

## PRESSUPOSTOS TEÓRICOS E PROPOSTAS PARA DISCUTIR QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS: CONSTRUÇÃO DO MODELO E-CRIA E SUA APLICAÇÃO NO ENSINO SUPERIOR

LIMA, Marcelo Bernardo de\*

STRUCHIER, Miriam\*\*

### RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar o modelo e-CRIA, desenvolvido para estimular o pensamento crítico, as discussões em sala de aula e a participação ativa dos alunos na aprendizagem de Ciências. Pretende, ainda, discutir aplicações desse modelo em uma disciplina de Genética do curso de Ciências Biológicas. O Ensino de Ciências crítico pressupõe outro olhar para os impactos decorrentes dos avanços científicos e tecnológicos, favorecendo a preparação dos estudantes para tomar decisões relacionadas a esses temas. Nesse sentido, diferentes abordagens como Ciência, Tecnologia e Sociedade, Questões Sociocientíficas e Pesquisa e Inovação Responsáveis são utilizadas tendo como meta a formação para a cidadania. Trata-se de uma pesquisa participante com nove alunos e dois professores do curso de Ciências Biológicas de uma universidade federal brasileira. O modelo de ensino e-CRIA foi construído com os professores e foi implementado em uma disciplina optativa. As aulas foram observadas e registradas com anotações em diários de campo e gravações em áudio. Além disso, os materiais produzidos foram analisados. Os dados foram coletados e analisados de acordo com métodos qualitativos. O modelo de ensino desenvolvido pode ser resumido em cinco etapas: escolha das fontes; análise da confiabilidade e indagações; análise das informações; comunicação e reflexão. Esse modelo foi aplicado para discutir os dilemas relacionados à Transgenia e à Genética do Comportamento com quatro atividades: análise de notícias; produção de notícias; júri simulado e produção de planos de aula. Os alunos atuaram como protagonistas, favorecendo a colaboração, o diálogo entre os envolvidos e o desenvolvimento do pensamento crítico.

**Palavras-chave:** Ensino de Genética. Questões Sociocientíficas. Ciência, Tecnologia e Sociedade. Pesquisa e Inovação Responsáveis. ENGAGE.

---

\* Mestre em Educação em Ciências e Saúde pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Membro do grupo de pesquisa "Pesquisa e Desenvolvimento de Ambientes Construtivistas de Aprendizagem Presenciais e a Distância com o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação/CNPq", Rio de Janeiro (RJ), Brasil. Contato: [profmbernardo@gmail.com](mailto:profmbernardo@gmail.com)

\*\* Doutora em Educação pela Universidade de Boston, USA; Professora Associada da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Brasil. Líder do grupo de pesquisa "Pesquisa e Desenvolvimento de Ambientes Construtivistas de Aprendizagem Presenciais e a Distância com o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação/CNPq". Contato: [miriamstru@gmail.com](mailto:miriamstru@gmail.com)

***THEORETICAL ASSUMPTIONS AND PROPOSALS TO DISCUSS  
SOCIO-SCIENTIFIC ISSUES: CONSTRUCTION OF THE E-CRIA MODEL  
IN HIGHER EDUCATION***

***LIMA, Marcelo Bernardo de\****

***STRUCHIER, Miriam\*\****

**ABSTRACT**

*The objective of this study is to present e-CRIA, a teaching model developed to stimulate critical thinking, classroom discussions, and student active participation in Science learning. It also intends to discuss e-CRIA applications in Genetics classes at a Biological Sciences course. Critical Science Education involves new approaches to deal with the impacts of scientific and technological advancements, as a way to prepare students to make decisions related to these issues. In this way, different approaches such as Science, Technology, and Society (STS), Socio-Scientific Issues (SSI), and Responsible Research and Innovation (RRI) have been adopted aiming at citizenship education. Nine students and two professors of the Biological Sciences course in a Brazilian Federal University were involved in this participatory research. The e-CRIA teaching model was developed collaboratively with the teachers and implemented in an elective course. Classroom activities were observed and recorded with field notes and audio recordings. In addition, student produced material has been analyzed. Data were analyzed through qualitative methods. The teaching model developed can be summarized in five steps: choice of sources; reliability analysis; information analysis; and communication and reflection. This model was adopted to discuss controversies related with Transgenic and Behavioral Genetics in four activities: news analysis; news production; mock trial, and lesson plans production. Students acted as protagonists, favoring collaboration, dialogue between those involved, and developed critical thinking.*

**Keywords:** *Genetics Teaching. Socio-Scientific Issues. Science, Technology, and Society. Responsible Research and Innovation. ENGAGE.*

---

\* Master in Science and Health Education from Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ); Member of the research group "Research and Development of Constructivist Face to Face and Distance Learning Environments with the use of Information and Communication Technology/CNPq", Rio de Janeiro (RJ), Brazil. Contact: [profimbernardo@gmail.com](mailto:profimbernardo@gmail.com)

\*\* Doctor in Education from Boston University, USA; Associate Professor at Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ, Brazil); Leader of the research group "Research and Development of Constructivist Face to Face and Distance Learning Environments with the use of Information and Communication Technology/CNPq". Contact: [miriamstru@gmail.com](mailto:miriamstru@gmail.com)

**PRESSUPOSTOS TEÓRICOS Y PROPUESTAS PARA DISCUTIR CUESTIONES SOCIOCIENTÍFICAS: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO E-CRÍA Y SU APLICACIÓN EN LA ENSEÑANZA SUPERIOR**

**LIMA, Marcelo Bernardo de\***

**STRUCHIER, Miriam\*\***

**RESUMEN**

*Este trabajo tiene como objetivo presentar el modelo e-CRIA, desarrollado para estimular el pensamiento crítico, las discusiones y la participación activa de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias. Se pretende, además, discutir aplicaciones de ese modelo en una disciplina de Genética del curso de Ciencias Biológicas. La Enseñanza de Ciencias Crítica presupone otra mirada a los impactos derivados de los avances científicos y tecnológicos, favoreciendo la preparación de los estudiantes para tomar decisiones relacionadas con esos temas. En este sentido, diferentes enfoques como Ciencia, Tecnología y Sociedad, Cuestiones Sociocientíficas e Investigación e Innovación Responsables son utilizadas teniendo como meta la formación para la ciudadanía. Se trata de una investigación participante con nueve alumnos y dos profesores del curso de Ciencias Biológicas de una Universidad Federal brasilera. El modelo de enseñanza e-CRIA fue construido con los profesores e implementado en una disciplina optativa. Las clases fueron observadas y registradas con anotaciones en diarios de campo y grabaciones en audio. Además, fueron analizados los materiales producidos. Los datos se recolectaron y analizaron siguiendo métodos cualitativos. El modelo de enseñanza desarrollado puede resumirse en cinco etapas: elección de fuentes; análisis de confiabilidad e indagaciones; análisis de información; comunicación y reflexión. Este modelo fue aplicado para discutir dilemas relacionados a Transgénica y Genética del Comportamiento con cuatro actividades: análisis de noticias; producción de noticias; jurado simulado y producción de planes de clase. Los alumnos actuaron como protagonistas, favoreciendo la colaboración, el diálogo y el desarrollo del pensamiento crítico.*

**Palabras clave:** Enseñanza de Genética. Cuestiones Sociocientíficas. Ciencia, Tecnología y Sociedad. Investigación e Innovación Responsable. ENGAGE.

---

\* Maestro en Educación en Ciencias y Salud por la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ); Miembro del grupo de investigación "Investigación y Desarrollo de Ambientes Constructivistas de Aprendizaje Presenciales y a Distancia con el uso de Tecnologías de la Información y Comunicación/CNPq", Rio de Janeiro, Brasil. Contacto: [profmbernardo@gmail.com](mailto:profmbernardo@gmail.com)

\*\* Doctora en Educación por la Universidad de Boston, USA, Profesora Asociada de la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ), Brasil; Líder del grupo de investigación "Investigación y Desarrollo de Ambientes Constructivistas de Aprendizaje Presenciales y a Distancia con el uso de Tecnologías de la Información y Comunicación/CNPq". Contacto: [miriamstru@gmail.com](mailto:miriamstru@gmail.com)

## 1 INTRODUÇÃO

O Ensino de Ciências (EC) tem sido, em geral, trabalhado na escola de forma dogmática e descontextualizada, com foco na memorização de nomes e classificação de fenômenos, por meio da resolução de exercícios e aulas expositivas (SADLER, 2011a). Nesse sentido, diversos países enfrentam problemas relacionados à falta de motivação e ao baixo interesse dos alunos pelas práticas de ensino tradicionais (PÉREZ-LÓPEZ; CONTERO, 2013).

A meta em diversas escolas ainda é promover o conteúdo científico e tecnológico, apesar de vários autores salientarem a importância de Ensinar Ciências para a formação cidadã (CHASSOT, 2010). Entende-se por cidadania a prática dos direitos e deveres de um indivíduo em um Estado, por meio de ação autorregulada e responsável, com o objetivo de otimizar o bem estar social, participando de decisões que possam influenciar a sociedade em que vivem (TOTI, 2011).

O EC pode dar suporte ao desenvolvimento dos estudantes como cidadãos críticos capazes de se engajarem em negociações e resoluções de problemas desafiadores, em particular, aqueles inseridos no campo da Ciência e Tecnologia (SADLER, 2011b).

A preparação dos alunos para participar das decisões referentes a problemas ambientais, sociais, políticos, dentre outros, requer senso de responsabilidade e conhecimento sobre esses temas (SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

O Ensino de Ciências na perspectiva da formação cidadã pode ser alcançado por meio de diferentes abordagens como: Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que tem como eixo central o Letramento Científico e Tecnológico (AIKENHEAD, 1994); Ensino baseado em Questões Sociocientíficas (QSC), que questionam as implicações dos avanços científicos e tecnológicos em nossa sociedade (SADLER, 2011b); e a Pesquisa e Inovação Responsáveis, tradução do termo *Responsible Research and Innovation* (RRI), que tem como base a Aprendizagem Baseada em Investigação (OKADA, 2016).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar o modelo e-CRIA, desenvolvido para estimular o pensamento crítico, as discussões em sala de aula e a participação ativa dos alunos na aprendizagem de Ciências. Pretende, ainda, discutir aplicações desse modelo em uma disciplina de Genética do curso de licenciatura em Ciências Biológicas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO: ENSINO DE CIÊNCIAS CRÍTICO

Para Santos (2007, p. 10), “o ensino de ciências com uma perspectiva crítica significa ampliar o olhar sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade e discutir em sala de aula questões econômicas, políticas, sociais, culturais, éticas e ambientais”. Nesse sentido, os temas ensinados deveriam ultrapassar o foco habitual dos currículos, ser trabalhados de forma contextualizada e favorecer uma relação mais horizontal e dialogada entre professores e alunos.

Em decorrência do desenvolvimento científico-tecnológico na sociedade, surge, no início da década de 1960, o movimento CTS, em resposta à sucessão de desastres vinculados ao desenvolvimento com consequências sociais e ambientais, contribuindo para reforçar a necessidade de rever as concepções de ciência e tecnologia e suas relações com o contexto social (MENDES; SANTOS, 2013). As preocupações desse movimento começaram a ser incorporadas no EC na década de 1970, com foco na formação para a cidadania, por meio do Letramento Científico e Tecnológico, da participação popular nas decisões públicas, da conscientização sobre questões éticas, da reflexão sobre as consequências do desenvolvimento da Ciência e Tecnologia e de sua relação com a qualidade de vida (CHASSOT, 2010; SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

Propostas curriculares com ênfase em CTS não são ordenadas por unidades programáticas relacionadas a temas científicos, como botânica, zoologia e corpo humano, mas a partir de temáticas sociais polêmicas relativas à Ciência e à Tecnologia, geralmente denominadas Questões Sociocientíficas (MUNDIN; SANTOS, 2012). Nesse sentido, Mendes e Santos (2013) entendem que o movimento CTS é uma abordagem mais ampla que questiona a ciência e a tecnologia na sociedade, por meio de currículos, pesquisas e políticas públicas, enquanto as QSC voltam-se para a discussão desses temas no Ensino de Ciências.

As QSC são polêmicas, sem solução clara ou, muitas vezes, com múltiplas soluções, podendo ser analisadas a partir de diferentes perspectivas (SADLER, 2011a). Isso porque soluções para QSC não podem ser determinadas apenas pelas considerações científicas, sendo preciso levar em conta outros fatores como economia, ambiente, política e ética. Nesse cenário, diferentes grupos podem propor explicações e soluções baseadas nesses diversos olhares (SADLER, 2011a).

Em contextos de QSC, os estudantes podem buscar diferentes opções de resposta, favorecendo o debate e a construção coletiva de argumentos para encontrar possíveis respostas

a esses problemas (BERNARDO, 2012). Assim, os alunos são instigados a desenvolver critérios para escolher entre pontos de vista conflitantes e habilidades para lidar com informações, interpretar fatos, avaliar argumentos e contra-argumentar (TYTLER et al., 2000; SIMON et al., 2006). O engajamento dos estudantes na argumentação e a tomada de decisões a respeito de questões sociais contemporâneas com implicações morais são metas das QSC, tornando-se, assim, estratégias efetivas para trabalhar o pensamento crítico (SADLER, 2011a).

Na União Europeia, o movimento RRI destaca a ciência construída com e para a sociedade, enfatizando a importância de direcionar a pesquisa científica para atender às necessidades e expectativas da humanidade de modo responsável, reduzindo os riscos relacionados com a inovação social, econômica e ambiental (OWEN et al., 2012). Nessa abordagem, pretende-se que os cidadãos possam entender riscos e benefícios do desenvolvimento científico-tecnológico e tomar decisões relacionadas a esse tema (OKADA, 2016).

Assim como o movimento CTS, a abordagem RRI não se limita à educação, fazendo parte de um movimento social maior, com preocupações relacionadas à igualdade, ética, engajamento dos atores sociais, entre outros aspectos (BAYRAM-JACOBS, 2015). De acordo com Stahl (2013), o movimento RRI visa alcançar resultados social e eticamente comprometidos em relação ao desenvolvimento da pesquisa e inovação tecnológicas.

Para tanto, esse movimento propõe a Aprendizagem Baseada em Investigação e tem como objetivo antecipar e avaliar os impactos positivos e negativos dos novos conhecimentos científicos e desenvolvimentos tecnológicos (OWEN et al., 2012). A Aprendizagem Baseada em Investigação é uma estratégia de ensino-aprendizagem baseada na participação ativa do aluno por meio da exploração científica de determinado tema, no qual os alunos resolvem problemas utilizando habilidades relacionadas à investigação e ao método científico (PEDASTE; SARAPUU, 2006).

Embora as abordagens apresentadas tenham como foco a formação para a cidadania, o Ensino CTS prioriza essa formação por meio do Letramento Científico e Tecnológico. Por outro lado, o Ensino com RRI tem como base a Aprendizagem Baseada em Investigação. Apesar das diferenças, todas as abordagens, em sua essência, priorizam o desenvolvimento do pensamento crítico.

Além disto, essas abordagens compartilham a necessidade de desmistificar a ciência e de favorecer o papel ativo dos alunos, a argumentação, o posicionamento e a tomada de decisões.

## 2.1 Propostas para o Ensino de Ciências Crítico

A seguir, apresentamos as propostas de desenvolvimento e implementação do Ensino Crítico de Ciências. Tratam-se de modelos de ensino flexíveis e que podem se adequar a diversos cenários por meio de princípios que estruturam as atividades (AGUIAR; SARAIVA, 1999).

Aikenhead (1994) propôs uma sequência de ensino-aprendizagem para a abordagem CTS com cinco etapas, variando entre aspectos de cunho social, científico e tecnológico: (1) introdução de uma questão ou problema social; (2) pesquisa da tecnologia relacionada ao tema, para entender o problema social; (3) estudo do conteúdo científico relacionado ao tema social e à tecnologia em questão; (4) estudo aprofundado da tecnologia, a partir dos conhecimentos científicos adquiridos e (5) discussão da questão social original e tomada de decisão.

Essa sequência pode ser utilizada para compor uma aula, uma unidade ou um livro didático e pode haver variações, como, por exemplo, iniciar a partir da segunda ou da terceira etapa, conforme o interesse dos alunos. Além disso, diversas atividades podem ser adotadas, tais como análise de problemas sociais; simulações; posicionamento e tomada de decisões; debates e argumentações. Essas atividades podem ser realizadas em pequenos grupos ou por meio de discussões centradas nos alunos, envolvendo ou não o uso de recursos midiáticos ou outras fontes de informação (AIKENHEAD, 1994).

No que diz respeito ao Ensino Baseado em QSC, Sadler (2011b) indicou que este pode ocorrer de diversas formas, sendo preciso relacionar o contexto da escola, dos alunos e a natureza dos temas trabalhados.

Eilks (2010) propôs um modelo de cinco passos para o Ensino baseado em QSC: 1) Análise do problema; 2) Esclarecimento da Ciência; 3) Reorientação do dilema Sociocientífico; 4) Representação de papéis e 5) Meta-reflexão.

Sadler (2011b) propôs um modelo mais flexível e menos prescritivo, dada a natureza e complexidade dos temas trabalhados, que envolvem quatro aspectos principais: elementos de *design*; experiência dos alunos; ambiente de sala de aula e atributos dos professores.

Elementos de *design* são características que as atividades devem ter para favorecer o ensino baseado em QSC, tais como a forma de apresentação de temas e de orientações para os alunos, a oferta de condições para que eles se envolvam em atividades complexas e finalizem com uma experiência culminante, que envolva a participação de todos.

Experiência dos alunos reúne as habilidades que eles podem aprimorar ao longo das aulas, tais como raciocínio, argumentação, tomada de decisões, relacionamento dos temas com conceitos científicos e teorias, coleta e análise de dados, reflexão sobre dimensões sociais e éticas. A tecnologia pode ser utilizada para coletar e analisar os dados, assim como para facilitar a aprendizagem.

Nessa perspectiva, o ambiente de sala de aula pode se transformar em um contexto apropriado para que os elementos de *design* e a experiência dos alunos possam acontecer, tais como a alta participação dos alunos, a colaboração, a interação e o respeito entre estudantes e professores e a garantia que todos os posicionamentos e falas sejam levados em consideração.

Os atributos dos professores são as práticas e características que estes devem assumir, tais como familiarização com os temas, em escala científica e social, honestidade sobre a limitação do seu conhecimento, desejo de lidar com a controvérsia das QSC e posicionamento como facilitador na construção do conhecimento.

O projeto ENGAGE<sup>i</sup> faz parte de uma iniciativa europeia que visa disseminar o ensino com RRI e combina Recursos Educacionais Abertos, Comunidades de Práticas e Cursos Online Abertos para professores. Os materiais disponíveis focam no interesse dos alunos, no conhecimento científico e em habilidades de investigação, tendo como objetivo estimular a fala e o pensamento crítico dos alunos sobre QSC relacionadas a suas vidas (OKADA, 2016).

Os materiais disponíveis no *site* do projeto ENGAGE permitem aos professores introduzirem temas sobre RRI em suas práticas de ensino, facilitando a aplicação gradual desses materiais que visam desenvolver dez habilidades relacionadas com a Aprendizagem Baseada em Investigação para promover o debate, o interesse e o entusiasmo dos alunos: elaborar questões; interrogar fontes; examinar consequências; estimar riscos; analisar evidências; elaborar sínteses; criticar afirmações; justificar opiniões; agir com ética; comunicar ideias (OKADA, 2016).

Geralmente, as atividades seguem um modelo em que os professores selecionam perguntas iniciais e fornecem os conhecimentos básicos para discuti-las; os alunos discutem em grupo e organizam conceitos, fatos e evidências; os alunos elaboram e justificam suas opiniões, usando argumentação (reivindicação, evidência e raciocínio); e os professores organizam um debate com a turma, utilizando ou adaptando alguns métodos sugeridos que favoreçam a tomada de decisões pelos alunos (RIBEIRO et al., 2017).



Todas essas propostas demandam mudanças nas práticas de ensino-aprendizagem de Ciências e estão voltadas para a aprendizagem colaborativa, que parte da ideia de que o conhecimento se desencadeia a partir da construção coletiva dos envolvidos. Os princípios e abordagens teórico-conceituais e suas propostas para o ensino crítico de Ciências são as bases sobre as quais o presente modelo de ensino e-CRIA foi desenvolvido e aplicado em diferentes atividades de ensino-aprendizagem em uma disciplina de Genética do curso de licenciatura em Ciências Biológicas.

### 3 CONTEXTO, MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

O cenário da pesquisa foi uma universidade federal da região Sudeste do Brasil. O Instituto oferece graduação em Ciências Biológicas nas habilitações de bacharelado em Biologia Marinha, Biologia Vegetal, Ecologia, Genética e Zoologia, e Licenciatura em Ciências Biológicas. A pesquisa contou com dois professores do Departamento de Genética e nove alunos (A1, A2 ... A9) da universidade.

Trata-se de uma pesquisa participativa que adotou métodos qualitativos tanto de coleta quanto de análise das informações (MINAYO, 2012). Os professores e os pesquisadores realizaram seis reuniões, no primeiro semestre de 2017, para discutir problemas relacionados ao Ensino de Genética, levantados pelos professores e embasados em revisão de literatura, tanto para aprofundar e conceituar os problemas da prática, quanto para construir o modelo de ensino e-CRIA (BARAB, 2014).

O modelo e-CRIA foi implementado em uma disciplina de Genética do curso de Ciências Biológicas da universidade citada no segundo semestre de 2017. A disciplina foi dirigida prioritariamente aos alunos da Licenciatura, embora estivesse aberta também para os alunos do Bacharelado, tinha 30 horas de duração e a finalidade de debater temas sociocientíficos relacionados à Transgenia e à Genética do Comportamento. Os alunos se inscreveram espontaneamente pelo sistema da instituição.

As aulas, com exceção de uma, aconteceram na sala de aula do laboratório de pesquisa vinculado aos autores deste artigo, que conta com sete computadores dispostos em formato de U, que permite uma maior visibilidade entre os alunos, favorecendo a interação horizontal entre eles e os professores. Além disso, a sala conta com acesso à Internet e três *notebooks*, utilizados quando preciso. Dessa forma, as preocupações com o uso crítico das

Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) foram incorporadas nos planos da disciplina (COLL; MONEREO, 2010).

Durante as aulas, professores e pesquisadores conduziram as atividades atuando como facilitadores, enquanto que os alunos tiveram um papel mais ativo. A participação dos professores e alunos foi observada e registrada por meio de anotações em diários de campo e gravações em áudio das aulas. Além disso, os materiais produzidos pelos alunos durante as aulas foram analisados.

Atendendo à Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde (BRASIL, 1996), referente a estudos com seres humanos, este projeto foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade e aprovado sob o número 2.553.293.

## 4 RESULTADOS

Este tópico está estruturado em duas partes: (1) construção do modelo de ensino e-CRIA – discutindo os principais referenciais adotados e (2) aplicação do modelo e-CRIA – discutindo as aulas oferecidas para os alunos de Ciências Biológicas, com foco em quatro atividades: análise de notícias, produção de notícias, júri simulado e produção de atividades educativas.

### 4.1 Construção do modelo e-CRIA

O modelo de ensino e-CRIA (Escolher, Comunicar, Refletir, Indagar, Analisar) foi desenvolvido por meio do diálogo entre autores, professores parceiros e pesquisadores, com o objetivo de apoiar a integração das QSC no Ensino de Ciências, a partir de informações veiculadas pelas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação.

Esse modelo foi construído com base nos princípios de Ensino RRI (OKADA, 2016; RIBEIRO et al., 2017), no Ensino CTS (AIKENHEAD, 1994) e no Ensino baseado em QSC (EILKS, 2010; SADLER, 2011b). Trata-se de uma proposta que visa desenvolver o pensamento crítico e a argumentação, contribuindo com mudanças nas práticas de Ensino de Ciências para a formação crítica e cidadã dos alunos, levando em conta seus contextos, conhecimentos e valores. Nesse sentido, diversas atividades e estratégias podem ser adotadas com esse modelo, tais como análise e produção de diversos materiais (textos, vídeos, filmes, livros), júri simulado, produção de atividades educativas, estudos de caso e simulações de papéis.

A partir das sequências propostas por Aikenhead (1994), Eilks (2010) e Ribeiro et al. (2017), já mencionadas anteriormente, foi possível adotar alguns princípios para a criação do modelo e-CRIA, tais como: trabalhar com problemas sociais que sejam conflitantes, polêmicos e próximos à realidade dos alunos, de modo a favorecer discussões sobre os temas diretamente relacionados ao problema em questão, possibilitando que os estudantes justifiquem suas opiniões para tomar decisões baseadas em evidências.

Além dessas duas etapas, as sequências propostas por Aikenhead (1994) e Eilks (2010) foram incorporadas ao modelo por salientarem a importância de estudar e entender a ciência subjacente aos problemas debatidos e seus possíveis impactos. Além dessas características, o momento de reflexão proposto por Eilks (2010) também foi integrado. Nesse sentido, o modelo e-CRIA pressupõe que os temas sejam negociados entre professores, alunos e currículo escolar, favorecendo o interesse, a motivação e a participação ativa dos estudantes.

Algumas características foram baseadas em orientações presentes nos Recursos Educacionais Abertos disponíveis no site do projeto ENGAGE<sup>ii</sup>, tais como analisar a confiabilidade das informações e comunicar o posicionamento dos sujeitos. Todos esses elementos foram essenciais para a construção do e-CRIA, que pode ser descrito em cinco etapas flexíveis que serão detalhadas a seguir: Escolha de fontes; Análise da confiabilidade e indagações; Análise das informações; Comunicação e Reflexão.

Inicialmente, os temas e atividades são selecionados pelos alunos e professores, fortalecendo a proposta de horizontalidade. Essa possibilidade de ser agente da seleção do material a ser trabalhado pode contribuir para o aumento do interesse e engajamento dos alunos, problemas comumente enfrentados no EC (BOCHECO, 2011).

**Escolha de fontes:** Os alunos escolhem os materiais que serão utilizados como fontes de informação, tais como relatos divulgados na mídia digital, vídeos, textos, notícias, livros e filmes. As informações presentes nos materiais devem ser relacionadas às QSC, envolvendo temas controversos, atuais e interessantes (SADLER, 2011a).

**Análise da confiabilidade e indagações:** Essa etapa é dividida em dois momentos: análise em relação à confiabilidade do material e questionamentos a partir das informações. Esses questionamentos iniciais têm a finalidade de tirar os alunos de suas “zonas de conforto”, motivando-os a procurar informações e soluções, criando uma relação de partida e contrapartida,

na qual eles podem atuar negociando as justificativas e criando argumentos coletivos (MORAES, 2000).

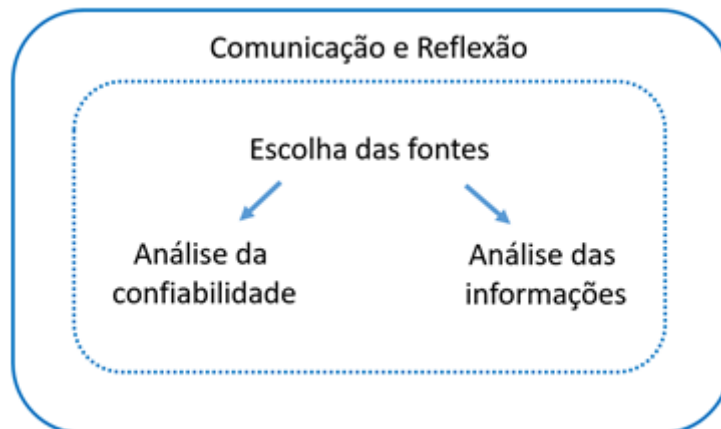
No que diz respeito à confiabilidade do material, foram adotados alguns indicadores, a partir de princípios encontrados nas atividades disponíveis no *site* do projeto ENGAGE, que sugerem observar se: o título do material reflete a pesquisa científica; a pesquisa científica é recente; os termos científicos são usados corretamente; o material possui termos especulativos; o material é imparcial e sem conflitos de interesse; a Universidade, os pesquisadores, os grupos de pesquisa são citados; e as publicações originais são referenciadas.

**Análise das informações:** Inicialmente, os conceitos básicos relacionados aos temas são discutidos por meio de pesquisa na Internet, diálogos com os professores e entre alunos, visando alcançar as explicações científicas sobre o material analisado (McNEIL; KRAJCIK, 2008; EILKS, 2010). Em seguida, o foco é orientado para os diversos aspectos, tais como sociais, éticos e econômicos (EILKS, 2010; SADLER, 2011b). A partir da controvérsia, das pesquisas e das discussões, espera-se que os alunos se posicionem em relação a esses temas, embasados em argumentos com diversos aspectos já citados.

**Comunicação:** Para que os alunos possam compartilhar as decisões tomadas em relação aos temas trabalhados, assim como explicar os argumentos utilizados, os docentes podem estimular as discussões entre os envolvidos, a partir das informações anteriores, e encorajar a participação de todos (CARVALHO, 2008). Esse compartilhamento pode ocorrer por meio de diferentes estratégias, como rodas de conversa, júris simulados, produção de textos escritos e materiais educativos, utilizando diversas modalidades (escrita, imagem, som, vídeo) e as informações que levaram à construção dos argumentos, contra-argumentos sobre determinados dilemas.

**Reflexão:** Alunos e professores são incentivados a refletir sobre suas experiências com os temas, com a ciência subjacente e com os diversos aspectos envolvidos (EILKS, 2010). Um espaço para agrupar as reflexões ao longo do processo pode contribuir para o desenvolvimento reflexivo, que pode ser na forma de portfólio, anotações de campo, nesse caso, um *blog*. Robertson (2011) enfatiza o potencial dos *blogs* como recursos e espaços para produzir e compartilhar reflexões na aprendizagem, além de fornecer oportunidades para a aprendizagem colaborativa.

Essas etapas ocorrem de maneira flexível, conforme Figura 1.



**Figura 1.** Representação das etapas do modelo e-CRIA.

**Fonte:** Elaborado pelos autores

As etapas de reflexão e comunicação estão presentes ao longo de todo o processo, na escolha das fontes, na análise da confiabilidade e na análise das informações. Uma vez que as fontes sejam selecionadas, os alunos começam a analisar a confiabilidade e as informações do material, gerando dúvidas, reflexões e apontamentos, que são desenvolvidos ao longo da aula. Após os questionamentos iniciais, os alunos discutem as informações entre si, com os professores ou com pesquisas na Internet, para construir os argumentos que serão utilizados para embasar os posicionamentos.

A abordagem histórico-cultural de Vygotsky (OLIVEIRA, 2010) embasa o modelo de ensino e-CRIA, por entender que os sujeitos constroem significados segundo suas relações com o mundo pessoal e social em que estão inseridos, a partir da integração e colaboração que o ambiente sociocultural exerce em cada indivíduo (REGO, 2014). Nessa perspectiva, o desenvolvimento humano acontece por meio de internalização de processos externos, ou seja, do social para o individual.

No e-CRIA, os alunos adquirem um papel central, escolhendo os temas, pesquisando, discutindo e propondo argumentos, podendo realizar atividades em grupo ou individualmente. Para tanto, faz-se necessário um contexto de incentivo e parceria, reforçando o respeito entre os participantes, para criar um ambiente confortável em sala de aula, conferindo protagonismo ao aluno no processo de aprendizagem (SADLER, 2011b).

Devido ao protagonismo dos alunos, o papel dos docentes é de estimular a discussão entre os alunos e orientá-los na busca e análise de informações e na construção de seus

conhecimentos (BULEGON; TAROUÇO, 2015). Nesse contexto participativo, as interações professor-aluno e aluno-aluno promovem o pensamento crítico (MANDERNACH et al., 2009).

As TDIC integram esse modelo como ferramentas de busca de materiais, coleta de dados e construção de argumentos. Nesse contexto, cabe refletir sobre a integração de tecnologias de maneira crítica ao ensino (RABELLO; OKADA, 2014).

## 4.2 Aplicação do modelo e-CRIA

A seguir, apresentamos a dinâmica e a produção dos alunos nas quatro atividades planejadas com base no modelo e-CRIA – análise de notícias, produção de notícias, júri simulado e produção de planos de aula – no contexto de uma disciplina eletiva oferecida em parceria com o Departamento de Genética.

### 4.2.1 Análise de notícias

A Divulgação Científica tem como finalidade disseminar temas de Ciência e Tecnologia para um público leigo, sendo preciso “traduzir” diversos termos científicos. O público sente dificuldade em acompanhar determinados temas, pela distância de seu cotidiano e pela dificuldade com a linguagem científica e com conceitos abstratos. A divulgação pode auxiliar na ampliação do conhecimento e na compreensão do público sobre os processos científicos, fazendo parte do processo de tomada de decisão. Dessa forma, contribui para a inclusão de cidadãos no debate sobre temas específicos e que podem ter impacto na sua vida e trabalho, a exemplo de transgênicos, células tronco, mudanças climáticas, energias renováveis e outros (BUENO, 2010).

Nesta atividade, a introdução de notícias veiculadas na Internet serviram como ponto de partida para as discussões sociocientíficas. Ao longo das seis aulas dessa atividade, 12 notícias<sup>iii</sup> foram selecionadas pelos alunos e discutidas pelo grupo, para decidir se seriam ou não escolhidas, com exceção da primeira notícia que foi utilizada como exemplo. Essas notícias foram postadas no *blog* do curso e foram lidas, analisadas e discutidas em sala de aula pelos professores, alunos e pesquisadores. Entre as notícias escolhidas, oito foram de *sites* de jornais/revistas e quatro foram de *sites* sobre Divulgação Científica e curiosidades.

Durante as aulas iniciais, os alunos engajaram-se nas atividades de selecionar notícias e analisar sua credibilidade, utilizando os indicadores explicados anteriormente. Além de os estudantes criticarem a maioria das notícias pela falta de explicações claras, perceberam que a maioria dos textos trabalhados possuem pouca ou nenhuma citação, quer seja ao artigo científico de origem, ao grupo de pesquisa ou à Universidade onde o conhecimento foi produzido. Esse fato levou os alunos a procurarem os artigos científicos que serviram de base para a produção dessas notícias, totalizando sete artigos que foram utilizados para confrontar as informações veiculadas na *Web*.

A partir da segunda notícia analisada, os estudantes concentraram as discussões em aspectos sociais, indagando sobre as informações contidas nos textos, seus impactos, suas divergências e possibilidades, além de críticas em relação à metodologia das pesquisas. Os professores e pesquisadores deixaram que os alunos discutissem entre si sobre as notícias, participando de maneira pontual e colaborativa. Essa postura foi mantida em todas as aulas dessa atividade.

O exemplo a seguir mostra parte das discussões sobre a notícia 10 – “*Estudo retoma polêmica sobre genética e criminalidade*” –, a qual aborda um estudo feito para descobrir genes associados a comportamentos criminosos:

*Ele cita um dos autores e a Universidade vinculada e aí eles têm essa questão da responsabilidade penal, que não deve alterar em nada essa noção que é, mas eu senti falta deles trabalharem melhor isso. (A5, 2017).*

*A impressão que eu tive lendo essa matéria, que tipo assim, eles viram isso, mas na verdade, não serve pra nada porque tem outros fatores muito mais importantes. Essa foi minha interpretação do que passou, acho que preciso analisar mais (A9, 2017).*

*Tipo assim, eles descobriram dois genes e descobriram sua provável forma de agir, né. Aí eles vincularam isso à criminalidade, mas só que eles não entendem que a criminalidade é uma coisa muito mais complexa, não é só questão genética. Pelo contrário, envolve a parte social, a parte da educação e tal (A2, 2017).*

*Não, então por isso que eu acho que também não concordo. No país desenvolvido também tem essa possibilidade de ter fatores externos, o frio deixa a pessoa em depressão e pode ocasionar... ser uma causa. Eu acho que não tem nada a ver, só tem a ver fator externo, só que tem um cara lá que tá falando isso (A1, 2017).*

Constantemente, foram debatidas questões éticas, políticas e econômicas, como previstas nas QSC. A preocupação com questões que escapem à lente da ciência é um de seus pressupostos básicos. Além disso, conforme proposto por Bernardo (2012), as QSC fornecem oportunidades para a argumentação em sala de aula. Percebeu-se que os alunos estavam construindo argumentos e contra-argumentos para suas alegações. Esse cenário foi possível pela existência de disputa, simetria entre os interlocutores, justificativa das opiniões e presença de mais de uma opinião (VIEIRA et al., 2015).

As justificativas apresentadas pelos alunos surgiram a partir do julgamento da credibilidade da fonte, da avaliação das informações, da conexão das informações analisadas e da análise dos argumentos produzidos. Essas habilidades estão relacionadas ao desenvolvimento do pensamento crítico. Nesse sentido, Mandernach et al. (2009) reforçam que o desenvolvimento do pensamento crítico não surge apenas do professor ou do conhecimento dos estudantes, estando relacionado com a interação dos alunos com o objeto de estudo, nesse caso as notícias.

Além disso, durante essa atividade, houve diversas reflexões relacionadas ao ensino, principalmente pelo fato de a maioria da turma ser de alunos da Licenciatura, discutindo diversos temas como o modelo de avaliação, o currículo, o papel da escola e os objetivos do EC. A seguir, trecho de uma das reflexões:

*Legal é a gente botar a criança também pra pensar, a criança sempre foi considerada um pequeno adulto, de repente com a revolução, ela foi considerada uma criança. E agora tudo bem, é criança, mas a criança não deixou de pensar, a criança não é uma máquina que vai ser o que os pais pensam, eu não penso igual aos meus pais (A1, 2017).*

Além dessas reflexões relacionadas ao ensino, também surgiram outras mais amplas, como a visão da ciência pelos cientistas e pela população e sua relação com o ensino; cobranças da área da pesquisa; saúde mental dos alunos e professores; limitações do curso de Ciências Biológicas. Essas discussões e reflexões podem auxiliar os envolvidos a entender seus papéis na sociedade, sendo essenciais para a educação, em especial o EC (SANTOS, 2007).

Apesar de não ter sido evidenciado, as TDIC foram utilizadas pelos alunos em todo o decorrer das aulas, ora como fonte de busca de informações, ora como local de leitura e promoção de debate. Apesar de incentivados a utilizar o *blog*, a maior parte das discussões aconteceram em sala de aula, o que não limita seu potencial para o ensino, mas reforça a



importância de pensar sobre os objetivos e inserção das TDIC no ensino em cada situação e dinâmica de trabalho.

## 4.2.2 Produção de notícias

As dificuldades do público relacionadas à Divulgação Científica podem ser comparadas com a dificuldade dos alunos com as aulas de Ciências, já que, em ambos os casos, os termos técnicos e explicações complexas causam problemas de compreensão (BUENO, 2010). Além disso, a visão básica da divulgação consiste na “tradução” da linguagem científica, o que compartilha desafios semelhantes ao papel assumido pelos professores de Ciências.

Os alunos optaram por reconstruir a notícia 11 – “*Pesquisadores corrigem genes defeituosos em embriões humanos*” –, por ter sido a notícia que gerou mais polêmica e discussão e, também, pelo interesse comum da maioria dos alunos pela técnica CRISPR, para editar genes humanos. Além de abordar a técnica, a notícia aborda as implicações éticas envolvidas.

Os alunos dividiram-se em dois grupos e, conforme os estudantes criticaram as informações dessa notícia, optaram por procurar e utilizar o artigo científico original. Contudo, ao lerem o artigo científico, os grupos discutiram sobre quais termos poderiam ser utilizados, pensando no público-alvo e na identidade de quem estava produzindo aquela notícia. A seguir, trechos das notícias produzidas pelo grupo 1 (A3, A4, A7, A8 e A9) e grupo 2 (A1, A2, A5 e A6) explicando a doença genética relacionada a pesquisa:

*A doença em questão é a cardiomiopatia hipertrófica, que se manifesta quando o indivíduo possui uma cópia do gene MYBPC3 que recebeu dos pais com problemas. Nesta doença, geralmente as pessoas não têm o devido batimento e funcionamento do coração (GRUPO 1, 2017).*

*A cardiomiopatia hipertrófica é uma doença genética rara que atinge cerca de 1 a cada 500 adultos – até então, foram registrados menos de 150 mil casos da doença no Brasil. Entretanto, é a principal causa de morte súbita em atletas de alta performance. A condição clínica é caracterizada pela falência do coração; os músculos se tornam cada vez mais rígidos e mais espessos, dificultando o batimento cardíaco e, por assim dizer, o bombeamento suficiente de sangue para o corpo (GRUPO 2, 2017).*

A figura do divulgador assume o papel de traduzir essa linguagem utilizada pelos cientistas para leigos, preservando ao máximo a natureza e o impacto dos trabalhos científicos (VERGARA, 2008). Devido às implicações éticas e sociais não serem comuns nas notícias analisadas, os dois grupos sentiram a necessidade de reforçar quais possíveis impactos e

implicações que a técnica CRISPR poderia trazer para a sociedade. Nos trechos a seguir, pode-se observar o tratamento dado às implicações éticas da técnica nas notícias produzidas:

*Embora os autores deste trabalho tenham elegantemente demonstrado como a metodologia CRISPR pode ser aplicada para corrigir genes anormais em embriões humanos, a técnica ainda tem muito no que se aprimorar. É necessário haver meios para confirmar a total segurança do uso desta tecnologia, podendo ter certeza assim, da ausência de mosaicismos, por exemplo. Além de tudo, serão imprescindíveis debates mais frequentes e envolvendo mais segmentos das sociedades sobre a ética da possível futura aplicação clínica desta técnica de edição do DNA humano (GRUPO 1, 2017).*

*Não há dúvidas em relação à importância do método, principalmente considerando o grande número de doenças que podem ser corrigidas e a possibilidade de dar a alguém uma vida melhor. Entretanto, trata-se de uma ferramenta poderosa que pode ser mal utilizada nas mãos erradas, ultrapassando os limites éticos e morais, os quais devem ser priorizados. Apesar da discussão, o uso do CRISPR para pesquisas foi aceito pela Academia de Ciência, Engenharia e Medicina dos Estados Unidos – entidade que defendeu a não-utilização da técnica em embriões humanos antes da gravidez (GRUPO 2, 2017).*

Os grupos tiveram duas aulas para a produção da notícia. Na terceira aula, houve uma discussão sobre as dificuldades dessa atividade, reforçando o desafio de trabalhar com um texto que não esteja próximo ao contexto dos envolvidos.

### 4.2.3 Júri simulado

As situações de júri simulado baseiam-se na discussão sobre determinado tema e na simulação (*role-play*) de três papéis principais: **Proponente**, que defende uma opinião; **Oponente**, que defende uma opinião contrária; **Terceiro**, que assume o papel de júri ou juiz, dependendo do caso (VIEIRA et al., 2014). Essa estratégia parte de problemas reais para que os alunos, por meio de argumentos e contra-argumentos, realizem análises e avaliações de fatos de forma objetiva. O júri simulado permite, além da argumentação, a análise e o desenvolvimento do senso crítico, o levantamento de hipóteses e a tomada de decisões (ANASTASIOU; ALVES, 2009).

O tema para o júri simulado foi escolhido pelos alunos, dentre os temas discutidos ao longo das aulas, com base na seguinte questão: “A homossexualidade é determinada por fatores biológicos ou culturais?”. Os alunos se dividiram em dois grupos, um defendendo a determinação de fatores biológicos e outro defendendo os fatores culturais como determinantes para a

homossexualidade, cabendo aos professores, pesquisadores e à plateia o papel de jurados. Para compor a plateia, professores e alunos do curso de Ciências Biológicas foram convidados a participar por meio de um e-mail enviado ao Centro Acadêmico e ao Departamento de Genética.

Os alunos tiveram três aulas para fazer a preparação dos argumentos e contra-argumentos para o júri simulado. As referências utilizadas foram discutidas com os professores e pesquisadores, em relação à validade dos artigos e à contribuição para reforçar os argumentos de cada posicionamento no júri simulado, e foram referenciadas durante a apresentação. O trecho a seguir apresenta os principais argumentos utilizados pelo grupo que defendeu a determinação dos fatores biológicos na homossexualidade (A4, A7, A8 e A9):

*A gente sabe que fenótipos são a soma tanto dos genótipos quanto do ambiente e os gêmeos têm uma característica muito importante, porque gêmeos monozigóticos possuem genótipo idêntico, então eles isolam a variável genética, toda variável que aparecer, seria do ambiente [...] A maioria dos estudos utiliza a escala de Kinsey que é pra você avaliar o seu grau de sexualidade e todos os estudos que a gente encontrou eles utilizam essa escala com o indivíduo se auto afirmando, então eles entrevistaram pessoas e elas deram um número dentro dessa escala, eles dividem essa escala também em três grupos, homossexuais, heterossexuais e bissexuais [...] Existe uma extensa literatura com casos animais envolvendo comportamento sexual com o mesmo sexo e um dos exemplos famosos é a *Drosophila melanogaster*, que é um dos maiores modelos da biologia, existem vários e vários casos de genes pontuais que as pessoas conseguiram fazer mutações e viram que o comportamento sexual mudou completamente [...] A epigenética é utilizada para descrever características de organismos que são passadas de gerações, mas que não estão descritas no nosso código genético, então a expressão desses genes pode ser reduzida ou aumentada (GRUPO BIOLÓGICO, 2017).*

Esse grupo adotou a Genética como base dos argumentos, utilizando artigos de Genética sobre homossexualidade, a partir da comparação entre gêmeos monozigóticos e dizigóticos; comparação dos achados em relação ao comportamento animal; epigenética e análise genômica de indivíduos homossexuais.

O trecho a seguir apresenta os principais argumentos utilizados pelo grupo que defendeu os fatores culturais (A1, A2, A3, A5 e A6):

*A primeira provocação que a gente gostaria de fazer é como descrever objetivamente a homossexualidade? Porque o tempo todo a gente tá falando que a homossexualidade é natural ou cultural, mas o que de fato é homossexualidade? (...) O primeiro questionamento que a gente faz é sexo ou gênero? Porque a gente sabe que estereótipos socialmente estabelecidos do que é homem e do que é mulher não necessariamente vai convergir com o sexo biológico, vamos dizer assim (...) A segunda provocação é em relação etimologia da palavra, homossexualidade é um comportamento que você é ou*

*algo que você descreve? E como essa concepção de homossexualidade pode influenciar a metodologia dos estudos genéticos? (...) A terceira provocação é em relação à organização da homossexualidade, ela necessariamente precisa se organizar pelo sexo? As práticas sexuais em Atenas tinham muito mais a ver com status e com dinheiro, então a gente deveria chamar essa sociedade de antinatural? (...) E a última provocação é que esses termos, homossexualidade e heterossexualidade, têm uma história; eles passam a ser usados na literatura médica no fim do século XIX e as pessoas passam a tomar aquilo como uma identidade a partir de meados do século XX. Se isso surge dentro de um contexto específico, como a gente pode classificar isso como algo natural e não cultural? (GRUPO CULTURAL, 2017).*

Apesar de o segundo grupo ter pesquisado artigos científicos, a base dos argumentos foram diversas provocações em relação aos estudos e ao senso comum, indagando sobre a descrição da homossexualidade; o binário homem-mulher estar relacionado a um fator hormonal ou genital; a metodologia das pesquisas sobre homossexualidade, especialmente em relação ao comportamento e às formas de organização da sexualidade.

Após a realização do júri, houve um debate com a plateia, que além de perguntas relacionadas diretamente aos grupos, também realizou reflexões sobre a produção científica, o método científico, o impacto das pesquisas, o perfil encontrado nas Universidades, a neutralidade do discurso científico e a importância de poder debater temas polêmicos.

#### **4.2.4 Produção de planos de aula**

Essa atividade foi proposta com base nos problemas encontrados nos cursos de Licenciatura, tais como a separação das disciplinas de conteúdo específico das disciplinas pedagógicas, a desarticulação entre formação acadêmica e realidade escolar e a valorização da pesquisa em relação ao ensino (MINDAL; GUERREIROS, 2013). Para isso, os graduandos foram divididos em dois grupos, relacionados aos temas Transgenia e Genética do Comportamento, para produzir um plano de aula para o Ensino Médio (EM), levando em consideração a experiência ao longo do curso e as propostas do modelo e-CRIA.

Os planos foram desenvolvidos para alunos do 3º ano do EM, com duração de duas aulas de Biologia. No planejamento, as aulas iniciariam com uma pergunta, conforme proposto por Ribeiro et al. (2017), para estimular o interesse, motivação e discussão.

O grupo da Genética do Comportamento (A1, A2, A3, A5 e A6) propôs como pergunta inicial: “*Existe uma predisposição genética à criminalidade?*”, e traçou como

objetivos: analisar a confiabilidade das notícias e suas fontes; debater a forma como as pesquisas científicas podem impactar a maneira de enxergar a criminalidade; desenvolver o senso crítico dos alunos para com as notícias veiculadas no cotidiano sobre o tema. O plano de aula segue a seguinte estrutura de atividades:

*1) Chamada; 2) Apresentação de slides elaborada pelos professores com os seguintes conteúdos: A notícia sobre criminalidade; O artigo que originou a notícia; Tópicos para a análise de notícias; Apresentar um questionamento - positivo e negativo da confiabilidade; 3) Provocar um debate partindo da pergunta inicial da aula: Fatores Naturais x Fatores Sociais; Como a notícia pode ser interpretada sabendo que ela não é confiável; O caráter influenciador do contexto social e econômico (GRUPO GENÉTICA DO COMPORTAMENTO, 2017).*

O grupo da Transgenia (A4, A7, A8 e A9) utilizou como pergunta inicial: “Devemos editar embriões humanos?”, tendo como objetivos: conhecer nova técnica popular de edição genômica, bem como mecanismos moleculares que envolvem o tema; reconhecer argumentos éticos e sociais e utilizá-los para fazer uma escolha informada. O desenvolvimento previsto para as aulas segue os seguintes momentos:

*1º momento: Aula expositiva sobre a técnica de CRISPR; 2º momento: Debate em grupos. Distribuição de notícias relacionadas ao tema, com posicionamento a favor e contra a técnica, para discussão em grupos; 3º momento: Dinâmica. Após debate sobre notícias, debate sobre argumentos que serão dados aos alunos. Eles deverão encaixar os argumentos num quadro, devendo decidir se ele é a favor ou contra a sociedade, o bebê ou os pais; 4º momento: Debate aberto com a turma acerca das notícias e argumentos, apresentando suas respectivas escolhas (GRUPO TRANSGENIA, 2017).*

Os dois grupos escolheram subtemas que julgaram mais interessantes e controversos para os alunos do EM, de forma a favorecer o debate em relação à Ciência, Economia, Política e Religião. Os graduandos procuraram diversas notícias e escolheram aquelas com uma linguagem mais acessível aos alunos do EM. Além disso, nos planos de aula, os dois grupos dedicaram tempo às reflexões. Nesse sentido, todas as etapas do modelo e-CRIA foram contempladas pelos graduandos e os planos de aula produzidos possuem como foco a comunicação, reflexão e análise das informações.

Os papéis propostos para os professores e alunos nesta atividade seguiram os pressupostos do modelo. Os professores mantiveram uma postura mais horizontal e colaborativa com os alunos que, por sua vez, exerceram seu protagonismo no processo

educativo. Essa participação coletiva dos alunos e professores reforça que a aprendizagem acontece a partir da interação das pessoas, entre elas e com o mundo, ao interiorizar e criar suas próprias sínteses (MORAN et al., 2007), possibilitando que transformem seus conhecimentos e suas habilidades por meio da interação, do diálogo e da argumentação (DAMIANI, 2008).

A partir das anotações em diário de campo, das observações durante as aulas e dos áudios gravados, observou-se que os alunos salientaram a importância de incentivar o questionamento, a argumentação e a pesquisa em sala de aula durante as diversas reflexões ao longo das aulas. Além disso, os estudantes se interessaram pela proposta de horizontalidade com os professores e pelo próprio protagonismo, gerando um senso de pertencimento a um grupo participativo e colaborativo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo discutiu a proposta do modelo e-CRIA, sua fundamentação teórica e seus pressupostos, bem como sua aplicação na prática, incluindo análise de notícias, produção de notícias, júri simulado e produção de planos de aula. O modelo e-CRIA foi desenvolvido para favorecer o protagonismo dos alunos por meio de discussões e leituras para estimular o desenvolvimento do pensamento crítico e a tomada de decisões.

Um pensador crítico deve ser capaz de desenvolver opiniões independentes, que são necessárias para ser um cidadão ativo, tendo como alicerces a investigação e a argumentação (KUHN, 2005). Essa perspectiva de formar alunos para exercerem seus papéis enquanto cidadãos, a partir de sua participação, está diretamente relacionada aos pressupostos do movimento CTS, do Ensino com QSC e da abordagem RRI.

Tanto o modelo quanto as aplicações demonstraram possibilidades para o EC, principalmente quando a estrutura das aulas está relacionada com atividades que favoreçam a colaboração entre os participantes na construção do conhecimento. Além disso, ao deixar que os alunos sejam protagonistas, eles escolhem assuntos mais relevantes e próximos ao seu cotidiano. Nesse sentido, cabe aos professores reforçar a importância de olhar criticamente para os temas, de analisar e de questionar as informações.

Os alunos participaram ativamente das negociações, construções de conteúdo e discussões, explorando ideias livremente e envolvendo-se em argumentos sobre os temas

trabalhados. Segundo Hodson (2011), essas características são essenciais para aprendizagem por meio de QSC.

Apesar da motivação inicial para a construção do modelo e-CRIA ter sido a integração das QSC ao Ensino de Genética, nas aulas relacionadas à análise das notícias, as discussões em relação ao conteúdo não ocuparam espaço central e davam conta apenas de conhecimentos básicos. Contudo, nas aulas relacionadas à preparação para o júri simulado e à produção da notícia, ao assumirem uma participação maior de pesquisa e produção de material, os conteúdos foram trabalhados em grupos pelos alunos, que aprofundaram as leituras de artigos acadêmicos e debateram com os professores, articulando os aspectos históricos, culturais e éticos inerentes aos temas.

Ao se envolverem mais profundamente nas atividades, os alunos conseguiram equilibrar as discussões em temas científicos e sociais. Hodson (2011) afirma que as emoções dos alunos, a construção de um senso de comunidade e a comoção gerada pelas QSC são essenciais para propostas de ensino visando uma formação cidadã.

Se o objetivo do Ensino de Ciências é desenvolver habilidades mais complexas, como a argumentação e o pensamento crítico, é fundamental adotar estratégias de ensino-aprendizagem que ofereçam o espaço necessário para os alunos serem protagonistas e poderem desenvolver-se. Nesse sentido, o modelo e-CRIA pode ser uma alternativa que leve a esses resultados. Futuros estudos precisam ser desenvolvidos para explorar profundamente a relação das discussões, o protagonismo dos alunos, a comoção gerada pelas controvérsias sociocientíficas e o pensamento crítico, de forma a trazer mais contribuições para o campo do Ensino de Ciências.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, Orlando Junior; SARAIVA, João Filorcr. Modelo de Ensino para Mudanças Cognitivas: fundamentação e diretrizes de pesquisa. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.39-53, set. 1999.

AIKENHEAD, Glen. What is STS in science teaching? In: SOLOMON, J. & AIKENHEAD, G. (Eds.). **STS education: International perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 1994.

ANASTASIÓU, Léa das Graças Camargos.; ALVES, Leonir Pessate. Estratégias de ensinagem. In: ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula**. 5 ed. Joenville-SC. Univille, cap.3, p. 15-45, 2009.

BARAB, Sasha. Design-based research: A methodological toolkit for engineering change. In: **The Cambridge Handbook of the Learning Sciences**, Second Edition. Cambridge University Press, p. 223-270, 2014.

BAYRAM-JACOBS, Dürdane. Responsible Research and Innovation: What is it? How to Integrate in Science Education. Presented at **International Congress on Education for the Future: Issues and Challenges (ICEFIC 2015)** Conference, Ankara University, Ankara, Turkey, 2015.

BERNARDO, José Roberto da Rocha. The pre-service physics teacher and the challenge of the socio-scientific issues-based approach. E-Book from **The European Science Education Research Association Conference – ESERA 2011**, p. 954-960, 2012.

BOCHECO, Otávio. **Parâmetros para a abordagem de evento no enfoque CTS**. 2011. 169f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução 196/96. Decreto nº 93933, de janeiro de 1987**. Estabelece critérios sobre pesquisa envolvendo seres humanos. *Bioética*, v.4, n2. Suplemento, p.15-25, 1996.

BUENO, Wilson da Costa. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Informação & Informação**, v. 15, n. 1 esp., p. 1-12, 2010.

BULEGON, Ana Marli; TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach. Contribuições dos objetos de aprendizagem para ensinar o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes nas aulas de física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 21, n. 3, p. 743-763, 2015.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Habilidades de professores para promover a enriquecimento científico. **Contexto & Educação**, v. 22, n. 77, p. 25-49. 2008.



CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação. 5.ed. Ijuí: Unijuí, 2010.

COLL, César; MONEREO, Carles. (orgs). **Psicologia da Educação Virtual**: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DAMIANI, Magda Floriana. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios. **Educar**, Curitiba, n. 31, p. 213-230, 2008.

EILKS, Ingo. **Making chemistry teaching relevant and promoting scientific literacy by focusing on authentic and controversial socio-scientific issues**. Presentation at the annual meeting of the society for didactics in chemistry and physics, Potsdam, Germany, 2010.

HODSON, Derek. **Looking to the Future**. Springer Science & Business Media, 2011.

KUHN, Deanna. **Education for thinking**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2005.

MANDERNACH, B. Jean; et al. The role of instructor interactivity in promoting critical thinking in online and face-to-face classrooms. **MERLOT Journal of Online Learning and Teaching**, Long Beach, v. 5, n. 1, p. 49-62, 2009.

McNEIL, Katherine L.; KRAJCIK, Joseph. Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on students learning. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 45, p. 53-78, 2008.

MENDES, Mírian Rejane Magalhães.; SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Argumentação em discussões Sociocientíficas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 3, p.621-643, 2013.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 3, p. 621-626, 2012.

MINDAL, Clara Brener; GUÉRIOS, Ettiène. Formação de professores em instituições públicas de ensino superior no Brasil: diversidade de problemas, impasses, dilemas e pontos de tensão. **Educar em Revista**, n. 50, p. 21-33, 2013.

MORAES, Roque. É Possível Ser Construtivista no Ensino de Ciências? In: MORAES, R. (Org.). **Construtivismo e ensino de Ciências**. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 103-30, 2000.

MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos Tarciso; BEHRENS, Marilda. Aparecida. **Novas tecnologias e mediações pedagógicas**. 13. ed. São Paulo: Papirus, 2007.

MUNDIM, Julia Viegas; SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Ensino de ciências no ensino fundamental por meio de temas sociocientíficos: análise de uma prática pedagógica com vista à superação do ensino disciplinar. **Ciência & Educação (Bauru)**, Bauru, v. 18, n. 4, p. 787-802, 2012.

OKADA, Alexandra. **Engaging Science**: Innovative Teaching for responsible citizenship. Milton Keynes: The Open University, 2016.

OLIVEIRA, Marta Koll. **Vygotsky**: Aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 5 ed., 2010.

OWEN, Richard; MACNAGHTEN, Phil; STILGOE, Jack. RRI: From Science in Society to Science for Society, with Society. **Science and Public Policy**, v. 39, p. 751-760, 2012.

PEDASTE Margus; SARAPUU, Tago. Developing an effective support system for inquiry learning in a Web-based environment. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 22, n. 1, p. 47-62, 2006.

PÉREZ-LÓPEZ, David; CONTERO, Manuel. 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**, v. 12, n. 4, 2013.

RABELLO, Cintia Regina L.; OKADA, Alexandra. Aprendizagem e desenvolvimento profissional docente em ambientes abertos massivos. **Revista e-Curriculum**, v. 12, n. 3, out./dez., 2014.

REGO, Teresa Cristina. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da educação. 25 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

RIBEIRO, Silvar Ferreira.; CONCEIÇÃO, Sônia Maria Pinto.; OKADA, Alexandra. Formação Continuada de Professores Para o Uso De Dilemas Sócio Científicos com Elementos de Ubiquidade. **Interfaces Científicas-Educação**, v. 6, n. 1, p. 107-24, 2017.

ROBERTSON, Judy. The educational affordances of blogs for self-directed learning. **Computers & Education**, v. 57, sept, p.1628-1644, 2011.

SADLER, Troy. D. Situating Socio-scientific Issues in Classrooms as a Means of Achieving Goals of Science Education, In: Sadler, T. D (Ed.) **Socio-scientific Issues in the Classroom**: Teaching, learning and research, p. 1-9. Netherlands: Springer, 2011a.

SADLER, Troy. D. Socio-scientific issues-based education: What we know about science education in the context of SSI. Sadler, T. D (Ed.) **Socio-scientific Issues in the Classroom**: Teaching, learning and research, p. 355-369. Netherlands: Springer, 2011b.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. esp., 2007.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em química**: compromisso com a cidadania. 4. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SIMON, Shirley; ERDURAN, Sibel; OSBORNE, Jonathan. Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 2–3, p. 235–260, 2006.

STAHL, Bernd Carsten. Responsible research and innovation: The role of privacy in an emerging framework. **Science and Public Policy**, v. 40, n. 6, p. 708-716, 2013.

TOTI, Frederico Augusto. **Educação Científica e Cidadania**: as diferentes concepções e funções do conceito de cidadania nas pesquisas em Educação em Ciências. São Paulo: UFSCar, 2011, 266f. Tese (Doutorado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação, Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, 2011.

TYTLER, Russell; DUGGAN, Sandra; GOTT, Richard. Dimensions of evidence, the public understanding of science and science education. **International Journal of Science Education**, n. 2, p. 815–832, 2000.

VERGARA, Moema de Rezende. Contexto e conceitos: história da ciência e "vulgarização científica" no Brasil do século XIX. **Interciencia**, v. 33, n. 5, p. 324-330, 2008.

VIEIRA, Rodrigo Drumond.; MELO, Viviane Florentino de.; BERNARDO, José Roberto da Rocha. 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**, v. 16, n. 3, p. 203-225, 2014.

VIEIRA, Rodrigo Drumond, et al. Argumentação e Orientações Discursivas na Educação em Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 3, p. 707-725, 2015.

## NOTA

<sup>i</sup> <https://www.engagingscience.eu/>

<sup>ii</sup> <https://www.engagingscience.eu/>

<sup>iii</sup> Lista de notícias trabalhadas:

Cientistas podem ter descoberto que orientação sexual é genética.

Why are mice (and people) monogamous? A study points to genes.

Descoberto gene da “sensação de cansaço”.

Teste genético ajuda médico a indicar melhor antidepressivo.

Cientistas russos identificam genes que causam a depressão.

Transgênicos: está provado que estes alimentos causam autismo ou câncer?

Cabras transgênicas produzem leite para combater doença de Gaucher.

UNIFOR produz os primeiros caprinos transgênicos para lisozima humana por micro injeção do país.

Cientistas criam humano transgênico e provocam polêmica.

Estudo retoma polêmica sobre genética e criminalidade.

Pesquisadores corrigem genes defeituosos em embriões humanos.

Mecanismos neurais e genética interferem na obesidade infantil, diz estudo.

**Artigo recebido em 10/04/2018.  
Aceito para publicação em 27/05/2018.**