

Conhecimentos de professores sobre Natureza da Ciência em contextos de modelagem: contribuições de atividades formativas

Poliana Flávia Maia¹ e Rosária Justi²

¹Universidade Federal de Viçosa, Brasil. ²Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Química, Brasil. E-mails: poliana.maia@ufv.br, rjusti@ufmg.br

Resumo: O letramento científico de estudantes inclui a compreensão sobre como a ciência é construída e validada. Para isso é fundamental que professores de ciências desenvolvam conhecimentos sobre Natureza da ciência. Entretanto, diversas pesquisas têm apontado lacunas na formação de professores nesse aspecto. Dentre os conhecimentos de Natureza da ciência, esse trabalho destaca a importância de modelos e modelagem, que desempenham papel central no desenvolvimento do conhecimento científico. No estudo aqui relatado, analisamos o desenvolvimento do conhecimento de nove professores de Química em formação, participantes de um curso sobre Natureza da Ciência, modelos e modelagem. Esse trabalho analisou também como cada atividade do curso contribuiu para o desenvolvimento de suas concepções. Verificou-se que as concepções dos professores foram significativamente ampliadas, com ênfase nas contribuições do uso de casos históricos para a compreensão sobre o processo de construção de modelos na ciência e nas discussões sobre as influências de aspectos sociais, econômicos e éticos para o desenvolvimento do conhecimento científico. A participação ativa dos licenciandos em atividades de modelagem fomentou a compreensão sobre a construção de modelos na ciência, a importância da criatividade e da aceitação pela comunidade científica nesse processo. Tais resultados podem fundamentar orientações para formação de professores.

Palavras-chave: Natureza da Ciência, modelagem, formação de professores.

Title: Teachers' knowledge on nature of science in modelling-based contexts: contributions from educational activities

Abstract: Students' attainment of scientific literacy should include an understanding of science's construction and validity. In order for students to achieve this goal, it is crucial that teachers have developed a comprehensive knowledge on nature of science. However, previous research has shown that standard teacher education has not adequately fulfilled this developmental prerequisite, i.e. many teachers lack an in-depth understanding of the nature of science. In regard to methods and/or strategies seeking to bolster scientific teacher education outcomes, our study highlights the importance of models and modelling, which play a central role in the development of scientific knowledge. This study analyses the development of the knowledge of nine pre-service chemistry teachers who had participated in a course about nature of science, focused on the

use of models and modelling. It also analyses how each of the course's activities contributed to the development of their ideas. The results indicate that their views about science were significantly improved. In particular, we emphasise the contribution of the use of historical cases to the pre-service teachers' understanding of the process of creating models in science, and the occurrence of discussions about the influences of social, economic, and ethical issues to the development of scientific knowledge. The active participation of the pre-service teachers in modelling activities provided them a better comprehension about how scientific models are constructed, the importance of creativity and the reaching of consensus among the scientific community in this process. These results may support guidelines for science teachers' education.

Keywords: nature of science, modelling, teachers' education.

Introdução

O ensino e a aprendizagem de ciências têm tido seus objetivos reformulados e reconstruídos ao longo dos anos. Em especial nas últimas três décadas, diversas pesquisas e documentos oficiais de diversos países têm destacado mudanças no sentido de priorizar aprendizagens que estão além dos conteúdos científicos abordados tradicionalmente, com uma abordagem mais autêntica da ciência (NRC, 2012; European Union, 2015). Nessa perspectiva, tem-se estimulado o desenvolvimento de atividades de ensino que promovam a aprendizagem sobre como a ciência tem sido construída e validada, como ela se relaciona com a sociedade e a tecnologia e, ainda, que valorize o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos associados às práticas científicas. Para além dos conhecimentos declarativos, objetiva-se promover o letramento científico dos cidadãos que, de acordo com o documento Science Education for Responsible Citizenship,

[...] é necessário para assegurar uma rigorosa compreensão e uso de conhecimento na tomada de decisões, particularmente em domínios como a saúde, o meio ambiente, alimentos, energia e consumo (European Union, 2015, p. 16).

O letramento científico tem sido amplamente discutido e defendido em documentos da área de educação em ciências, mas é notável a falta de consenso em relação à sua definição (Roberts, 2007). Todavia, as diferentes definições e abordagens convergem para a ideia de que o letramento científico deve proporcionar uma compreensão mais ampla e funcional da ciência, que contribua para a tomada de decisões dos sujeitos (Allchin, 2014).

Pensando em promover uma compreensão mais ampla sobre ciências, os atuais objetivos de ensino da área consideram fundamental o estudo sobre como a ciência é construída, suas ferramentas, processos e suas muitas inter-relações. Esses aspectos têm sido tratados por diversos documentos sob a denominação de *Natureza da Ciência* (NdC). De acordo com Lederman (2007), o aprendizado sobre NdC tem sido apontado como um importante objetivo para a educação em ciências há mais de 100 anos e tem configurado objeto de pesquisas educacionais por mais de 50 anos. Na área de educação em ciências, muitos estudos têm destacado que professores

não possuem conhecimentos adequados de NdC (Capps e Crawford, 2013a; Irez, 2006; Lederman, 2007; Seung, Park e Jung, 2014).

Apesar de a definição e os significados atribuídos à NdC trazerem diversas divergências entre filósofos, historiadores e educadores, quando pensamos em um ensino voltado para o letramento científico, é possível reconhecer características relevantes de NdC voltadas à compreensão da construção, das ferramentas e das práticas científicas e que são acessíveis para a promoção desse ensino.

Para que NdC faça parte do letramento científico dos sujeitos, um desafio inicial é que os professores desenvolvam uma compreensão adequada sobre o tema, sendo necessárias mudanças em sua preparação inicial e no desenvolvimento profissional (NRC, 2012), uma vez que é amplamente reconhecido que há uma forte relação entre o que os professores sabem e pensam e a forma como eles ensinam (Justi e van Driel, 2005a). Dessa forma, visões inadequadas de NdC de professores podem comprometer o ensino (Capps e Crawford, 2013b; Lederman, 2007).

Apesar de o conhecimento de professores sobre NdC ser importante, ele não garante que os objetivos de ensino sejam alcançados, pois paralelo a isso deve-se desenvolver a competência de ensinar NdC. Contudo, o conhecimento sobre NdC tem sido considerado como um elemento que configura as orientações para o ensino de ciências, sendo essencial para que a prática dos professores ocorra na perspectiva aqui defendida (Friedrichsen, van Driel e Abell, 2010).

Diversos autores (por exemplo, Lederman, 2007) destacam que, além de investigar o desenvolvimento dos conhecimentos dos professores sobre NdC, as pesquisas devem considerar como essas mudanças ocorrem, aspecto imprescindível para orientar processos de formação de professores.

Na perspectiva discutida, o presente trabalho visa analisar o desenvolvimento dos conhecimentos de professores em formação sobre NdC, especialmente aqueles relacionados a modelos e modelagem na ciência, ao longo de um curso que envolveu discussão explícita desses aspectos. O foco no papel dos modelos na ciência se justifica por esse conhecimento ser central no entendimento de NdC (Henze, van Driel e Verloop, 2007, 2008; van Dijk, 2014). Além disso, busca-se não apenas analisar o desenvolvimento dos conhecimentos, mas identificar elementos do processo formativo que contribuíram para isso.

Revisão de literatura

O desenvolvimento de conhecimentos sobre NdC é essencial para a promoção do letramento científico, no sentido de desmitificar a ciência, compreendê-la em seu contexto de produção e desenvolvimento, assim como compreender as diversas relações estabelecidas nesse processo, por exemplo, aquelas associadas a interesses, poder e tecnologia. Além disso, tem-se apontado que um adequado conhecimento de estudantes sobre NdC impacta tanto a própria visão desses sobre a ciência quanto o desenvolvimento do conhecimento de conteúdos científicos (Gobert et al., 2011).

Modelos constituem uma importante parte do processo científico, pois são amplamente usados tanto na produção quanto na validação do conhecimento científico. No contexto de ensino de ciências, eles desempenham papéis fundamentais no acesso dos estudantes aos conhecimentos, especialmente quando se trata de promover a compreensão de aspectos mais abstratos (Treagust, Chittleborough e Mamiala, 2002).

Apesar de a compreensão dos estudantes sobre modelos constituir um importante componente da compreensão de NdC, o ensino sobre modelos e, especialmente, sobre modelagem científica, raramente é incorporado nas experiências educacionais de alunos na faixa etária 14-18 anos, para fins que não sejam ilustrativos ou comunicativos (Davis et al., 2010; Kenyon, Davis e Hug, 2011). Trabalhos desenvolvidos por Gobert e Pallant (2004) e Schwarz e White (2005) afirmam que fomentar a compreensão de alunos sobre modelos é possível, particularmente, quando eles são envolvidos em atividades baseadas em modelos que são adequadamente planejadas. Contudo, pesquisas anteriores mostraram que alunos tendem a possuir conhecimentos limitados sobre a natureza e o propósito dos modelos científicos (Schwarz e White, 2005; Treagust et al., 2002).

Um desses trabalhos foi desenvolvido por Treagust et al. (2002), avaliando a compreensão sobre modelos de 228 estudantes entre 14-18 anos. Esse trabalho apontou que o papel dos modelos na ciência nem sempre é ensinado. Modelos não são devidamente explorados em sala de aula, o que tem sido associado à própria limitação da compreensão de seu papel na ciência. Verificou-se que os estudantes têm dificuldades em reconhecer o uso de múltiplos modelos para representar um mesmo sistema, associam modelos a réplicas da realidade (preservando todas as características do sistema real, exceto o tamanho), apresentam dificuldades de reconhecer o que são modelos (com limitações no reconhecimento de gráficos, tabelas, diagramas e expressão verbal como modelos ou parte desses), e apresentam dificuldades sobre o uso e papel dos modelos no desenvolvimento de teorias e na realização de previsões.

A falta de compreensão dos estudantes sobre modelos está muito associada ao uso que se faz dos mesmos no ensino. Diversos trabalhos (por exemplo, Davis et al., 2010; Justi e Gilbert, 2002) têm destacado que professores raramente ensinam sobre como modelos são usados na elaboração de previsões ou como ferramentas para obter informações sobre sistemas que não são diretamente observáveis. Em geral, os professores reconhecem o valor dos modelos no ensino de conceitos científicos, mas não para o ensino sobre ciência. Essas lacunas no ensino estão, muitas vezes, associadas ao limitado conhecimento dos professores sobre modelos e modelagem, como evidenciado em alguns estudos (Capps e Crawford, 2013a; Kenyon et al., 2011).

No estudo desenvolvido por Capps e Crawford (2013a), 26 professores experientes (acima de 11 anos de experiência), que atuavam do 5º ao 9º ano, tiveram suas aulas analisadas. Apenas em quatro salas de aula os professores incluíram referências implícitas à NdC, mas não discutiram explicitamente o tema com seus alunos. Esses dados exemplificam como a abordagem de NdC está ausente das salas de aula e, ainda, como os professores não envolvem os estudantes no pensar sobre ciências. Isto não

está de acordo com a literatura sobre NdC, que expressa a importância da instrução explícita do tema para favorecer o desenvolvimento de concepções consistentes com aquelas defendidas por documentos de reforma da educação científica (Capps e Crawford, 2013a, 2013b; Hanuscin, Akerson e Philipson-Mower, 2006; Kutluca e Aydın, 2017). A partir de seus estudos, Capps e Crawford (2013a) destacam a necessidade de que formadores de professores se empenhem para o desenvolvimento do conhecimento dos professores em formação em relação à NdC.

Nesta mesma direção, Irez (2006) salienta que, muitas vezes, professores apresentam concepções alternativas sobre NdC que são comuns entre estudantes, o que mostra a necessidade de que eles desenvolvam conhecimentos adequados. As limitações relacionadas a seus conhecimentos perpassam até mesmo a própria concepção de o que é ciência, como identificado por Kind (2016) em um estudo desenvolvido com 237 professores de ciências em formação. 44,3% da amostra apresentou uma visão ingênua sobre NdC, caracterizada, por exemplo, pela ideia de que a ciência "se constitui de um corpo de conhecimentos fixos; busca encontrar uma verdade absoluta; serve para promover benefícios sociais positivos; e estuda o mundo ou como 'as coisas são'" (p. 128).

Apesar da reconhecida importância da compreensão sobre modelos e modelagem para que se desenvolva a compreensão dos docentes sobre NdC, verifica-se um restrito número de trabalhos que identificam essas lacunas nos conhecimentos dos professores. Daí a importância de que sejam desenvolvidos mais estudos sobre como professores respondem a instruções desenhadas especificamente para ampliar seus conhecimentos nessas áreas (Windschitl e Thompson, 2006).

Entre as pesquisas relacionadas ao desenvolvimento desses conhecimentos de professores, Kenyon et al. (2011) mostraram que o envolvimento de professores em atividades de modelagem, ao construir, usar, avaliar e revisar modelos, amplia não apenas os seus próprios conhecimentos sobre modelos e o processo de modelagem na ciência, como desenvolve a percepção sobre a importância de envolver os estudantes nessas práticas. Dessa forma, deve-se considerar a importância de que os professores sejam inseridos em processos formativos que incluam sua participação ativa e contínua reflexão sobre sua atuação docente.

Justi e van Driel (2005a) também destacaram o potencial de envolver ativamente professores em processos formativos, especialmente na construção e reformulação de modelos. Nesse estudo, os autores acompanharam cinco professores que participaram de um curso de formação voltado ao desenvolvimento do conhecimento sobre modelos e modelagem e que, em seguida, planejaram uma pesquisa-ação para ser desenvolvida em suas próprias salas de aula, com foco no tema do curso. Além do conhecimento específico sobre modelos e modelagem, os pesquisadores analisaram o desenvolvimento do conhecimento docente no planejamento e condução de atividades de ensino envolvendo o tema, com ênfase no desenvolvimento dos conhecimentos dos estudantes sobre a natureza dos modelos. Uma das limitações deste estudo foi a impossibilidade de identificar claramente qual atividade do processo formativo contribuiu para o desenvolvimento de ideias específicas. Isto

aponta para a necessidade de condução de estudos que permitam mapear mais detalhadamente os elementos do processo formativo, para nortear o ensino na formação de professores.

Em outra pesquisa, desenvolvida por Windschitl e Thompson (2006), foi destacada a falta de conhecimento de professores recém-formados no que concerne à abordagem de modelos e teorias na produção de novos conhecimentos. Os autores analisaram dados de 21 professores de ciências em formação que participaram de um curso, desenvolvido ao longo de várias semanas, que teve o objetivo explícito de desenvolver o conhecimento sobre a pesquisa científica e modelos, bem como promover reflexões sobre esses aspectos no ensino de ciências. Ao final do curso, a maioria dos professores em formação mostrou grande desenvolvimento de suas concepções a respeito de modelos e de pesquisa científica, mas muitos deles mantiveram a concepção de que os modelos representam uma realidade objetiva. Apesar disso, o ensino explícito sobre modelos foi apontado pelos professores como uma grande contribuição para o desenvolvimento de seus conhecimentos, o que indica o potencial de trabalho de uma abordagem explícita no processo de formação de professores. Assim, destaca-se a necessidade de ampliar as experiências de formação em relação a modelos, de forma que o conhecimento de professores em relação a esses seja mais amplo.

Outro estudo com professores em formação foi realizado por Windschilt, Thompson e Braaten (2008). Nele, 18 professores de ciências em formação desenvolveram atividades de investigação baseadas em modelos, ao longo de 15 meses. A pesquisa analisou como o pensamento dos professores mudou ao longo da participação nas atividades e quais delas contribuíram para essas mudanças. As principais mudanças de pensamento ocorridas estiveram associadas às reflexões e discussões epistemológicas sobre modelos ocorridas ao longo do curso e, ainda, ao envolvimento que eles tiveram com a condução de suas próprias pesquisas. A leitura e discussão de um texto sobre modelos e investigação (tópicos que nunca haviam sido discutidos durante a graduação), bem como o envolvimento deles na vivência da investigação, mostraram-se fundamentais para o desenvolvimento de conhecimento observado. Modelos passaram a ser vistos não só como representações; mas também como ferramentas para organizar e expandir a compreensão de um fenômeno, ou mesmo para sustentar críticas.

Pensando em processos de formação de professores que contribuam significativamente para o letramento científico, os estudos apresentados permitem que sejam identificados alguns pontos que contribuem para o planejamento de atividades de formação de professores em NdC e modelos. Por exemplo, considerando que a promoção do conhecimento de professores sobre NdC é mais efetiva a partir de ensino explícito (Hanuscin et al., 2006; Kutluca e Aydın, 2017; Windschitl e Thompson, 2006), é necessário que além de os professores desenvolverem seus próprios conhecimentos sobre NdC, eles devem entender quão importante é esse ensino (Capps e Crawford, 2013a).

Davis et al. (2010) destacam que além da necessidade de instrução explícita sobre modelos e modelagem, a formação de professores deve

incluir atividades que os levem a situações em que eles se envolvam ativamente no processo de avaliar e revisar modelos, proporcionando experiências com o processo de modelagem, para que eles se sintam confiantes em relação ao uso dessa abordagem no ensino.

Nessa perspectiva, este trabalho buscou avaliar o desenvolvimento do conhecimento de professores de Química em formação a partir de um processo formativo em que esses foram envolvidos, ativa e reflexivamente, em diversas experiências envolvendo NdC e modelagem. Além de buscar promover o desenvolvimento do conhecimento dos professores, esse trabalho busca contribuir para a área ao identificar quais dos elementos do processo contribuíram para o desenvolvimento de ideias específicas sobre NdC, modelos e modelagem.

Metodologia

Contexto da pesquisa

Esse trabalho foi desenvolvido como uma pesquisa qualitativa interpretativa, para proporcionar uma melhor visão das experiências vivenciadas pelos licenciandos e das mudanças de suas concepções a partir dessas. A pesquisa foi desenvolvida com um grupo de nove estudantes do curso de Licenciatura em Química de uma universidade federal brasileira, os quais participavam de um projeto de formação inicial de professores para a educação básica. Os licenciandos estavam em períodos variados do curso (entre segundo e último ano) e todos haviam cursado disciplinas básicas de conteúdo químico (Química Geral, Inorgânica e Orgânica).

O grupo de licenciandos foi convidado a participar de um curso de formação sobre práticas docentes em modelagem, paralelo ao projeto no qual estavam inseridos. A participação foi facultativa e a coleta de dados para essa pesquisa foi autorizada mediante a assinatura de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da universidade. O curso foi ministrado pela primeira autora desse trabalho, que participava como colaboradora do projeto de iniciação à docência e, em função disso, conhecia todos os licenciandos previamente.

Desenho das atividades formativas

O curso consistiu de 10 encontros semanais, com duração de 3 horas, cada. Ao longo dos encontros, foram desenvolvidas diversas atividades que visavam o desenvolvimento do conhecimento dos licenciandos sobre modelos, modelagem e NdC.

Uma breve descrição das principais atividades desenvolvidas no curso, que são objeto de análise desse trabalho, é apresentada no Quadro 1. A essas, seguiram-se outras atividades voltadas para o planejamento e a aplicação de atividades de modelagem no ensino, que não foram objeto de análise no presente artigo.

As atividades e discussões do curso envolveram uma abordagem explícita sobre NdC e modelagem, o que está de acordo com o que diversos pesquisadores têm proposto para o desenvolvimento de conhecimentos de professores sobre o tema (Allchin, 2013; Gilbert e Justi, 2016; Hanuscin et al., 2006; Schwarz, 2008).

Tema da Atividade	Objetivos	Características
Letramento científico e os objetivos do ensino de ciências/Química	Refletir sobre o atual cenário da educação em ciências; e compreender os atuais objetivos de ensino definidos para a área e o significado de letramento científico.	Leitura e discussão de trechos de documentos oficiais (OECD, 2013), convite para reflexão crítica e discussão sobre as diferenças entre as atuais perspectivas para o ensino de Química e o ensino que ocorre na prática.
Características das ciências	Conhecer e ampliar os significados de ciência e práticas científicas, identificando suas principais características segundo perspectivas contemporâneas.	Reflexão e discussão a partir de leituras (Bizzo, 1998) e vídeo sobre: características da ciência e divulgação do conhecimento científico para a sociedade, relevância da inserção de aspectos sobre ciência e práticas científicas no ensino básico.
Modelos: papel na ciência e no ensino	Reconhecer modelos e suas características; diferenciar tipos de modelos (científicos, curriculares e de ensino); conhecer níveis e modos de representação.	Identificação, dentre diversos sistemas, daqueles que podem ser considerados modelos, com discussão dos critérios usados na classificação. Apresentação de informações, com exemplificação, sobre modelos na ciência, modelos históricos e modelos no ensino.
Modelagem na ciência	Conhecer aspectos teóricos relacionados à modelagem, às etapas envolvidas, seu papel na ciência, características e seu relacionamento com outras práticas científicas.	Discussão de artigos que retratavam a produção de modelos na ciência (Caracelli, 2011; Fiorucci, Soares, e Cavalheiro, 2003), com ênfase nos aspectos históricos, sociais, éticos e no reconhecimento de novas teorias pela comunidade científica.
Modelagem	Ter experiência com atividades de modelagem e promover reflexões sobre o processo de modelagem e a NdC.	Participação em atividades de modelagem, com reflexões orientadas ao longo do processo, com foco na própria aprendizagem, no processo de modelagem e nas relações analógicas desse processo com práticas científicas e construção da ciência.
Ensino fundamentado em modelagem	Refletir sobre o papel das atividades de modelagem no ensino e o papel do professor no planejamento e na condução dessas atividades.	Discussão de questões relacionadas à elaboração e condução de atividades de modelagem no ensino em relação aos objetivos do ensino de ciências, ao papel do professor e às suas ações em cada uma das etapas da modelagem ao longo das atividades de ensino.

Quadro 1.- Descrição das atividades do processo de formação de professores.

A abordagem explícita se configurou a partir de discussões contextualizadas nas quais os licenciandos tiveram a oportunidade de refletir sobre suas próprias concepções (Gilbert e Justi, 2016). O desenho metodológico do curso buscou proporcionar discussões de ideias relacionadas tanto a modelos e modelagem quanto à natureza do conhecimento científico de forma mais ampla, sendo usados como base para o planejamento e condução das discussões principalmente os trabalhos de Allchin (2011), Hodson (2014) e Gilbert e Justi (2016).

Todas as atividades envolveram a participação ativa dos licenciandos, isto é, eles foram encorajados a manifestar suas ideias e concepções, refletir sobre elas, discutir as novas ideias e experiências e, assim, na interação com o grupo, ter a oportunidade de sustentar o desenvolvimento de seus conhecimentos, o que está de acordo com os apontamentos de Justi e van Driel (2005b).

As atividades do curso tiveram objetivos específicos relacionados ao aprendizado de NdC e modelagem, tendo como base os diversos trabalhos que buscaram caracterizar esses dois tópicos (Allchin, 2011, 2013; Gilbert e Justi, 2016; Irzik e Nola, 2011; Justi e Gilbert, 2003; Justi e van Driel, 2005b). Em relação à NdC, destaca-se que esse trabalho se baseou nas ideias de Allchin (2011, 2013), com o uso de episódios históricos para estudo das diversas relações e implicações associadas à construção do conhecimento científico. Os diversos conhecimentos não foram trabalhados de forma declarativa, por abordagem de listas. Ao contrário, o curso foi desenhado na perspectiva de desenvolver o conhecimento dos licenciandos a partir da análise e discussão de situações contextualizadas, tanto com o uso de atividades práticas quanto a partir da história da ciência.

A coleta de dados

Os dados foram coletados a partir de múltiplas fontes, de forma a tornar mais explícito possível o desenvolvimento das ideias dos licenciandos. Neste processo, foram usados os seguintes instrumentos:

a) Questionários e atividades escritas: ao longo do processo, os licenciandos responderam dois questionários mais amplos – com questões que buscavam reunir informações gerais sobre suas visões sobre modelos e NdC, aplicados no início e ao final do curso – e cinco roteiros de atividades com questões, realizadas ao longo dos encontros – cujas respostas visaram registrar concepções prévias sobre aspectos específicos do tema do curso, conhecimentos desenvolvidos pelos licenciandos ao longo dos encontros e a percepção deles sobre as mudanças de suas concepções. Todos os questionários e atividades envolveram questões abertas. As questões dos questionários foram inspiradas em diversos trabalhos de pesquisa, com destaque para o questionário “Views on Models and Modelling” (VOMM), de Justi e Gilbert (2003).

b) Portfólios: os licenciandos mantiveram registros em portfólios individuais sobre suas impressões de cada encontro, se e o que perceberam de mudança em relação às suas ideias sobre ciência ou ensino de ciências, além de uma avaliação geral do encontro. Dessa forma, pretendíamos tanto promover uma reflexão do licenciando sobre sua vivência como ter acesso à mesma, permitindo identificar elementos das atividades que contribuíram

para o desenvolvimento de conhecimentos específicos e acompanhar o desenvolvimento dos conhecimentos dos licenciandos.

c) Registro em vídeo dos encontros: cada encontro foi registrado em vídeo, de forma a permitir acesso posterior a todas as falas dos licenciandos. Durante as discussões, a pesquisadora buscou promover questionamentos que fomentassem a explicitação de suas ideias.

d) Notas da pesquisadora: a cada encontro, a pesquisadora registrou suas percepções, destacando aspectos nas falas dos licenciandos que ficaram mais evidentes em relação à construção de seus conhecimentos, bem como avaliando as contribuições das atividades realizadas.

Análise dos dados

Todos os dados foram analisados pelas duas pesquisadoras independentemente, visando caracterizar as concepções que os licenciandos manifestaram ao longo do curso, além de relacionar tais concepções a cada momento e atividade realizada. Dessa forma, além de caracterizar o desenvolvimento das ideias dos licenciandos, buscou-se identificar elementos do processo que contribuíram para o desenvolvimento dessas. Visando garantir a confiabilidade da análise, foi realizada triangulação entre juízes em todo o processo.

A análise dos dados foi realizada a partir da identificação das ideias dos licenciandos em cada uma de suas falas ou registros escritos. Muitas vezes, foi necessário o uso de diversos registros para caracterizar alguma ideia de forma mais completa. A análise das concepções dos licenciandos não foi realizada a partir da utilização de categorias prévias ou listas de características da ciência. Conforme discutido por diversos pesquisadores (por exemplo, Allchin, 2011; Irzik e Nola, 2011; van Dijk, 2011), considerar uma lista de aspectos da ciência tende a limitar a compreensão sobre esta ou a gerar concepções ingênuas, estereotipadas, de uma ciência homogênea e que apresenta características imutáveis.

Considerando o desenho do curso, neste trabalho foram analisadas as concepções apresentadas pelos licenciandos identificando como seus conhecimentos se modificaram ao longo do processo formativo. A análise foi realizada a partir da transcrição de todo o material, com posterior identificação de unidades de conteúdo, as quais foram agrupadas em categorias, de acordo com o significado das ideias que cada uma apresentava. O uso de diversas fontes de dados permitiu a triangulação, de forma que os diversos dados foram usados em conjunto, a fim de proporcionar melhor caracterização das ideias ou de corroborar a análise dessas em cada momento do processo. A análise buscou a caracterização das ideias de cada licenciando em cada momento do processo. Isto possibilitou identificar a frequência em que determinada concepção foi apresentada, contabilizando-se o número de sujeitos que, em dado momento, manifestou tal ideia. As categorias emergiram dos dados, mas buscou-se relacioná-las às características de NdC e modelagem que são apresentadas nos referenciais teóricos desse trabalho. Isto possibilitou discutir a pertinência e o nível de complexidade das concepções dos licenciandos, considerando os diversos estudos da área.

Resultados e discussão

A partir da análise dos múltiplos dados, são apresentadas as principais concepções expressas pelos licenciandos (identificados por nomes fictícios) em relação à natureza do conhecimento científico. Essas concepções foram acompanhadas ao longo do curso, sendo identificado como elas mudaram e elementos do processo que podem ter contribuído para tais mudanças. Os resultados apresentados constituem uma seleção das concepções mais recorrentes, apresentadas em função do tipo de conhecimento que elas representam, em relação a três categorias criadas: caracterização; construção e validação; e aplicação do conhecimento científico. Essas constituem categorias gerais e, em cada uma, foram identificados aspectos referentes à natureza do conhecimento científico, especificamente, à natureza de modelos ou de modelagem.

Caracterização do conhecimento científico

Ao analisarmos a concepção dos licenciandos sobre o que são modelos e o papel desses na ciência, ficou clara uma primeira associação aos modelos atômicos. Durante as discussões, eles ressaltaram que acreditam que essa é uma associação comumente estabelecida na química, uma vez que os únicos momentos da graduação em que os modelos foram abordados ocorreram nas disciplinas de Química Geral e História da Química, justamente no estudo dos modelos atômicos. Esse dado explicita a falta de discussões sobre modelos ao longo do curso de licenciatura, conforme apontado por outros autores, como Justi e van Driel (2005b).

Quando os licenciandos foram questionados sobre 'o que são modelos?', cinco disseram que são representações, dos quais apenas um apontou a possibilidade de o modelo representar processos, enquanto os demais os associaram à representação de sistemas ou ideias. Ainda sobre a definição de modelos, um licenciando associou a padrões a serem seguidos, visão comum e inadequada de docentes identificada anteriormente por Justi e Gilbert (2003). As concepções sobre o que são modelos foram bastante limitadas, uma vez que os licenciandos não consideraram o papel dos modelos como ferramentas do pensar científico e, ao mesmo tempo, um dos principais produtos da ciência (Gilbert e Justi, 2016). Apenas um licenciando reconheceu que os "modelos são ferramentas para a construção do conhecimento científico" (Ronan), o que caracteriza uma visão um pouco mais ampla do que aquela apresentada por seus colegas.

Oito dos nove licenciandos identificaram que o principal papel de modelos é possibilitar a compreensão de ideias e promover a aprendizagem, o que foi associado especificamente a contextos de ensino de ciências por sete licenciandos. Essas respostas foram obtidas mesmo nos momentos em que se explicitava o foco no papel dos modelos na ciência. Mesmo considerando que essas respostas poderiam ser influenciadas pelo contexto do curso, ao longo do processo foi possível observar que isso se deveu à concepção de que modelos são ferramentas de ensino, sem o conhecimento do papel e importância de modelos na ciência. Isso pôde ser identificado na ideia recorrente de que modelos servem para 'transportar algo do abstrato para o concreto', o que foi identificado na visão de quatro licenciandos. Essa ideia de 'concreto' foi justificada de formas diferentes pelos licenciandos, sem

necessariamente estar associada ao modo de representação concreto (Justi, Gilbert e Ferreira, 2009). Ao invés disso, a palavra 'concreto' foi associada a: 'algo mais palpável' (no sentido de ser mais próximo da compreensão do estudante), 'algo que representa o invisível a olho nu' (como desenhos e esquemas) e 'modelos tridimensionais'. Essa mesma ideia se repetiu quando avaliamos o sentido atribuído pelos licenciandos ao que seria uma representação. Observamos que essa última não foi pensada de uma forma ampla, considerando múltiplos modos de representação (por exemplo, gestual, verbal, matemático (Justi et al., 2009)). A representação mencionada pelos licenciandos foi associada principalmente a: (i) desenhos, como apresentado por Jade, quando ela afirmou que modelo serve para "visualizar o que foi pensado" (grifo nosso) e associou modelos a desenhos e figuras; e (ii) modelos concretos, como relatado por Hugo, que inclusive atentou sobre a necessidade de se pensar "nas cores, escalas e estrutura" da representação.

Tais exemplos evidenciam visões limitadas e inadequadas sobre modelos tanto em relação à falta de conhecimento do uso de diversos modelos na ciência quanto sobre os diferentes modos de representação. Isso foi observado pelos próprios licenciandos, à medida que seus conhecimentos se desenvolveram ao longo do curso, como registrado na transcrição a seguir.

Prof.: Vocês já tinham parado para pensar em como o modelo está presente na química?

Pedro: Sim, mas acho que erroneamente. Porque pensava só em modelo atômico. Eu não sabia, mas tem muito modelo.

Hugo: E para mim, na química só tinha uma forma de modelo, do abstrato para o concreto. Eu não achava que poderia ser de outra forma. Sério mesmo, não achava. Tinha que ser do abstrato para o concreto.

Prof.: Concreto você diz tipo o de bolinha?

Hugo: É. Pode ser. Palpável.

Prof.: Um desenho? Um gesto? Uma explicação?

Hugo: Não. Nenhum desses era modelo para mim.

Beatriz: Geometria com massinha.

Prof.: Geometria com massinha, com balão?

Hugo: É.

Em relação à ideia de que modelos servem para ajudar na compreensão, algumas concepções iniciais dos licenciandos se destacaram. Por exemplo, Beatriz afirmou que "os modelos são criados a partir de dificuldades de compreensão da própria pessoa quem criou o modelo" ou "o modelo é criado para que outras pessoas possam compreender uma ideia". Também neste caso, o modelo não foi considerado como um produto da ciência, ou mesmo uma ferramenta que favoreça o desenvolvimento do conhecimento, mas sim como algo que possibilite o acesso a ideias já produzidas.

Uma das características principais da natureza dos modelos é o fato de eles serem parciais, isto é, a existência de limitações (Gilbert e Justi, 2016).

Contudo, no início do curso, cinco licenciandos não reconheciam a possibilidade de modelos serem limitados, como evidenciado na fala de Beatriz: “Se o modelo não explica *perfeitamente* o fenômeno, ele não deve ser utilizado” (grifo nosso).

Ao longo de todo o processo, foram feitas questões que exigiam que os sujeitos se posicionassem, expressando suas opiniões em situações de aplicação do conhecimento. Isto foi feito visando favorecer o acesso à suas concepções, uma vez que, muitas vezes, eles podem declarar uma premissa geral, mas não reconhecê-la em um contexto aplicado (mesmo que simulado). Por exemplo, no início do processo, Hugo afirmou explicitamente que compreendia que modelos apresentam limitações. Contudo, em uma questão em que deveria opinar sobre a escolha entre dois modelos que apresentavam limitações, ele se posicionou contrário ao uso desses modelos, afirmando que “Se for constatada a inadequação, o modelo deve ser alterado ou deve-se abandoná-lo e propor um novo”.

Quando a possibilidade de os modelos serem alterados foi discutida, dois licenciandos afirmaram que isto não era possível, justificando que, quando é necessário, outro modelo é construído. Sara, por exemplo, afirmou que: “Quando o modelo não é suficiente, cria-se um novo modelo”.

Contudo, o fato de os demais licenciandos reconhecerem a possibilidade de modelos serem alterados não significou que eles compreendiam esse aspecto da natureza de modelos na ciência. Pelo contrário, eles demonstraram que entendiam ‘alteração do modelo’ como alteração da representação ou da forma de representar. Todas as justificativas apresentadas por eles se relacionaram ao uso de diferentes modelos de ensino, voltados para promover melhor compreensão dos estudantes. Alguns exemplos:

O modelo pode ser adaptado de acordo com a necessidade dos estudantes (Beatriz).

Os modelos são alterados de acordo com a necessidade. O modelo pode ser alterado para se tornar mais acessível, mudando a linguagem, por exemplo (Ronan).

Quando questionados sobre o que é o conhecimento científico, seis licenciandos mencionaram que é aquele que pode ser comprovado, sendo que quatro desses associaram essa comprovação a resultados experimentais, evidenciando como a visão empirista faz-se presente na concepção dos licenciandos. Essa ideia de ‘comprovar’ foi justificada por alguns pela necessidade de ‘verificar se aquele conhecimento é *verdadeiro*’ (grifo nosso). Tal visão está de acordo com o baixo número de licenciandos que reconheciam que conhecimento científico possui limitações (apenas dois). Por outro lado, enquanto o foco das questões estava em modelos, cinco licenciandos não reconheciam a possibilidade de eles serem limitados. Essa diferença ajuda a corroborar o fato de os licenciandos não pensarem em modelos como conhecimento científico em si, mas como um recurso para ter acesso ao conhecimento, com fins didáticos.

Ainda tentando definir o que é conhecimento científico, três licenciandos citaram a necessidade de aprovação pela comunidade científica; enquanto um associou conhecimento científico ao que é produzido seguindo alguma

metodologia científica. A ideia de metodologia científica apontada foi adequadamente justificada pelo licenciando como sendo estudo ou pesquisa que segue métodos criteriosos para sua produção e validação, sem remeter à concepção empirista de existência de um método científico.

Todos os licenciandos identificaram a necessidade de o conhecimento científico poder ser reproduzível para que possa ser comprovado, o que é coerente com a ideia que eles haviam expressado anteriormente sobre a necessidade de comprovação do conhecimento. Simultaneamente, outras ideias ingênuas sobre a validação do conhecimento científico pela comunidade científica foram expressas. Por exemplo, a maioria dos licenciandos (sete) acreditava que uma das condições para o conhecimento ser aceito é a reprodutibilidade de experimentos. Tal visão ingênua também foi observada na perspectiva da neutralidade da ciência, manifestada por sete licenciandos ao discordarem da possibilidade de os conhecimentos científicos serem manipulados de acordo com interesses pessoais.

Ao final da caracterização das ideias iniciais dos licenciandos, eles foram questionados sobre (i) em quais aspectos da temática do curso eles percebiam que os seus conhecimentos eram mais limitados e (ii) o que eles gostariam de saber e aprofundar sobre o tema. As respostas mais frequentes foram dúvidas relativas ao processo de criação, validação e aplicação dos modelos. Apenas um licenciando considerou que precisava aprender sobre o que são modelos.

Mesmo que na caracterização inicial os licenciandos tenham apresentado pouco conhecimento sobre modelos, eles somente perceberam as limitações e inadequações de suas ideias ao longo das atividades do curso, principalmente na atividade relacionada a modelos (Quadro 1). Nela, os licenciandos se depararam com diversos sistemas e processos, tendo a oportunidade de conhecer (ou reconhecer) diversos modelos, apresentados em diferentes modos de representação (equações, desenhos, fórmulas químicas, gráficos, desenhos e objetos tridimensionais). Além disso, houve discussão sobre os propósitos de cada modelo e a possibilidade de um sistema ser considerado ou não um modelo dependendo do objetivo para o qual é usado. As principais dúvidas dos licenciandos estiveram associadas ao reconhecimento de equações, gráficos e fórmulas químicas como modelos. Essas dúvidas eram coerentes com suas ideias iniciais, nas quais haviam associado modelos principalmente a desenhos e estruturas 3D.

À medida que as discussões avançaram, os licenciandos reconheceram por que, e em que situações, cada um dos sistemas seria, ou não, um modelo; os diferentes modos de representação dos modelos; a necessidade de compreender a representação para que ela efetivamente desempenhe seu papel de modelo. A ampliação da visão sobre o que são modelos foi reconhecida pelos próprios licenciandos, como evidenciado nas falas:

Agora considero de extrema importância reconhecer que um modelo é uma aproximação de uma ideia e que a interpretação deste não abrange todos os aspectos relevantes ao criar modelos (Ronan).

Foi um momento muito interessante para refletir de forma mais detalhada sobre o que é modelo e o que não é, porque um

pensamento inicial que eu tinha era que modelo era algo que fazia relação com coisas macroscópicas e microscópicas (Beatriz).

A Química é uma das principais ciências que utiliza e produz modelos para compreendermos e explicarmos como ocorre um fenômeno (Hugo).

A principal mudança em relação à minha definição inicial de modelo foi que antes da atividade eu acreditava que modelos eram somente as representações do que não podemos enxergar (de algo abstrato) e agora pude perceber que o conceito é muito mais amplo do que eu imaginava (Sara).

Tais exemplos também mostram a contribuição daquela atividade no sentido de permitir uma reflexão sobre as características de modelos simultaneamente à identificação de exemplos de modelos empregados na ciência. Parece que isto foi algo marcante para os alunos, pois foi lembrado por eles na discussão final:

Aquele momento em que a gente discutiu o que é modelo e o que não é, eu achei muito interessante, porque na hora que você vai pensar naquelas coisas é que vai pensar o que é modelo e o que não é. Antes eu não tinha parado para pensar nisso não (Beatriz).

Em qual contexto está envolvido, porque tem o contexto (Hugo).

Apesar da ampliação da visão de modelos e dos diversos exemplos apresentados na atividade e ao longo do curso, ao elaborar definições sobre modelos nas respostas ao questionário final, três licenciandos os continuaram associando a aspectos didáticos de modelos no ensino. Isto pode ter ocorrido em função do contexto do curso, no qual a maioria das discussões envolveu o contexto de ensino. Além disso, (i) ao longo de outras atividades em que os licenciandos foram solicitados a julgar se outros sistemas eram modelos, eles o fizeram adequadamente; e (ii) nas definições de modelos apresentadas por eles no questionário final e nas últimas discussões do curso, foi possível observar que um número maior deles (sete, contra um no início do curso) ressaltou o papel de modelos como ferramentas que auxiliam a construção do conhecimento científico.

Outro conhecimento que os licenciandos mostraram ter desenvolvido de forma adequada foi a ideia de que um modelo e, de forma geral, o conhecimento científico, não é uma verdade absoluta. Eles demonstraram compreender a possibilidade de conhecimentos científicos serem modificados, assim como a necessidade do julgamento pela comunidade científica para a aceitação de uma determinada ideia como conhecimento científico, como evidenciado em:

Não se prova que um modelo está certo. O que existe é um debate científico e um modelo pode ser mais aceito pela comunidade científica (Pedro).

Um modelo não está totalmente certo, pois sempre possui limitações. Mas ele ainda é usado porque possui considerações que nos ajudam (Beatriz).

Construção e validação do conhecimento científico

Aspectos relacionados a como o conhecimento científico é produzido e validado são centrais para uma ampla compreensão de NdC, pois compreendem as diversas relações e influências associadas a esses processos.

Dentre os aspectos analisados, buscou-se identificar se os licenciandos reconheciam que o conhecimento científico é influenciado por alguns fatores (por exemplo, tecnológicos, econômicos, sociais, culturais e motivações pessoais). Todos os licenciandos reconheciam, desde o início da participação no curso, a influência da tecnologia e de aspectos econômicos na construção da ciência. Nas discussões, ficou evidente como o uso de equipamentos modernos nas análises químicas realizadas em disciplinas de conteúdo químico, bem como o conhecimento sobre a necessidade de financiamentos para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, influenciaram para que eles apresentassem essas ideias. Isto parece indicar que o envolvimento dos licenciandos nas discussões intrínsecas ao meio acadêmico contribui para que eles conheçam sobre aspectos relacionados à ciência.

Aspectos relacionados à subjetividade dos cientistas e à cultura foram menos reconhecidos pelos licenciandos como sendo capazes de influenciar a produção do conhecimento, sendo identificados por quatro e três estudantes, respectivamente. Essa dificuldade de reconhecer a influência de aspectos pessoais e culturais na produção de conhecimento científico está associada à ideia de ciência objetiva, isenta de interferências do contexto e imparcial. Essa concepção é amplamente difundida e tem sido identificada em outros trabalhos (como Capps e Crawford, 2013a; Irez, 2006) como uma das que contribui para dificultar a percepção sobre o trabalho dos cientistas e o reconhecimento das interferências humanas no processo de construção de conhecimento.

Dois licenciandos destacaram o uso de analogias no processo de criação dos modelos. Questionados sobre o motivo de terem pensado isso, tais estudantes informaram que haviam participado de uma palestra sobre analogias. No entanto, eles não souberam descrever como isso ocorre. Um deles destacou, ainda, que os modelos são construídos a partir da teoria. Tal ideia pode ser interpretada como uma ênfase na ideia expressa anteriormente de que o processo de criar um modelo não está associado à produção de conhecimento, e sim a uma forma de representar uma ideia, nesse caso, algum aspecto da teoria.

Quando os licenciandos foram questionados sobre o que motiva a construção de modelos e, ainda, o que o cientista deve pensar para criar um modelo, cinco deles destacaram que cientistas criam modelos para auxiliar outras pessoas a entender suas ideias. Conforme observado anteriormente, eles não associavam a possibilidade de modelos serem usados para construir conhecimento, ou de os próprios modelos serem os produtos dessa construção.

Dois licenciandos destacaram que modelos são criados a partir de problemas. Contudo, ao descreverem o processo de construção de modelos, ambos destacaram que após investigações propõe-se uma solução e,

posteriormente, a nova ideia é representada por modelo. Ou seja, essas respostas refletem a mesma concepção descrita anteriormente, de que o modelo não é, em si, um produto da ciência, ou a própria solução para o problema. Essas respostas sugerem também que os licenciandos reconhecem como modelos apenas os modelos expressos.

Apenas um licenciando destacou que modelos são criados a partir de alguma necessidade:

Possivelmente modelos são construídos a partir da necessidade, quando uma pessoa ou grupo de pessoas percebe as limitações dos modelos existentes (Ronan).

Mesmo reconhecendo que a necessidade leva à proposição de novos modelos, Ronan considera apenas os casos de modelos existentes se mostrarem limitados, sem considerar como necessidades específicas podem levar à produção de modelos novos (inéditos).

Sobre o processo de validação dos modelos, cinco licenciandos destacaram que isto ocorre a partir de sua aplicação. Apesar de essa ideia, em princípio, parecer adequada, três deles justificaram suas respostas associando 'aplicação' à inteligibilidade do modelo. Ou seja, se o modelo contribuir para a adequada compreensão da ideia, ele será um bom modelo. Assim, mais uma vez reforça-se a ideia de que o único propósito de modelos é contribuir para a compreensão de ideias.

A validação de um modelo também foi associada à realização de experimentos. Quatro licenciandos destacaram a necessidade de modelos serem coerentes com resultados experimentais para serem validados. Outro licenciando associou a validação de um modelo à confiabilidade dos dados utilizados. Apesar de essas respostas serem todas coerentes com o processo de validação de modelos, nenhuma delas é completa em função de considerar a validação como um processo neutro, que depende apenas da qualidade dos dados e da coerência entre modelo e dados, sem enfatizar o papel de quem conduz o processo. Apenas quando questionados diretamente sobre 'quem' define qual conhecimento científico será aceito, todos os licenciandos destacaram o papel da comunidade científica. Sobre o reconhecimento do conhecimento científico pela comunidade científica, Hugo afirmou que esse reconhecimento ocorre por meio de premiações, como o prêmio Nobel. Isto evidencia que o licenciando associava 'reconhecimento' das ideias dos cientistas apenas às construções que merecem destaque na comunidade.

Visando favorecer a expressão das ideias dos licenciandos sobre o processo de validação do conhecimento científico, diante de uma situação hipotética de existência de modelos concorrentes, eles foram questionados sobre como se decide por algum dos modelos. Nesse contexto, cinco deles reconheceram o papel da comunidade científica no processo de avaliação dos conhecimentos produzidos. Por exemplo, Laura destacou que isto ocorre a partir da publicação de artigos, para que a comunidade científica tenha acesso às ideias produzidas. Tal resposta evidencia que ela percebia o papel da divulgação do conhecimento científico para que o mesmo seja validado pela comunidade.

Ainda sobre a existência de modelos concorrentes, Maria destacou que: "O cientista mais velho teria o mérito da descoberta". Essa ideia de existência de um critério para o gerenciamento de conflitos na comunidade científica explicita uma visão bastante ingênua da licencianda sobre o processo de construção do conhecimento científico.

Ao mesmo tempo em que os licenciandos reconheceram o papel da comunidade científica na validação dos conhecimentos produzidos, a maioria deles não identificou o papel do cientista de avaliar o próprio modelo construído durante seu processo de construção. Além disso, apenas três licenciandos reconheceram a avaliação do modelo e verificação de sua abrangência como uma etapa do processo de construção dos modelos.

Sobre o reconhecimento de interferências da subjetividade dos cientistas na produção do conhecimento científico, bem como a possibilidade de o conhecimento científico poder ser manipulado em função de interesses diversos, os próprios licenciandos reconheceram como seus conhecimentos sobre esses aspectos mudaram, destacando as contribuições dos dois artigos trabalhados (sobre a vitamina C e sobre os quasicristais) para perceber como ocorre o processo de produção da ciência. A abordagem de aspectos históricos, destacando a trajetória da produção do conhecimento nesses dois casos evidenciou as relações humanas e culturais presentes nesses processos. Em diversos momentos, os licenciandos explicitaram a grande contribuição dessas discussões para o desenvolvimento de suas concepções sobre a construção do conhecimento científico, como evidenciado no diálogo a seguir:

Prof.: Vocês levam alguma coisa para pensar? Que tipo de reflexão vocês têm feito? O que vocês acham que está provocando essas mudanças das ideias?

Ronan: Eu acho que é a forma que a gente vai conversando, vai relacionando o que a gente conhece sobre ciência, mas questionando a nossa percepção. Assim, as discussões promovem uma variação da percepção nesse sentido.

Prof.: E teve algum texto que chamou mais atenção ou alguma discussão específica que vocês acham que contribuiu mais?

Pedro: O texto da vitamina C, porque tudo que a gente discutiu até então, de certa forma foi aplicado, a gente pôde analisar no texto e trazer para a discussão. Por exemplo, a intenção do modelo, a proposta da fórmula, como é essa proposta, como é feita a discussão... Porque às vezes a gente fala que tem que discutir na comunidade científica, e ali no texto mostra como é essa discussão. Calorosa até demais...

Hugo: E as divergências que envolvem a construção dos modelos, que está intrínseco ali. E também na argumentação, de qual modelo vai ter uma proposta melhor, qual modelo vai explicar tal fenômeno... Pode citar o exemplo dos modelos atômicos, que a gente discutiu também.

Jade: Eu acho que vai muito além do que a gente imagina. Porque tem as influências, todas ali em cima, a questão da aceitação, eu acho que nunca tinha parado para pensar nisso.

Prof.: Influências de que tipo?

Jade: É igual do Linus Pauling, o caso de eles não terem aceitado a afirmação da super dosagem com as laranjas [sic]. Isso influenciou a parte na aceitação do que ele disse. É uma coisa da gente pensar ainda: a pessoa que descobriu propor que é aquilo ali e pronto, acabou; mas não é. Tem a parte ainda da aceitação.

Maria: É que a Jade falou das influências, e tem a influência cultural. Eu não tinha parado para pensar que o meio em que a pessoa vive, pode influenciar ali no que ela está observando todos os dias. E que a partir dali ela pode estar construindo algo. Que foi o caso do Daniel. (Referindo-se a Daniel Schentman, ganhador do Nobel, relacionando ao artigo que apresentou o caso histórico).

As falas dos licenciandos deixaram clara a contribuição das discussões promovidas para a mudança de suas concepções, com destaque para a reflexão que eles fizeram sobre nunca terem pensado sobre o que influencia a produção do conhecimento científico, conforme citado por Jade. No mesmo sentido, Maria explicitou que nunca havia pensado na influência cultural sobre a produção do conhecimento científico.

As discussões realizadas sobre os textos também evidenciaram para os licenciandos como a aceitação do conhecimento científico depende da argumentação, do apoio que tal conhecimento recebe de outros cientistas, da dificuldade de romper com conhecimentos amplamente aceitos pela comunidade. Os conflitos retratados nos dois textos marcaram, em especial, as influências na produção dos conhecimentos científicos, colocando em discussão a influência do reconhecimento do cientista pela comunidade, questões éticas na produção do conhecimento e a colaboração entre cientistas.

Pude perceber como é importante a observação do cientista e seu olhar crítico sobre os conhecimentos já produzidos, que muitas vezes são tidos como verdadeiros. Contradizer um modelo já existente e aceito pode não ser uma tarefa muito simples. Também achei interessante a percepção de que a ciência não é construída por um único indivíduo isolado. Por mais que apenas um cientista tenha ganhado o Nobel, outros cientistas ajudaram na construção daquele conhecimento (Sara).

Outra ideia importante que pude extrair desse encontro foi que o conjunto de dados pode ser interpretado de várias maneiras. As trajetórias e as escolhas de cada pessoa podem diferir das de outra (Hugo).

Para concretizar a elaboração de algum modelo é necessário a argumentação para defender o modelo e ter reconhecimento pela comunidade científica para ele ser aceito (Beatriz).

Esses resultados corroboram a inclusão de textos históricos que descrevem as relações humanas envolvidas no processo de construção do

conhecimento quando se objetiva desenvolver conhecimentos sobre NdC em relação à produção do conhecimento.

Aplicação do conhecimento científico

Em relação ao uso dos modelos na ciência, buscou-se analisar se os licenciandos conseguiam perceber que um modelo poderia ser usado de forma ampla, para representar, prever, explicar, para ser manipulado e ajudar na construção de conhecimentos. Contudo, apenas três licenciandos manifestaram, ao início do curso, ideias que relacionavam modelos ao contexto da ciência, não ao contexto de ensino. Apenas um licenciando considerou o uso de modelos no desenvolvimento do conhecimento científico, ou seja, modelos como ferramentas da ciência. Dois outros, mesmo pensando no uso de modelos na ciência, apontaram apenas seu papel na expressão de ideias. Os demais licenciandos restringiram suas respostas ao contexto de ensino, limitando-se a pensar em como modelos podem ser usados para promover o aprendizado. A associação de modelos ao contexto de ensino pode ter ocorrido em função do contexto da pesquisa, realizada em um curso de formação de professores. Contudo, essa associação também pode ser devida à concepção de que modelos são usados para fazer outras pessoas compreenderem as ideias dos cientistas, como se essas ideias não pudessem ser modelos. Por exemplo, Laura afirmou, no questionário inicial, que “para facilitar o entendimento do fenômeno, o cientista o representa por um modelo”. No entanto, faz-se necessário que outros estudos avaliem o motivo que levou os licenciandos a restringir a visão sobre o uso de modelos ao contexto de ensino, uma vez que os dados desse trabalho não foram conclusivos nesse aspecto. Deve-se, ainda, destacar que essa concepção não foi identificada em outros trabalhos da área, reforçando a necessidade de que outras pesquisas a considerem.

Em relação à importância dos modelos históricos, os licenciandos novamente concentraram suas respostas no contexto de ensino, pois cinco deles destacaram a importância desses para a compreensão de aspectos relacionados à NdC, como o fato de modelos poderem ser alterados e de apresentarem erros. Outros dois licenciandos destacaram a importância de modelos históricos sob uma perspectiva mais ampla, relacionada à importância que os mesmos tiveram em sua época e como eles serviram de base para a construção ou evolução de outros modelos.

Ao mesmo tempo em que os licenciandos associaram modelos ao processo de ensino, em relação ao conhecimento científico, de forma ampla, todos eles apontaram o seu uso no dia a dia, para a tomada de decisões, para a compreensão do mundo. Assim, deve-se questionar até que ponto os licenciandos consideram modelos como conhecimento científico ou como ferramentas para a compreensão deste. Afinal, nenhum deles considerou que modelos podem ser usados por pessoas no dia-a-dia. Destacaram-se as concepções de que o conhecimento científico ajuda a ser crítico nas decisões, a formar cidadãos mais participativos nas decisões da sociedade, a desenvolver tecnologias e cuidar do meio ambiente. Essas respostas levam à reflexão sobre o status que o conhecimento científico ocupa na concepção desses licenciandos, pois apesar de ser bastante interessante que eles reconheçam que o conhecimento científico é (ou pode ser) usado no dia a dia, ele pode estar associado a uma concepção salvacionista ou,

ainda, à perspectiva de que esse é o conhecimento verdadeiro. Sara destacou a mudança de sua visão em relação ao conhecimento científico, especialmente após a discussão do texto sobre conhecimento cotidiano e conhecimento científico (Bizzo, 1998):

Foi possível entender a diferença entre esses dois conhecimentos e a importância de cada um deles. Muitas vezes via o conhecimento científico em uma posição superior ao conhecimento cotidiano, como conhecimento verdadeiro, aquele que é provado. Após nossas discussões, foi possível perceber as falhas ao utilizarmos esse discurso e entender que tanto o conhecimento científico como o cotidiano são importantes, uma vez que são utilizados em situações diferentes e apresentam utilidade para a sociedade (Sara).

Ao final do curso, observou-se o desenvolvimento da compreensão de alguns estudantes em relação ao uso dos modelos, especialmente no que se refere à finalidade de fazer previsões sobre fenômenos e sistemas (o que foi mencionado por três estudantes). Dois estudantes apresentaram ideias bem amplas sobre o uso de modelos na ciência, identificando seu potencial no desenvolvimento de teorias e novas ideias. Contudo, ainda ao final do curso, quando questionados sobre o uso de modelos, quatro estudantes restringiram suas respostas à função de explicar, com ênfase no seu uso no ensino. Esse dado leva à percepção da necessidade de promover mais reflexões sobre modelos no contexto das ciências, para que futuros professores compreendam sobre o uso de modelos de forma mais ampla, identificando suas potencialidades em contextos fora do ensino.

Ainda que ao final do curso os licenciandos tenham apresentado ideias limitadas sobre o uso de modelos na ciência, deve-se destacar que eles reconheceram a abordagem dos casos históricos na ampliação de suas concepções sobre esse aspecto. Além disso, o envolvimento dos licenciandos em atividades de elaboração e reformulação de modelos foi outro aspecto destacado por eles como fator que contribuiu para refletir sobre o uso de modelos na ciência.

Conclusões

A análise das concepções iniciais dos licenciandos corroborou dados obtidos em outras pesquisas referentes a lacunas no conhecimento relacionados tanto à NdC, de forma mais ampla, quanto a modelos e modelagem (Capps e Crawford, 2013a; Kenyon et al., 2011). Deve-se considerar que alguns dos licenciandos encontravam-se ao final da graduação e, ao longo daqueles 4-5 anos, não haviam participado de qualquer discussão que proporcionasse reflexões sobre a temática do curso aqui discutido. Especialmente pelo fato de os participantes serem licenciandos em Química, ciência que está fundamentada em modelos, a falta de compreensão sobre a natureza de modelos e do processo de modelagem deve chamar a atenção para como a visão de professores sobre essa ciência pode estar comprometida.

Concepções associadas ao uso de modelos para representar exclusivamente entidades abstratas e, ainda, a ideia de modelos não poderem ser parciais ou limitados, mostram sérios equívocos sobre como esses licenciandos concebiam o status de modelos na ciência. Além disso, a

associação de modelos a ferramentas de ensino, em detrimento ao papel que esses possuem na construção do conhecimento científico, enfatizou as limitações e incoerências apresentadas pelos licenciandos no início do processo. Isso ficou ainda mais evidente com o fato de os estudantes não compreenderem o papel da teoria na construção de modelos, ou mesmo de modelos na construção de teorias, o que corrobora resultados de outros trabalhos, como o de Windschitl e Thompson (2006). A limitada visão dos licenciandos sobre a construção do conhecimento científico ficou evidente também quando a maioria deles não reconheceu a influência de fatores pessoais e culturais nesse processo e, ainda, não reconheceu o papel da comunidade científica no processo de validação desse conhecimento.

O conhecimento dos licenciandos se desenvolveu ao longo do processo por serem envolvidos em atividades em que eles tiveram que refletir sobre a temática do curso, trabalharam com exemplos e se engajaram ativamente no processo – como discutido, por exemplo, nos trabalhos de Justi e van Driel (2005a) e Davis et al. (2010). Os licenciandos destacaram a inédita oportunidade de participar das reflexões promovidas, enfatizando a contribuição da abordagem explícita no processo formativo, pois mesmo usando modelos ao longo de suas vidas acadêmicas, eles afirmaram nunca terem refletido sobre a natureza desses, sua construção ou a construção da ciência em si. Esse ponto enfatiza e corrobora orientações de outros trabalhos para que essa abordagem seja explícita no processo de formação de professores (Allchin, 2013; Gilbert e Justi, 2016; Hanuscin et al., 2006; Schwarz, 2008; Windschitl e Thompson, 2006).

Além da abordagem explícita, destaca-se o uso de exemplos significativos, contextualizados e, especialmente, o uso de casos históricos. O uso de textos que abordam a construção histórica do conhecimento científico contribuiu para que os licenciandos percebessem como ocorre a interferência de diversos fatores (econômicos, sociais, culturais, éticos, e até mesmo pessoais) nesse processo. Isso possibilitou aos estudantes se tornarem mais críticos sobre a neutralidade do conhecimento científico e seu processo de validação, compreendendo a ciência como uma construção humana, passível de falhas, erros e interferências. Nessa perspectiva, acredita-se que o curso contribuiu para o desenvolvimento do conhecimento de NdC em acordo com uma perspectiva mais ampla (como apresentada, por exemplo, por Allchin (2011)). O estudo de NdC e de modelos ocorreu a partir de exemplos e situações contextualizadas, em que a criticidade dos licenciandos se desenvolveu à medida que também se desenvolvia a compreensão sobre o processo de construção do conhecimento científico, sem que fossem trabalhadas listas de características isoladas, como diversos trabalhos (por exemplo, Allchin, 2013) criticam.

Ao longo das atividades do curso e, especialmente, acompanhando o processo reflexivo dos licenciandos, por meio de suas interações com o grupo e diário de bordo, foi possível observar a contribuição das atividades para a mudança de suas concepções. Pensando-se no processo de formação de professores, concluímos sobre a necessidade do uso de atividades que envolvam os licenciandos em um ambiente em que eles possam analisar, discutir, apresentar livremente suas ideias, desenvolvendo um olhar mais crítico sobre a construção do conhecimento científico, sendo capazes de analisar diversas relações que constituem esse processo. Destacamos o uso

de casos históricos para o desenvolvimento desses conhecimentos e a participação em atividades de modelagem, por meio da qual os licenciandos foram capazes de perceber as diversas etapas e ações que são necessárias nesse processo da ciência. A construção de analogias entre o processo de modelagem vivenciado por eles e a construção de modelos na ciência contribuiu para ampliar suas visões tanto sobre a construção como sobre a validação de conhecimentos na ciência.

Ao final do curso, muitos licenciandos ainda manifestaram a concepção de modelos mais associados aos processos de ensino. Por isso, julgamos necessário o desenvolvimento de mais estudos que permitam avaliar a concepção de licenciandos em contextos exclusivos da ciência (sem considerar o contexto de ensino). Além disso, é importante que seja avaliado como esses professores incorporam tais conhecimentos em suas aulas futuras observando a ênfase que os mesmos atribuem, na prática docente, à abordagem de NdC, para que a formação de docentes venha a repercutir no letramento científico dos estudantes.

Referências bibliográficas

Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518-542. [doi: 10.1002/sce.20432](https://doi.org/10.1002/sce.20432)

Allchin, D. (2013). *Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources*. Saint Paul: MN: SHiPS Educational Press.

Allchin, D. (2014). From science studies to scientific literacy: A view from the classroom. *Science & Education*, 23(9), 1911-1932. [doi: 10.1007/s11191-013-9672-8](https://doi.org/10.1007/s11191-013-9672-8)

Bizzo, N. (1998). *Ciências: fácil ou difícil?* São Paulo Ática.

Capps, D. K., e Crawford, B. A. (2013a). Inquiry-Based Instruction and Teaching About Nature of Science: Are They Happening? *Journal of Science Teacher Education*, 24(1), 497-526. [doi: 10.1007/s10972-012-9314-z](https://doi.org/10.1007/s10972-012-9314-z)

Capps, D. K., e Crawford, B. A. (2013b). Inquiry-Based Professional Development: What does it take to support teachers in learning about inquiry and nature of science? *International Journal of Science Education*, 35(12), 1947-1978. [doi: 10.1080/09500693.2012.760209](https://doi.org/10.1080/09500693.2012.760209)

Caracelli, I. (2011). Nobel em Química 2011: Descoberta dos Quasicristais, uma Nova Classe de Sólidos. *Química Nova na Escola*, 33(4), 206-210.

Davis, E. A., Nelson, M., Hug, B., Kenyon, L., Cotterman, M., e Teo, T. W. (2010). *Preservice teachers and scientific modeling: Synthesizing results of a multi-year, multi-site project*. Paper presented at the Conference of the Association for Science Teacher Education, Sacramento.

European Union (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. Luxembourg: European Commission

Fiorucci, A. R., Soares, M. H. F. B., e Cavalheiro, E. T. G. (2003). A Importância da Vitamina C na Sociedade Através dos Tempos. *Química Nova na Escola*, 17, 3-7.

Friedrichsen, P., van Driel, J. H., e Abell, S. K. (2010). Taking a Closer Look at Science Teaching Orientations. *Science Education*, 95(2), 358-376. doi: [10.1002/sce.20428](https://doi.org/10.1002/sce.20428)

Gilbert, J. K., e Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. Basel, Switzerland: Springer International Publishing.

Gobert, J. D., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B. C., Levy, S. T., e Wilensky, U. (2011). Examining the Relationship Between Students' Understanding of the Nature of Models and Conceptual Learning in Biology, Physics, and Chemistry. *International Journal of Science Education*, 33(5), 653-684. doi: [10.1080/09500691003720671](https://doi.org/10.1080/09500691003720671)

Gobert, J. D., e Pallant, A. (2004). Fostering students' epistemologies of models via authentic model-based tasks. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 7-22. doi: [10.1023/B:JOST.0000019635.70068.6f](https://doi.org/10.1023/B:JOST.0000019635.70068.6f)

Hanuscin, D. L., Akerson, V. L., e Philipson-Mower, T. (2006). Integrating Nature of Science Instruction into a Physical Science Content Course for Preservice Elementary Teachers: NOS Views of Teaching Assistants. *Science Education*, 90(5), 912-935. doi: [10.1002/sce.20149](https://doi.org/10.1002/sce.20149)

Henze, I., van Driel, J., e Verloop, N. (2007). The Change of Science Teachers' Personal Knowledge about Teaching Models and Modelling in the Context of Science Education Reform. *International Journal of Science Education*, 29(15), 1819-1846. doi: [10.1080/09500690601052628](https://doi.org/10.1080/09500690601052628)

Henze, I., van Driel, J., e Verloop, N. (2008). Development of experienced science teachers' pedagogical content knowledge of models of the solar system and the universe. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1321-1342. doi: [10.1080/09500690802187017](https://doi.org/10.1080/09500690802187017)

Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.

Irez, S. (2006). Are We Prepared?: An Assessment of Preservice Science Teacher Educators' Beliefs About Nature of Science. *Science Education*, 90(6), 1113-1143. doi: [10.1002/sce.20156](https://doi.org/10.1002/sce.20156)

Irzik, G., e Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607. doi: [10.1007/s11191-010-9293-4](https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4)

Justi, R., e Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273-1292. doi: [10.1080/09500690210163198](https://doi.org/10.1080/09500690210163198)

Justi, R., e Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369-1386. doi: [10.1080/0950069032000070324](https://doi.org/10.1080/0950069032000070324)

Justi, R., Gilbert, J. K., e Ferreira, P. F. M. (2009). The application of a 'model of modelling' to illustrate the importance of metavisualization in respect of the three levels of representation. Em J. K. Gilbert e D. F. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (pp. 285-307). Dordrecht: Springer.

Justi, R., e van Driel, J. H. (2005a). A Case Study of the Development of a Beginning Chemistry Teacher's Knowledge about Models and Modelling. *Research in Science Education*, 35(2), 197-219. doi: [10.1007/s11165-004-7583-z](https://doi.org/10.1007/s11165-004-7583-z)

Justi, R., e van Driel, J. H. (2005b). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*, 27(5), 549-573. doi: [10.1080/0950069042000323773](https://doi.org/10.1080/0950069042000323773)

Kenyon, L., Davis, E. A., e Hug, B. (2011). Design Approaches to Support Preservice Teachers in Scientific Modeling. *Journal of Science Teacher Education*, 22(1), 1-21. doi: [10.1007/s10972-010-9225-9](https://doi.org/10.1007/s10972-010-9225-9)

Kind, V. (2016). Preservice Science Teachers' Science Teaching Orientations and Beliefs About Science. *Science Education*, 100(1), 122-152. doi: [10.1002/sce.21194](https://doi.org/10.1002/sce.21194)

Kutluca, A. Y., e Aydın, A. (2017). Changes in Pre-service Science Teachers' Understandings After Being Involved in Explicit Nature of Science and Socioscientific Argumentation Processes. *Science & Education*, 26(6), 637-668. doi: [10.1007/s11191-017-9919-x](https://doi.org/10.1007/s11191-017-9919-x)

Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. Em S. K. Abell e N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research in Science Education* (pp. 831-880). New York: Routledge.

NRC. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

OECD. (2013). *PISA 2015 Science Framework* Paris: OECD Publishing.

Roberts, D. A. (2007). Scientific Literacy/Science Literacy. Em S. K. Abell e N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Teaching* (pp. 729-780). London: Routledge.

Schwarz, C. (2008). Developing Preservice Elementary Teachers' Knowledge and Practices Through Modeling-Centered Scientific Inquiry. *Science Education*, 93(4), 720-744. doi: [10.1002/sce.20324](https://doi.org/10.1002/sce.20324)

Schwarz, C., e White, B. Y. (2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205. doi: [10.1207/s1532690xci2302_1](https://doi.org/10.1207/s1532690xci2302_1)

Seung, E., Park, S., e Jung, J. (2014). Exploring Preservice Elementary Teachers' Understanding of the Essential Features of Inquiry-Based Science Teaching Using Evidence-Based Reflection. *Research in Science Education*, 44(4), 507-529. doi: [10.1007/s11165-013-9390-x](https://doi.org/10.1007/s11165-013-9390-x)

Treagust, D. F., Chittleborough, G., e Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368. doi: [10.1080/09500690110066485](https://doi.org/10.1080/09500690110066485)

Union, E. (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. Luxembourg: European Commission

van Dijk, E. M. (2011). Portraying real science in science communication. *Science Education*, 95(6), 1086-1100. [doi: 10.1002/sce.20458](https://doi.org/10.1002/sce.20458)

van Dijk, E. M. (2014). Understanding the Heterogeneous Nature of Science: A Comprehensive Notion of PCK for Scientific Literacy. *Science Education*, 98(3), 397-411. [doi: 10.1002/sce.21110](https://doi.org/10.1002/sce.21110)

Windschitl, M., e Thompson, J. (2006). Transcending Simple Forms of School Science Investigation: The Impact of Preservice Instruction on Teachers' Understandings of Model-Based Inquiry. *American Educational Research Journal*, 43(4), 783-835. [doi: 10.3102/00028312043004783](https://doi.org/10.3102/00028312043004783)

Windschitl, M., Thompson, J., e Braaten, M. (2008). How Novice Science Teachers Appropriate Epistemic Discourses Around Model-Based Inquiry for Use in Classrooms. *Cognition and Instruction*, 26(3), 310-378. [doi: 10.1080/07370000802177193](https://doi.org/10.1080/07370000802177193)