



# ALEXANDRIA

Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

## Dimensões de Credibilidade de Afirmativas Científicas e Conhecimento Funcional de Natureza da Ciência

*Dimensions of Reliability in Scientific Claims and Functional Knowledge of Nature of Science*

Paula Cristina Cardoso Mendonça<sup>a</sup>; Thais Mara Anastácio Oliveira<sup>b</sup>; Beatriz Carvalho Almeida<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Química, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil - paulamendonca@ufop.edu.br

<sup>b</sup> Departamento de Educação, Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, Brasil – thais.anastastacio@aluno.ufop.edu.br

<sup>c</sup> Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil – becarvalhoalmeida@gmail.com

### Palavras-chave:

Ciência integral.  
Conhecimento funcional.  
Natureza da ciência.  
Dimensões de credibilidade.  
Organismos geneticamente modificados.

**Resumo:** Investigamos como licenciandos em Química mobilizam conhecimentos de Natureza da Ciência (NdC) de maneira funcional na análise de afirmativas científicas relacionadas a um caso contemporâneo sobre os Organismos Geneticamente Modificados. Adotamos como referencial teórico os itens de dimensão de credibilidade de afirmativas científicas de Allchin (2011). Elaboramos critérios para julgar a funcionalidade da análise: (a) foram criticamente examinadas as afirmativas científicas e as práticas relacionadas a elas, evitando a apresentação de conclusões precipitadas; (b) os dados científicos disponibilizados foram usados para fundamentar o posicionamento com evidências e (c) meras declarações de aspectos de NdC foram evitadas. A análise explorou o conhecimento de NdC dos licenciandos além da dimensão declarativa, porque identificamos a coerência do uso com a justificativa estabelecida pelo licenciando no seu posicionamento. Nesse sentido, julgamos que o trabalho apresenta contribuições a área ao tornar mais claro que possíveis critérios utilizar para avaliar os conhecimentos de NdC na perspectiva apontada por Allchin.

### Keywords:

Whole science.  
Functional knowledge.  
Nature of science.  
Dimensions of reliability.  
Genetically modified organisms.

**Abstract:** We investigated how Chemistry preservice teachers used Nature of Science (NOS) knowledge in a functional way in the analysis of scientific claims related to a contemporary case about Genetically Modified Organisms. We adopted as items of analysis the dimensions of the reliability of scientific claims proposed by Allchin (2011). We developed criteria to judge the functionality of the analysis: (a) scientific claims and practices related to them were critically examined, avoiding the presentation of hasty conclusions; (b) the available scientific data were used to support the position with evidence and (c) mere statements of aspects of NOS were avoided. The analysis explored the preservice teacher's knowledge of NOS in addition to the declarative dimension, because we identified the consistency of use with the justification established by the preservice teachers in positioning. In this sense, we believe that the article presents contributions to the field by making the possible criteria's of analysis clear in the perspective pointed out by Allchin.



Esta obra foi licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Introdução

A formação de cidadãos letrados cientificamente tem sido promulgada como uma meta para o ensino das disciplinas da área de ciências da natureza. Considerando-se este objetivo de ensino, espera-se que a educação científica contribua para que os estudantes possam se posicionar de forma consciente e crítica nas resoluções de questões e problemas em suas diversas demandas de atuação na sociedade (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Nesta perspectiva, consideramos que trabalhar com as dúvidas e questionamentos às afirmativas científicas e com a análise dos diferentes pontos de vista envolvidos nas controvérsias que ocorrem em, sobre e pela Ciência torna-se relevante para a formação crítico-reflexiva dos estudantes. Isto porque, este tipo de abordagem permite aos sujeitos questionar as fontes de informação, avaliar os critérios utilizados pelos especialistas para fazer determinadas considerações, identificar argumentos de autoridade e distinguir afirmativas baseadas em evidência de mera opinião (SMITH; SCHARMAN, 1998; DUSCHL, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010; ALLCHIN, 2011; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; PUIG, 2012; HODSON, 2014). Tal perspectiva formativa se mostra relevante especialmente ao considerarmos a diversidade de temas atuais e controversos sobre os quais a Ciência ainda não chegou a um consenso. Nesse cenário temos, por exemplo, as várias informações divulgadas pela mídia quanto a doença COVID-19, as quais tem chamado nossa atenção para a importância do entendimento sobre o que torna afirmativas científicas confiáveis ou não.

Pesquisadores da área de Educação em Ciências têm discutido que, para se atingir tal finalidade, torna-se necessário que estudantes sejam instruídos não apenas sobre ‘o que sabemos’, mas também sobre: ‘por que sabemos o que sabemos’ e ‘como nós sabemos o que sabemos’ (OSBORNE, 2010; 2016; SASSERON; DUSCHL, 2016; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; CRUJEIRAS, 2017; IBRAIM; JUSTI, 2018; SASSERON, 2018). Em outras palavras, é necessária a compreensão sobre como os conhecimentos adquirem o status de científico e sobre quais os caminhos percorridos para legitimá-los. Isto nos indica que o conhecimento epistêmico, relacionado aos processos de justificação das alegações científicas, deve estar associado a compreensão das dimensões dos processos científicos e produtos da Ciência (DUSCHL, 2008). Tal posicionamento é coerente com a visão de Osborne e Dillon (2010), que afirmam que a ênfase apenas no conhecimento conceitual, ou dos fatos, é insuficiente para uma apreciação crítica do empreendimento científico na sociedade e para o entendimento da consistência e credibilidade das afirmativas divulgadas na mídia.

Sob esta perspectiva, consideramos a relevância do conhecimento epistêmico da Ciência na avaliação da credibilidade de afirmativas científicas. Tal conhecimento pode ser desenvolvido quando os estudantes têm oportunidades de discutir explicitamente sobre os critérios adotados pelos cientistas na produção, avaliação, comunicação e legitimação do

conhecimento (KELLY, 2008). Isto está atrelado às suas oportunidades de discutir os modelos e as conclusões científicas durante a vivência e reflexão sobre práticas científicas e epistêmicas (STROUPE, 2015; OSBORNE, 2016; SASSERON; DUSCHL, 2016; JIMÉNEZ-ALEXANDRE; CRUJEIRAS, 2017). A partir de tais vivências os sujeitos poderiam ter oportunidades para o aprendizado reflexivo e mais amplo sobre Natureza da Ciência (ALLCHIN, 2011; 2013; HODSON, 2014; IRZIK; NOLA, 2014; JUSTI; MENDONÇA, 2016; SANTOS, 2018; MENDONÇA, 2020).

No campo de Educação em Ciências, o termo ‘Natureza da Ciência’<sup>1</sup> (NdC) tem sido utilizado para fazer menção aos conhecimentos epistemológicos da Ciência que são potencialmente úteis aos estudantes da educação básica e professores desta área. Esse construto híbrido apropria-se de reflexões das disciplinas metacientíficas: Filosofia, História, Sociologia, Economia e Psicologia da Ciência (IZQUIERDO-AYMERICH; ADÚRIZ-BRAVO, 2003; JUSTI; ERDURAN; 2015). Mas de que maneira tais conhecimentos sobre NdC podem ser relevantes para professores e estudantes?

De acordo com Allchin (2013), os conhecimentos de NdC são úteis quando são *funcionais* e não declarativos. Na perspectiva deste autor, entendimento *funcional* de NdC é aquele que possibilita o uso crítico de conhecimentos sobre Ciência na análise de casos e nas tomadas de decisão. Allchin (2011) argumenta que, de maneira contrária, uma lista de princípios de NdC<sup>2</sup>, – desprovida de contextos e que visa demarcar a Ciência – pode ser insuficiente ao se analisar as questões investigadas pela Ciência, a credibilidade de fontes, informações e afirmativas científicas. Além da ausência de contexto, os itens dessa lista costumam não ser devidamente discutidos a partir de casos e exemplos, o que também poderia favorecer uma visão muito restrita sobre a Ciência (IRZIK; NOLA, 2011). Por este motivo, Allchin et al. (2014) sugerem a utilização de casos históricos, casos contemporâneos da Ciência e atividades investigativas como abordagens para que os estudantes apliquem e desenvolvam seus conhecimentos sobre NdC ao avaliar a credibilidade de afirmativas científicas. Contudo, não obstante a exaustiva discussão acerca do potencial de questões atuais e controversas da Ciência para a formação crítico-reflexiva dos estudantes (ZEIDLER et al., 2009; LEE; GRACE, 2012; ALLCHIN et al., 2014), ainda existem algumas

---

<sup>1</sup> Existem outras abordagens para Natureza da Ciência na literatura da área, que em função do escopo deste artigo não serão retratadas, as quais podem ser consultadas, por exemplo, em Moura (2014) e Acevedo-Díaz et al. (2007).

<sup>2</sup> Uma das propostas de maior destaque para o ensino de NdC na área de Educação em Ciências é a lista de sete princípios proposta por Lederman. Nela, o autor nos apresenta os aspectos que visam caracterizar a Ciência e que deveriam fazer parte do currículo de ciências. Lederman e seus colaboradores elaboraram também um instrumento de avaliação, denominado VNOS (*Views of Nature of Science Questionnaire*), que visa avaliar os conhecimentos de NdC de professores e estudantes da área de ciências (LEDERMAN et al., 2002), considerando-se os aspectos de NdC presentes na lista de sete princípios.

dificuldades dos sujeitos quanto ao modo como utilizam os conhecimentos sobre Ciência para se posicionar sobre tais questões.

Por exemplo, Sá et al. (2013) apresentam resultados de pesquisa que indicam que estudantes de graduação em Química tendem a recorrer a argumentos de autoridade – em detrimento de argumentos baseados em evidências – ao analisar casos investigativos de caráter sociocientífico. Silva et al. (2019) apontam para o modo ambíguo a partir do qual licenciandos em Química se posicionam sobre questões relacionadas à Ciência, Tecnologia e Sociedade. Nesse sentido, observou-se, por exemplo, que em algumas situações os licenciandos apresentaram uma visão neutra do empreendimento científico, ao passo que esta mesma visão era negada em outros momentos.

Levando em conta os resultados destas pesquisas e o que discutem inúmeros outros trabalhos na literatura (por exemplo: KOLSTØ, 2008; KHISHFE, 2012; VERGARA, 2014; ALLCHIN, 2017), defendemos aqui o desenvolvimento de uma visão crítica e holística do empreendimento científico, a qual pode ser relevante na análise e no posicionamento sobre questões atuais e controversas da Ciência. Dessa forma, compartilhamos a ideia de Allchin (2013), segundo o qual as reflexões sobre as etapas que envolvem a construção do conhecimento científico são importantes para se analisar a credibilidade de afirmações científicas – o que, na perspectiva do autor, é uma maneira de demonstrar um conhecimento aplicado de NdC, em oposição aquele no qual são firmadas declarações desprovidas de contextos. Assim, neste trabalho investigamos como licenciandos em Química mobilizam conhecimentos de NdC de maneira *funcional* (ou *não funcional*) para analisar afirmativas científicas relacionadas à Organismos Geneticamente Modificados (OGM). Ao mobilizar tais conhecimentos para analisar as afirmativas e práticas científicas, os licenciandos podem fornecer indícios que nos permitem compreender como eles foram utilizados na análise de questões e situações-problema.

### **Referencial teórico**

Adotamos como referencial teórico a abordagem *Whole Science* de Allchin (2011), segundo a qual a simples memorização de uma lista de princípios de NdC não parece ser suficiente para que alguém saiba lidar de forma crítica com afirmações científicas. Isto porque, avaliar a credibilidade do conhecimento científico demanda uma visão holística e, sobretudo crítica, acerca do processo de construção do mesmo.

Nesta abordagem o pesquisador argumenta a favor do desenvolvimento de uma compreensão *funcional* de NdC, que possibilite aos estudantes fazer uma análise crítica das alegações científicas a partir dos estudos de caso (histórico ou contemporâneo) ou da vivência de atividades investigativas. Para o autor, em contextos de ensino, esse tipo de análise pode

favorecer reflexões sobre as diversas etapas envolvidas na construção do conhecimento científico (ALLCHIN et al., 2014).

Para ilustrar essas ideias, o autor apresenta um estudo de caso contemporâneo que relata a história de uma mulher de 40 anos de idade, preocupada com a possibilidade de ter câncer de mama e que planeja fazer uma mamografia, apesar dos seus receios em relação à radiação excessiva. No entanto, a mulher recebe a informação de que uma força-tarefa nacional americana aconselha que se espere até os 50 anos de idade para realizar o exame, sendo esta informação confirmada na revista *Women's Health*. Porém, a mesma mulher conheceu outra que faleceu aos 43 anos de idade com câncer de mama (ALLCHIN, 2011). A partir de informações disponibilizadas em revistas de divulgação científica e sítios da internet, os estudantes devem avaliar as evidências que são disponibilizadas, para auxiliar a mulher na decisão do exame de mamografia.

Segundo o autor, o caso descrito reflete uma situação problema similar àquelas que os estudantes podem se deparar em suas vidas. Para se posicionar, ou tomar uma decisão sobre esta situação, não é suficiente que os estudantes saibam uma lista de princípios de NdC, mas antes, devem realizar uma análise crítica das afirmativas apresentadas (KELLY, 2008). Por exemplo, não é suficiente apenas saber que o conhecimento científico é empiricamente fundamentado, torna-se necessário saber avaliar se as evidências disponíveis nos estudos científicos são confiáveis, suficientes e específicas para se chegar a determinadas conclusões, ou ainda, verificar e compreender sobre os conflitos de interesse que podem estar envolvidos nas análises e recomendações. Assim, ao analisar criticamente a situação problema, os sujeitos podem expressar seu grau de compreensão *funcional* sobre as práticas científicas e a relevância desta compreensão no processo de tomada de decisão.

Para Allchin, uma compreensão *funcional* sobre NdC envolve o entendimento sobre incertezas e as possíveis fontes de erro na Ciência e que podem existir discordâncias de posicionamento diversas entre os especialistas da Ciência. Nesse sentido, o autor argumenta que refletir sobre as tentativas e erros que ocorrem na Ciência é importante especialmente para a compreensão sobre as práticas científicas e como elas estão relacionadas à elaboração de afirmativas científicas confiáveis (ALLCHIN, 2012). Diante disso, para avaliar a credibilidade de informações, é necessário compreender os métodos e critérios empregados pelos especialistas para garantir a credibilidade de afirmativas e as suas limitações. Nesse sentido, os métodos e critérios que tornam uma evidência científica confiável devem ser postos em discussão (ALLCHIN, 2017).

Mas por que a reflexão sobre a construção do conhecimento científico é importante? Na perspectiva de Allchin (2013), existe um histórico que caracteriza a elaboração de uma afirmativa científica, o qual se concretiza a partir de uma série de etapas. Nesta perspectiva, o

autor propõe a rubrica de Dimensões de Credibilidade da Ciência<sup>3</sup>, que contempla 41 itens para análise das dimensões de credibilidade das afirmativas e das práticas científicas relacionadas: *à observação e raciocínio, métodos de investigação, instrumentação, padrões de raciocínio, dimensões históricas, dimensões humanas, interações entre cientistas, dimensões socioculturais, economia e/ou financiamento e comunicação do conhecimento*. Para cada uma das dimensões citadas acima, o autor nos apresenta itens que poderiam ser considerados ao se analisar uma questão relacionada à NdC. Por exemplo, na dimensão *observação e raciocínio*, o autor destaca que poderiam ser avaliados itens como a completude das evidências, o papel dos estudos e observações sistemáticas *versus* uma breve descrição (anedota), entre outros. Na dimensão relacionada aos *métodos de investigação*, outros itens poderiam ser avaliados, tais como experimentos controlados, estudos cegos, análise estatística de erros, replicação, tamanho da amostra etc. (ALLCHIN, 2013).

Allchin (2013) destaca que a rubrica tem o objetivo de ser ilustrativa e, justamente por isso, outras dimensões que caracterizam o processo de construção do conhecimento científico poderiam ser adicionadas. Por isso, compartilhamos a perspectiva de Santos (2018), sobre a necessidade de se refletir sobre o significado de cada um dos itens da rubrica em determinado contexto.

Outro ponto que para nós também precisa de esclarecimento é como e em que extensão os conhecimentos sobre NdC são mobilizados na tomada de decisão sobre um problema. Na pesquisa realizada por Azevedo e Scarpa (2017), por exemplo, as autoras elaboraram um questionário fechado e contextualizado sobre Ecologia, com o objetivo de investigar as concepções de NdC dos estudantes de Ciências Biológicas, considerando as Dimensões de Credibilidade da Ciência como itens a serem avaliados. Apesar de sua relevância para se avaliar aspectos de NdC a partir de um contexto, o estudo enfatiza a quantificação destes aspectos e quão esclarecida é a visão sobre Ciência, em detrimento da compreensão de como os estudantes mobilizam conhecimentos de NdC de maneira *funcional* (ou não) na análise da credibilidade de afirmativas científicas.

## **Metodologia**

### *Caracterização da amostra e do contexto de pesquisa*

Nossa amostra foi constituída por sete licenciandos do último período de um curso noturno de Licenciatura em Química de uma Universidade Pública do sudeste do país. Tais licenciandos cursavam a disciplina Práticas de Ensino de Química IV, no semestre letivo

---

<sup>3</sup> Para mais informações sobre o conteúdo da rubrica de Dimensões de Credibilidade da Ciência, consultar Allchin (2011; 2013; 2017) ou, ainda, os trabalhos de Santos (2018) e Almeida (2019), os quais apresentam os itens da rubrica traduzidos para a língua portuguesa.

2018/1. Nessa disciplina, discute-se sobre temas diversos relacionados ao Ensino de Química, como: atividades investigativas, experimentação e argumentação.

As atividades desenvolvidas ao longo da disciplina não constituem, em si, nosso foco de investigação neste trabalho. Por isso, elas não serão exaustivamente descritas. Dentre tais atividades, nos limitamos a descrever, de forma sucinta, o júri simulado sobre o tema ‘Transgênicos’ realizado com os licenciandos. A ênfase na descrição desta atividade decorre da relevância desta para o desenvolvimento de conhecimentos que podem ter impactado as respostas dos licenciandos às questões do caso contemporâneo, utilizado como fonte de coleta de dados neste trabalho (anexo).

O júri simulado foi realizado após discussões iniciais sobre argumentação no Ensino de Ciências, as quais ocorreram, predominantemente, com base em referenciais teóricos da área (por exemplo: JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BROCCOS, 2015) e atividades com intuito de desenvolver a argumentação em sala, baseadas em algumas etapas do processo formativo relatado por Ibraim e Justi (2017). A atividade 1, *Halloween Crush* (ERDURAN; PABUCCU, 2012) consiste em um caso no qual um grupo de jovens presenciou um acidente envolvendo uma lata de azeite. Em grupos, os licenciandos foram solicitados a avaliar como "mais relevante" e "menos relevante" as razões para o incidente ter ocorrido e justificar as escolhas. Na segunda atividade, intitulada “Por que nós sabemos o que sabemos?” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2009), foram apresentadas variadas afirmativas científicas relacionadas a conteúdos químicos (por exemplo, a massa se conserva em reações químicas), para as quais os licenciandos deveriam apresentar evidências e justificativas. Na atividade 3, "Crânio de Copérnico" (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010), foi apresentado um texto com dados que deveriam ser usados para dizer se um crânio encontrado pertencia ou não a Copérnico. Em sequência foi proposto o júri simulado, com o objetivo principal de favorecer o desenvolvimento das habilidades argumentativas dos licenciandos. Ele foi realizado em seis aulas de cinquenta minutos.

No júri os licenciandos deveriam argumentar sobre a seguinte questão: *o governo deve, ou não, financiar pesquisas envolvendo alimentos transgênicos?* A professora da disciplina disponibilizou aos licenciandos textos e reportagens sobre a temática para embasar a elaboração de argumentos. A turma foi dividida em três grupos: um grupo deveria argumentar favoravelmente ao investimento do governo em pesquisas sobre os transgênicos; outro grupo deveria defender a posição contrária; o terceiro grupo constituía o júri, que ficaria responsável pelo veredito, isto é, apontar se e qual dos grupos o convenceu com base na análise dos argumentos a partir de critérios estabelecidos.

Para além da instrução sobre argumentação, supomos que a participação no júri simulado pode ter contribuído para ampliar os conhecimentos dos licenciandos sobre os

Transgênicos e, de maneira mais geral, sobre os Organismos Geneticamente Modificados. Somando-se a isto, a professora aproveitou a oportunidade para discutir sobre os aspectos de NdC envolvidos na problemática, tais como: a importância de financiamento nas pesquisas científicas; possíveis influências de fatores externos à Ciência em função de interesses políticos e econômicos; o caráter provisório do conhecimento; a importância do controle de variáveis nas investigações para alcançar resultados satisfatórios; a influência da Ciência na sociedade e meio ambiente e vice versa; e a importância de considerar os princípios éticos nas pesquisas científicas. A discussão sobre tais aspectos não ocorreu conforme uma lista previamente estabelecida, mas ao contrário disto, foi realizada a partir da reflexão explícita dos aspectos de NdC que emergiam a partir do contexto estudado.

Discussões sobre NdC já haviam sido vivenciadas em momentos anteriores da formação dos licenciandos, na disciplina Prática de Ensino de Química II, cursada no semestre letivo 2017/1. Naquele contexto, discutiu-se sobre as visões limitadas de Ciência apresentadas por estudantes; perspectivas da Filosofia da Ciência; e o uso de estudos de caso históricos como forma de abordar aspectos de NdC de forma contextualizada.

Sob nosso ponto de vista, os conhecimentos sobre Organismos Geneticamente Modificados e sobre NdC, desenvolvidos pelos licenciandos nos contextos descritos, podem ter se constituído em conhecimentos prévios importantes para subsidiar as respostas deles às questões do caso contemporâneo, o qual é descrito na próxima seção.

#### *Coleta dos dados e metodologia de análise da pesquisa*

Antes da coleta de dados, os licenciandos que compuseram nossa amostra se dispuseram a participar voluntariamente da pesquisa, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Para preservar a identidade dos licenciandos, foram utilizados códigos do tipo Ln, onde a letra L é indicativa de “licenciando” e n, um algarismo natural de 1 a 7, discriminados de forma aleatória.

Para responder nossa questão de pesquisa, utilizamos como instrumento de coleta de dados um caso contemporâneo, constante no Anexo, baseando-nos na perspectiva de casos contemporâneos defendida por Allchin (2013). Ele foi apresentado aos licenciandos no horário da aula de Práticas de Ensino de Química IV, no encontro posterior ao término do júri simulado sobre o tema ‘Transgênicos’. Os licenciandos receberam o caso contemporâneo apresentado em anexo e, após leitura, responderam por escrito cada uma das questões. Tal atividade foi realizada individualmente, ao longo de duas aulas geminadas de cinquenta minutos cada. Após os licenciandos resolverem o caso contemporâneo, as respostas foram recolhidas para compor os dados a serem analisados nesta pesquisa. Nosso interesse principal era que o caso contemporâneo nos permitisse compreender como os licenciandos mobilizam

seus conhecimentos sobre NdC de maneira *funcional* (ou *não funcional*) ao analisarem afirmativas científicas envolvendo uma temática socialmente relevante (organismos geneticamente modificados), e cuja análise requer a compreensão e mobilização de diferentes aspectos de NdC.

Os avanços nesse tipo de tecnologia possibilitaram romper barreiras genéticas entre espécies com maior facilidade do que ocorre na natureza (CARVALHO et al., 2018) permitindo, desta forma, a utilização desta tecnologia em benefício da sociedade como, por exemplo, na produção de insulina para tratamento do diabetes (GUALANDI-SIGNORINI; GIORGI, 2001).

Apesar dos possíveis benefícios associados à tecnologia de modificação genética, este é, ainda, um tema que envolve muitas controvérsias. Por exemplo, o uso dessa tecnologia acarreta preocupações quando está associado à produção de alimentos geneticamente modificados, principalmente em relação aos possíveis riscos e benefícios que eles podem acarretar para a saúde humana e animal e para o meio ambiente (CARVALHO et al., 2018). A natureza controversa do tema também está relacionada aos interesses de grupos sociais sobre a tecnologia empregada. Tais interesses podem ocorrer por parte das empresas que utilizam o conhecimento científico com intuito de aumentar a produção de alimentos em um curto intervalo de tempo, muitas vezes sem considerar os riscos envolvidos (CARVALHO et al., 2018).

Recorremos à análise de conteúdo como metodologia de análise das respostas dos licenciandos às questões do caso contemporâneo, porque ela nos possibilita obter, por meio de procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores que permitem a inferência de conhecimentos relativos às mensagens analisadas (BARDIN, 2016). Para efetuar tal análise, codificamos os licenciandos (L1 a L7) e realizamos a leitura de suas respostas ao caso contemporâneo classificando-as conforme as categorias de análise.

No primeiro conjunto de categorias elencamos os aspectos de NdC expressos pelos licenciandos ao responderem as questões do caso contemporâneo, tomando como base as Dimensões de Credibilidade da Ciência, destacadas por Allchin (2013). Assim, para cada questão do caso contemporâneo, identificamos as dimensões de credibilidade mobilizadas pelos licenciandos em suas respostas.

Nosso segundo conjunto de categorias tem como finalidade expressar a maneira pela qual os licenciandos mobilizaram seus conhecimentos sobre NdC ao responderem às questões do caso contemporâneo. Neste processo, investigamos se os aspectos de NdC foram utilizados de maneira *funcional* ou *não funcional* quando os licenciandos realizaram a análise das afirmativas científicas. Para realizar essa categorização, criamos critérios a partir da nossa interpretação das ideias de Allchin (2011). Dessa forma, para compreendermos se o

licenciando utilizou os aspectos de NdC de maneira *funcional* na análise das afirmativas científicas, verificamos se ele: (a) realizou uma análise bem informada sobre as afirmativas científicas e das práticas relacionadas a elas, isto é, se estas foram criticamente examinadas, evitando a apresentação de conclusões precipitadas; (b) interpretou os dados científicos para fundamentar o posicionamento com evidências; (c) evitou meras declarações de aspectos de NdC, isto é, não apenas mencionou um aspecto de NdC, mas também explicitou como tal aspecto dava suporte a um determinado posicionamento.

Na resposta à questão 1 do caso contemporâneo, considerando os itens das Dimensões de Credibilidade da Ciência como referencial de análise, esperávamos que os licenciandos expressassem sua compreensão sobre os seguintes aspectos de NdC:

- Observações e raciocínio – papel de estudos e observações sistemáticas (*versus* anedota); completude das evidências; robusteza (concordância entre diferentes tipos de dados); informações verificáveis *versus* valores.
- Métodos de investigação – experimentos controlados (uma variável); replicação e tamanho da amostra; correlação *versus* causa.
- Economia/financiamento – fontes de financiamento; conflitos de interesses pessoais.

Nessa questão, esperava-se que os licenciandos reconhecessem que a pesquisa científica necessita de financiamento (economia/financiamento). Esse financiamento pode partir de empresas e fundações, que têm interesses específicos na pesquisa, ou daquelas que o fazem de maneira mais desinteressada. Em função disso, apesar de a Ciência almejar a objetividade, as pesquisas científicas não são totalmente imparciais.

Todavia, os licenciandos deveriam ponderar que, no contexto apresentado, não é possível afirmar, de maneira assertiva, que existe relação entre os dados obtidos na pesquisa e o órgão que a financiou (*observações e raciocínio*). Isso porque, a metodologia utilizada no estudo parece suficiente para demonstrar os riscos de consumir alimentos geneticamente modificados. Por exemplo: os estudos foram conduzidos durante um tempo considerável de dois anos; os ratos eram machos e fêmeas e foram sujeitos há vários tipos de alimentação (*métodos de investigação*). Em resumo, os licenciandos deveriam analisar até que ponto a parcialidade na Ciência pode interferir na credibilidade da pesquisa apresentada no contexto desta questão.

Na questão 2, esperávamos acessar as concepções dos licenciandos principalmente em relação a:

- Instrumentação e práticas experimentais – ética na experimentação com seres humanos; uso de modelos e organismos modelos.

Uma compreensão *funcional* desses aspectos de NdC requer que os licenciandos levem em consideração que a atividade científica deve ocorrer fundamentada em condutas éticas como aquelas destacadas por Irzik e Nola (2014): (i) os cientistas não devem produzir, omitir ou distorcer os dados, nem se submeter a nenhuma autoridade que não sejam as evidências científicas; (ii) os cientistas devem tratar os seres humanos e animais com respeito e dignidade. No caso de pesquisas com seres humanos, isso envolve obter o consentimento informado desses sujeitos; (iii) respeito ao meio ambiente, evitando causar danos ambientais; (iv) os cientistas são livres para realizar qualquer pesquisa, mas elas estão sujeitas a certas restrições, como as considerações éticas mencionadas anteriormente; (v) os cientistas devem estar dispostos a realizar discussões críticas e a compartilhar ideias, dados, técnicas, etc. Além disso, eles devem estar dispostos a mudar de opinião quando confrontados por novas evidências. No contexto da questão 3, é especialmente relevante considerar que, numa pesquisa científica, devem ser resguardados os direitos, a dignidade e o bem-estar dos sujeitos envolvidos. Por isso, as pesquisas científicas que utilizam experimentação com seres humanos devem estar de acordo com o comitê de regulação da pesquisa. Além disso, os seres humanos participantes devem estar cientes de aspectos centrais da investigação (suas condições, objetivos, possíveis malefícios e benefícios). É importante considerar, nesse sentido, que os riscos inerentes ao uso de alimentos geneticamente modificados podem ser de cunho biológico ou socioeconômico. Do ponto de vista ético, é preciso refletir se tais riscos são compensados pelos benefícios e, ainda, se eles podem ser administrados de forma adequada (LACEY, 2006; 2007).

Na questão 3, os licenciandos deveriam analisar a situação apresentada e decidir se existe, ou não, um consenso na comunidade científica em torno dos métodos de avaliação utilizados para garantir a segurança, ou os riscos, dos alimentos geneticamente modificados. Os aspectos de NdC mais evidentes que emergem na análise desta questão, com base nas dimensões de credibilidade de Allchin (2013), são:

- Observações e raciocínio – completude das evidências; robustez (concordância entre diferentes tipos de dados);
- Comunicação e transmissão de conhecimentos – credibilidade de vários periódicos científicos e publicações da imprensa em geral.

Para analisar a problemática apresentada, os licenciandos deveriam buscar, ao longo do texto da questão, evidências que demonstrassem que é possível existir um relativo consenso da comunidade científica em relação aos métodos utilizados para garantir a segurança, ou os riscos, dos alimentos geneticamente modificados. Isso porque foram divulgados resultados de 50 projetos que evidenciam que esses alimentos não oferecem riscos à saúde humana, animal e ao meio ambiente (observações e raciocínio). Para serem

divulgadas, as pesquisas científicas são submetidas à revisão por pares, guiada por critérios e normas de avaliação, algo que confere objetividade para a pesquisa. Por isso, a comunicação e a divulgação do conhecimento são centrais para estabilização dos fatos científicos (VAN DICK, 2011; NIELSEN, 2012) (comunicação e transmissão de conhecimentos).

Embora cada questão do caso contemporâneo tenha sido idealizada com o intuito de favorecer a expressão de determinados aspectos de NdC referentes às dimensões de credibilidade, no decorrer da análise das respostas dos licenciandos a estas questões, tomamos o cuidado de identificar outros possíveis aspectos que pudessem surgir e que não haviam sido considerados previamente. Cabe destacar que os licenciandos não tiveram acesso ao instrumento de análise de credibilidade de afirmativas científicas, que foi utilizado como referencial analítico nesta pesquisa. Além disso, é possível que os licenciandos não tenham se restringido, necessariamente, ao material que lhes foi disponibilizado para tirar suas conclusões sobre o assunto. Entretanto, nosso interesse é investigar os aspectos de NdC que emergem das respostas escritas dos licenciandos sobre o caso, de forma que não é possível discutir em que medida estas respostas foram influenciadas por conhecimentos anteriores.

### Análise dos resultados

Na tabela 1 são apresentados os dados da questão 1, relativos aos licenciandos que apresentaram conhecimento *funcional* (ou *não funcional*) sobre NdC em função de cada dimensão de credibilidade de afirmativas científicas avaliadas.

**Tabela 1.** Análise dos conhecimentos de NdC na questão 1.

Dimensão de credibilidade	Conhecimento <i>funcional</i>	Conhecimento <i>não funcional</i>
Observações e raciocínio	L3	L1, L2, L4, L5, L6, L7
Economia/Financiamento	L3	L1, L2, L4, L5, L6, L7
Métodos de investigação	L2, L3	L1, L4, L5, L6, L7

**Fonte:** Elaboração própria.

Conforme apresentado na tabela 1, a maioria dos licenciandos não apresentou conhecimentos funcionais para as dimensões avaliadas na questão 1. Apresentamos a análise detalhada das respostas de L1 e L3 para exemplificar os dados.

Quando L1 foi solicitado a se posicionar sobre a existência de uma relação entre os dados obtidos na pesquisa com o financiamento, ele expressou que:

Sim, os resultados dos estudos sobre o milho (OGM) nos demonstram como o milho (OGM) pode ser prejudicial, e quem financia esta pesquisa é a fundação CERES, que é bancada por algumas empresas do ramo alimentício que não produzem OGM. Dessa forma, há um interesse para esta fundação financiar a pesquisa, que fornece dados sobre o uso de OGM que podem vir a ser prejudiciais.

O licenciando supõe uma relação entre os dados obtidos na pesquisa e o financiamento. Para L1, pode existir um grau elevado de parcialidade em função da influência de fatores externos à Ciência, como o interesse da empresa financiadora, como fica evidente no trecho apresentado a seguir:

Devido à fundação Ceres, financiadora da pesquisa, ser bancada por algumas empresas do ramo alimentício que não produzem OGM, pode ser que ela influencie na pesquisa, já que os resultados podem ser de seu interesse para a maior produção de alimentos que não são modificados.

Frente à crença de L1 de que os resultados obtidos na pesquisa podem ter sido influenciados pelas empresas financiadoras, ele questiona a metodologia utilizada nos estudos, como evidenciado no trecho a seguir:

A metodologia utilizada poderia ser melhorada fazendo, por exemplo, a pesquisa com outras linhagens de ratos. Devido à informação fornecida, pode ser que a metodologia feita foi utilizada para alcançar resultados que fossem mais satisfatórios de acordo com os interesses do pesquisador, já que a linhagem de ratos utilizados tem uma predisposição ao câncer.

L1 considera que a metodologia adotada pelos cientistas no estudo apresentado deve ser melhorada considerando a informação apresentada na questão de que alguns cientistas questionam a validade do estudo alegando que a linhagem de ratos utilizada pode sofrer tumor facilmente. Contudo, não foram apresentadas evidências no texto da questão (vide anexo) que sustentem essa crítica, o que nos levou a considerar que L1 apresentou uma conclusão precipitada ao aceitar essa ideia sem uma fundamentação científica que a respaldasse. Nesse sentido, parece que esse licenciando baseou sua análise no argumento de autoridade em lugar de considerar as evidências disponibilizadas. Sá et al. (2013) também observaram que, algumas vezes, alunos tendem a basear suas decisões em argumentos de autoridade. Não podemos desconsiderar que, conforme destacamos anteriormente, os licenciandos já haviam vivenciado discussões anteriores sobre alimentos Transgênicos e NdC, algo que pode ter influenciado para que eles não se restringissem apenas às informações que lhes foram apresentadas para tomar suas decisões relativas ao caso.

Além disso, ele não considerou que a metodologia utilizada no estudo apresentou controles de variáveis como, por exemplo: os ratos utilizados como amostra eram machos e fêmeas; os ratos foram alimentados de três maneiras diferentes e o período de análise considerável de dois anos, que são variáveis essenciais na realização de um experimento desse tipo.

Podemos considerar que o ponto da rubrica *financiamento* (fontes de financiamento e conflitos de interesse) foi considerado mais fortemente por L1 em sua análise. Ao passo que *observações e raciocínio*, em termos de uma análise das evidências e a ponderação delas em relação às expectativas pessoais e os *métodos de investigação*, em termos de controle de

variável, tamanho da amostra e correlação *versus* causa, não foram prioritariamente considerados. Diante disso, julgamos que L1 não realizou uma análise fundamentada (ou crítica) das afirmativas científicas apresentadas no texto, pois ele tirou conclusões precipitadas do contexto exposto, sem analisar criticamente todos os dados científicos disponíveis. Em função disso, consideramos que ele apresentou uma compreensão *não funcional* dos aspectos de NdC referentes às dimensões de credibilidade destacadas.

Ao contrário de algumas pesquisas que têm evidenciado que estudantes e professores apresentam a concepção de que a Ciência é neutra e isenta de influências externas (FERNÁNDEZ et al., 2002; ACEVEDO-DIAZ et al., 2007; SILVA et al., 2019), L1, L2, L4, L5, L6, L7 parecem reconhecer que essas influências podem impactar significativamente essas pesquisas. Contudo, diante dos critérios de análise, julgamos que muitos deles apresentaram uma compreensão declarativa sobre este aspecto, uma vez que não foram capazes de utilizá-lo ao analisar criticamente os dados apresentados para fundamentar suas conclusões.

Por sua vez, L3 afirmou que:

Acredito que os dados são confiáveis, pois foram feitos testes e estudos em uma amostragem grande (cerca de 200 ratos entre eles fêmea e macho), todos apresentando resultados negativos, entretanto o período da pesquisa feita pelo pesquisador para afirmar os efeitos do milho OGM NK603 ainda é pouco (3 meses) precisa de mais dados para avaliar sobre o financiamento desta pesquisa.

O trecho apresentado nos dá indícios de que L3 realizou uma análise bem fundamentada ao ponderar que as informações apresentadas no texto são insuficientes para avaliar se os dados obtidos na pesquisa têm relação com o financiamento. O licenciando também demonstrou compreender a importância de controles de variáveis como, por exemplo, a amostragem de ratos e o período de análise na realização do experimento.

L3 parece compreender, ainda, um, dentre outros, dos aspectos relevantes à natureza empírica da Ciência, pois ele afirma que os dados científicos obtidos são confiáveis, justificando que foram realizados testes e estudos com uma amostra consideravelmente grande de ratos. Portanto, podemos concluir que, nesse momento, L3 demonstrou uma compreensão *funcional* de conhecimentos de NdC, no que se refere ao caráter empírico da Ciência. Tal aspecto se relaciona à dimensão *observação e raciocínio*, no que diz respeito a completude das evidências e robustez dos resultados. Apesar de *funcional*, julgamos que L3 não considerou o papel das concepções prévias dos cientistas nas análises de dados. Ou seja, ao utilizar experimentos é preciso ter em mente que fatos observados sempre podem ter diferentes tipos de interpretações. Assim, a observação é dependente de teoria e a teoria guia a observação e experimentação.

No que se refere à influência do financiamento na pesquisa, L3 expressa que:

A pesquisa foi financiada por várias empresas sendo algumas delas contra o uso de OGM. A divulgação desses resultados pode favorecer algumas dessas empresas. Por exemplo, não foram apresentados resultados utilizando o milho não alterado com o herbicida (III), desta forma pode haver interesses particulares que podem sim influenciar na pesquisa.

Ao analisarmos a resposta do L3, percebemos que ele não descartou a possibilidade de influências dos interesses particulares das empresas na pesquisa apresentada, alegando que a divulgação dos resultados pode favorecer algumas empresas. Autores como Erduran e Mugaloglu (2013) e Irzik (2013) salientam que o conhecimento científico pode estar associado a interesses econômicos e de acordo com os objetivos e necessidades do governo ou das empresas. Para esses autores, uma compreensão ampla acerca de NdC inclui, portanto, o reconhecimento de tais aspectos. Frente a essas ideias, consideramos que L3 compreendeu a existência de influências externas à Ciência que podem interferir nos objetivos, metodologias e resultados das pesquisas científicas, indicando que as práticas científicas, em um determinado contexto, podem ser parciais.

Entretanto, para L3 não foi possível afirmar que essa influência realmente ocorreu, uma vez que a metodologia utilizada no estudo foi satisfatória. Isso fica evidente no trecho abaixo, quando L3 ressaltou que para invalidar os resultados da pesquisa são necessárias novas evidências que sejam capazes de refutar tais dados:

Para alguns cientistas refutarem eles têm que apresentar dados científicos sobre a linhagem dos ratos, e que possam comprovar tais interesses de certas empresas. Caso contrário as pesquisas e a metodologia utilizada são verídicas.

Portanto, no que tange à dimensão *economia/financiamento*, o licenciando reconheceu uma ligação entre financiamento e pesquisa, contudo ponderou sobre a relação entre possíveis conflitos de interesse e a metodologia do estudo (*métodos de investigação*) – demonstrando uma compreensão *funcional* sobre esses aspectos de NdC.

De acordo com Smith e Scharmann (1998), a compreensão sobre NdC requer que os estudantes saibam diferenciar as características que tornam algo mais científico daquelas que tornam algo menos científico. L3 pareceu distinguir tais características ao evidenciar que a Ciência é testável, isto é, que são realizados experimentos para produzir dados que apoiem ou refutem uma afirmação científica. Contudo, julgamos ainda ser uma compreensão limitada do papel da experimentação na Ciência, porque a eleição de uma hipótese ou uma teoria frente a outras não é uma mera questão de resultado experimental discrepante, senão de argumentação social sobre as possíveis interpretações.

Na tabela 2 são apresentados os dados relativos aos licenciandos que demonstraram, para a questão 2, conhecimento *funcional* (ou *não funcional*) de NdC em função da dimensão de credibilidade avaliada

**Tabela 2.** Análise dos conhecimentos de NdC na questão 2.

Dimensão de credibilidade	Conhecimento <i>funcional</i>	Conhecimento <i>não funcional</i>
Instrumentação e práticas experimentais	L1, L2, L3, L4, L6	L5, L7

**Fonte:** Elaboração própria.

Observamos na tabela 2 que, para a questão 2, houve predominância de licenciandos que demonstraram compreensão *funcional* para a dimensão *instrumentação e práticas experimentais*. Apresentamos a análise detalhada das respostas de L2 para exemplificar os dados. L2 expõe que:

O motivo da preocupação do ministério chinês quanto ao consumo do arroz deve-se ao fato de que a instituição de ensino utilizou como cobaia seres humanos, não levando em consideração a ética na pesquisa.

Ao analisar a resposta de L2, percebemos que ele compreendeu a importância de que sejam resguardados princípios éticos nas pesquisas científicas envolvendo seres humanos. Nesse sentido, o licenciando demonstrou compreender não só o fato de que existem condutas éticas a serem consideradas na atividade científica, mas também que algumas delas são relacionadas à experimentação com seres humanos (IRZIK; NOLA, 2014). A este respeito, L2 alegou que utilizar seres humanos como cobaias nas pesquisas não é moralmente correto, mesmo que elas representem um desenvolvimento para a Ciência:

Não justifica, pois deveriam ser realizados testes clínicos em ratos ou outros animais e depois de vários estudos verificar se há predisposição para seres humanos. Confirmado a predisposição, deveriam ser utilizados seres humanos voluntários.

Na perspectiva do licenciando, os benefícios sociais advindos do consumo do arroz geneticamente modificado não justificam a utilização de seres humanos como cobaias na pesquisa. A resposta do licenciando sugere que, além de considerar a importância do consentimento dos indivíduos participantes na pesquisa, é preciso levar em consideração os riscos potenciais a partir da realização de vários testes. Lacey (2006; 2007) enfatiza que esses riscos são desconsiderados em algumas abordagens descontextualizadas, nas quais os cientistas alegam que o uso dos transgênicos não causa riscos sérios que não possam ser compensados pelos benefícios que trazem. O autor discute, entretanto, que essa alegação não pode ser considerada como algo válido cientificamente se os riscos indiretos não forem investigados. No que tange a *instrumentação e práticas experimentais*, L2 demonstra compreender a importância de utilizar modelos e organismos modelos, ao apontar a necessidade de realizar testes clínicos com outros organismos vivos como camundongos, antes de realizar esses testes com os seres humanos. Nesse sentido, numa visão antropocêntrica, ele julga ser moralmente correto utilizar determinados animais para certos fins nas pesquisas científicas.

Ainda sobre a dimensão *instrumentação e práticas experimentais*, L2 reconheceu a importância de se resguardar a experimentação com seres humanos. Isso é evidenciado na resposta deste licenciando quando ele indicou que os seres humanos participantes da pesquisa deveriam ser voluntários. Isto é, os participantes devem fornecer o consentimento esclarecido sobre a participação na pesquisa, algo que é considerado um dos aspectos centrais no que se refere às condutas de ética na pesquisa (IRZIK; NOLA, 2014). Por isso, o licenciando demonstrou compreensão *funcional* em relação a esta dimensão.

Na tabela 3 são apresentados os dados relativos aos licenciandos que demonstraram, para a questão 3, conhecimento *funcional* (ou *não funcional*) em função de cada dimensão de credibilidade avaliada.

**Tabela 3.** Análise dos conhecimentos de NdC na questão 3.

Dimensão de credibilidade	Conhecimento <i>funcional</i>	Conhecimento <i>não funcional</i>
Observações e raciocínio	L1, L2	L3, L4, L5, L6, L7
Comunicação e transmissão de conhecimentos	L1, L2	L3, L4, L5, L6, L7

**Fonte:** Elaboração própria.

Pela tabela 3 constatamos que houve predominância de respostas que indicavam compreensão *não funcional* para os aspectos de NdC referentes às dimensões *observações e raciocínio* e *comunicação e transmissão de conhecimentos* na questão 3. Apresentamos a análise das respostas de L1 e L4 para exemplificar os dados.

Nessa questão, foi solicitado aos licenciandos que analisassem a afirmação de que existe um consenso na comunidade científica com relação aos métodos de avaliação utilizados para demonstrar a segurança dos alimentos geneticamente modificados. Diante disso, L1 afirmou que:

Acho que sim, entidades grandes e importantes para a Ciência se posicionaram de um mesmo lado. Logo, existe um consenso em relação aos métodos de avaliação utilizados para demonstrar os riscos e a segurança dos alimentos GM.

Para L1 existe consenso em relação às metodologias utilizadas para determinar a segurança dos OGM, pois grandes entidades, como Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para Alimentação e para Agricultura (FAO), são consonantes ao afirmar que os alimentos GM são seguros para saúde humana, animal e ao meio ambiente.

Diante disso, parece que L1 compreendeu a necessidade do consenso na comunidade científica para consolidar pesquisas que são relevantes para Ciência. Isso fica ainda mais evidente no trecho a seguir:

Quando o resultado de algum estudo, por exemplo, for muito bem embasado, e tenham sido feitos testes, experimentos com resultados suficientes pode haver um consenso, e a comunicação com outros estudos pode fornecer mais dados para que chegue a um consenso sobre um determinado conhecimento.

Assim, podemos considerar que quanto à dimensão *observação e raciocínio*, L1 pareceu compreender, de forma *funcional*, a importância da completude das evidências e robustez em termos da concordância entre diferentes tipos de dados para que seja possível se chegar a um certo consenso em uma determinada comunidade científica. Isso porque ele afirmou que é possível a Ciência ser consensual, desde que os conhecimentos sejam bem estabelecidos e em conformidade com os princípios que envolvem a pesquisa científica.

Algo a ser salientado é que, para L1, o papel da comunicação da Ciência foi destacado como algo importante na consolidação das afirmativas científicas. Como mencionado pelo licenciando, a comunicação da Ciência proporciona o compartilhamento e a crítica de conhecimentos, sendo assim fundamental para o desenvolvimento do conhecimento ao buscar tornar os fatos científicos mais (ou menos) estáveis frente ao diálogo com a literatura (VAN DICK, 2011; NIELSEN, 2012). Por isso, podemos considerar que L1 apresentou um conhecimento *funcional* no que tange a dimensão *comunicação e transmissão de conhecimentos*.

Por sua vez, L4 afirmou que não existe um consenso nas pesquisas, em função dos diferentes interesses dos pesquisadores e das empresas que financiam as pesquisas, como exposto no trecho a seguir:

Não. Essa questão do consenso em torno dos métodos de avaliação utilizados para demonstrar a segurança ou riscos dos alimentos geneticamente modificados não existe devido aos diferentes interesses dos pesquisadores e das empresas que financiam tais estudos. Dessa forma, sempre haverá cientistas contrários aos métodos de avaliação utilizados, afim de combater o uso dos alimentos GM.

A análise do trecho acima evidencia que L4 não realizou uma análise crítica das informações contidas na questão, uma vez que ele não apresentou evidências que justificassem sua posição. Além disso, no contexto para análise, não foram apresentadas evidências que dessem suporte à sua afirmação.

Entretanto, quando L4 afirmou que os interesses dos pesquisadores e empresas que financiam essas pesquisas podem influenciar nos métodos adotados pelos cientistas, podemos considerar que ele aparentou compreender que, em determinado contexto da Ciência, as práticas científicas podem ser parciais.

Com relação ao papel da comunicação científica na busca do consenso na Ciência, L4 afirmou que:

Sim. A comunicação científica é de extrema importância para a busca do consenso na Ciência, uma vez que, à medida que determinado conhecimento científico é divulgado este torna-se mais consolidado e sustentado perante à comunidade científica, e com isso passa a ser aceito e torna-se um consenso entre os cientistas, e a sociedade em geral.

No trecho acima, consideramos que L4 pareceu entender o papel da comunicação científica nesse contexto, pois destacou que ela visa a disseminação dos conhecimentos científicos para os membros da comunidade científica, na tentativa de chegar a um consenso (VAN DICK, 2011; NIELSEN, 2012).

Nessa questão, apesar de L4 compreender que a comunicação científica tem papel importante para consolidar os fatos científicos, não considerou isso possível para o tema OGM, em função da parcialidade das pesquisas. Para ele, os grupos de pesquisadores (ou financiadores) possuem interesses distintos e pontos de vista opostos quanto ao tema, portanto as pesquisas que realizam sempre levam a um impasse. Por mais que o raciocínio do licenciando possa fazer sentido, no contexto analisado, foram dispostos dados que poderiam se tornar evidência para analisar a possibilidade de um possível consenso quanto a segurança de OGM. Nesse sentido, não consideramos que os conhecimentos de NdC foram utilizados de maneira *funcional*.

Algo que chama atenção em nossos resultados é o fato de que, na questão 1, apenas L3 demonstrou conhecimento *funcional* em relação a dimensão de credibilidade *observações e raciocínio* (vide tabela 1). Contudo, este licenciando não demonstrou uma compreensão *funcional* sobre este aspecto ao responder à questão 3 (vide tabela 3). De forma análoga, L1 e L2 não haviam demonstrado uma compreensão *funcional* sobre esta dimensão de credibilidade na questão 1, mas o fizeram na questão 3. Tais resultados indicam que, em algumas situações, os estudantes têm dificuldades em mobilizar adequadamente os conhecimentos de NdC nas análises de casos e tomadas de decisão. Além disso, estes resultados corroboram os que foram encontrados por Silva et al. (2019) no que diz respeito à ambiguidade demonstrada por licenciandos ao se posicionarem sobre questões atuais e controversas da Ciência.

### **Considerações finais**

Levando em consideração a importância dos conhecimentos de Natureza da Ciência na formação dos professores de ciências (SCHWARZ; LEDERMAN, 2002; BARTHOLOMEW et al., 2004; LEDERMAN, 2007; VESTERINEN; AKSELA, 2013; JUSTI; MENDONÇA, 2016; BARBOSA; AIREZ, 2018; BEJARANO et al., 2019), nos apoiamos em Allchin (2011) para investigarmos como licenciandos em Química utilizaram conhecimentos de NdC de maneira *funcional* ou *não funcional* na análise de afirmativas científicas relacionadas ao tema

Organismos Geneticamente Modificados (OGM). Usamos um caso contemporâneo para avaliar alguns aspectos de NdC mais evidentes em nossa perspectiva em relação a temática em questão, presentes nas dimensões de credibilidade das afirmativas científicas, proposta por Allchin (2013). São eles: a possível relação entre as pesquisas científicas e o financiamento (*economia/financiamento, observações e raciocínio e métodos de investigação*); a ética nas pesquisas que envolvem seres humanos (*instrumentação e práticas experimentais*); consenso na comunidade científica e o papel da comunicação científica para alcançá-lo (*observações e raciocínio e comunicação e transmissão de conhecimentos*).

De maneira geral, os licenciandos mobilizaram conhecimentos de NdC alinhados com esses critérios. Contudo, como discutido ao longo da análise, eles utilizaram esses conhecimentos de maneiras diferentes frente aos questionamentos sobre o caso que lhes foram apresentados nas questões. Nesse sentido, embora alguns licenciandos tenham apresentado uma compreensão *funcional* sobre determinados aspectos de NdC, eles não foram capazes de fazê-lo com todos.

Nossos resultados evidenciaram, assim como os de Silva et al. (2019), que os licenciandos tendem a utilizar seus conhecimentos sobre NdC de maneira ambígua ao se posicionarem frente a um tema sociocientífico. Em nosso trabalho isto foi evidenciado pelo fato de que alguns licenciandos demonstraram compreensão *funcional* sobre determinado aspecto de NdC em uma das questões, mas quando analisaram outra questão, eles não demonstraram uma compreensão *funcional* sobre esse mesmo aspecto. Nesse sentido, identificamos que em algumas situações, a menção a um aspecto de NdC estava atrelada a uma justificativa que dava suporte a um posicionamento. Contudo, em outras situações os mesmos aspectos de NdC eram mencionados, mas na ausência de justificativas e/ou evidências. Tais resultados corroboram com a perspectiva de Allchin (2011; 2017), de que a mera declaração sobre aspectos de NdC não implica na utilização deles de maneira funcional para analisar a credibilidade de afirmativas científicas em casos que envolvem Ciência.

Apenas dois dos sete licenciandos investigados apresentaram uma compreensão *funcional* sobre a dimensão *economia/financiamento*. Por outro lado, a maioria dos licenciandos demonstraram uma compreensão *funcional* no que se refere a importância de resguardar os princípios éticos nas pesquisas envolvendo seres humanos (*instrumentação e práticas experimentais*). Isso pode ter ocorrido porque as QSC favorecem discussões sobre o conhecimento científico e as questões éticas e morais (SADLER et al., 2004; ZEIDLER; NICHOLS, 2009; CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

Somente três licenciandos demonstraram compreender de maneira *funcional* aspectos relacionados ao estabelecimento de consenso na comunidade científica (*observações e raciocínio*). Por fim, somente três licenciandos compreenderam de maneira *funcional* que o

papel da comunicação (a difusão dos conhecimentos científicos para os membros da comunidade científica de diversas áreas de conhecimentos) contribui para o compartilhamento de novos conhecimentos científicos que são essenciais para o desenvolvimento da Ciência (VAN DICK, 2011; NIELSEN, 2012).

Consideramos que a análise realizada conseguiu explorar o conhecimento de NdC dos licenciandos além da dimensão declarativa, porque analisamos a coerência entre o uso de determinado aspecto de NdC com a justificativa estabelecida pelo licenciando no seu posicionamento. Julgamos que isto se relaciona a perspectiva de conhecimento *funcional* de NdC defendida por Allchin (2011; 2017), porque envolveu o uso razoável de determinado conhecimento de NdC num contexto. Nesse sentido, julgamos que o trabalho apresenta contribuições a área ao tornar mais claro quais critérios utilizar para avaliar os conhecimentos de NdC na perspectiva apontada pelo autor. Assim, consideramos que o caso abordado e os critérios de análise utilizados em nossa pesquisa podem servir de subsídio para outras que buscarem analisar tais conhecimentos para outros temas e contextos de ensino.

No que concerne à análise pautada nas Dimensões de Credibilidade da Ciência proposta por Allchin (2013), consideramos que ela possibilita uma visão mais abrangente sobre a Ciência, conectada a resolução de situações-problema e tomadas de decisões e, dessa forma, minimiza os riscos de classificação das respostas dos licenciandos conforme aspectos declarativos de NdC (KOLSTØ, 2008; KHISHFE, 2012; HODSON, 2014; IRZIK; NOLA, 2014; VERGARA, 2014; YACOUBIAN, 2015; ALLCHIN, 2017). Para isso, algo que já havia sido apontado por Santos (2018), e reforçamos, é a necessidade de se pensar no significado dos itens da rubrica no contexto em estudo. Isso porque, os itens da rubrica constituem-se de um norteamento em termos do que se avaliar, mas requerem interpretação em função de cada contexto.

Se, assim como Allchin (2017), desejamos uma educação científica *funcional* e contextual, a *Whole Science* tem o potencial de contribuir para este objetivo ao possibilitar aos estudantes uma compreensão *funcional* sobre NdC. Mas, para que isso ocorra, deve haver uma mudança de direção no ensino a fim de inseri-los em práticas epistêmicas, pois elas favorecem o entendimento epistêmico e da natureza social da Ciência permitindo o uso crítico de tais conhecimentos nas tomadas de decisão (ALLCHIN, 2011). Isso porque, um ensino pautado no desenvolvimento de práticas epistêmicas contribui para que os estudantes sejam instruídos não apenas sobre ‘o que sabemos’, mas também ‘por que sabemos o que sabemos’ e ‘como nós sabemos o que sabemos’ (OSBORNE, 2010; 2016; SASSERON; DUSCHL, 2016; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; CRUJEIRAS, 2017; SASSERON, 2018; IBRAIM; JUSTI, 2018).

Embora este não tenha sido o foco do nosso trabalho, ressaltamos que a maneira como os conhecimentos sobre NdC foram trabalhados ao longo da formação dos licenciandos pode ter impactado nos resultados obtidos. Por isso, as discussões aqui traçadas nos direcionam a pensar na formação de professores de ciências. Julgamos amplamente desejável que a formação de professores de ciências trabalhe com propostas contextualizadas para o ensino de NdC, visando a dimensão do conhecimento *funcional*. Isso pode acontecer em disciplinas da matriz curricular destinadas ao desenvolvimento do conhecimento de conteúdo, a partir do momento em que as bases epistêmicas do conhecimento são consideradas e os conteúdos são abordados na perspectiva da construção e avaliação do conhecimento. Também vislumbramos que o ensino *funcional* de NdC possa ocorrer em disciplinas destinadas ao desenvolvimento do conhecimento pedagógico de conteúdo, que articulem teoria à prática docente, para que os futuros professores tenham experiências e ampliem seus repertórios docentes para o ensino.

Nesse sentido, estratégias como júri simulado, debates (JUSTI; MENDONÇA, 2016) e casos envolvendo QSC (KOLSTØ, 2008; KHISHFE, 2012; HODSON, 2014), que requeiram o posicionamento e a tomada de decisão, são amplamente desejáveis na formação de professores para a introdução de NdC não limitada a declaração de princípios.

Exemplos de questões que poderiam embasar a discussão das propostas contextualizadas de ensino de NdC visando o conhecimento *funcional* (HODSON, 2014): Quem conduziu a pesquisa e onde ela foi realizada? A pesquisa foi financiada? Por quem? O que está sendo concluído na pesquisa? Que evidência apoia as conclusões? Há conclusões e interpretações alternativas? Como a evidência foi coletada? Como a evidência foi interpretada? Aspectos éticos são levados em conta na condução da pesquisa? Como o conhecimento foi se tornando estável na comunidade científica? etc. A partir de discussões de questões como essas, apresentamos exemplos do que esperamos como conhecimento de NdC atrelado a perspectiva *funcional*: entender por que uma explicação científica é eleita frente a outras alternativas; como dados se transformam em evidência para respaldar uma afirmativa; como cientistas entram em determinado consenso sobre certos conhecimentos; que aspectos contam na tomada de decisão nos casos da Ciência; como a comunicação do conhecimento é importante para que os enunciados se tornem fatos etc. (MENDONÇA, 2020).

## Referências

- ACEVEDO-DIAZ, J. A.; MANASSERO -MAS, M. A.; VASQUEZ, A.; ACEVEDO, P. Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Eureka Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, v. 4, n. 1, p. 42-66, 2007.
- ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, v. 95, n. 3, p. 918-945, 2011.

- ALLCHIN, D. Teaching Nature of Science through Scientific Errors. *Science Education*, v. 96, n. 5, p. 904-926, jun. 2012.
- ALLCHIN, D. *Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources*. Minneapolis: Itasca, 2013.
- ALLCHIN, D. Beyond the Consensus View: Whole Science. *Canadian Journal of Science and Mathematics and Technology Education*, v. 17, n. 1, p. 18-26, mar. 2017.
- ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. M.; NIELSEN, K. Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. *Science Education*, v. 98, n. 3, p. 461-486, abr. 2014.
- ALMEIDA, B. C. *Análise de casos históricos da ciência estudados sob a perspectiva da ciência em construção para favorecer reflexões por parte de licenciados sobre a natureza da ciência*. Dissertação de Mestrado em Educação - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.
- AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Um levantamento em larga escala das concepções de natureza da ciência de graduandos de biologia brasileiros e os possíveis elementos formativos associados. *Revista Ensaio*, v. 19, p. 1-27, 2017.
- BARBOSA, F. T.; AIREZ, J. A. A Natureza da ciência e a formação de professores: um diálogo necessário. *Actio: Docência em Ciências*, v. 3, n. 1, p.115-130, 2018.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições, 2016.
- BARTHOLOMEW, H.; OSBORNE, J.; RATCLIFFE, M. Teaching students “ideas-about-science”: Five dimensions of effective practice. *Science Education*, v. 88, n. 5, p. 655-682, 2004.
- BEJARANO, N. R. R.; ADURIZ-BRAVO, A.; BONFIM, C. S. Natureza da Ciência (NOS): para além do consenso. *Ciência & Educação*, v. 25, n. 4, p. 967-982, 2019.
- CARVALHO, I. N.; CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N.; NUNES-NETO, N. Transgênicos, Leis e a Ciência: Trazendo a legislação para a sala de aula de Biologia. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.) *Questões sociocientíficas: fundamentos, proposta de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, 2018. p.277-302.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. *Questões sociocientíficas: Fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, 2018.
- DUSCHL, R. A. Science education in three-part harmony: balancing conceptual, epistemic and social learning goals. *Review of Research in Education*, v. 32, n. 1, p. 268-291, fev. 2008.
- ERDURAN, S.; MUGALOGLU. Interactions of Economics of Science and Science Education: Investigating the Implications for Science Teaching and Learning. *Science & Education*, v. 22, n.10, p. 2405-2425, jul. 2013.
- ERDURAN, S.; PABUCCU, A. *Bonding chemistry and argument: teaching and learning argumentation through chemistry stories*. Bristol: University of Bristol, 2012.

FERNÁNDEZ, I.; GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de Las Ciencias*, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

GUALANDI-SIGNORINI, A. M.; GIORGI, G. Insulin formulations-a review. *European review for medical and pharmacological sciences*, v. 5, p. 73-84, 2001.

HODSON, D. Nature of science in science curriculum: Origin, development, implications and shifting emphasis. In: MATTHEWS, M. (Ed.) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Sidney: Springer, 2014. p. 911-970.

IBRAIM, S. S.; JUSTI, R. Influências de um ensino explícito de argumentação no desenvolvimento dos conhecimentos docentes de licenciandos em Química. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 23, n. 4, p. 995-1015, 2017.

IBRAIM, S. S.; JUSTI, R. Ações docentes favoráveis ao ensino envolvendo argumentação: Estudo da prática de uma professora de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 23, n. 2, p. 311-330, 2018.

IRZIK, G. Commercialization of academic science and a new agenda for science education. *Science & Education*, v. 22, n. 10, p. 2375-2384, fev. 2013.

IRZIK, G.; NOLA, R. A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, v. 20, n. 7, p. 591-607, 2011.

IRZIK, G. New Directions for Nature of Science Research. In: MATTHEWS, M. (Ed.) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Sidney: Springer, 2014. p. 999-1021.

IZQUIERDO-AYMERICH, M.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, v. 12, n. 1, p. 27-43, jan. 2003.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó, 2010.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BROCCOS, P. Desafios metodológicos en la investigación de la argumentación en la enseñanza de las ciencias. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, especial, p. 139-159, 2015.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CRUJEIRAS, B. Epistemic practices and scientific practices in science education. In: TABER, K.; AKPAN, B. (Ed.). *Science Education: an International Course Companion*, Rotterdam: Sense Publishers, 2017. p.69-80.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; OTERO, J. R. G.; SANTAMARIA, F. E.; MAURIZ, B. P. *Actividades para trabajar el uso de pruebas y la argumentación en ciencias*. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela, 2009.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; PUIG, B. Argumentation, Evidence Evaluation and Critical Thinking. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G.; MCROBBIE, C. J. (Ed.) *Second International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Springer, 2012. p.1001-1016.

JUSTI, R.; ERDURAN, S. Characterizing Nature of Science: A supporting model for teachers. In: IHPST 13rd BIENNIAL CONFERENCE, 1-11, 2015, Rio de Janeiro. *Anais IHPST 13rd Biennial Conference Accepted Papers*, Rio de Janeiro, 2015.

- JUSTI, R.; MENDONÇA, P. C. C. Discussion of the Controversy Concerning a Historical Event Among Pre-service Teachers. *Science & Education*, v. 25, n. 1, p.795-822, 2016.
- KELLY, G. Inquiry, activity and epistemic practice. In: DUSCHL, R.; GRANDY, R. (Ed.) *Teaching scientific inquiry: recommendations for research and implementation*. Rotterdam: Tapei Sense Publishers, 2008. p. 288-291.
- KHISHFE, R. Nature of Science and Decision-Making. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 1, p. 67-100, 2012.
- KOLSTØ, S. D. Science education for democratic citizenship through the use of the history of science. *Science & Education*, v. 17, n. 8-9, p. 977-997, 2008.
- LACEY, H. *A controvérsia sobre os transgênicos: questões científicas e éticas*. São Paulo: Ideias e Letras, 2006.
- LACEY, H. Há alternativas ao uso dos transgênicos? *Novos estudos CEBRAP*, n. 78, p. 31-39, jul. 2007.
- LEDERMAN, N. G. Nature of science: past, present, and future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Ed.) *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. p.831-880.
- LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learner's Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.
- LEE, Y. C.; GRACE, M. Students' reasoning and decision making about a socioscientific issue: A cross-context comparison. *Science Education*, v. 96, n. 5, p. 787-807, ago. 2012.
- MENDONÇA, P. C. C. De que Conhecimento sobre Natureza da Ciência Estamos Falando? *Ciência & Educação*, v. 26, p.1-16, 2020.
- MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência. *Revista Brasileira de História da ciência*, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.
- NIELSEN, K. H. Scientific communication and the nature of science. *Science & Education*, v. 22, n. 9, p. 2067-2086, 2012.
- OSBORNE, J. Science for citizenship. In: OSBORNE, J.; DILLON, J. (Ed.) *Good Practice in Science Teaching: What research has to say*. Berkshire: McGraw Hill, 2010.
- OSBORNE, J. Defining a knowledge base for reasoning in science: the role of procedural and epistemic knowledge. In: DUSCHL, R.; BISMARCK, A. S. (Ed.) *Reconceptualizing STEM education: the central role of practice*. New York: Routledge, 2016.
- OSBORNE, J.; DILLON, J. How science works: what is the nature of scientific reasoning and what do we know about students' understandings? In: OSBORNE, J.; DILLON, J. (Ed.) *Good practice in science teaching: What research has to say*. Berkshire: McGraw Hill, 2010.

- SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Casos investigativos de caráter sociocientífico: aplicação no ensino superior de Química. *Educación Química*, v. 24, n. 2, p. 522-528, nov. 2013.
- SADLER, T. D.; CHAMBERS, F. W.; ZEIDLER, D. L. Students conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 4, p. 387-409, 2004.
- SANTOS, M. Uso da História da Ciência para favorecer a compreensão de Estudantes do Ensino Médio sobre ciência. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 2, p. 641-668, 2018.
- SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a Base Nacional Comum. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, p. 1-25, 2018.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.
- SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. Ensino de Ciências e Práticas Epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.
- SCHWARTZ, R.; LEDERMAN, N. G. "It's the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 3, p. 205-236, 2002.
- SILVA, R. L.; ALMEIDA, E. S.; NASCIMENTO, E. S.; PRUDÊNCIO, C. A. V. Professores de Química em Formação Inicial: o que Pensam e Dizem sobre as Relações entre Meio Ambiente, Ciência, Tecnologia e Sociedade. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação Em Ciências*, v. 19, p. 537-563, 2019.
- SMITH, M. U.; SCHARMAN, L. C. Defining versus describing the Nature of Science: A pragmatic analysis for Classroom Teachers and Science Educators. *Science Education*, v. 85, n. 4, p. 493-504, 1998.
- STROUPE, D. Describing "Science Practice" in learning settings. *Science Education*, v. 99, n. 6, p. 1033-1040, 2015.
- VAN DICK, E. M. Portraying real science in science communication. *Science Education*, v. 95, n. 6, p. 1086-1100, 2011.
- VERGARA, P. O. C. Superación de las visiones deformadas de las ciencias a partir de la incorporación de la historia de la física a su enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza e Divulgación de las Ciencias*, v. 11, n. 1, p. 34-53, 2014.
- VESTERINEN, V.; AKSELA, M. Design of chemistry teacher education course of nature of science. *Science & Education*, v. 22, p. 2193-2225, 2013.
- YACOUBIAN, H. A. A Framework for Guiding Future Citizens to Think Critically About Nature of Science and Socioscientific Issues. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v. 15, n. 3, p. 248-260, 2015.

ZEIDLER, D. L.; NICHOLS, B. H. Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, v. 21, n. 2, p. 49-58, 2009.

ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D.; APPLEBAUM, S.; CALLAHAN, B. E. Advancing reflective judgment through socioscientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 46, n. 1, p.74–101, 2009.

## Anexo

### Questão 1:

Um estudo publicado pela revista Food and Chemical Toxicology (Toxicologia Alimentar e Química) afirma que os ratos alimentados com organismos geneticamente modificados (OGM) têm morte precoce e sofrem de câncer com mais frequência. O professor Gilles-Eric Seralini (um dos autores do estudo citado) da Universidade de Caen (noroeste da França), realizou uma pesquisa com 200 ratos que foram alimentados durante um prazo máximo de dois anos de três maneiras distintas: (i) apenas com milho OGM NK603; (ii) com milho OGM NK603 tratado com Roundup (herbicida); e (iii) com milho não alterado geneticamente tratado com Roundup. Os resultados revelaram que o primeiro rato macho alimentado apenas com milho OGM NK603; não tratado com Roundup, morreu um ano antes do rato indicador (que não se alimenta com OGM), enquanto a primeira fêmea, oito meses antes. Os tumores na pele e nos rins apareceram nos machos até 600 dias antes de surgirem nos ratos indicadores. No caso das fêmeas, os tumores nas glândulas mamárias apareceram, em média, 94 dias antes naquelas alimentadas com OGM. O estudo também revelou que OGM tratado com herbicida aumentou 2,5 vezes mais tumores mamário.

Segundo Seralini, os efeitos do milho OGM NK603 só foram analisados até agora em períodos de três meses. Alguns OGM já foram analisados durante três anos, mas nunca até agora com uma análise em tal profundidade. Esse estudo publicado na revista Food and Chemical Toxicology foi financiado pela Fundação CERES, bancada em parte por cerca de 50 empresas, algumas delas do setor da alimentação que não produzem OGM, assim como pela fundação Charles Leopold Meyer pelo Progresso da Humanidade.

(Fontes consultadas: <http://ultimosegundo.ig.com.br/ciencia/2012-09-19/estudo-revela-toxicidade-alarmante-dos-transgenicos-para-os-ratos.html>; <http://cib.org.br/comunidade-cientifica-contesta-estudo-que-relaciona-alimentos-transgenicos-a-cancer/>)

- a. **Com base nesse relato do estudo, é possível relacionar os dados obtidos e o financiamento da pesquisa? Se sim, como? Se não, por quê?**
- b. **Nesse contexto, como você avalia a parcialidade da pesquisa? Em outras palavras, a pesquisa ocorreu sem influência de fatores externos ou tais fatores podem ter influenciado na realização da mesma? Justifique.**
- c. **Alguns cientistas refutam os dados desse estudo, dizendo que a linhagem de ratos que é utilizada na pesquisa sofre tumores de mama facilmente, especialmente quando recebem alimentos ilimitadamente ou contaminados. Com base nessa informação, como você avalia a metodologia utilizada no estudo citado? Existe alguma relação entre a metodologia utilizada para se chegar aos resultados alcançados e os interesses do pesquisador? Justifique.**

### Questão 2:

Uma denúncia realizada pela Greenpeace (organização não-governamental – ONG - que atua para defender o meio ambiente, inspirando mudanças de atitude) acusou uma instituição americana de alimentar crianças chinesas com arroz geneticamente modificado. As autoridades chinesas iniciaram uma investigação para verificar se mais de 20 crianças foram alimentadas com arroz geneticamente modificado e utilizadas como cobaias em estudos de cientistas da China e dos Estados Unidos, informou a agência oficial Xinhua. Em um comunicado publicado em agosto, a Greenpeace afirma que o arroz geneticamente

modificado foi utilizado para reduzir as carências de vitamina A e para alimentar 24 crianças de seis a oito anos em 2008. Segundo a Greenpeace, os cientistas americanos envolvidos são ligados a um centro para a alimentação da Universidade de Tufts, em Boston. A agência oficial de Xinhua afirma não ter autorizado ou participado nos testes clínicos, e que a publicação de um artigo sobre as pesquisas em um periódico especializado americano, o *American Journal of Clinical Nutrition* (Jornal de Nutrição Clínica), também não foi submetida à aprovação do ministério chinês da Saúde. A Greenpeace lamenta dizendo que é incrivelmente perturbador pensar que um organismo de pesquisa americano utilizou crianças chinesas como cobaias para alimentos geneticamente modificados. Mas, os defensores do arroz geneticamente modificados, afirmam que o produto poderia reduzir a mortalidade infantil com a vitamina A às crianças com carência nutricional.

(Fonte consultada: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2012/09/china-investiga-uso-de-criancas-como-cobaias-com-arroz-transgenico.html>)

- a. **A denúncia realizada pela Greenpeace ilustra um avanço significativo na ciência que busca alternativas para erradicar a fome e a carência nutricional da população, com a utilização de arroz geneticamente modificado. Se há esse benefício para a população, qual o motivo da preocupação do ministério chinês quanto ao consumo do arroz?**
- b. **Nesse contexto, você considera que os possíveis benefícios sociais advindos do consumo do arroz geneticamente modificado justificam a utilização de seres humanos como cobaias nas pesquisas? Justifique.**

### Questão 3:

Uma publicação da revista BBC Brasil afirma que os alimentos geneticamente modificados disponíveis no mercado internacional não representam maiores riscos à saúde do que os riscos apresentados por alimentos obtidos através de técnicas tradicionais de cruzamento agrícola. Essa é a posição de entidades como a Organização Mundial da Saúde (OMS), a Organização das Nações Unidas para Alimentação e para Agricultura (FAO), o Comissariado Europeu para Pesquisa, Inovação e Ciência e várias das principais academias de ciências do mundo. Segundo a OMS, não foi encontrado nenhum efeito sobre a saúde resultante do consumo de alimentos geneticamente modificados (GM). A comissão Europeia, reforçou essa posição quando divulgou, o resultado de quase uma década de análise de 50 projetos de pesquisas financiadas pela União Europeia sobre a segurança dos alimentos GMs para saúde humana, animal e do meio ambiente. Segundo o documento, alimentos GMs “não oferecem risco maior à saúde humana e animal ou ao meio ambiente do que plantas ou organismos convencionais”. O responsável pelo laboratório de engenharia genética da Embrapa, Francisco Aragão, afirma que existe um consenso na comunidade científica de que os métodos de avaliação são suficientemente robustos para demonstrar a segurança ou não desses produtos. Aragão, argumenta que os protocolos de biossegurança em vigor, baseados em análises de caracterização molecular e comparações de DNA de plantas modificadas com o material genético de plantas não modificadas da mesma espécie, “são tão confiáveis quanto os protocolos para análise de qualquer outro alimento”.

(Fonte consultada:

[http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/02/130207\\_transgenicos\\_seguranca\\_tp](http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/02/130207_transgenicos_seguranca_tp))

- a. **Na publicação realizada na revista BBC Brasil, Aragão afirmou que existe consenso na comunidade científica com relação aos métodos de avaliação utilizados para demonstrar a segurança ou riscos dos alimentos GM. Nesse contexto, você considera que realmente há um consenso em torno desta questão? Justifique.**
- b. **Em sua opinião é possível chegar em um consenso na Ciência? Qual o papel da divulgação científica<sup>4</sup> na busca do consenso na Ciência?**

<sup>4</sup> O correto seria o uso do vocábulo comunicação científica ao invés de divulgação científica, pois o foco da análise está na disseminação de conhecimentos científicos entre pares, no intuito de alcançar consenso na comunidade científica.

## **SOBRE OS AUTORES**

**PAULA CRISTINA CARDOSO MENDONÇA.** Licenciada em Química, Mestre e Doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professora da Universidade Federal de Ouro Preto desde 2009, atuando no Departamento de Química e no Programa de Pós-graduação em Educação. Foi professora visitante da Universidade de Santiago de Compostela em 2018. Coordenadora do grupo de pesquisa Práticas Científicas e Epistêmicas na Educação em Ciências (UFOP). Tem interesse pelos seguintes temas de pesquisa: práticas científicas, práticas epistêmicas, argumentação, modelagem, natureza da ciência, QSC e formação de professores de ciências.

**THAIS MARA ANASTÁCIO OLIVEIRA.** Licenciada em Química pela Universidade Federal de Ouro Preto (2016), Mestre em Educação pelo Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Ouro Preto (2018) e Doutoranda em Educação nesta mesma instituição. É membro do grupo de pesquisa Práticas Científicas e Epistêmicas na Educação em Ciências (UFOP). Atuou como professora substituta na Universidade Federal de Ouro Preto lecionando disciplinas da área de Química e Ensino de Química (2018-2019). Possui interesse de pesquisa nos seguintes temas: analogias no Ensino de Ciências, natureza da ciência, formação de professores, saberes docentes e práticas epistêmicas.

**BEATRIZ CARVALHO ALMEIDA.** Mestre em Educação, na linha de Educação em Ciências, pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); e graduada em Química Licenciatura pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Atuou como professora da rede estadual de Minas Gerais e como professora substituta do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (Campus Avançado Ipatinga). É membro dos grupos de pesquisa: Práticas Científicas e Epistêmicas na Educação em Ciências (UFOP) e Reagir - Modelagem e Educação em Ciências (UFMG). Possui interesse de pesquisa nos seguintes temas: Natureza da Ciência no Ensino de Ciências e História da Ciência.

Recebido: 29 de fevereiro de 2020.

Revisado: 25 de junho de 2020.

Aceito: 04 de setembro de 2020.