

Narrativa de Design sobre a Integração de Questões Sociocientíficas no Ensino de Genética: Desenvolvimento e Implementação do Modelo e-CRIA

Design Narrative About the Integration of Socio-Scientific Issues in Genetics Teaching: Development and Implementation of the E-Cria Model

Marcelo Bernardo de Lima  Brasil
Raul dos Santos Neto  Brasil
Miriam Struchiner  Brasil

O objetivo deste trabalho é analisar o desenvolvimento, implementação e avaliação de uma intervenção que integrou Questões Sociocientíficas (QSC) relacionadas ao Ensino de Genética mediado pelo uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no contexto da formação inicial de professores de Ciências e Biologia. As QSC são problemas reais que propiciam o entendimento dos estudantes sobre o mundo em que estão inseridos e permitem o desenvolvimento da argumentação e tomadas de decisões sobre temas relativos à Ciência e à Tecnologia. A abordagem metodológica adotada, Pesquisa Baseada em Design, é baseada na natureza aplicada da pesquisa em educação. Para integrar as TDIC no ensino, levou-se em consideração as particularidades do contexto e dos sujeitos. A pesquisa se desenvolveu a partir da parceria entre professores e pesquisadores e seguiu quatro fases: análise do problema educativo; desenvolvimento do artefato pedagógico; aplicação e avaliação do artefato; produção de princípios de design. O estudo foi realizado com dois professores de genética de uma Universidade Federal e nove alunos do Curso de Ciências Biológicas. Durante os encontros com os professores foi identificada a preocupação com o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos. O artefato criado (um blog, nortado pelo modelo de Ensino desenvolvido) foi adotado em uma disciplina optativa. Os alunos se interessaram principalmente pelo protagonismo, utilização das TDIC e possibilidade de discutir outros temas. Embora os achados da pesquisa sejam relacionados ao contexto particular dessa disciplina, a análise desse processo oferece subsídios para a investigação em outros contextos.

Palavras-chave: Questões Sociocientíficas; Ensino de Genética; Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação; Pesquisa Baseada em Design.

The objective of this study is to analyze the development, implementation, and evaluation of an intervention that integrated Socio-Scientific Issues (SSI) in Genetics teaching

with the use of Digital Information and Communication Technology (DICT) in the context of Science and Biology teacher education. The SSI are real life problems that support students' understanding about the world they live in and allow the development of argumentation and decision-making on topics related to Science and Technology. The methodological approach of Design-Based Research rests on the applied nature of educational research. In order to integrate the DICT in teaching, distinguishing characteristics of context and subjects were taken into account. Based on the partnership between teachers and researchers, the study was conducted in four stages: analysis of the educational problem; development of the pedagogical artifact; implementation and evaluation of the artifact; production of design principles. The study was carried out with two genetics professors and nine Biological Sciences students. During meetings with the teachers, a major concern with the development of student critical thinking was identified. The artifact created (a blog, guided by the Teaching model developed) was adopted in a 30-hour optional course. Students were particularly interested in their protagonism, in the use of DICT, and in the possibility to discuss other topics. Although the findings of this study are related to the particular context of this course, the analysis of this process provides support for research in other contexts.

Keywords: Socio-Scientific Issues; Genetics teaching; Digital Information and Communication Technology; Design-Based Research.

Introdução

A necessidade de preparar cidadãos para tomar decisões em um contexto cada vez mais influenciado pelos avanços em Ciência e Tecnologia (C&T) exige que tanto estudantes como docentes desenvolvam o pensamento crítico e autônomo para lidar com a grande quantidade de informação e avaliar possibilidades e consequências destes avanços em nossa sociedade (Sadler, 2009). Além disto, a popularização das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) permite maior disseminação de informações, devido à facilidade do acesso. Desse modo, Torres e Amaral (2011) reforçam que é preciso modificar as formas de ensinar e aprender, apesar das TDIC poderem dinamizar esses processos, elas precisam ser incorporadas criticamente às práticas pedagógicas.

Neste cenário, Pérez-López e Contero (2013) salientam que os sistemas educacionais de muitos países enfrentam a falta de interesse e desmotivação dos alunos pelas práticas de Ensino de Ciências (EC) tradicionais, principalmente pelo conteúdo ser tratado de forma dogmática e descontextualizada, com foco em memorização de nomes complexos, classificação de fenômenos e resolução de exercícios, geralmente com aulas expositivas (Santos, 2008).

Dentre as áreas de Ciências, o Ensino de Genética (EG) merece destaque, pois seus avanços, constantemente divulgados na mídia, implicam em questões sociais e éticas sobre as quais os indivíduos são chamados a se posicionar (Mello, Motokane,

& Tivelato, 2000). Além disso, segundo Leite (2004), o EG se desenvolve de maneira fragmentada e sem relação com a história da Ciência.

Integrar Questões Sociocientíficas (QSC) pode contribuir para enfrentar esses desafios, pois possibilita a inter-relação entre EC e formação para a cidadania, por envolver temas científicos controversos, tais como Mudanças Climáticas, Alimentos Transgênicos, Clonagem, Terapia Gênica etc. Esses temas são constantemente discutidos na mídia, em seus aspectos éticos, morais, científicos, políticos, ambientais, dentre outros (Sadler, 2011).

É importante que o EC aproxime-se do cotidiano dos alunos. Contudo, a formação inicial dos professores de Ciências e Biologia, segundo Pereira (2006) e Schnetzler (2000), enfrenta problemas que persistem ao longo dos anos. Esses autores destacam a existência dos seguintes obstáculos: o distanciamento entre as disciplinas de conteúdo específico e as disciplinas pedagógicas; dicotomia entre teoria e prática e a frequente valorização do Bacharelado, em detrimento da Licenciatura.

A Licenciatura em Ciências Biológicas (CB) se mantém ancorada em conhecimentos específicos da área. Os alunos iniciam seus estudos com disciplinas acadêmicas voltadas para a Biologia, com relação direta para formação de pesquisadores, tendo, no máximo, alguma experiência nas disciplinas de “conhecimento pedagógico” (Andrade, Ferreira, Vilela, Ayres, & Selles, 2004; Selles, & Ferreira, 2009).

Nascimento, Fernandes e Mendonça (2010) afirmam que a formação dos professores precisa ocorrer sob uma perspectiva transformadora, para alcançar os objetivos esperados do EC. Contudo, os professores possuem dificuldades em romper com a concepção positivista e autoritária do ensino, por terem sido ensinados por essas concepções.

Ensinar Ciências no cenário atual requer que os professores trabalhem com questões próximas dos alunos, sem perder o foco nos fundamentos científicos. Nesse sentido, é importante estreitar os laços entre escola e universidade, para que professores e pesquisadores possam atuar colaborativamente nas escolas.

Uma abordagem de estudo que pode contribuir para esta integração é a Pesquisa Baseada em Design (PBD) que tem como objetivo melhorar as práticas educacionais por meio de ciclos iterativos de análise, design, implementação e redesign, a partir da colaboração entre professores e pesquisadores, em contextos naturais de ensino-aprendizagem (Wang, & Hannafin, 2005).

Preocupações relacionadas ao desinteresse dos alunos frente ao ensino de Ciências tradicional, conteudista e distante do cotidiano e à necessidade de formar cidadãos críticos para se posicionarem em relação aos avanços científicos e tecnológicos orientaram o desenvolvimento deste trabalho, a partir da seguinte questão: Que abordagens e modelos de ensino podem contribuir para enfrentar estes problemas no contexto do Ensino de Genética?

Com base nos pressupostos da PBD, o objetivo deste trabalho é analisar o desenvolvimento, implementação e avaliação de uma intervenção que integrou QSC

relacionadas ao EG mediado pelo uso das TDIC no contexto da formação inicial de professores de Ciências e Biologia.

Questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências

As QSC são problemas polêmicos reais, sem solução clara, relacionados à Ciência e à Sociedade que denotam a complexa relação existente entre ambos e que surgem quando diferentes grupos de cidadãos propõem explicações e tentativas de soluções baseadas em diversos valores (Kumar, & Chubin, 2000; Sadler, 2004).

Um tema é considerado controverso quando: as pessoas possuem diferentes crenças, entendimentos e valores, resultando na elaboração de explicações diferentes; envolvem um número substancial de pessoas de diferentes grupos; o tema não pode ser resolvido apenas com evidências científicas.

De acordo com Santos e Mortimer (2001), as QSC desenvolvem-se no contexto dos currículos com enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), pela introdução de questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relativas à C&T.

As QSC podem se relacionar com temas globais, como mudanças climáticas, ou locais, como a legislação sobre a localização de uma nova usina nuclear. Por não possuir uma resposta definitiva, essas controvérsias permitem o posicionamento e argumentação dos indivíduos (Espana, & Prieto, 2009).

Dentre as suas potencialidades, destacam-se: oferta de temáticas que favorecem o ensino-aprendizagem de conteúdos científicos (Sadler, Barab, & Scott, 2007); possibilidade de aumento no interesse e motivação (Sadler, 2004) e o protagonismo estudantil (Kolstoe, 2001).

Zeidler, Sadler, Simmons e Howes (2005) identificaram quatro áreas de importância pedagógica para o ensino das QSC, que contribuem para o desenvolvimento pessoal, cognitivo e moral dos estudantes. Essas áreas são:

- 1) Natureza da Ciência: entendida como um conjunto de elementos que tratam da construção, estabelecimento e organização do conhecimento científico, tais como método científico, relação entre experimento e teoria, aceitação ou rejeição de ideias científicas etc. Um dos objetivos de ensinar Natureza da Ciência é desenvolver as habilidades dos alunos para avaliar criticamente alegações científicas recorrentes;

- 2) Discurso em sala de aula: para entender como os alunos constroem e utilizam seus argumentos. A argumentação fornece a oportunidade de reexaminar crenças e valores pessoais, levando os envolvidos a focarem na qualidade das alegações, dados e suposições de seus argumentos;

- 3) Fatores culturais: o ambiente da sala de aula inclui alunos de várias culturas, gêneros e capacidades cognitivas, sendo preciso valorizar e respeitar a pluralidade dos alunos;

- 4) Estudos de caso: a maioria das pesquisas utilizam estudos de caso com temas Sociocientíficos, pois podem promover o pensamento crítico dos alunos. Essa estratégia é adotada por não ter uma solução pré-definida, o que exige empenho dos

estudantes para identificar o problema, analisar evidências, desenvolver argumentos lógicos e propor soluções.

De acordo com Sadler (2011), não existe uma forma única para trabalhar as QSC em sala de aula, pois os professores precisam considerar o contexto da escola, dos aprendizes e a natureza dos temas que querem apresentar, para conseguir otimizar o EC com as QSC.

Nesse sentido, as QSC se mostram como uma possibilidade para apoiar a argumentação colaborativa dos alunos (Evagorou, 2011). Os alunos precisam explorar e entender os motivos que levaram algumas ideias a serem aceitas e outras a serem consideradas erradas.

Apesar da importância reconhecida e destacada na literatura, as QSC ainda não são comumente utilizadas em aulas de Ciências. Muitos professores evitam a discussão de QSC por não se sentirem seguros para gerenciar possíveis discussões polêmicas e argumentações de diversas naturezas em sala de aula. Além disso, a falta de conhecimentos necessários à discussão das QSC, tais como a Natureza da Ciência, aspectos sociológicos, políticos, éticos, econômicos e interdisciplinares (Reis, & Galvão, 2008; Santos, 2007) reforça esse problema.

As estratégias de ensino-aprendizagem utilizadas pelos professores de Ciências precisam ser modificadas se o objetivo for incorporar discussões sobre temas sociais às suas aulas. Conseguir relacionar aspectos científicos, ambientais, culturais, entre outros, relativos à C&T ainda é um desafio para o campo do EC e precisa ser melhor estudado.

Uma vez que as QSC estão situadas em contextos do cotidiano, sua inclusão no EC pode oferecer condições para os alunos reconhecerem a relevância da temática e aumentarem seu engajamento. Trabalhar com esses temas envolve o uso de algumas estratégias que escapem do alcance tradicional, tais como pequenos grupos de trabalho, estudos de caso, simulações etc. Dessa forma, para os alunos desenvolverem habilidades mais complexas, é preciso adotar estratégias que permitam o seu desenvolvimento.

Metodologia

Abordagem Metodológica

A PBD é uma abordagem metodológica interdisciplinar, ancorada na natureza aplicada da pesquisa educacional, que se desenvolve a partir de problemas da prática educativa e objetiva a construção de artefatos educativos (ferramentas tecnológicas, estratégias de aprendizagem, currículo etc.) que são implementados e pesquisados em contextos naturais de ensino-aprendizagem, a partir da parceria entre professores e pesquisadores (Barab, 2014).

Para construir colaborativamente os artefatos educacionais, pesquisadores e professores adotam uma teoria norteadora que se origina da análise do problema educativo e orienta todo o percurso de desenvolvimento e análise de soluções (Barab, & Squire, 2004). Essa preocupação com a teoria norteadora é um dos diferenciais da

PBD, de forma que a teoria influencia a prática e a prática influencia a teoria, buscando avançar, revisar ou criar novas teorias a partir de intervenções pedagógicas em situações naturais de ensino (Barab, 2014; Collins, Joseph, & Bielaczyc, 2004).

Essa abordagem envolve necessariamente a implementação do artefato, no contexto para o qual foi desenvolvido, criando condições particulares que compõem as intervenções. Os professores, pesquisadores e artefatos estão intimamente relacionados entre si, com a teoria norteadora e com o contexto natural que acontece a pesquisa (Juuti, & Lavonen, 2006).

A PBD assume que este processo de análise, desenvolvimento, intervenção e revisão do percurso é cíclico, contando com a participação dos envolvidos e discutindo com a literatura existente. O artefato pode sofrer mudanças ao longo do processo e os resultados contribuem tanto para seu aprimoramento, quanto para relacionar com o contexto do estudo, servindo de base para outros projetos e pesquisas (Wang, & Hannafin, 2005).

O presente estudo adotou o modelo de quatro fases da PBD, proposto por Reeves (2000). Este modelo serviu como um guia tanto para desenvolver o estudo como, também, para discutir os resultados: (1) Análise do problema educativo – os problemas são relatados e investigados a partir da parceria professor-pesquisador, procurando embasar na literatura da área e em explicações teóricas compatíveis; (2) Desenvolvimento do artefato pedagógico – a partir da teoria norteadora, levando em conta as especificidades do contexto; (3) Aplicação e avaliação do artefato (Intervenção) – para compreender e avaliar como o artefato desenvolvido contribuiu para a solução do problema educativo; e (4) Reflexão para produzir princípios de design – que permite visitar cada fase do processo, propondo refinamentos em outros ciclos de intervenção ou aplicação em outros contextos. Apesar da adoção dessa divisão em fases, o planejamento, análise e avaliação acontecem de forma constante e dinâmica.

Contextos e Sujeitos

O contexto de desenvolvimento da pesquisa foi o curso de Ciências Biológicas (CB) de uma Universidade Federal da região Sudeste. Esse curso conta com as seguintes habilitações: Licenciatura em Ciências Biológicas e Bacharelado em Biologia Marinha, Biologia Vegetal, Ecologia, Genética e Zoologia.

Do ciclo básico até o 4º semestre, todos os estudantes cursam “disciplinas de conteúdo biológico” e, a partir do 5º semestre, os alunos de Bacharelado escolhem a modalidade e as disciplinas específicas, enquanto os de Licenciatura fazem as “disciplinas de conteúdo pedagógico”.

Além disso, a Universidade na qual se desenvolveu este estudo é reconhecidamente uma instituição de pesquisa e, como tal, há supervalorização da pesquisa e da produção acadêmica, em detrimento das demais atividades. Este é o caso do Ensino, que acaba ficando em segundo plano. Neste mesmo sentido, há maior valorização dos cursos de Bacharelado em relação aos de Licenciatura (Mindal, & Guerrios, 2013; Pereira, 2006).

A pesquisa contou com dois professores pesquisadores do departamento de Genética (PA e PB) da mesma Universidade, que participaram em todas as etapas, e dois pesquisadores de Tecnologia Educacional (PTA e PTB). PA leciona nessa instituição há mais de cinco anos e, atualmente, ocupa a coordenação de Ensino do Departamento de Genética. PB leciona na instituição há mais de 20 anos e coordena o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID).

Além dos professores, nove alunos (A1, A2... A9) participaram da etapa de intervenção e avaliação da experiência (modelo de ensino, blog e disciplina). Os estudantes foram convidados a participar espontaneamente da disciplina por meio de um e-mail enviado pela secretaria do curso de CB. Apenas dois alunos estavam cursando o Bacharelado na modalidade Genética e os demais estavam na Licenciatura em Ciências Biológicas. Todos os alunos participantes estavam no final da graduação, cursando o 6º ou o 7º período.

Procedimentos

Para as primeiras etapas de estudo, tais como análise do problema educativo e desenvolvimento do artefato pedagógico, PTA, PTB, PA e PB reuniram-se no laboratório vinculado a PTA e PTB. A etapa de aplicação e avaliação do artefato foi realizada na sala de aula desse laboratório, contando com os quatro professores e os nove alunos inscritos para participar da disciplina. Por fim, a última etapa foi realizada a partir de todos os dados coletados ao longo da pesquisa. É importante destacar que os autores estavam envolvidos nos encontros e durante as aulas.

As seis reuniões da equipe, referentes à primeira e segunda fases, foram registradas por meio de gravação e transcrições dos áudios e anotações em diário de campo. As 15 aulas também foram registradas da mesma forma e por observações feitas por dois colaboradores do grupo de pesquisa. Na última aula, foi realizada uma discussão em grupo para avaliar a experiência dos alunos.

Estes registros dos diários de campo, observações e transcrições constituíram o corpus da análise qualitativa para interpretar a dinâmica e os percursos de tomada de decisões que levaram a identificar o problema educativo e desenvolver o artefato pedagógico e, no caso das aulas, analisar a participação dos alunos e verificar se o objetivo do artefato foi alcançado.

Os resultados de um processo de PBD são apresentados na forma de narrativas de design (Barab, 2014). Barab (2014) define estas narrativas a partir de Gee (2013) como “storied truths” (verdades contadas) e relatam detalhadamente todo o percurso, tomadas de decisão, resultados obtidos, e adaptações do artefato e discussão associada à literatura, sob um nível de pensamento reflexivo, partindo do princípio de que ao narrarmos um percurso de pesquisa, estamos necessariamente agregando significados sobre a experiência vivenciada.

Para tanto, as narrativas de design envolvem não apenas compartilhar resultados sobre o artefato projetado, mas fornecer descrições ricas do contexto, da teoria norteadora,

das características de design, da intervenção e do impacto dessas características na participação e na aprendizagem dos envolvidos (Barab, & Squire, 2004). Dessa forma, é possível demonstrar o impacto local da intervenção e, ao descrever essas narrativas, torna-se possível que outros pesquisadores entendam como aconteceu a intervenção e possam recontextualizá-la para suas particularidades locais, ampliando seu impacto (Barab, 2014; Barab, & Squire, 2004).

Este projeto foi submetido ao Comitê Nacional de Ética e Pesquisa - CONEP e aprovado sob o número 2.553.293. Tanto os alunos, quanto os professores, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Resultados

Fase 1: Análise do Problema Educativo

Segundo Edelson (2002), a análise do problema educativo é o ponto de partida da pesquisa educacional e é caracterizada pela problematização entre os envolvidos com a situação problema que está sendo vivida e que se pretende modificar. A iniciativa partiu da equipe de pesquisa (PTA e PTB), que convidou uma professora do departamento de Genética (PB) para discutir o uso de tecnologias no EC, para tratar das QSC no Ensino de Genética e para avaliar seu interesse em se envolver em um projeto nesta perspectiva.

Todos os contatos iniciais e explicações sobre as questões foram feitos por e-mail e a pesquisadora sugeriu convidar um colega do departamento de Genética a participar com ela neste projeto (PA).

Logo no primeiro encontro, PTA e PTB explicaram o interesse em propor mudanças no ensino de ciências e na importância de integrar este processo na formação de professores de Biologia e propuseram uma reflexão sobre QSC por meio das TDIC.

Pode-se afirmar que, neste momento, os professores de Biologia ficaram mobilizados pela ideia e concordaram que temas controversos poderiam provocar pontos de mudança nos alunos, fazendo com que eles, por meio do interesse e da motivação, pudessem buscar informações e conhecimentos científicos, integrando conhecimentos e reflexões de diferentes áreas.

Os caras já fizeram um estudo recente que a nossa maçã de hoje é menos nutritiva do que a maçã de 50 anos atrás. No final das contas, você não convence o agricultor de que a maçã dele tem uma vitamina C, e por isso tem um preço diferenciado no mercado. E ele vai produzir mais que aquela planta transgênica consegue baratear os custos dele. Vamos produzir mais, então se acelerar o procedimento das maçãs, afeta o metabolismo delas, tudo isso é controverso. Você não vê essas conversas, né? Interesses econômicos, fatores culturais, tem uma porção de dilemas aí. (PA -2º encontro)

Isso vira uma discussão interessante. Uma outra discussão é que o transgênico vai fazer mal, que vai entrar na pessoa e vai deixar ela doente. A pessoa entendendo, vai ver que não faz mal: você vai comer e vai degradar tudo do mesmo jeito que você degrada qualquer outro comida (...) Se o licenciando aprender assim, ele aprende além do

conteúdo, ele aprende essa maneira de trabalhar, pensar. Aí ele pode aplicar no ensino médio. (PB - 2º encontro)

Nesse sentido, entendemos que o primeiro passo para aprofundarmos questões relativas ao ensino de Biologia, mais especificamente da Genética, estava dado, tendo em vista a receptividade, curiosidade e interesse dos docentes PA e PB.

Os professores relataram que, por experiência própria, os estudantes estão chegando cada vez mais despreparados e sem as bases necessárias do Ensino Médio. PB sugeriu que fosse realizada uma pesquisa para tentar identificar aspectos críticos na formação atual em Biologia no Ensino.

Estes aspectos são tratados na literatura por Scheid e Ferrari (2006) e Lewis e Wood-Robinson (2002) que constataram que vários conceitos básicos de Genética não são entendidos pelos alunos ao final da Educação Básica, tais como: relação entre gene e cromossomo; finalidade dos processos de meiose e mitose; distinção entre gene e informação genética.

Além da dificuldade relacionada aos conceitos genéticos, mais três fatores foram levantados e podem estar relacionados ao despreparo dos alunos: dificuldade com matemática; relação entre currículo básico e conteúdo nos livros didáticos e presença dos temas abordados no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

As expressões Matemáticas no EG são alvos de confusão para os alunos, dificultando a aplicação dos conceitos de probabilidade e estatística relacionados à Primeira e Segunda Lei de Mendel (Cid, & Neto, 2005).

Ao analisar o currículo básico do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro (Seeduc, 2012), o conteúdo previsto para o primeiro ano é: Citologia e origem da vida; Genética; Evolução e Seres vivos. Contudo, após consulta no acervo indicado no Plano Nacional do Livro Didático de 2015, constatou-se que nenhum dos livros contempla o conteúdo de Genética em seu primeiro volume.

Após levantamento nas provas dos anos 2009 até 2016, percebeu-se que a genética é um tema pouco expressivo entre as questões de Biologia do ENEM. Os três temas de Biologia que mais aparecem nesse exame são Ecologia, Citologia e Fisiologia. Dessa forma, é muito provável que os professores de Biologia do Ensino Médio dediquem-se a tratar principalmente de assuntos mais frequentes no ENEM.

Segundo Leite (2004), o EG se desenvolve de maneira fragmentada, linear e sem relação com a história da Ciência. Esses fatores reforçam a crítica de Santos (2008) sobre o caráter mecânico do EC, geralmente focado na memorização, em aulas expositivas e resolução de exercícios.

Apesar da problemática inicial ter sido discutida no segundo encontro, durante as outras reuniões foi discutida a falta de leitura crítica e posicionamento dos alunos frente às notícias que são divulgadas pela mídia. Além disto, no contexto destas discussões, os professores criticaram a qualidade dos materiais com informações científicas, criando dois polos de uma discussão. Se por um lado os alunos apresentam suas limitações oriundas de uma formação baseada na memorização (Santos, 2008), por outro os

próprios materiais apresentam limitações (Silva, 2011) que criam demandas para a melhoria da formação, como um círculo vicioso em que já não se pode mais definir causas e efeitos.

Muitas vezes o professor está em sala de aula e mostra uma prática como mágica e não como um coisa científica, ou talvez trabalhar um pouco nisso ajuda numa questão mais básica que é a mente crítica [...] Tudo tem que ser crítico, quando eu pego vídeo do Youtube para dar aula de genética molecular eu levo horas, porque toda hora eu acho um bendito erro, entendeu? (PA - 2º encontro)

Às vezes o título é um pouco chamativo, mas na realidade o texto é correto e mostra como foi feito [a pesquisa], mas não chega a discutir a parte genética, ambiental e tudo mais. (PB - 3º encontro)

Assim, foi sendo construído o problema educativo que norteou este estudo e que pode ser sintetizado da seguinte forma: o baixo nível de conhecimento e a falta de pensamento crítico dos alunos ao ingressarem no curso de CB, que se reflete na pouca construção de sentidos sobre os conteúdos, na leitura mecânica e na falta de posicionamento, argumentação e tomada de decisões. Além dos problemas já citados de desmotivação dos alunos (Pérez-Lopez, & Contero, 2013), uma vez que chegam condicionados a memorizar informação e distanciam-se da essência dos fenômenos e de suas implicações para os futuros alunos e para a sociedade em geral (Santos, 2008).

Diante desse quadro, é preciso considerar estratégias e abordagens que possam favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico e discussões dos alunos. Nesse sentido, faz-se necessário reforçar a participação ativa e trabalhar com temas do interesse dos estudantes.

Fase 2: Desenvolvimento do Artefato Pedagógico

A abordagem Histórico-Cultural de Vygotsky (Oliveira, 2010) foi proposta aos professores PA e PB não apenas pelas convicções epistemológicas de PTA e PTB, mas também a partir de falas dos professores de Biologia, que deixaram pistas de ideias compatíveis com esta perspectiva.

Botou um material, um vídeo, um texto e tem o momento de discutir. Depois é deixar eles fazerem e ter a discussão entre eles, mas ter essa discussão orientada pelo professor presencialmente. (PB - 2º encontro)

Eles trazem a notícia e eles se questionam (...) faça o aluno construir, então vai depender deles. (PA - 3º encontro)

Aqui como eles vão ter o computador, eles podem ir fazendo vendo como ficou, e aí trocando entre si, já discutindo rápido ali. (PB - 4º encontro)

Assim, entende-se que os indivíduos constroem significados na sua relação com o mundo pessoal e social em que vivem, interagem e colaboram, estando vinculados ao contexto que cada indivíduo está inserido e pelas influências que o ambiente sociocultural

exerce (Rego, 2014). Nessa abordagem, a aproximação com uma realidade é sempre mediada por sistemas simbólicos que estruturam esta construção de significados (Oliveira, 2010).

Nessa perspectiva, o desenvolvimento humano segue a direção do social para o individual, por meio da internalização dos processos externos (Rego, 2014). Para Vygotsky, as relações entre os sujeitos e o meio levam à construção compartilhada de conhecimentos, pois é por meio das relações entre os sujeitos e o ambiente que o objeto de conhecimento é estabelecido. Nesse sentido, Rego (2014) afirma que diálogo, cooperação, troca de informações e confronto de pontos de vista diferentes levam à processos significativos no ensino-aprendizagem. Estas condições, quando levadas em consideração, permitem que os alunos possam expressar o que já sabem.

A partir da abordagem Histórico-Cultural e para construir a proposta, várias ideias começaram a ser levantadas. Porém, para servir de elemento mediador dos princípios norteadores e sua aplicação prática, bem como para oferecer aos professores PA e PB um exemplo mais concreto sobre um possível modelo pedagógico que representasse as reflexões desenvolvidas, PTA apresentou a Figura 1 representando graficamente o modelo de ensino proposto pelo projeto ENGAGE da Open University (Okada, 2016).



Figura 1. Habilidades do projeto ENGAGE (Adaptação de Okada, 2016, p.10)

As atividades visam desenvolver dez habilidades relacionadas com a Aprendizagem Baseada em Investigação: elaborar questões; interrogar fontes; examinar consequências; estimar riscos; analisar evidências; elaborar sínteses; criticar afirmações; justificar opiniões; agir com ética; comunicar ideias (Okada, 2016).

Esse projeto articula-se à Pesquisa e Inovação Responsáveis (Responsible Research and Innovation - RRI) chancelada pela Comunidade Europeia (Owen, Macnaghten, & Stilgoe, 2012), que visa antecipar e avaliar os impactos dos novos conhecimentos científicos e desenvolvimentos tecnológicos que possam ser positivos ou negativos para o meio ambiente e para a sociedade. Combina Recursos Educacionais Abertos, Comunidades de Práticas e Cursos Online Abertos para professores. Esses materiais são produzidos em diversos idiomas e são baseados em QSC e na Aprendizagem Baseada

em Investigação, abordando temas atuais relevantes para a sociedade (Okada, Young, & Sherborne, 2015).

A apresentação deste modelo serviu para os professores de Genética compreenderem a natureza da proposta e como base para o desenvolvimento de um modelo de Ensino focado no aluno, como oposição ao modelo tradicional e também como possível alternativa ao ensino pouco crítico que foi mencionado.

Não precisa ter um professor aqui na frente explicando, eu acho que ele dá autonomia para o aluno [...] Então ele não tá dando uma resposta pronta, não é pergunta e resposta. (PA - 3º encontro)

Tem uma etapa que é mais centrada no professor, que é quando ele explica o tema... qual é a dificuldade? Como a gente vai desenvolver? E aí uma etapa centrada no aluno. (PTB - 3º encontro)

E a grande diferença que eu acho é que esse está abordando a formação, os outros não. Os outros estão abordando informações. (PB - 3º encontro)

Apesar de os professores concordarem com o modelo inicialmente proposto, foram feitas diversas adaptações que levaram à construção de um modelo de ensino-aprendizagem denominado e-CRIA (Escolher, Comunicar, Refletir, Indagar, Analisar utilizando a Internet como base), centrado na participação ativa dos alunos, por meio da argumentação com o objetivo de apoiar a integração das QSC no Ensino de Biologia, com foco na Genética a partir de polêmicas divulgadas na Internet, visando desenvolver o pensamento crítico e argumentação dos futuros professores.

A partir da comparação entre as propostas de ensino CTS de Aikenhead (1994) e a proposta de ensino com QSC de Eilks (2010), é possível perceber algumas semelhanças, inclusive que foram adotadas para o modelo criado, tais como:

- 1) Introdução de um problema: a temática selecionada deve envolver, no mínimo, uma questão de conflito que seja atual, relevante ao contexto de ensino e de interesse para os envolvidos;
- 2) Foco na Ciência: nas duas propostas a C&T possuem um destaque relacionado aos problemas; seguindo essa preocupação, as discussões são ancoradas no papel da Ciência;
- 3) Discussões amplas: diretamente relacionadas às características dos temas controversos.

Além dessas três características, a fase de meta-reflexão proposta por Eilks (2010) também foi adotada, por considerarmos sua importância quando relacionada com as práticas educativas e experiências vividas pelos futuros professores.

Alguns elementos foram inspirados no projeto ENGAGE, tais como analisar a confiabilidade das notícias e comunicar, de maneira oral e escrita o posicionamento dos sujeitos (Okada, 2016). Além disso, os elementos que compõem o ensino baseado em QSC propostos por Sadler (2011), tais como as características e práticas que os docentes devem assumir e a alta expectativa e colaboração dos alunos, também foram

considerados.

Todos esses elementos foram considerados essenciais para o contexto de ensino-aprendizagem e o modelo e-CRIA pode ser resumido em cinco ações, conforme Figura 2.

Ações	Referências utilizadas
Escolher temas	Proximidade com o cotidiano (Lima, & Linhares, 2008); Temas polêmicos (Aikenhead, 1999; Eilks, 2010)
Analisar a confiabilidade	Indicadores adaptados do projeto ENGAGE (engagingscience.eu); Questionamentos e busca de informações (Moraes, 2000)
Analisar as informações	Discussão por meio de pesquisa, diálogo com professores e entre alunos (McNeil, & Krajcik, 2008); Discussão por meio de pesquisa, diálogo com professores e entre alunos (McNeil, & Krajcik, 2008); Ampliação da discussão científica para temas sociais, culturais, éticos, econômicos, políticos, etc. (Aikenhead, 1999; Eilks, 2010; Sadler, 2011)
Comunicar	Estímulo da discussão entre alunos (Carvalho, 2008); De forma oral e escrita (engagingscience.eu)
Refletir	Relacionando os diversos aspectos envolvidos (Eilks, 2010)

Figura 2. Resumo das etapas do modelo e-CRIA e as referências utilizadas

A escolha dos temas é feita pelos alunos e professores, procurando questões polêmicas, atuais interessantes ou próximas ao cotidiano dos envolvidos (Aikenhead, 1999; Eilks, 2010; Lima, & Linhares, 2008).

A análise da confiabilidade cria questionamentos em relação à validade e à confiabilidade do material e de suas informações (Moraes, 2000). Foram adotados alguns indicadores a partir de princípios disponíveis no site do projeto ENGAGE para questionar a confiabilidade dos materiais.

A análise das informações acontece por meio de discussões sobre os conceitos básicos, pesquisas na Internet e diálogo entre professores e entre alunos (McNeil, & Krajcik, 2008). Em seguida, a discussão é orientada para os diversos aspectos subjacentes aos científicos, tais como sociais, éticos e econômicos (Aikenhead, 1999; Eilks, 2010; Sadler, 2011).

A comunicação permite que os alunos compartilhem posicionamentos sobre os temas e expliquem seus argumentos (Carvalho, 2008). Essa comunicação pode ocorrer por meio de diferentes estratégias, como rodas de conversa, júris simulados, produção de textos e materiais educativos, utilizando diversas modalidades (fala, escrita, imagem, som e vídeo).

A reflexão incentiva alunos e professores a repensar suas experiências com os temas, com a Ciência subjacente, com os diversos aspectos envolvidos e com as demais ações realizadas no modelo (Eilks, 2010).

Cabe ao docente estimular a discussão entre os alunos e encorajar a participação de todos. Nesse sentido, a Internet pode se caracterizar como um espaço de ensino-aprendizagem, pois permite que os envolvidos sejam co-autores, co-aprendizes e co-

produtores de seus conhecimentos (Okada, 2011).

Inicialmente, foi discutida a ideia de trabalhar este modelo em uma das disciplinas obrigatórias de Genética, porém essa ideia foi descartada pelos professores devido ao excesso de conteúdos já vinculados a essas disciplinas. Para promover tais mudanças, os professores deveriam estar dispostos e preparados para repensar o programa da disciplina, rever os conteúdos e habilidades esperados dos alunos e propor novas práticas educativas, além de levar tais discussões aos seus pares no Departamento de Genética.

Os professores têm dificuldades em romper com a concepção conteudista e com a relação de autoridade no ensino aprendizagem, por terem sido formados a partir destas concepções tradicionais, pautadas na transmissão de grande quantidade de conhecimento e na centralidade do professor no processo educativo. Isto dificulta o ensino voltado para a formação crítica dos cidadãos (Nascimento et al., 2010).

Entendemos que estas transformações não se dão repentinamente e dependem de mudanças nas concepções e na autoconfiança dos docentes. Contudo, ao se abrirem para novas experiências, os professores podem ressignificar o excesso do conteúdo, a favor de outras habilidades como pensamento crítico e argumentação. Portanto, é neste contexto que torna-se compreensível que os professores tenham se sentido mais seguros para criar uma nova disciplina, optativa, nesta primeira experiência.

Tendo definido o modelo educativo, o próximo passo foi pensar em recursos educativos que fossem compatíveis com seus princípios e que viabilizariam sua implementação. Inicialmente, foram propostos dois espaços, o blog e o Facebook. Apesar das vantagens de familiaridade e fácil acesso ao Facebook, o grupo decidiu trabalhar com o blog para evitar as possíveis distrações que esta rede social pode oferecer e, também, pela organização cronológica de blogs, tornando mais fácil encontrar postagens específicas.

Foi proposto, como artefato, um blog norteado pelo modelo de Ensino e-CRIA. Após a escolha por trabalhar com um blog educacional, também chamado de Edublog (Silva, & Albuquerque, 2009), foi realizada uma pesquisa para identificar os blogs de ensino de Genética em português. Foram elencados 17 Edublogs sobre esse tema, sendo oito mantidos por professores; quatro por alunos; três por grupos de pesquisa e dois por grupos de estudos com professores e alunos.

Os Edublogs de professores e grupos de pesquisa foram classificados, segundo Gomes e Lopes (2007), como recursos pedagógicos, pois formam um espaço de acesso à informação especializada ou um espaço de disponibilização de informação. Por outro lado, os Edublogs criados por alunos ou grupos de estudo, segundo Gomes e Lopes (2007), são classificados como estratégias pedagógicas, por serem centrados na participação ativa dos alunos por meio da produção, postagens e comentários, assumindo características de um espaço de colaboração, debate e integração.

Essa parte da dinâmica, você pode até integrar vídeos, essas coisas são bem legais, e eu acho, na minha opinião, você pode montar uma coisa em que os alunos é que vão botar os artigos no blog, só que isso vai ser direcionado. (PA 3º - encontro)

Isso que eu vejo, os alunos discutindo entre eles ou botando algum tema, né, para discutir. (PB - 3º encontro)

Nessa proposta de participação ativa dos alunos, os professores atuam como mediadores, auxiliando na habilidade de pesquisar e selecionar informações e na construção dos conhecimentos, que são produzidos por meio de discussões, interações entre os alunos, escrita colaborativa crítica e reflexiva (Oliveira, 2008).

Nesses novos cenários promovidos pela Internet, as tecnologias digitais oferecem diferentes espaços de interação, construção colaborativa e autoria. Um exemplo clássico que está na origem dessas construções no espaço digital são os blogs que foram utilizados nas aulas, pelos alunos e professores para armazenar as notícias trabalhadas, os artigos científicos utilizados e as produções dos alunos. Os recursos tecnológicos permitem maior flexibilidade, criticidade e criatividade por parte dos alunos, principalmente por possuírem uma linguagem familiar aos alunos e fazer parte do cotidiano deles.

Conforme Figura 3, o blog desenvolvido (www.controversagenetica.wordpress.com) foi dividido em cinco tópicos distintos, denominados de abas da plataforma Wordpress, são elas “Temas”, “Base Científica”, “Refletir”, “Links úteis” e “O modelo”.



Figura 3. Detalhes do layout da plataforma escolhida

Com a estrutura do blog montada, com base nas ações do modelo e-CRIA e na construção colaborativa de significados, começou-se a debater quais temas seriam tratados. Pretendia-se definir os temas iniciais, deixando os subtemas em aberto para os alunos escolherem e trabalharem livre e coletivamente. Os professores PA e PB sugeriram Transgenia e Genética do comportamento como temas iniciais.

Essas preocupações levaram à construção da disciplina optativa “Controvérsias Sociocientíficas e Ensino de Genética” com 30 horas de duração, mantendo todas as decisões e escolhas que foram realizadas durante as reuniões. Essa disciplina foi oferecida por PA e PB em parceria com PTA e PTB, contando com a participação de nove alunos do curso de CB de uma Universidade Federal.

Os Organismos Geneticamente Modificados ou Transgênicos referem-se a seres vivos que tiveram sua constituição genética alterada pela introdução de pelo menos

um gene de outro ser vivo, geralmente de outra espécie (Kreuzer, & Massey, 2002). As controvérsias em relação a esse tema giram em torno de quatro áreas: ambiente, saúde, economia e ética. Trata-se portanto de um tema atual, e muito próximo à vida dos alunos, especialmente graduandos em CB.

Por outro lado, o tema Genética do comportamento possui controvérsias em relação à própria natureza do estudo, sua legitimidade e metodologia das pesquisas realizadas (Veríssimo, & Santos, 2008). Essa área tem como objeto de estudo interesses psicológicos, capacidades mentais, traços de personalidades, psicopatologias etc., comparando o comportamento de populações em função de suas características genéticas.

O grupo tinha levado em consideração a proposta de manter as aulas na modalidade semipresencial, devido às facilidades das TDIC. Contudo, devido à pouca familiaridade de PA e PB com atividades educativas online e o foco na discussão e desenvolvimento de pensamento crítico das aulas, optou-se pela modalidade presencial de ensino, de forma que toda a discussão e produção fosse realizada durante as aulas presenciais, tendo como uma de suas principais mediações a Internet.

Eu consigo ver que o curso vai ser bastante presencial mesmo, essa parte deles irem para casa é só trabalho de casa. Não tem como desenvolver um pensamento crítico sozinho em casa, sem discutir com os outros alunos. (PA - 3º encontro)

E aqui como eles vão ter o computador, eles podem ir fazendo, vendo como ficou, e aí trocando, já discutindo rápido ali [...] se você faz em casa, até ter a resposta do outro [...] se você tá fazendo junto, a gente já orienta e vai montando aqui. Eu acho importante, dizer realmente que eles têm que estar aqui. (PB - 3º encontro)

É importante salientar que todas as ações referentes ao modelo e-CRIA (escolher temas, analisar a confiabilidade, analisar as informações, comunicar e refletir) estão presentes em todas as atividades realizadas durante as aulas. O programa da disciplina foi estruturado em quatro atividades, da seguinte forma:

A primeira aula destinou-se à apresentação dos participantes, da proposta da disciplina, do modelo e-CRIA e assinatura dos TCLE.

As aulas 2 a 7 focaram na análise de notícias. Os alunos se envolveram na escolha, leitura e indagações das notícias, com foco na análise das informações e sua confiabilidade.

As aulas 8 e 9 foram destinadas à produção de uma notícia. A partir de uma das notícias trabalhadas, os alunos dividiram-se em grupos para reescrever a notícia, com base nas discussões realizadas ao longo das aulas e dos artigos científicos envolvidos.

Aulas 10 a 13 tiveram como meta o júri simulado sobre o tema “Homossexualidade é determinada por fatores biológicos ou culturais?” que foi escolhido pelos participantes. Cada grupo produziu os argumentos embasados em pesquisas na Internet, discussões e reflexões em grupo e com os professores. Na simulação do júri, cada grupo apresentou seus argumentos sobre o tema.

As aulas 14 e 15 focaram em produção de atividades educativas. A partir de reflexões sobre possibilidades de transferir a experiência vivenciada na disciplina para futuras práticas profissionais, os alunos produziram e apresentaram materiais para o Ensino Médio, propostas de transposição das discussões e adaptações dos textos.

Por fim, o grupo decidiu que a avaliação dos alunos seria pela experiência como um todo, discussões em sala de aula, pesquisas na Internet e participação no blog.

Fase 3: Intervenção e Avaliação

As aulas, com exceção da atividade do júri simulado, aconteceram na sala de aula do Laboratório de pesquisa vinculado a PTA e PTB, que conta com sete computadores dispostos em formato de U e três notebooks, todos ligados à Internet. Essa disposição da sala permitiu uma interação maior entre os envolvidos, pois não cria posições privilegiadas, favorecendo uma construção compartilhada de conhecimento, cooperação e troca de informações.

Nas duas primeiras aulas, o protagonismo dos professores PA e PTB foi maior, tendo em vista a apresentação da disciplina, as primeiras orientações sobre o modelo e-CRIA e o artefato, bem como a construção de um ambiente de sala de aula aberto ao diálogo de todos os sujeitos envolvidos (Sadler, 2011). Posteriormente, a horizontalidade marcou os papéis assumidos por professores e alunos. Uma vez que o modelo propõe a participação ativa dos alunos, os professores atuaram como facilitadores do processo de ensino-aprendizagem, participando das negociações e gestão dos objetivos de ensino, assim como na manutenção da prática discursiva em sala de aula. A interação professor-aluno e aluno-aluno é apontada como uma maneira eficaz de desenvolver o pensamento crítico dos envolvidos (Schön, 2000).

Nas aulas iniciais (2-7), os alunos procuraram e selecionaram notícias controversas relacionadas aos temas Transgenia e Genética do comportamento. Dessa forma, 12 notícias foram postadas no blog, lidas, analisadas e discutidas, sendo que sete destas notícias foram analisadas também a partir dos artigos científicos que serviram de fonte para as notícias, conforme Figura 4.

Durante as aulas, foi possível perceber o engajamento dos alunos, tanto nas atividades quanto nas discussões e reflexões realizadas. A partir da primeira aula, quando foi explicada a proposta da disciplina e o perfil esperado dos alunos, eles começaram a participar e propor reflexões sobre ensino. PTA e PTB colaboraram pontuando as atividades previstas para cada dia e participando das discussões e reflexões. PA e PB, além de participarem dessa forma, também discutiram os temas genéticos relacionados às notícias.

Em relação às notícias trabalhadas, a seleção pelos alunos foi de fundamental importância, não só pelo interesse e motivação, mas também pela proximidade com o seu cotidiano. Com exceção da primeira notícia, todas as outras foram selecionadas pelos alunos, reforçando a importância de discutir temas de interesse dos estudantes.

As aulas seguintes (7-15) se dividiram em três atividades em grupo, sendo

elas: produção de notícias, júri simulado e produção de atividades educativas para o Ensino Básico. As atividades em grupo se relacionam diretamente com a aprendizagem colaborativa, nas quais os envolvidos constroem coletivamente o conhecimento, por meio de reflexões e discussões (Kunz, 2001).

Título das notícias selecionadas	Artigo científico relacionado à notícia
Cientistas podem ter descoberto que orientação sexual é genética https://www.megacurioso.com.br/genetica/85364-cientistas-podem-ter-descoberto-que-orientacao-sexual-e-genetica.htm	Os alunos não buscaram a fonte
Why are mice (and people) monogamous? A study points to genes https://www.nytimes.com/2017/04/19/science/parenting-genes-study.html?ref=oembed	Os alunos não buscaram a fonte
Descoberto gene da “sensação de cansaço” http://saude.ig.com.br/bemestar/descoberto-o-gene-da-sensacao-de-cansaco/n1237812439937.html	Behavioral and Genetic Markers of Sleepiness. Goel, N., & Dinges, D. F. 2011 DQB1*0602 predicts interindividual differences in physiologic sleep, sleepiness, and fatigue Goel, N., Banks, S., Mignot, E., & Dinges, D. F., 2010
Teste genético ajuda médico a indicar melhor anti-depressivo http://www1.folha.uol.com.br/equilibriosaude/2017/06/1896005-teste-genetico-ajuda-medico-a-indicar-o-melhor-antidepressivo.shtml	Os alunos não buscaram a fonte
Transgênicos: está provado que estes alimentos causam autismo ou câncer? http://revistagalileu.globo.com/blogs/olhar-cetico/noticia/2015/05/transgenicos-esta-provado-que-estes-alimentos-causam-autismo-ou-cancer.html	Empirical Data Confirm Autism Symptoms Related to Aluminum and Acetaminophen Exposure Seneff, S., Davidson, R. M., & Liu, J., 2012
Cabras transgênicas produzem leite para combater doença de Gaucher http://g1.globo.com/ceara/especial-publicitario/unifor/ensinando-e-aprendendo/noticia/2015/10/cabras-transgenicas-produzem-leite-para-combater-doenca-de-gaucher.html	Os alunos não buscaram a fonte
Unifor produz os primeiros caprinos transgênicos para lisozima humana por microinjeção do país http://unifornews.unifor.br/index.php?option=com_content&view=article&id=500	Os alunos não buscaram a fonte
Cientistas criam humano transgênico e provocam polêmica https://exame.abril.com.br/ciencia/cientistas-criam-humano-transgenico-e-provocam-polemica/	Correction of a pathogenic gene mutation in human embryos Ma, H et al., 2017

Figura 4. Lista de notícias trabalhadas, links dos sites e artigos científicos pesquisados (continua)

Título das notícias selecionadas	Artigo científico relacionado à notícia
Estudo retoma polêmica sobre genética e criminalidade http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/10/estudo-retoma-polemica-sobre-genetica-e-criminalidade.html	Genetic Background of Extreme Violent Behavior. Tiihonen, J., et al., 2015
Pesquisadores corrigem genes defeituosos em embriões humanos https://g1.globo.com/bemestar/noticia/pesquisadores-corrigem-genes-defeituosos-em-embrioes-humanos.ghtml	Correction of a pathogenic gene mutation in human embryos. Ma, H et al., 2017
Mecanismos neurais e genética interferem na obesidade infantil, diz estudo http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2017/09/06/interna_ciencia_saude,623792/mecanismos-neurais-e-genetica-interferem-na-obesidade-infantil-diz-es.shtml	Neural correlates of familial obesity risk and overweight in adolescence. Carnell, S. et al., 2017

Figura 4. Lista de notícias trabalhadas, links dos sites e artigos científicos pesquisados (continuação)

Nas duas aulas referentes à produção da notícia, com base nas críticas discutidas, os alunos propuseram refazer uma das notícias trabalhadas. Após rápida leitura, o grupo optou pela notícia “Cientistas criam humano transgênico e provocam polêmica”, por a considerarem mais interessante e pelo fato de o grupo já ter postado o artigo científico referente à essa notícia. Durante as duas aulas dessa atividade, os professores e pesquisadores procuraram não interferir, uma vez que os alunos estavam discutindo entre os grupos, fazendo comparativos entre a notícia e o artigo científico.

O júri simulado, além de promover a argumentação, tem potencial para promover o aprendizado colaborativo dos estudantes, por meio da análise dos argumentos e contra argumentos, desenvolvimento do pensamento crítico, reflexão e tomada de decisões (Anastasiou, & Alves, 2009; Vieira, Melo, & Bernardo, 2014). Nas quatro aulas referentes ao júri simulado, os alunos e professores optaram pelo tema “Homossexualidade é determinada por fatores biológicos ou culturais?” dentre os temas trabalhados na disciplina (transgenia e genética do comportamento).

Nesse júri, os papéis foram divididos da seguinte forma: proponente – um grupo defendendo que os fatores biológicos determinam a homossexualidade; oponente – um grupo defendendo que os fatores culturais determinam a homossexualidade; terceiro – plateia que atuou como júri. PA, PB e PTA participaram juntamente com a plateia, enquanto PTB atuou como mediador da atividade.

Além disto, a plateia foi formada por alunos e professores do curso de CB, por meio de convite veiculado pelo grupo na Internet. Estes papéis são semelhantes aos propostos por Vieira et al. (2014). Após a realização do júri, houve um debate com a plateia, que além de perguntas relacionadas diretamente aos grupos, também realizou indagações sobre produção científica, método científico e impacto das pesquisas.

Nas duas últimas aulas, os alunos dedicaram-se à produção de propostas educativas para a Educação Básica a partir de suas reflexões sobre a experiência nesta disciplina. Cada grupo escolheu livremente o subtema trabalhado.

As aulas tiveram como meta secundária ampliar o leque de possibilidades desses

alunos enquanto futuros professores, focando, principalmente, no pensamento crítico e reflexivo do ensino voltado para sua formação. Dessa forma, os alunos tiveram uma experiência que fugiu ao modelo tradicional, o que pode proporcionar uma mudança na forma de ensinar (Nascimento et al., 2010). Em diversos momentos ao longo das aulas, houve reflexões relacionadas ao ensino, principalmente pelo fato de a maioria da turma ser de alunos da licenciatura. Além dessas reflexões, constantemente foram debatidas questões éticas, políticas e econômicas, como previsto nas QSC.

É importante ressaltar a produtividade dos alunos, que mesmo em uma disciplina de 30 horas, envolveram-se ativamente em várias atividades: selecionaram e discutiram 12 notícias com temas controversos e socialmente relevantes, acessando e discutindo o artigo científico de sete destas notícias, produziram uma notícia, participaram do júri simulado passando pela elaboração de argumentos baseados em estudos e pesquisas e materiais audiovisuais que usaram para convencimento da plateia, além de terem projetado possibilidades de aplicação do modelo em futuras práticas docentes.

Na última aula houve uma discussão em grupo, para conhecermos as impressões dos alunos sobre as aulas, o modelo e-CRIA, a utilização das TDIC e as possíveis implicações para suas futuras práticas docentes.

Conforme discutido, o modelo e-CRIA teve como objetivo desenvolver o pensamento crítico e a argumentação dos alunos a partir de notícias relacionadas à Ciência. Em relação ao pensamento crítico, os alunos (A1 e A7) fizeram relação direta com a falta de questionamento nas aulas do curso de Biologia.

Eu volto a falar, a gente vive num mundo muito questionador, a gente saber falar das questões, saber debater e colocar essas questões e dar voz a elas, é muito importante. (A1)

E eu acho que não é incentivado a gente questionar, por exemplo, quando tem apresentações, palestras, você vê que os alunos são sempre os últimos, raramente fazem perguntas, porque a gente não tem isso aflorado [...] Então a gente fica muito ouvindo o que os professores falam. Às vezes a gente até vê quando o professor tá errado, mas a gente fica 'não vou falar'. (A7)

Essas críticas relacionam-se com um ensino tradicional, no qual os professores são ativos e os alunos são meramente passivos, respondendo perguntas, fazendo anotações e ouvindo o professor. Isto reforça a importância de refletir sobre o ensino e de propor mais interações dialógicas entre alunos e professores e entre alunos e alunos para a construção de significados social e cientificamente relevantes sobre os temas. Além disso, os alunos reforçaram a importância de questionar e discutir novos temas, indo de encontro à proposta de Hodson (2011) de discutir temas sociais, como injustiça, racismo, sexismo, homofobia e outras formas de discriminação no Ensino de Ciências.

A argumentação foi citada pelos estudantes (A1, A4 e A8) como outro diferencial das aulas, salientando a importância de repensar as interações discursivas em sala de aula.

Eu achei muito legal porque a matéria dá muita voz à gente, o que não é normal. Porque, qualquer matéria, sei lá, eu não me sinto bem de falar, mas aqui eu me sinto livre, eu posso falar qualquer ponto de vista, aqui é neutro [...] E tem aquela parada de “ah, não existe pergunta idiota, mas existe, sempre existe”. E aqui eu sinto que posso fazer qualquer pergunta! (A8)

Por exemplo, quando a gente pensa em aula em escola, o que a gente pensa é a gente vai lá, vai passar o conteúdo, aquela coisa bem tradicional, e aí esses alunos tem que memorizar aquilo pra poder passar em uma prova, entendeu? É esse o modelo que a gente tem, e aí quando a gente começa a valorizar o debate, valorizar a forma como a ciência tá inserida no cotidiano do aluno, a gente passa a passar outras coisas também, que são muito mais importantes, do que sei lá, saber todos os detalhes de como a transcrição ocorre [...] Eu acho que esse foco na participação, de enxergar o aluno assim, não como um agente passivo nessa construção, isso também foi muito importante. (A4)

As práticas argumentativas requerem uma mudança do posicionamento dos alunos e professores, de maneira que os alunos sejam atores protagonistas e possam atuar juntos durante as discussões. Santos (2008) sugere, a partir de Freire (1970) que, para desenvolver a consciência crítica nos alunos, é preciso o processo dialético, isto é alunos e professores são educados uns pelos outros. De acordo com Vieira, Nascimento, Melo e Bernardo (2015), os docentes precisam participar das negociações juntamente com os alunos, introduzir a argumentação e manter essa prática durante as aulas. Nesse sentido, o protagonismo dos alunos é destacado por A3 e A8 como outro diferencial das aulas.

E outra coisa que eu achei maneira é que essa aula não é aquela assim “eu posso faltar hoje e semana que vem entrego a matéria ou essas paradas”, eu tinha uns amigos que eu sempre falava que não dava pra fazer alguma coisa na quinta-feira porque eu tenho aula “cara, mata a aula aí”, “não dá”, mas aí eles ficavam “como que não dá?” eu ficava tipo “se ninguém aparecer, não tem aula e isso é muito irado!”. (A8)

Esse protagonismo dos alunos é um dos diferenciais do modelo e-CRIA, pois todas as ações previstas dependem da participação e engajamento dos estudantes. O ensino centrado nos alunos condiz com as propostas de ensinar Ciências com as QSC, conforme discutido anteriormente.

A partir das discussões sobre a importância do pensamento crítico e do questionamento no ensino, os alunos (A4, A7) fizeram críticas ao curso de CB.

Porque na graduação, onde teoricamente é um lugar de pensamento crítico, isso não é valorizado de forma alguma, a gente não sente isso. Na própria biologia, é muito comum a gente ouvir “ah, eu vim porque a biologia me incitou um debate muito interessante sobre a ciência, né? Porque a ciência é tão importante”, mas a gente não debate isso no curso. A gente tem uma disciplina pra isso, que é a disciplina de metodologia, mas é muito incipiente também. (A4)

Mas o pensamento crítico é algo que deveria ser passado pra gente no início da faculdade, porque você aceita muito o que é falado pra você ali, naquela hora, na aula. Você pode

buscar em outros lugares e se aquele livro tiver contradizendo o professor, você fecha o livro e vai procurar o livro que está de acordo com seu professor. (A7)

O sentido dado pelos alunos para o pensamento crítico é semelhante ao proposto por Tytler, Duggan e Gott (2000), que relaciona com a capacidade de desenvolver critérios para escolher entre diferentes pontos de vista, assim como desenvolver habilidades para lidar com as informações e interpretar os fatos. Os alunos defendem que o pensamento crítico precisa ser trabalhado em todas as disciplinas, de forma integrada, não restrito ao final do curso ou a algumas disciplinas.

A experiência dos alunos com uma nova proposta de ensino levou a diversas reflexões e críticas, ao longo das aulas, sobre o currículo, objetivos, avaliações, limitações e dificuldades do Ensino.

A proposta apresentada durante as aulas pretendeu relacionar a Ciência com o cotidiano dos alunos, em uma tentativa de deixar o ensino mais significativo e interessante para os envolvidos, evitando a Ciência dogmatizada e descontextualizada, problemas comumente criticados por Santos (2008) e Sadler (2011). Além desses fatores, um dos estudantes (A4) reforçou a importância de abordar outros temas, que não são inicialmente relacionados ao conteúdo científico.

Outra coisa que dá pra gente levar daqui é deixar o foco do conteúdo, não de lado, mas abrir espaço pra outras questões também [...] Acho que é muito mais importante você saber, ok, mas o que isso tem a ver com o fato de aquilo ter, sei lá, determinados medicamentos hoje em dia, com isso funcionar no dia-a-dia, o que isso tem a ver com o fato de ter um cara na televisão falando que daqui a 10 anos, vão fazer crianças perfeitas? Acho que o foco é muito além daquela coisa conteudista e tem que ser valorizado. (A4)

Essa discussão de outras dimensões do conhecimento está de acordo com as bases das QSC, que preveem debates relacionados a economia, ambiente, política, ética, religião etc. (Levinson, 2006). Nesse sentido, os alunos precisam de uma compreensão sobre o conteúdo científico para fundamentar suas reivindicações e argumentos (Hodson, 2011).

Ao observar a participação dos alunos durante as aulas e analisar as falas durante a discussão em grupo na última aula, nota-se a reflexão sobre o protagonismo, a argumentação e o pensamento crítico para o ensino. Essa reflexão dos alunos demonstra que os objetivos do modelo e-CRIA, aplicados nessa disciplina, foram alcançados.

O pensamento crítico é percebido a partir das reflexões e da fala dos alunos e professores sobre os problemas do ensino, tais como a aprendizagem mecânica, a falta de protagonismo, diálogo e posicionamento. Nesse sentido, os estudantes e professores compreenderam a importância do pensamento crítico para o processo de ensino-aprendizagem.

Com base nas observações realizadas durante as aulas e na discussão em grupo, pode-se afirmar que o problema educativo, originalmente pontuado por PA e PB, posteriormente embasado na literatura, conquistou espaço e despertou a reflexão dos alunos sobre as relações no processo de ensino-aprendizagem de CB.

Fase 4: Produção de Princípios de Design

De acordo com Wang e Hannafin (2005), os princípios de design são produzidos ao fim de cada ciclo ao analisar o artefato construído, o contexto específico e a teoria norteadora. Esses princípios são ancorados na literatura e nos dados coletados para garantir a praticidade e usabilidade dos resultados obtidos, refletindo sobre as práticas, dinâmicas, condições e motivações que envolvem a produção de um artefato e sua aplicação em um contexto específico.

Segundo Barab (2014), por meio da reflexão crítica de cada fase e da análise retrospectiva, os princípios de design oferecem insights, para outros pesquisadores sobre as estratégias, artefatos, desafios e oportunidades. Os seguintes princípios de design foram construídos a partir dos dados coletados, resultados discutidos e experiência vivenciada.

O primeiro princípio pode ser definido como: as discussões em torno da definição do problema educativo não se limitam às primeiras impressões trazidas pelos sujeitos da prática educativa, mas evoluem e se transformam na medida em que têm oportunidade de interagir com diferentes olhares sobre a problemática, abrindo espaço para iniciativas inovadoras no EC.

Os Professores de Genética (PA e PB) iniciaram suas discussões sobre ensino, identificando o despreparo com que os alunos estão chegando na Universidade como a principal fonte de problemas no ensino-aprendizagem desta disciplina, incluindo problemas com matemática (Cid, & Neto, 2005) e falta de entendimento sobre os conceitos básicos de Genética (Scheid, & Ferrari, 2006; Lewis, & Wood-Robinson, 2002).

Embora este fato não possa ser desconsiderado, tendo em vista as discussões sobre QSC e pensamento crítico em relação à C&T apresentados pelos pesquisadores em EC, a atenção dos professores foi descentralizada de suas preocupações de aspectos apenas conteudistas para enfatizar aspectos socioculturais. Estas questões passaram a se constituir como centrais na identificação e análise do problema educativo.

O segundo princípio indica que: no processo de elaboração de uma proposta educativa, artefatos simbólicos como esquemas e figuras potencializam a concretização de ideias abstratas, estabelecem uma linguagem comum e podem apoiar os professores sobre o formato das aulas.

Ao longo das reuniões iniciais, PTA e PTB refletiram com os Professores de Genética sobre várias possibilidades de construção de um modelo de ensino inovador, voltado para o protagonismo dos alunos, afastando-se do EC mecânico, conforme a crítica de Santos (2008). Porém, foi no momento em que PTA trouxe a figura do modelo ENGAGE (Okada, 2016) que houve uma compreensão mais concreta, bem como a adesão à ideia de refletir sobre seus elementos e elaborar uma proposta para adotar no contexto desta PBD.

Esta figura foi mediadora do diálogo na equipe e possibilitou a projeção do modelo para a prática destes professores.

O terceiro princípio é assim definido: é preciso estar consciente de que, após

a implementação do primeiro ciclo desta PBD, embora seja possível sistematizar o modelo adotado, esta sistematização não é rígida, pois é fruto da interação entre a fase de planejamento e sua efetivação com os sujeitos envolvidos na prática, ancorado no contexto natural em que foi aplicado.

O modelo e-CRIA foi desenvolvido a partir do projeto ENGAGE (Okada, 2016) e de referências sobre ensino de Ciências com base na abordagem CTS (Aikenhead, 1994) e nas QSC (Eilks, 2010; Sadler, 2011). Apesar de ter sido desenvolvido e planejado antes do início da disciplina, este modelo sofreu diversas adaptações ao longo das aulas e somente se concretizou a partir de sua implementação na prática com o grupo de alunos e docentes específicos que se envolveram ao longo das 15 aulas fazendo escolhas e tomando decisões.

Nenhum modelo de ensino pode ser considerado ideal, é preciso refletir sobre as particularidades do contexto e dos sujeitos envolvidos.

O quarto princípio indica que: a disposição da sala de aula contribui para que professores e alunos desempenhem papéis mais horizontais e promovam mais interações e trocas.

A disposição da sala de aula parece ter uma importância maior do que geralmente é percebida durante as pesquisas da área de ensino. Durante as aulas e a discussão em grupo, os alunos relataram que a organização da sala em forma de U foi um dos fatores que os levaram a participar mais livremente durante as aulas. Além da disposição da sala, o fato de os professores e pesquisadores se posicionarem junto aos alunos, também favoreceu as interações dos participantes, reforçando a construção de significados a partir da relação com o mundo, com outras pessoas e pelas influências do ambiente sociocultural (Oliveira, 2010; Rego, 2014).

Esse espaço horizontal, onde professores trabalham junto com os alunos, estimulou a participação de todos ao longo das aulas.

O quinto princípio indica que: uma proposta inovadora e autônoma precisa de tempo de adaptação dos participantes (professores e alunos) para se consolidar nas relações educativas, sendo comum a orientação e liderança iniciais dos professores.

Mesmo tendo sido projetado para favorecer a autonomia dos alunos, nas aulas iniciais PA e PTB tomaram a frente do processo, apresentando os materiais, explicando a disciplina, o modelo e-CRIA e propondo atividades iniciais, que serviram para orientação, familiarização de todos com o ambiente e para a construção coletiva do significado da proposta. Após a terceira aula, os alunos começaram a trabalhar de forma mais autônoma e propositiva, provavelmente pelas polêmicas e debates gerados pelas QSC (Kolstoe, 2001; Vieira et al., 2015), influenciando, inclusive o próprio modelo educativo.

Sadler (2011) propõe que o ambiente de sala de aula pode contribuir significativamente no processo de ensino-aprendizagem e nos papéis dos estudantes e professores. Contudo, essa mudança de papéis não ocorre pela simples proposição das ações de cada um. Os envolvidos precisam entender o contexto, a proposta e o modelo

de ensino para assumir e entender os novos papéis. No contexto aqui analisado, isto só foi alcançado pela clareza da apresentação das propostas e de um período de adaptação a uma nova dinâmica de trabalho, diferente das experiências vivenciadas no curso de Biologia.

O sexto princípio pode ser definido como: em um modelo de ensino baseado em QSC na formação de professores de Ciências, é importante ficar atento ao balanceamento entre os fundamentos científicos e as discussões de questões controversas, uma vez que construir argumentos éticos, sociais, ambientais, políticos e científicos é igualmente importante na formação de professores de Ciências e na formação para a cidadania.

Nas aulas iniciais, observou-se que o foco dos alunos centrou-se muito mais em discutir as questões controversas envolvidas, deixando os aspectos relativos ao conteúdo científico em segundo plano. Isto pode ter ocorrido diante da novidade das QSC, que mobilizou e motivou os alunos a se posicionarem em relação aos temas e serem protagonistas durante as aulas (España, & Prieto, 2009; Kolstoe, 2001).

Contudo, ao longo do tempo, e especialmente em aulas relacionadas às atividades em grupo, os alunos participaram cada vez mais, pesquisando, escrevendo, e debatendo entre si; os conteúdos foram trabalhados de maneira mais profunda dentro dos grupos, por meio de pesquisas, discussão entre os alunos e com a participação de PA e PB, acrescentando o conteúdo científico foi possível favorecer o ensino-aprendizagem dos temas (Sadler et al., 2007) durante as discussões sobre as QSC.

Por fim, o sétimo princípio indica que: processos de ensino-aprendizagem podem se beneficiar da integração das TDIC, se sua incorporação for natural, não somente como fontes de informação, mas como parte das linguagens que circulam em processos dialógicos envolvendo os participantes (professores e alunos).

Desde a segunda aula, os alunos incorporaram o uso do blog de maneira natural, como parte constitutiva da linguagem do modelo educativo proposto para a disciplina: postando informações, procurando artigos científicos e realizando as atividades propostas.

De acordo com Silva (2011) e Torres e Amaral (2011), as TDIC precisam ser incorporadas criticamente nas aulas, dialogando com o planejamento das mesmas, com a infraestrutura e com as capacidades e limitações dos alunos e professores.

Essa naturalidade da aplicação das TDIC, de compartilhamento de informações, mesmo no ensino presencial, aproxima-se, em muito, ao uso que os estudantes já fazem no cotidiano, integrando as tecnologias para as mais diversas atividades sociais.

Considerações Finais

Esse artigo discute os resultados referentes ao primeiro ciclo de uma PBD no contexto da formação de professores em Ciências Biológicas por meio das narrativas de design de cada uma de suas fases. Partindo dos pressupostos da PDB, foi possível analisar as particularidades de cada uma das fases, apontando desafios e aprendizagens ao longo do processo.

Vale ressaltar que a dinâmica das interações vivenciadas e os resultados da pesquisa definiram-se pelas características individuais e coletivas dos sujeitos envolvidos nas atividades. Neste sentido, a produtividade, a dinâmica e as experiências vivenciadas, embora situadas neste contexto específico, apontam para princípios e contribuições para pesquisas em outros contextos.

O artefato desenvolvido (um blog norteado pelo modelo e-CRIA) teve como objetivo superar os problemas educativos relatados por PA e PB e ancorados na literatura (Leite, 2004; Pérez-Lopez, & Contero, 2013; Santos, 2008) por meio do protagonismo, desenvolvimento do pensamento crítico e argumentação dos alunos sobre QSC relacionadas à Genética.

Nesse cenário, as QSC permitem o posicionamento e argumentação dos professores e alunos por envolver temas polêmicos com diversas possibilidades (Evagorou, 2011; Sadler, 2011). Os avanços científicos e tecnológicos permitem a reflexão e posicionamento dos cidadãos, especialmente em relação as questões sociais e éticas envolvidas (Mello et al., 2000), sendo preciso desenvolver pensamento crítico para lidar com as informações divulgadas em diversas fontes (Sadler, 2009).

Durante as aulas, foi possível perceber o engajamento dos alunos nas discussões sobre os temas, nas reflexões sobre o ensino e no uso das TDIC, Passareli (2007) aponta a importância de repensar o papel dos professores e alunos, especialmente devido à disseminação das TDIC no ensino. Além disso, os alunos estiveram envolvidos ativamente em diversas atividades diferentes. Devido ao protagonismo dos alunos, horizontalidade e argumentação em sala de aula, os estudantes tiveram uma experiência diferenciada do modelo de ensino tradicional.

Os alunos avaliaram de maneira positiva o uso das TDIC, especialmente o caráter de procurar informações e embasar argumentos; a mudança de papéis dos docentes e a valorização do pensamento crítico e argumentação para o ensino.

Apesar da avaliação positiva dos alunos sobre o uso das TDIC, da argumentação no ensino e do modelo e-CRIA, é preciso avançar em novas discussões, principalmente para: analisar o desenvolvimento e a profundidade do pensamento crítico dos alunos; relacionar a argumentação dos alunos com os conteúdos de Genética, para além das discussões Sociocientíficas sobre os temas; aprimorar a relação das TDIC, tanto com as aulas, quanto com os temas discutidos.

A implementação de novos ciclos poderá dar continuidade à evolução do design produzido nesta etapa e avançar nas contribuições do modelo pedagógico e-CRIA e do artefato desenvolvido, não somente para práticas educativas de ensino de Biologia e outras Ciências Naturais, mas também para fortalecer as discussões com a literatura e os aportes teóricos que fundamentaram seu desenvolvimento (Juuti, & Lavonen, 2006), levando em conta a dinâmica e a complexidade dos diferentes contextos socioculturais de aprendizagem em que se aplicarão (Barab, 2014; Barab, & Squire, 2004).

Os professores PA e PB estão motivados a dar continuidade, participando da implementação de um novo ciclo da pesquisa, salientando a importância da experiência

e do protagonismo dos alunos, bem como valorizando seus próprios papéis como formadores em pesquisa e em ensino na área de Genética. Além disso, estão dispostos a disseminar a experiência entre seus pares do curso de Biologia.

Esse trabalho demonstra a importância de refletir e de propor alternativas para o Ensino de Ciências. É preciso romper com a visão positivista e autoritária do ensino (Nascimento et al., 2010), principalmente na formação inicial dos professores. Nesse sentido, é importante propor alternativas para os Cursos de Licenciatura, a fim de formar professores mais críticos e receptivos que estejam dispostos a adotar formas alternativas de ensinar e aprender.

Agradecimentos

Esse trabalho contou com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Referências

- Aikenhead, G. (1994). What is STS in science teaching? In J. Solomon, & G. Aikenhead (Eds.). *STS education: International perspectives on reform*. (pp. 47–59) New York: Teachers College Press.
- Anastasiou, L. D. G. C., & Alves, L. P. (2004). Estratégias de ensinagem. In L. D. G. C. Anastasiou, & L. P. Alves (Org.) *Processos de ensinagem na universidade: Pressupostos para as estratégias de trabalho em aula* (pp.68–100), 5º Ed. Joenville: Univille.
- Andrade, E. P., Ferreira, M. S., Vilela, M. L., Moreira, A. C., & Selles, S. E. (2004). A dimensão prática na formação inicial docente em Ciências Biológicas e em História: modelos formativos em disputa. *Ensino em Re-Vista*, 12(1), 7–21.
- Barab, S. (2014). Design-based research: A methodological toolkit for engineering change. In R. K. Sawyer (Ed.) *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp.151–170), Second Edition. Cambridge: University Press.
- Barab, S., & Squire, D. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *The journal of the learning sciences*, 13(1), 1–14. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1
- Carvalho, A. M. P. (2008). Habilidades de professores para promover a enculturação Científica. *Contexto & Educação*, 22(77), 25–49.
- Cid, M., & Neto, A. (2005). Dificuldades de Aprendizagem e Conhecimento Pedagógicos do Conteúdo: o caso da Genética. In *VII Congresso Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1–5.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2

- Edelson, D. C. (2002). Design research: what we learn when we engage in design. *Journal of the Learning Science*, 11(1), 105–121. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1101_4
- Eilks, I. (2010). Making chemistry teaching relevant and promoting scientific literacy by focusing on authentic and controversial socio-scientific issues. In *Annual Meeting of the Society for Didactics in Chemistry and Physics*, Potsdam, Germany.
- España, E., & Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 245–354.
- Evagorou, M. (2011). Discussing a socioscientific issue in a primary school classroom: The case of using a technology-supported environment in formal and nonformal settings. In T. D. Sadler (Ed.). *Socio-scientific issues in the classroom* (pp.133–159). Netherlands: Springer.
- Gomes, M. J., & Lopes, A. M. (2007). Blogues escolares: quando, como e porquê. In *Atas do encontro Weblogs na Educação: 3 experiências, três testemunhos*. Centro de Competência CRIE. ESE de Setúbal.
- Hodson, D. (2011). *Looking to the Future: Building a Curriculum for Social Activism*. Netherlands: Sense Publishers.
- Juuti, K., & Lavonen, J. (2006). Design-based research in science education: one step towards methodology. *Nordina*, 2(2), 54–68. <http://dx.doi.org/10.5617/nordina.424>
- Kolstoe, S, D. (2001). Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291–310. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.1011>
- Kreuzer, H., & Massey, A. (2002). *Engenharia genética e biotecnologia*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed.
- Kumar, D., & Chubin, D. (eds.) (2000). *Science, Technology, and Society: a sourcebook on research and practice*. New York: Kluwer Academic.
- Kunz, E. (2001). *Educação física: ensino e mudanças*. 2. ed. Ijuí: Unijuí.
- Leite, R. C. M. (2004). *A produção coletiva do conhecimento científico: um exemplo no ensino de genética*. (Tese de Doutorado em Educação Tecnológica) Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201–1224. <https://doi.org/10.1080/09500690600560753>
- Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship. *International Journal of Science Education*, 22(2), 177–195. <https://doi.org/10.1080/095006900289949>

- Lima, G. Z., & Linhares, R. E. C. (2008). Escrever bons problemas. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 32(2), 197–201. <http://dx.doi.org/10.1590/S010055022008000200007>
- McNeil, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on students learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53–78. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20201>
- Mello, C. M., Motokane, M. T., & Tivelato, S. L. F. (2000). Ensino de genética: avaliação de uma proposta inovadora. In Coletânea do VI Encontro *Perspectivas do ensino de Biologia* (p. 376–377). Campinas: UNICAMP.
- Mindal, C. B., & Guérios, E. (2013). Formação de professores em instituições públicas de ensino superior no Brasil: diversidade de problemas, impasses, dilemas e pontos de tensão. *Educar em Revista*, 29(50), 21–33.
- Moraes, R. (2000). É possível ser construtivista no Ensino de Ciências? In R. Moraes (org.). *Construtivismo e ensino de Ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas* (pp. 103–130). Porto Alegre: EDIPUCRS.
- Nascimento, F., Fernandes, H. L., & Mendonça, V. M. (2010). O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. *Revista HISTEDBR On-line*, 10(39) 225–249. <https://doi.org/10.20396/rho.v10i39.8639728>
- Okada, A. (2011). Coaprendizagem via comunidades abertas de pesquisa, práticas e recursos educacionais. *Revista e-curriculum*, 7(1), 1–15.
- Okada, A. (2016). *Engaging Science: Innovative Teaching for responsible citizenship*. Milton Keynes: The Open University.
- Okada, A., Young, G., & Sherborne, T. (2015). Innovative Teaching of Responsible Research and Innovation in Science Education. E-Learning Papers. *Open Education Europa Journal*, 44 (1).
- Oliveira, M. K. (2010). *Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento - um processo sócio-histórico*. 5 Ed., São Paulo: Scipione.
- Oliveira, R. M. C. (2008). Interfaces colaborativas e Educação: o uso do blog como potencializador do processo de avaliação. In P. Dias, & A. J. Osório (Org.). *Ambientes educativos emergentes* (pp. 101–119). Braga: Universidade do Minho - Centro de Competência.
- Owen, R., Macnaghten, P., & Stilgoe, J. (2012). RRI: From Science in Society to Science for Society, with Society. *Science and Public Policy*, 39(6), 751–760. <https://doi.org/10.1093/scipol/scs093>
- Pasarelli, B. (2007). *Interfaces digitais na educação: @lucina[ções] consentidas*. São Paulo: Escola do Futuro da USP, 2007.
- Pereira, J. E. D. (2006). *Formação de professores: pesquisas, representações e poder*. Belo Horizonte: Autêntica.

- Pérez-López, D., & Contero, M. (2013). Delivering educational multimedia contents through an augmented reality application: A case study on its impact on knowledge acquisition and retention. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 12(4).
- Reeves, T. C. (2000). Socially responsible educational technology research. *Educational Technology*, 40(6), 19–28. <https://doi.org/10.1007/BF02961476>
- Rego, T. C. (2014). *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação*. Petrópolis, RJ: Vozes.
- Reis, P., & Galvão, C. (2008). Os professores de Ciências naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos. *Revista electrónica de Enseñanza de la Ciencias*, 7(3), 746–772.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20009>
- Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: Socioscientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1–42. <https://doi.org/10.1080/03057260802681839>
- Sadler, T. D. (2011). Socio-scientific issues-based education: What we know about science education in the context of SSI. In T. D. Sadler (Ed.) *Socio-scientific Issues in the Classroom*. (pp. 355–369). Springer: Netherlands.
- Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry? *Research in Science Education*, 37(4), 371–391. <https://doi.org/10.1007/s11165-006-9030-9>
- Santos, W. L. P. (2007). Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, 1(esp.), 1–12.
- Santos, W. L. P. (2008). Educação científica humanística em uma perspectiva freiriana: resgatando a função de ensino de CTS. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 109–131. <https://doi.org/10.5007/%25x>
- Santos, W. L. P., & Mortimer, E. F. (2001). Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, 7(1), 95–111. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132001000100007>
- Scheid, J. M. N., & Ferrari, N. (2006). A história da Ciências como Aliada no Ensino de Genética. *Genética na Escola*, 1(7), 17–18.
- Schnetzler, R. P. (2000). O professor de ciências: problemas e tendências de sua formação. In R. P., Schnetzler, & R. M. R., Aragão. *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. (pp. 43–63). Piracicaba: CAPES/UNIMEP.

Schön, D. A. (2000). *Educando o Profissional Reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul.

SEEDUC (2012). *Currículo Mínimo Curso Normal – Formação de professores*. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado da Educação.

Selles, S. E., & Ferreira, M. S. (2009). Saberes docentes e disciplinas escolares na formação de professores em Ciências e Biologia. In S. E. Selles, M. S. Ferreira, M. A. L. Barzano, & E. P. Q. Silva (Orgs.). *Ensino de Biologia: histórias, saberes e práticas formativas* (pp. 49–69). Uberlândia: EdUFU.

Silva, I. M. M. (2011). Tecnologias e letramento digital: navegando rumo aos desafios. *Educação Temática Digital*, 13(1), 27–43. <https://doi.org/10.20396/etd.v13i1.1164>

Silva, L.T., & Albuquerque, M. (2009). Blogs pedagógicos: possibilidades de interação por meio da escrita coletiva de hipertextos cooperativos. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC*, 8(2), 91–108.

Torres, T. Z., & Amaral, S. F. (2011). Aprendizagem Colaborativa e Web 2.0: proposta de modelo de organização de conteúdos interativos. *Educação Temática Digital*, 12(n.esp), 49–72.

Tytler, R., Duggan, S., & Gott, R. (2000). Dimensions of evidence, the public understanding of science and science education. *International Journal of Science Education*, 23(8), 815–832.

Veríssimo, M., & Santos, A. J. (2008). Desenvolvimento social: Algumas considerações teóricas. *Análise Psicológica*, 26(3), 389–394.

Vieira, R. D., Melo, V. F., & Bernardo, J. R. R. (2014). O Júri Simulado como Recurso Didático para Promover Argumentações na Formação de Professores de Física: o problema do “gato”. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(3), 203–225. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172014160310>

Vieira, R. D., Nascimento, S. S., Melo, V. F., & Bernardo, J. R. R. (2015). Argumentação e Orientações Discursivas na Educação em Ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(3), 707–725. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172015170308>

Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational technology research and development*, 53(4), 5–23.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A researchbased framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20048>

Marcelo Bernardo de Lima

 <https://orcid.org/0000-0003-0717-8285>
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde,
Rio de Janeiro, Brasil
profmbernardo@gmail.com

Raul dos Santos Neto

 <https://orcid.org/0000-0002-4350-4001>
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde
Rio de Janeiro, Brasil
profraulneto@hotmail.com

Miriam Struchiner

 <https://orcid.org/0000-0002-9979-2364>
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde,
Rio de Janeiro, Brasil
miriamstru@gmail.com

Submetido em 26 de Fevereiro de 2018

Aceito em 29 de Junho de 2018

Publicado em 30 de Julho de 2018