatórios para a elaboração das atividades, porém, no intuito de ampliar as possibilidades de esquentar o debate acerca das questões sociocientíficas controversas, a interdisciplinaridade é um aspecto que deve ser considerado na construção de futuras atividades e na formação de professores (SIMONNEAUX, 2014).

Também deve ser destacada a relação estabelecida entre as atividades produzidas pelos licenciandos e os museus visitados. Todas elas deveriam ser elaboradas com base nas exposições visitadas, problematizando-as a partir das discussões sobre AC, CTSA e questões controversas. Algumas atividades, por exemplo, utilizam aparatos já presentes na exposição, como as atividades A17, A19 e A21. Nota-se, no entanto, que as atividades ampliaram e abordaram novos conteúdos que não estavam presentes na exposição, promovendo a autonomia dos futuros professores na utilização desses espaços, incentivando-os a ampliar as temáticas expostas nos museus visitados. Além disso, a ampliação do tema e a abordagem de novos conteúdos feitas pelos estudantes foram necessárias, na maioria das vezes, para promover a articulação de QScC nos museus de ciências – já que as exposições estudadas não abordavam os conteúdos nessa perspectiva. Esse exercício permitiu que os licenciandos adaptassem e ressignificassem os conteúdos desses espaços, a partir das demandas da proposta feita nas disciplinas cursadas.

A pesquisa aqui apresentada tinha a finalidade de analisar os conteúdos propostos e desenvolvidos nas atividades pelos licenciandos, interpretando como estes podem “esfriar” ou “esquentar” o debate acerca das QScC em atividades didáticas envolvendo exposições de museus. Ressaltamos que o conteúdo é um dos elementos que compõe os sistemas de ensino, sendo tão relevante quanto as estratégias e as metodologias utilizadas para cumprir os objetivos didáticos. Os aspectos metodológicos das atividades produzidas foram também registrados e encontram-se em análise, sendo que resultados preliminares sobre eles foram publicados em Scalfi, Izslaji e Marandino (2020).

Concordamos com Bencze *et al.* (2020), que afirmam que, ao trabalhar com questões socialmente vivas, “alguns professores podem optar por envolver ainda mais (‘aquecer’) os alunos em relação a tópicos que são controversos na sociedade e em termos de resultados mistos de profissionais. Outros professores, entretanto, podem escolher minimizar (‘esfriar’) a atenção às questões, talvez preocupados com a falta de certeza nas descobertas científicas e as reações dos alunos a tais incertezas” (BENCZE *et al.*, 2020, p. 837). Além disso, a falta de tempo para planejar aulas e as dificuldades quanto às estratégias de avaliação são também entraves no trabalho com as questões controversas (HODSON, 2013).

Considerando os aspectos mencionados, a partir das categorias delineadas pela dimensão de análise “Natureza do Conhecimento Sociocientífico Controverso”, tornou-se possível identificar quais aspectos das QScC – que estão presentes nos museus de ciências – podem “esquentar” ou “esfriar” os debates com os estudantes. Também foi possível evidenciar como esses espaços podem ser utilizados no processo de planejamento de

atividades educativas pelos futuros professores das escolas, sendo que estes profissionais têm o potencial de adaptar, ampliar e ressignificar os conteúdos trabalhados nas exposições dos museus, a partir de seus objetivos. Mais do que isso, as atividades elaboradas têm a possibilidade de efetivamente “esquentar” o discurso expositivo dos museus, inserindo-os de forma mais intensa no debate em torno do processo de AC, das relações CTSA e das questões controversas.

Referências

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BENCZE, Larry *et al.*. SAQ, SSI and STSE education: defending and extending “science-in-context”. **Cultural Studies of Science Education**, London, v. 15, n. 1, p. 825-851, 2020.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994.

COLOMBO JUNIOR, Pedro Donizete; LEITE, Eduardo Dantas; MARANDINO, Martha. Cool down ou heat up? A escolha de temas sociocientíficos controversos por professores em formação na relação com museus de ciências. **Revista Comunicações**, Piracicaba, v. 28, n. 3, p. 25-37, 2021.

COLOMBO JUNIOR, Pedro Donizete; MARANDINO, Martha. Museus de ciências e controvérsias sociocientíficas: reflexões necessárias. **Journal of Science Communication** – América Latina, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 1-17, 2020.

CONTIER, Djana; MARANDINO Martha. Formação de mediadores e temas controversos nos museus. **Boletim Gepem**, Rio de Janeiro, n. 69, p. 4-14, 2016.

DELICADO, Ana. Scientific controversies in museums: notes from a semi-peripheral country. **Public Understanding of Science**, London, v. 18, n. 6, p. 759-767, 2009.

FOUREZ, Gérard. **Alfabetización científica y tecnológica**: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Buenos Aires: Colihue, 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HENRIKSEN, Ellen; FRØYLAND, Merethe. The contribution of museums to scientific literacy: views from audience and museum professional. **Public Understanding of Science**, London, v. 9, n. 4, p. 393-415, 2000.

HODSON, Derek. Don't be nervous, don't be flustered, don't be scared. Be prepared. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, Ontario, v. 13, n. 4, p. 313-331, 2013.

HSIEH, Hsiu-Fang; SHANNON, Sarah E. Three approaches to qualitative content analysis. **Qualitative health research**, v. 15, n. 9, p. 1277-1288, 2005.

KOLSTØ, Stein Dankert. Scientific Literacy for Citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. **Science Education**, London, v. 85, n. 3, p. 291–310, 2001.

MARANDINO, Martha. Museus de ciências, coleções e educação: relações necessárias. **Museologia e Patrimônio**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 1-12, 2009.

MARANDINO, Martha; CONTIER, Djana. Controvérsias, museus e exposições: será esse um bom momento para incrementar a relação entre museus e públicos? **Jornal Pensar a Educação em Pauta**, Belo Horizonte, v. 5, n. 178, p. 1-6, 2017.

MARANDINO, Martha; PUGLIESE, Adriana; OLIVEIRA, Itamar Soares. Formação de professores, museus de ciências e relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. In: ROCHA, Marcelo Borges; OLIVEIRA, Roberto Dalmo V. L. (org.). **Divulgação científica: textos e contextos**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2019. p. 37-48.

MARANDINO, Martha *et al.* **Controvérsias em museus de ciências: reflexões e propostas para educadores**. São Paulo: Feusp, 2016.

MARTÍNEZ-PÉREZ, Leonardo Fabio. **Questões sociocientíficas na prática docente: ideologia, autonomia e formação de professores**. São Paulo: Unesp, 2012.

MASSARANI, Luisa *et al.* Adolescents learning with exhibits and explainers: the case of Maloka. **International Journal of Science Education**, London, v. 9, n. 3, part B, p. 253-267, 2019.

MILAN, Barbara *et al.* Propostas educativas voltadas ao público geral e ao público escolar. In: MARANDINO, Martha *et al.* (org.). **Práticas educativas e formação de públicos de museus: relações entre ciência, sociedade e temas controversos**. São Paulo: Feusp, 2020. p. 59-148.

MMB. Museu de Microbiologia. Instituto Butantan: a serviço da vida. **Página inicial do Museu de Microbiologia**. São Paulo: [s. n.], 2021. Disponível em: <https://butantan.gov.br/atracoes/museu-de-microbiologia>. Acesso em: 06 mar. 2021.

MZ-USP. Museu de Zoologia da USP. **Biodiversidade: conhecer para preservar**. São Paulo: [s. n.], 2021. Disponível em: <http://mz.usp.br/exposicoes/biodiversidade-conhecer-para-preservar/>. Acesso em: 06 mar. 2021.

NAVAS-IANNINI, Ana Maria. Science museums: reflections from an autobiographical journey. **Critical Voices in Science Education Research**, Cham, p. 73-81, 2019.

NAVAS-IANNINI, Ana Maria; PEDRETTI, Erminia; ATKINSON, Daniel. Consuming, wasting, and developing awareness: visitors' engagement with STSE perspectives in a science museum exhibit. **American Educational Research Association**, Washington, DC, p. 1-20, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3lhSVta>. Acesso em: 02 mar. 2021.

PEDRETTI, Erminia. Perspectives on learning through research on critical issues-based science center exhibition. **Science Education**, London, v. 88, n. S1, p. S34-S47, 2004.

PEDRETTI, Erminia. T. Kuhn meets T. Rex: critical conversations and new directions in science centres and science museums. **Studies in Science Education**, London, v. 37, n. 1, p. 1-41, 2002.

PEDRETTI, Erminia; NAZIR, Joanne. Currents in STSE education: mapping a complex field, 40 years on. **Science Education**, London, v. 95, n. 4, p. 601-626, 2011.

PEDRETTI, Erminia et al. Visitor perspectives on the nature and practice of science: challenging beliefs through a question of truth. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, Ontario, v. 1, n. 4, p. 399-418, 2001.

PILO, Miranda; MANTERO, Alfonso; MARASCO, Antonella. Science centres: a resource for school and community. **US-China Education Review**, Illinois, v. 8, n. 1, p. 80-88, 2011.

PUGLIESE, Adriana. **Os museus de ciências e os cursos de licenciatura em ciências biológicas: o papel desses espaços na formação inicial de professores**. 2015. 232 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

PUGLIESE, Adriana et al. Propostas educativas para a formação de professores. In: MARANDINO, Martha et al. (org.). **Práticas educativas e formação de públicos de museus: relações entre ciência, sociedade e temas controversos**. São Paulo: Feusp, 2020. p. 41-58.

REIS, Pedro. Uma iniciativa de desenvolvimento profissional para a discussão de controvérsias sociocientíficas em sala de aula. **Interacções**, Santarém, v. 2, n. 4, p. 64-107, 2006.

REIS, Pedro et al. The impact of student-curated exhibitions about socio-scientific issues on students' perceptions regarding their competences and the science classes. **Sustainability**, Basel, v. 12, n. 7, p. 1-13, 2020.

RENNIE, Léonie J. Learning science outside of school. In: ABELL, Sandra K.; LEDERMAN, Norman G. (org.). **Handbook of research on science education**. New Jersey: Mahwah, 2007. p. 125-170.

SADLER, Troy D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. **Journal of Research in Science Teaching**, Illinois, v. 41, n. 5, p. 513-536, 2004.

SADLER, Troy D.; ZEIDLER, Dana L. The morality of socioscientific issues: construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, London, v. 88, n. 1, p. 4-27, 2004.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

SCALFI, Grazielle Aparecida de Moraes; ISZLAJI, Cynthia; MARANDINO, Martha. A formação de professores na perspectiva CTSA por meio de atividades nos museus de ciências. **Indagatio Didactica**, Aveiro, v. 12, n. 4, p. 73-90, 2020.

SILVA, Everton Joventino da; MACIEL, Maria Delourdes. Abordagem de questões sociocientíficas: mapeamento de pesquisas acadêmicas brasileiras no período de 2012 a 2016. **Indagatio Didactica**, Aveiro, v. 11, n. 2, p. 281-296, 2019.

SIMONNEAUX, Jean. **Les configurations didactiques des questions socialement vives économiques et sociales**. Aix-Marseille: HDR: Université de Provence, 2011. Disponível em: https://oatao.univ-toulouse.fr/5289/1/Simonneaux_5289.pdf. Acesso em: 03 mar. 2021.

SIMONNEAUX, Jean; SIMONNEAUX, Laurence. Educational configurations for teaching environmental socioscientific issues within the perspective of sustainability. **Research in Science Education**, London, v. 42, n. 1, p. 75-94, 2012.

SIMONNEAUX, Laurence. Questions socialement vives and socio-scientific issues: new trends of research to meet the training needs of postmodern society. *In*: BRUGUIÈRE, Catherine; TIBERGHEN, Andrée; CLÉMENT, Pierre (ed.). **Topics and trends in current science education**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 37-54.

SIQUEIRA, Gisele Carvalho de *et al.* CTS e CTSA: em busca de uma diferenciação. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 17, n. 48, p. 16-34, jul./set. 2021.

SKYDSGAARD, Morten; ANDERSEN, Hanne Møller; KING, Heather. Designing museum exhibits that facilitate visitor reflection and discussion. **Museum Management and Curatorship**, London, v. 31, n. 1, p. 48-68, 2016.

YUN, Ayon; SHI, Chungkon; JUN, Bong Gwan. Dealing with socio-scientific issues in science exhibition: a literature review. **Research in Science Education**, London, v. 52, p. 99-110, 2022.

ZEIDLER, Dana L.; NICHOLS, Bryan H. Socioscientific issues: theory and practice. **Journal Elementary Science Education**, New York, v. 21, n. 2, p. 49-58, 2009.

Recebido em: 03.04.2021

Revisado em: 17.03.2022

Aprovado em: 09.06.2022

Editor: Prof. Dr. Fernando Rodrigues de Oliveira

Martha Marandino é professora titular da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Bolsista de produtividade do CNPq Nível 1C. Líder do Grupo de Estudo de Pesquisa em Educação Não Formal e Divulgação da Ciência (GEENF).

Eduardo Dantas Leite é mestre em ensino e história das ciências e da matemática pela Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, Brasil. Desenvolve pesquisas em áreas como: educação não formal, divulgação científica, museus e centros de ciências.

Pedro Donizete Colombo Junior é professor da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil. Bolsista de produtividade do CNPq Nível 2. Líder do Grupo de Estudo e Pesquisa em Educação Não Formal e Ensino de Ciências (GENFEC).