Universidade de São Paulo
Instituto de Biociências

Nathália Helena Azevedo Pereira

A Ecologia como modelo para investigar concepções sobre a natureza da ciência

Ecology as a model to investigate conceptions about the nature of science

São Paulo
2015

Nathália Helena Azevedo Pereira

A Ecologia como modelo para investigar concepções sobre a natureza da ciência

Ecology as a model to investigate conceptions about the nature of science

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, para a obtenção de Título de Mestre em Ciências, na Área de Ecologia.

Orientadora: Daniela Lopes Scarpa

São Paulo
2015

Azevedo, Nathália Helena

A Ecologia como modelo para investigar concepções sobre a natureza da ciência

113 páginas

Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia.

1. concepções sobre a natureza da ciência 2. formação de cientistas 3. formação de professores. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Ecologia.

Comissão Julgadora

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof^{a}. Drª Daniela Lopes Scarpa

Para meus pais,

que me ensinaram a agir

com amor e dedicação.

She had studied the universe all her life,

but had overlooked its clearest message:

for small creatures such as we

the vastness is bearable

only through love.

(Carl Sagan. 1985. *Contact*. New York: Pocket Books, p. 430)

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado.

Aos funcionários do IB, por me auxiliarem com os trâmites burocráticos, sempre solícitos e pacientes.

À Dri, pela primeira orientação acadêmica que recebi e por todas as oportunidades de crescimento e aprendizado que me proporcionou. Agradeço pelos bons anos de orientação, pela paciência, sensibilidade e compreensão com as minhas escolhas.

À Dani, por me receber no BioIn de braços abertos. Pela confiança, apoio, liberdade e amizade. Por topar me orientar mesmo perante os meus prazos malucos. Por encarar o desafio e estar disposta a aprender junto comigo.

À Camila e à Rosana, por contribuírem com valiosas sugestões durante as reuniões do meu Comitê de Acompanhamento.

Aos docentes e estudantes que colaboraram voluntariamente com a minha coleta de dados e com a validação do meu instrumento de pesquisa.

À Rena, pela amizade e apoio nos momentos finais. Pelas sugestões e sinceridade de sempre.

Aos companheiros do BioIn, por alegrarem minhas manhãs de terça com as nossas reuniões (gastronômicas) do grupo e por contribuírem nas diferentes fases deste trabalho.

Aos amigos que fiz durante esta gratificante etapa da minha formação. Em especial, aos irmãos que ganhei no curso de campo *Prática da Pesquisa em Ecologia da Mata Atlântica de 2013* e que tornaram a minha jornada ainda mais prazerosa.

Aos professores que não desistiram de mim e investiram tempo e esforço para a minha formação.

Aos outros pesquisadores em Ensino de Ciências, cujos trabalhos me auxiliaram e me inspiraram.

Aos meus pais, pelo cuidado desmedido e pelos incontáveis exemplos de dedicação. Pelo carinho e apoio de sempre. Por estarem ao meu lado e não julgarem minhas escolhas. Por cobrirem os meus dias com imenso zelo e amor e por me ensinarem o verdadeiro significado da palavra doação.

Ao meu irmão, pela compreensão e senso de humor. Pela companhia leal e sincera e por alegrar os meus dias.

Ao meu boy, pela companhia constante de longa data. Pelas incontáveis atitudes de ajuda e pelos motivos para sorrir.

À Leia, minha filha adotiva de quatro patas, por me acompanhar em todas as etapas deste trabalho e me acalmar com o seu jeitinho felino irresistível de ser.

Sumário

Resumo 01

Abstract 02

Capítulo 1. Uma revisão sistemática sobre o foco dos trabalhos de concepções sobre a natureza da ciência

Introdução 03
Métodos 06
Resultados e Discussão 12
Referências 28

Capítulo 2. Questionário contextualizado para investigar concepções sobre a natureza da ciência: percurso da construção e princípios para a elaboração

Introdução 34
Métodos 41
Resultados e Discussão 56
Referências 70
Anexo 76

Capítulo 3. Quais os possíveis fatores associados às concepções sobre a natureza da ciência dos estudantes de Biologia no Brasil?

Introdução 83
Métodos 88
Resultados e Discussão 94
Referências 107

Conclusão 112

Resumo

A natureza da ciência tem sido apontada como um componente importante do ensino de ciências, devido à necessidade de formar indivíduos críticos para as discussões contemporâneas, as quais envolvem de forma crescente temas científicos. Dada a relevância do tema, o presente trabalho está dividido em três partes que, embora sejam apresentadas conjuntamente, contribuem de forma independente para área de ensino de ciências. Na primeira parte, são relatados os resultados de uma revisão sistemática, cujos objetivos foram (i) identificar as tendências de publicação dos trabalhos de concepções sobre a natureza da ciência (CNC), (ii) mapear as principais características desses trabalhos, (iii) identificar os aspectos da natureza da ciência frequentemente pesquisados e (iv) identificar os instrumentos de pesquisa utilizados para acessar as CNC. Os resultados indicam um crescimento das publicações de CNC nos últimos anos. Em geral, os trabalhos são de levantamento de CNC que focam nas concepções de professores e alunos da educação básica. Estados Unidos e Taiwan estão entre os países cujas concepções de seus alunos são mais frequentemente levantadas. Na segunda parte deste trabalho, é apresentado o processo de construção do questionário *VENCCE*, cujo objetivo é investigar CNC de estudantes de Biologia. O questionário é composto por cinco situações contextualizadas que têm a Ecologia como tema e modelo de estudo. A confiabilidade do *VENCCE* foi considerada adequada conforme o *Alfa de Cronbach* estimado após a aplicação. São discutidas as implicações de utilizar questionários contextualizados. Fornecemos orientações e princípios que podem contribuir em outras pesquisas de levantamento de CNC. Na terceira parte, são apresentados os resultados do levantamento de CNC de estudantes de Biologia. Foram testados quatro possíveis fatores que podem estar associados às CNC desse público: nível de formação, modalidade da graduação, contato com elementos de formalização científica e participação em iniciação científica. O questionário *VENCCE* foi aplicado em 14 universidades brasileiras, contemplando 691 alunos da licenciatura e do bacharelado em Biologia. Os resultados sugerem que apenas a modalidade da graduação pode estar associada às CNC encontradas, pois os alunos de licenciatura apresentaram CNC mais ingênuas em comparação com os que cursam o bacharelado ou as duas modalidades. Em geral, os estudantes apresentaram visões mais ingênuas nos aspectos da natureza da ciência relacionados às práticas experimentais e à natureza das teorias científicas. São discutidas as implicações desses resultados para a formação de professores e de cientistas das áreas relacionadas às Ciências Biológicas.

concepções sobre a natureza da ciência, ensino superior, formação de cientistas, formação de professores, questionários

Abstract

The nature of science is considered a key component of science education due to the need to educate individual as critical thinkers, allowing them to interpret and discuss everyday facts using science knowledge critically. Given the relevance of this topic, this study is divided into three parts. Even though they are presented together, they contribute independently to the science education field. The first part consists of a systematic review that aims to (i) identify the trends in publications about the nature of science (NOS) views, (ii) map the main characteristics of these articles, (iii) identify the most researched aspects of the NOS and (iv) identify the research instruments used to assess the NOS views. The results show an increasing number of publications about NOS views in recent years. They are usually about the sophistication of NOS views that focus on teachers and students. The USA and Taiwan are among the countries that have their students' conceptions studied the most. In the second part of this study, the design of the *VENCCE* questionnaire is introduced. It aims to investigate the NOS views of students in pre-service biology teacher courses and biology courses. It consists of five contextualized situations that have Ecology as a theme and study model. The reliability of the *VENCCE* was considered adequate according to *Cronbach's alpha*, determined after the validation. The implications of utilizing contextualized questionnaires are discussed. Guidelines and principles that can benefit research focused on NOS views are also provided. In the third part, the results of the research concerning the NOS views of biology students and pre-service biology teachers are presented. Four different factors that might be related to the NOS views of this group were tested: level of education, type of undergraduate program (pre-service biology teacher course, biology course or the combination of both), contact with scientific formalization in subjects and participation in undergraduate research. The *VENCCE* questionnaire was administered to 691 biology students and pre-service biology teachers in 14 Brazilian universities. The results suggest that only the type of undergraduate program might be related to NOS views since the pre-service biology teachers showed more naive NOS views when compared to biology students and with those who attend both programs. The aspects of NOS that exhibit more naive views are related to experimental practices and to the nature of scientific theories. The implications of these results for the scientists' education and teachers' education in the field of Biological Sciences are discussed.

nature of science views, higher education, questionnaires, scientists education, teachers education.

Uma revisão sistemática sobre o foco dos trabalhos de concepções sobre a natureza da ciência

RESUMO: A natureza da ciência tem sido apontada como um componente importante do ensino de ciências, uma vez que temas científicos são impostos ao cidadão de forma crescente e o ensino de ciências pode ajudar a formar cidadãos mais críticos. Por esse motivo, as pesquisas da área de ensino têm se preocupado em identificar e discutir as implicações das concepções sobre a natureza da ciência (CNC) de diferentes públicos. Relatamos aqui os resultados de uma revisão sistemática cujos objetivos foram (i) identificar as tendências de publicação dos trabalhos de CNC, (ii) mapear as principais características desses trabalhos, (iii) identificar os aspectos da natureza da ciência frequentemente pesquisados e (iv) identificar os instrumentos de pesquisa utilizados para acessar as CNC. Foram amostrados os trabalhos, publicados até fevereiro de 2015, presentes nas revistas das áreas de Ensino e Educação dos periódicos da lista WebQualis de 2013. Os resultados indicam um crescimento das publicações de CNC nos últimos anos, sobretudo nas revistas do estrato A1. A maior parte dos trabalhos são de levantamento de CNC de professores, alunos do ensino médio, alunos do ensino fundamental e de professores em formação, respectivamente. Estados Unidos e Taiwan estão entre os países cujas concepções de seus alunos são mais frequentemente levantadas. Tabelamos os aspectos da natureza da ciência frequentemente mencionados nesses trabalhos e revemos o debate acerca das listas de CNC. Entre as metodologias mais empregadas, estão as entrevistas seguidas de análises qualitativas e o uso de questionários. Os instrumentos mais utilizados são explorados ao longo da revisão. Os aspectos da natureza da ciência recorrentes nos trabalhos de CNC incluem o papel da curiosidade e da criatividade na produção do conhecimento científico, o caráter temporário e tentativo da ciência e a relação da ciência com o contexto humano. Trabalhos futuros podem ainda explorar outros aspectos internos dos trabalhos que classificamos, a fim de possibilitar a melhor compreensão da sua qualidade e do impacto acadêmico para a área de Ensino de Ciências.

PALAVRAS-CHAVE: concepções de ciência, instrumentos de pesquisa, listas de concepções, revisão sistemática, tendências de publicação.

INTRODUÇÃO

Estudantes em diferentes níveis educacionais podem apresentar concepções sobre ciência e sobre o trabalho do cientista que são distantes do real. A distância entre a concepção dos alunos e o real ocorre porque há uma imagem enviesada e descontextualizada associada à ciência e ao trabalho dos cientistas que é constantemente reforçada fora da sala de aula (HODSON, 1998). Identificar as concepções dos alunos sobre ciência pode auxiliar o professor a planejar melhor

suas aulas e identificar quão distante do real é a imagem que os alunos têm da ciência. Na tentativa de dar sentido ao que se aprende, os estudantes olham para os conceitos científicos por meio de suas concepções. Há, então, um potencial descompasso entre as concepções do professor, as dos alunos e até mesmo do material didático, o que pode tornar desafiadora a proposta de um aprendizado crítico, pois as crenças epistemológicas dos estudantes podem influenciar seu processo de aprendizagem (LIDAR et al., 2006).

Esse cenário é preocupante, dado que os temas científicos estão cada vez mais presentes no cotidiano e exigem decisões diversas do cidadão, como para avaliar criticamente se seguirá determinado tratamento de saúde, se adotará certa dieta ou qual equipamento eletrônico comprará. Tais decisões precisam ser dotadas de sentido e, para isso, os estudantes precisam saber, por exemplo, que os cientistas também erram e que há diversas fontes de vieses no trabalho científico. Em muitas das situações corriqueiras, é necessário que os alunos saibam avaliar a qualidade de dados e argumentos para que possam tomar suas decisões (FOUREZ, 1997; HODSON, 2001), pois na ciência, muito mais importante do que as afirmações que são produzidas, é a forma como os cientistas geram dados e validam o conhecimento (LEMKE, 2001). Diante desse cenário, os pesquisadores em Ensino de Ciências têm investigado concepções de estudantes na tentativa de compreendê-las e de auxiliar o professor a contribuir para um aprendizado mais efetivo.

O termo natureza da ciência é usado por alguns autores para se referir à natureza do conhecimento científico ou à epistemologia da ciência (e.g. LEDERMAN, 1992; ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000). Outros diferenciam a natureza do conhecimento científico da natureza da investigação científica (e.g. SCHWARTZ et al., 2008), restringindo os processos pelos quais o conhecimento é produzido e justificado em uma outra categoria. Apesar das

diferentes denominações, há consenso de que os aspectos fundamentais da natureza da ciência são: as características da investigação científica (suas etapas de investigação e métodos), o papel do conhecimento gerado, os paradigmas que orientam os trabalhos dos cientistas, como os cientistas trabalham como um grupo social e como a ciência pode ser afetada pelo contexto social em que está inserida (OSBORNE et al., 2003; CLOUGH & OLSON, 2008; WONG & HODSON, 2009).

Na literatura há muitas justificativas para inclusão do metaconhecimento científico em sala de aula (e.g. HODSON, 2001; BELL & LEDERMAN, 2003; OSBORNE et al., 2003; CLOUGH & OLSON, 2008; TABER, 2010) e a natureza da ciência tem sido considerada um componente importante nos currículos de educação em ciências em nível global (KHISHFE & ABD-EL-KHALICK, 2002; ABD-EL-KHALICK et al., 2004; OGUNNIYI, 2005). Por esses motivos, investigar as CNC tem se tornado uma área relevante associada às pesquisas sobre o ensino de ciências (LEDERMAN, 1992) nos diversos níveis de ensino. Algumas revisões qualitativas (e.g. ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN 2000; LEDERMAN, 2007) já se propuseram a sintetizar aspectos desse campo de pesquisa, porém levando em consideração um grande número de trabalhos publicados em língua inglesa. Lederman (2007) afirmou que há quatro tipos de trabalhos na área: (1) investigação das CNC de estudantes, (2) investigação das CNC de professores, (3) relação entre as CNC de professores e as dos alunos e (4) adequação de propostas de melhorias das CNC. Entretanto, há outros trabalhos associados às CNC que têm contribuído para estabelecer estratégias de lidar com elas.

Em geral, no campo de educação em ciências há poucos trabalhos de revisão de revistas acadêmicas (TSAI & WEN, 2005). Dada a importância do tema e considerando a necessidade de organizar e compreender o conhecimento produzido pelas pesquisas sobre CNC, nosso objetivo é fazer uma revisão sistemática que inclua, não apenas periódicos de língua inglesa, mas sobretudo os latino-

americanos, além de nos permitir quantificar informações sobre esses trabalhos. Tal levantamento permitirá analisar o contexto atual e avaliar onde esforços de pesquisa são necessários. Para tanto, a revisão está orientada pelas seguintes perguntas: (i) Quais as tendências de publicação dos trabalhos sobre CNC? Pretendemos investigar se há um crescimento nesse tipo de pesquisa e se há revistas que publicam mais esses trabalhos. (ii) Quais as características desses trabalhos? Nos interessa mapear qual os recortes de pesquisa mais comuns e se há disciplinas ou áreas do conhecimento que estão mais interessadas em compreender as concepções dos estudantes. Queremos identificar também quais os objetos de estudo das CNC e quais as nacionalidades em que as CNC são mais pesquisadas. (iii) Quais os aspectos da natureza da ciência que costumam ser pesquisados nesses trabalhos? (iv) Quais os principais instrumentos usados para acessar as CNC e quais as características deles?

MÉTODOS

Para o planejamento da revisão, partimos dos princípios formulados pelo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*), devido à clareza de suas instruções e à validade reconhecida em diferentes áreas de pesquisa. Dentro dos princípios estabelecidos coletivamente por um grupo de pesquisadores interessados em organizar o conhecimento e sintetizar informações relevantes, o PRISMA adota como revisão sistemática aquela que revisa uma questão relevante para determinada área com "*métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes e para coletar e analisar dados dos estudos incluídos na revisão*" (MOHER et al., 2009, p.1).

Procuramos seguir as recomendações do PRISMA durante as etapas de: identificação e seleção das publicações relevantes, avaliação crítica dos trabalhos

selecionados e apresentação dos resultados de forma clara. Além de sumarizar as pesquisas de interesse em determinado assunto, a revisão sistemática tem o objetivo de ser clara e explícita no seu protocolo (ou método) de revisão. Há o reconhecimento de que esse tipo de trabalho é um processo iterativo (MOHER et al., 2009), no qual a classificação dos trabalhos se dá de forma dinâmica, não sendo possível delimitar todas as etapas da metodologia *a priori*.

Estratégia de busca e seleção das fontes apropriadas de informações

A busca exploratória inicial foi feita nas bases de dados da *Web of Science* e do *Scopus*. Nessa fase, identificar os termos de busca que seriam mais inclusivos para os objetivos do nosso estudo e avaliar se os periódicos indexados nessas bases são representativos para as áreas de Educação e Ensino considerando o contexto de pesquisa brasileiro. A escolha por essas bases facilitaria a organização do nosso banco de dados de trabalhos e a quantificação de algumas informações, sobretudo pela possibilidade de exportação dos relatórios de busca de termos e citações. Entretanto, os periódicos brasileiros, juntamente com os dos países em desenvolvimento, têm dificuldades de integrar sua produção científica nas bases internacionais de informação científica (PACKER, 2011). De todas as áreas do conhecimento, a *Web of Science* soma 11.500 revistas indexadas enquanto o Scopus, 29.385. Dessas revistas, apenas 114 e 309, respectivamente, são brasileiras (RODRIGUES et al., 2015). Consideramos ainda que há um grande número de trabalhos relevantes das áreas de Ensino e Educação que não são publicados em inglês (língua dominante nessas bases de dados). Dessa forma, devido à quantidade de publicações em Português e Espanhol da nossa área de interesse, poderíamos perder trabalhos relevantes publicados nos periódicos latino-americanos não indexados.

Diante desse cenário, optamos por sistematizar as buscas partindo de uma lista abrangente de periódicos, o que nos permitiu estabelecer uma busca ampla e confiabilidade na generalização dos dados. A lista do Programa Qualis Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), conhecida como WebQualis, nos pareceu uma boa opção. A WebQualis deriva do indicador da *Web of Science* (PACKER, 2011) e consiste num conjunto de procedimentos adotados pela CAPES para categorizar a qualidade da produção intelectual de programas de pós-graduação. Esse procedimento se dá via análise da qualidade dos periódicos científicos nos quais houve publicação dos programas avaliados (BRASIL, 20015). Os periódicos são estratificados em sete categorias que indicam sua qualidade, sendo A1 a mais elevada, seguidas dos estratos A2, B1, B2, B3, B4, B5 e C. A avaliação é realizada por diferentes áreas, que podem delimitar independentemente os seus critérios de avaliação e pontos de corte para inclusão de um periódico em determinado estrato. Um mesmo periódico pode ser avaliado por diferentes áreas e ser portanto classificado em estratos diferentes em cada uma delas. Os critérios adotados em cada área para essa estratificação são estabelecidos por um grupo de especialistas dessas áreas. A lista dos periódicos é atualizada a cada três anos e publicada junto com os critérios de inclusão dos periódicos por estrato, conforme a área (BRASIL, 20015).

Dentre os fatores para a decisão de utilizar a lista WebQualis, ponderamos então que: (i) partir de uma lista poderia facilitar uma busca fora de indexadores, dado que facilitaria a organização; (ii) os critérios de inclusão e qualidade dos periódicos já passaram por uma avaliação ampla de pares e estão publicados com acesso fácil; (iii) a lista inclui um maior número de periódicos em comparação com bases indexadas, podendo permitir portanto buscas mais inclusivas e (iv) por incluir um maior número de periódicos latino-americanos, poderíamos fazer uma avaliação mais ampla e contextualizada.

Critérios de seleção e exclusão

Para a seleção dos periódicos, consideramos aqueles pertencentes desde o estrato A1 até o B3, das áreas de Ensino e Educação, da lista WebQualis 2013. Porém, dessa lista excluímos todas as revistas cujo foco em Educação ou em Ensino não estavam explicitados em seus respectivos sites. Tal medida deriva do fato de que muitos periódicos têm seções ou números especiais destinados ao Ensino e à Educação e acabam sendo integrados nessas áreas na lista do WebQualis. Entretanto, esses periódicos não publicam trabalhos com esse foco com frequência e não possuem um corpo editorial nessas áreas, sendo pouco expressivos para os pesquisadores interessados em trabalhos de CNC. Permaneceram na lista as revistas de Ensino de Ciências em geral, que envolvem ou não temas de tecnologia, matemática e sociedade; todas as revistas de Educação e revistas voltadas para o Ensino Superior. Foram excluídas as revistas sobre Ensino de áreas muito específicas como Estatística, Geologia, Astronomia e disciplinas associadas à área da Saúde, por exemplo.

Identificamos as principais expressões utilizadas nos títulos e palavras-chave dos trabalhos de CNC e montamos uma lista de busca (Tabela 1). Para a seleção dos trabalhos, acessamos diretamente o site de cada um dos periódicos selecionados e em cada site realizamos a busca seguindo a lista de termos. Consideramos todos os trabalhos publicados até fevereiro de 2015. Não computamos as publicações caracterizadas como cartas, editoriais, resenhas e comentários. Após a etapa de seleção inicial dos artigos (Figura 1), foram excluídos os trabalhos que abordavam outras concepções (por exemplo: concepções sobre a teoria da evolução ou concepções sobre o conceito de força), as duplicatas de trabalhos publicados em mais de um periódico e aqueles cujo texto integral não estava disponível. Durante a etapa de triagem, devido à leitura mais detalhada dos trabalhos, excluímos aqueles cujas CNC não eram o foco principal.

Tabela 1. Listas de expressões usadas para as buscas dos trabalhos diretamente no site dos periódicos selecionados.

Idioma	*Expressões de busca*
Português	natureza da ciência, concepção/ concepções de ciência, imagem/ imagens da ciência, visão de ciência
Inglês	nature of science (NOS), views of the nature of science (VNOS), images of science, beliefs about the nature of science, scientist work
Espanhol	naturaleza de la ciencia, concepciones epistemológicas, percepción de la ciencia

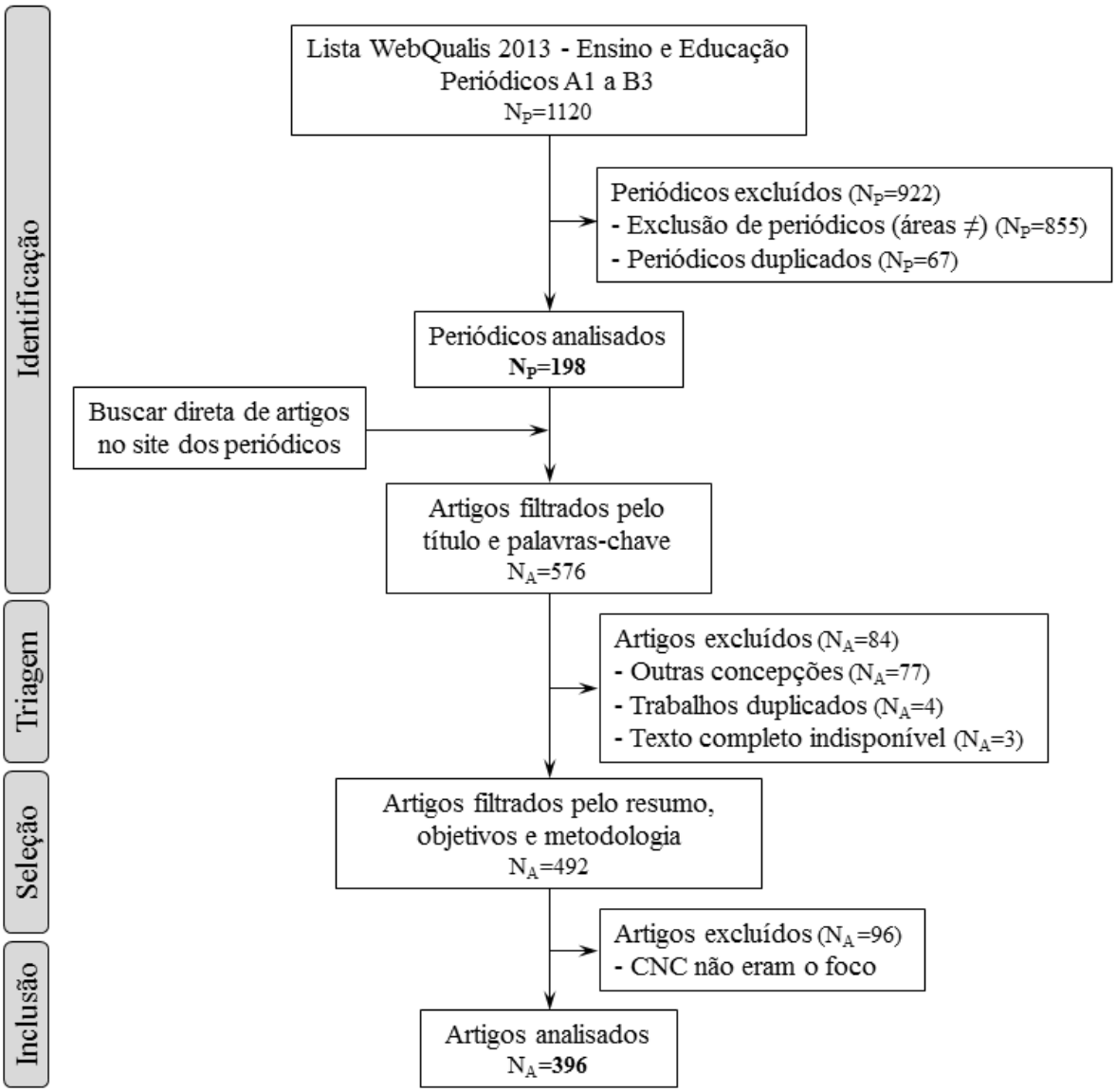

Figura 1. Diagrama do PRISMA representando a amostragem dos artigos em cada estágio da revisão. N_P corresponde ao número de periódicos e N_A, ao número de artigos.

Extração das informações dos artigos e análises

Criamos categorias *a priori* para classificar os artigos conforme os objetivos que adotamos para esta revisão (Tabela 2), entretanto, as categorias foram constantemente refinadas ao longo da amostragem e das leituras. Sempre que necessário os artigos já categorizados foram reavaliados conforme as novas categorias de classificação. Todas as etapas da revisão foram tabuladas, bem como as classificações que adotamos. Com a finalidade de permitir a recuperação de informações e minimizar as chances de erros, nenhum artigo foi excluído do nosso banco de dados.

Tabela 2. Categorias criadas para classificação dos trabalhos, conforme os objetivos da revisão.

Pergunta da revisão	*Categorias para organização dos artigos*	*Descrição e divisões das categorias*
[1] Quais as tendências de publicações dos trabalhos sobre CNC?	[1A] Nome do periódico. [1B] Qualis do periódico. [1C] Ano de publicação do trabalho.	
[2] Quais as características desses trabalhos?	[2A] Disciplinas ou área do conhecimento interessadas nas CNC.	Separamos os trabalhos conforme a disciplina associada à revista ou ao trabalho. As subcategorias são: [2A1] Biologia, [2A2] Física, [2A3] Química e [2A4] Ciências em geral.
	[2B] Tipo de trabalho.	Separamos os trabalhos conforme os objetivos relatados em cada um: [2B1] trabalhos sobre levantamento de CNC de um grupo, [2B2] posicionamento teórico dos autores, [2B3] revisão qualitativa, [2B4] criação de um novo instrumento e [2B5] revisão quantitativa.
	[2C] Foco de estudo das CNC.	Os trabalhos apresentavam foco nas CNC de um ou mais objetos de estudo. Criamos 13 subcategorias: [2C1] professores, [2C2] alunos do ensino médio, [2C3] professores em formação, [2C4] alunos do ensino fundamental, [2C5] livros didáticos, [2C6] professores e alunos, [2C7] alunos de bacharelado, [2C8] materiais produzidos pelo professor, [2C9] cientistas, [2C10] jornais e meios de comunicação em geral, [2C11] vídeos (desenhos, filmes e documentários), [2C12] diretrizes curriculares, [2C13] público em geral.
	[2D] País da realização do estudo.	Nacionalidade relatada no trabalho.
[3] Quais aspectos da natureza da ciência são pesquisados?		Lista dos aspectos relatados nos trabalhos e dos autores frequentemente associados a tais aspectos.
[4] Quais os instrumentos de pesquisa usados para acessar as CNC?	[4A] Usou um instrumento. [4B] Não usou. Criou perguntas específicas para o estudo.	Nome do instrumento declarado no trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendências de publicação

A identificação das revistas das áreas de Ensino e Educação da lista WebQualis 2013 resultou numa nova lista com 198 periódicos. Encontramos trabalhos sobre CNC em 61 periódicos, dos quais 19 são brasileiros. Após a seleção e a triagem (Figura 1), obtivemos 396 trabalhos. O estrato A1 teve as maiores ocorrências de trabalhos sobre CNC (280 trabalhos, 70,7% da amostragem). Nas revistas A2 e B1 registramos 12,6% (N_A=50) e 14,7% (N_A=58), respectivamente, nas B2 apenas 2% (N_A=8) e nas B3, nenhum.

Registramos um crescimento dos estudos sobre CNC (Figura 2) tanto com base nas publicações dos periódicos da WebQualis 2013 quanto nas publicações da *Web of Science*. Entretanto, a lista WebQualis é de fato mais inclusiva (para os termos de busca que usamos), podendo dar uma melhor noção da produção da área para o período pesquisado.

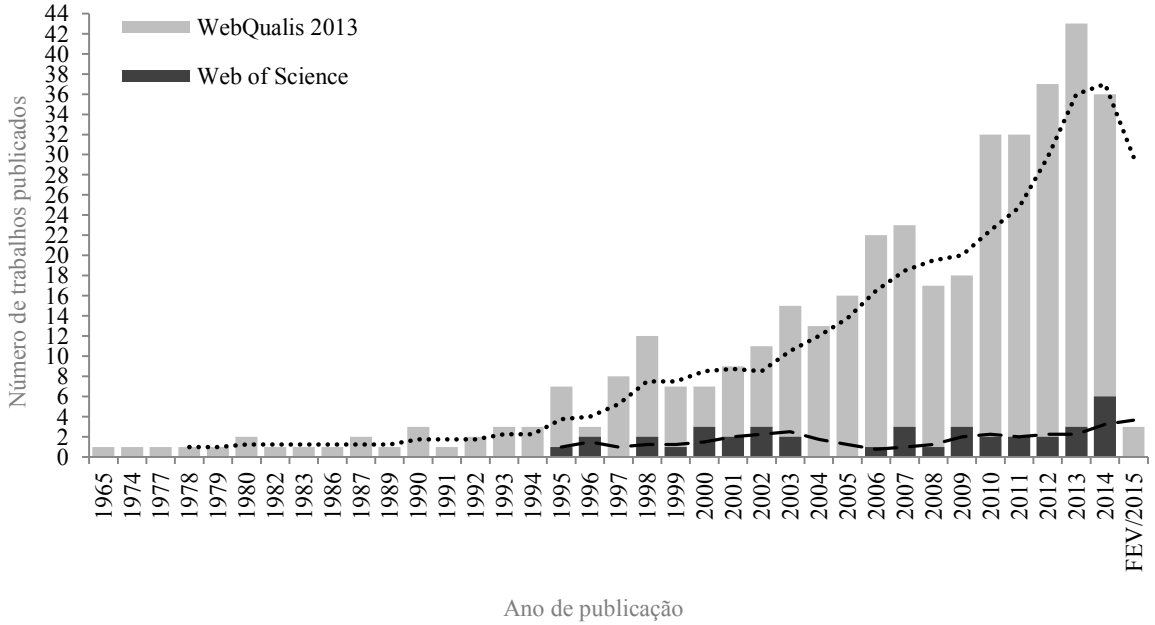

Figura 2. Comparação do número de trabalhos anuais de CNC publicados nos periódicos A1 a B3, das áreas de Ensino e Educação, da lista WebQualis 2013 e em periódicos indexados na base de dados da *Web of Science*. As linhas de tendência indicam a média de trabalhos a cada quatro anos, em cada um dos conjuntos de dados.

Características dos trabalhos

Existe uma variação no interesse quanto à investigação de CNC conforme a área do conhecimento (Tabela 3). Os trabalhos associados às revistas com a temática de Ensino de Ciências (sem especificar uma ciência específica) predominaram, representando 64,7% dos estudos sobre CNC. Tal fato é compreensível, pois nessas revistas há publicações com uma temática mais ampla e voltadas para diversos níveis de ensino. As revistas associadas ao Ensino de Biologia foram as que tiveram o menor número de trabalhos, representando menos de 10% dos trabalhos de CNC amostrados. As revistas de Física publicaram o dobro de trabalhos sobre o tema, em comparação com as de Biologia, no mesmo período.

No contexto Brasileiro, a área de Ensino de Física é mais antiga quando comparada ao Ensino de Biologia, fato que poderia estar relacionado com uma maior tradição em pesquisas na área de Ensino de Física. Tal esforço pode estar relacionado à tentativa dos pesquisadores do Ensino de Física para lidar com o comum distanciamento dos estudantes em disciplinas de exatas. Um outro fator possível associado ao maior número de trabalhos sobre CNC em revistas de Ensino de Física e de Química é o fato de a imagem (distorcida) mais comum de um cientista convergir para as práticas cotidianas dessas ciências, daí um esforço maior para combatê-la.

Tabela 3. Interesse de uma determinada área do conhecimento em investigar CNC, conforme os trabalhos publicados nos periódicos A1 a B3, das áreas de Ensino e Educação, da lista WebQualis 2013.

Área associada ao estudo	*Número de trabalhos*	*Proporção*
Ciências em geral	256	64,7%
Física	58	14,6%
Química	53	13,4%
Biologia	29	7,3%

Quanto aos tipos de trabalhos, 57,8% são trabalhos de levantamento de CNC de um grupo (Tabela 4). Nesses trabalhos, os pesquisadores estão interessados em mapear, em geral, as CNC dos professores e / ou dos alunos (Tabela 5) em um dado contexto (podendo ser local, cultural ou nacional). Há uma grande quantidade de trabalhos (35%) em que os autores expõem seus posicionamentos (i) a favor de abordagens que melhorem as CNC de um público, (ii) advogando sobre a inclusão de determinados aspectos da natureza da ciência nos currículos, (iii) criticando metodologias para acessar as CNC, ou ainda (iv) dialogando com outros trabalhos. Em alguns trabalhos (4%), os autores propuseram-se a fazer uma revisão qualitativa da área, incluindo referências-chave sobre o assunto e explorando-as criticamente. Um pequeno número de trabalhos (2,3%) está focado em apresentar um instrumento novo para acessar as concepções. Esperávamos que esse número fosse maior, dado que há um debate crescente na literatura sobre as limitações dos instrumentos existentes, nos levando a questionar sobre a necessidade de elaborar instrumentos mais sensíveis. Menos de 1% dos trabalhos teve como objetivo quantificar publicações com algum recorte específico (escolheram algum evento ou revista para a amostragem e análise). De fato, o maior número de trabalhos de CNC está centrado no levantamento de concepções (conforme relatado na revisão qualitativa do Lederman, 2007). Entretanto, uma parcela significativa também está preocupada em discutir o que tem sido produzido na área.

Tabela 4. Tipos de trabalhos de CNC publicados nos periódicos A1 a B3, das áreas de Ensino e Educação, da lista WebQualis 2013.

Tipo de trabalho	*Número de trabalhos*	*Proporção*
Trabalhos de levantamento de CNC de um grupo	229	57,8%
Posicionamento teórico	139	35,1%
Revisão qualitativa	16	4,0%
Criação de novo instrumento	9	2,3%
Revisão quantitativa	3	0,8%

Quanto ao foco (Tabela 5), 30% dos estudos são voltados para as concepções de professores da educação básica. Desses, 22,5% são de levantamento das CNC dos professores e 7,1% são de comparações entre as CNC de professores com seus alunos. Um grande número de trabalhos (32,6%) foca nas CNC dos alunos (ensino médio e fundamental) e uma parcela menor se ocupa de materiais didáticos e materiais instrucionais (como planejamento de aulas, listas de exercícios, trabalhos, atividades investigativas e roteiros de laboratório) produzidos pelo professor.

O foco dos trabalhos de levantamento de CNC está notavelmente na educação básica. Além dos trabalhos que estão focados nos professores e alunos, há ainda uma grande parcela investigando CNC de professores em formação (15,9%). Poucos levantamentos têm o objetivo de mapear o que é divulgado fora da sala de aula, investigando as CNC presentes na mídia (2,4%) e as CNC do público em geral (0,5%,). Os trabalhos que buscam verificar os possíveis consensos entre diversas áreas do conhecimento e avaliam as CNC de cientistas e das diretrizes curriculares, representam apenas uma pequena parcela (2,5%).

Tabela 5. Objeto de estudo dos trabalhos de CNC publicados nos periódicos A1 a B3, das áreas de Ensino e Educação, da lista WebQualis 2013.

Objeto de estudo	*Número de trabalhos*	*Proporção*
Professores	89	22,5%
Alunos do ensino médio	67	16,9%
Professores em formação	63	15,9%
Alunos do ensino fundamental	62	15,7%
Livros didáticos	39	9,8%
Professores e alunos	28	7,1%
Alunos de bacharelado	17	4,3%
Materiais produzidos pelo professor	10	2,5%
Cientistas (de todas as áreas do conhecimento)	7	1,7%
Jornais e meios de comunicação em geral	5	1,3%
Vídeos (desenhos, filmes e documentários)	4	1,0%
Diretrizes curriculares	3	0,8%
Público em geral	2	0,5%

O número reduzido de trabalhos investigando as CNC de alunos de bacharelado e de cientistas chama a atenção. Embora o interesse nas CNC relacionadas à educação básica seja importante, dado os objetivos do ensino de ciências, a compreensão de ciência em outros níveis de ensino não pode ser deixada de lado. Investigar as CNC de cursos de bacharelado e de cientistas é relevante pois permite detectar o modo como esse grupo enxerga a construção do conhecimento e como certos mitos podem estar enraizados também no ambiente acadêmico (HARDING & HARE, 2000; FELDMAN et al., 2013).

Embora tenhamos concentrado esforços para amostrar periódicos latino-americanos com a escolha da lista WebQualis 2013, tal esforço não se refletiu no número absoluto de trabalhos para esse grupo de países, mas possivelmente incluiu uma maior variação de nacionalidades na amostragem, dando representatividade (ainda que pequena) a outros países (Tabela 6). Os países cujas CNC são mais investigadas são Estados Unidos e Taiwan. O Brasil ocupa a quarta posição juntamente com a Inglaterra (com 7% dos trabalhos cada um).

Tabela 6. Países da realização do estudo cujas CNC foram investigadas nos 229 trabalhos de levantamento de CNC, publicados nos periódicos A1 a B3, das áreas de Ensino e Educação, da lista WebQualis 2013.

	País da realização do estudo	*Número de trabalhos*	*Proporção*
1	Estados Unidos	48	21,0%
2	Taiwan	24	10,5%
3	China	17	7,4%
4*	Brasil, Inglaterra	16*	7,0%*
5	Turquia	13	5,7%
6	Canadá	11	4,8%
7	Argentina	10	4,4%
8	Espanha	9	3,9%
9	África do Sul	8	3,5%
10*	Colômbia, México	7*	3,1%*
11	Alemanha	6	2,6%
12*	Coreia do Sul, Israel	5*	2,2%*
13*	Austrália, Nigéria	3*	1,3%*
14*	Chipre, Egito, Holanda, Índia, Japão, Portugal	2*	0,9%*
15*	Arábia Saudita, Bolívia, Cingapura, Emirados Árabes Unidos, Filipinas, Irã, Noruega, Nova Zelândia, Tailândia	1*	0,4%*

[*] As linhas com mais de um país indicam o número de trabalhos e a proporção para cada um deles.

Aspectos da natureza da ciência e o debate sobre a necessidade de listas de CNC

Encontramos 23 aspectos da natureza da ciência relatados, com algumas variações, entre os trabalhos. Em 109 trabalhos (48% dos trabalhos de levantamento de CNC) os autores dedicaram-se à discussão dos aspectos da natureza da ciência que foram investigados. Em 83 artigos (36%), os autores partiram de listas de aspectos da natureza da ciência para analisar as CNC, mas as implicações desses aspectos não foram discutidas com base no público pesquisado. Nos 37 trabalhos de levantamento de CNC restantes (16%), os autores não explicitaram os aspectos da natureza da ciência que foram investigados. Os autores mais citados e frequentemente associados a tais aspectos também foram identificados e incluídos em nossa síntese (Tabela 7). Dos aspectos listados, três são recorrentes: o papel da curiosidade e da criatividade na produção do conhecimento científico, o caráter temporário e tentativo da ciência e a relação da ciência com o contexto social, político, econômico e cultural.

Na literatura há um debate acerca dos aspectos da natureza da ciência e de sua inclusão como elementos obrigatórios para a educação básica. Para alguns autores há um consenso sobre os aspectos que devem ser incluídos e investigados na educação básica (e.g. STANLEY & BRINCKHOUSE, 2001; OSBORNE et al., 2003; LEDERMAN, 2007; ABD-EL-KHALICK, 2012). Entretanto, outros afirmam que há mais discordâncias do que consensos (e.g. IRZIK & NOLA, 2011). Em geral, os autores que condenam o uso de listas de CNC o fazem por considera-las inadequadas perante os objetivos de uma educação científica crítica (ALLCHIN, 2011; IRZIK & NOLA, 2011). Seguir uma lista prescrita de concepções literalmente pode ser arriscado pela possibilidade de ser entendida como mais uma das muitas listas de conceitos que devem ser ensinados (ou apenas memorizados) em sala de aula. Tal postura pode violar a intenção de fornecer aos alunos alternativas que

sejam capazes de engajá-los em um debate crítico e auxiliá-los na formulação de seus próprios pontos de vista.

Há ainda posições mais extremas quanto à inserção de aspectos da natureza da ciência nos currículos (e.g. DAVSON-GALLE, 2008). Tal atitude convida para a reflexão da real necessidade de incluir conteúdos sem que haja comprovação de sua real efetividade para o indivíduo e para a sociedade. Hodson (1994) pontua que os aspectos da natureza da ciência incluídos nos currículos precisam estar relacionados com outros objetivos educacionais. Assim, a natureza da ciência pode ser explorada junto com os aspectos que motivam os alunos a adotarem uma postura positiva perante a ciência, ou junto com os aspectos que ajudam na resolução de problemas complexos, tais como questões sócio-científicas. Na mesma linha, Matthews (1998) afirma que os objetivos da história e da filosofia da ciência para trabalhar os aspectos da natureza da ciência precisam ser modestos.

O debate sobre a validade das listas é pertinente, entretanto, as listas (sejam as de aspectos da natureza da ciência ou outras listas de recomendações usadas em educação) representam uma síntese das ideias dos pesquisadores e são um guia para auxiliar o trabalho de educadores. Dessa forma, o problema não são as listas em si, mas o uso que é feito delas. Quanto à necessidade de um consenso ou não e na tentativa de abrandar as discussões, Lederman & Lederman (2014, p. 616) questionam "*Quantos dos conceitos e ideias em ciências alcançaram um consenso absoluto antes que tentássemos ensinar essas ideias para os estudantes e avaliássemos o que aprenderam?*".

Tabela 7. Síntese dos aspectos da natureza da ciência e dos autores usados para justificá-los, conforme o levantamento nos trabalhos sobre CNC publicados nos periódicos A1 a B3, das áreas de Ensino e Educação, da lista WebQualis 2013.

A Ciência	*Autores*
1. Envolve curiosidade, criatividade e imaginação.	Aikenhead & Ryan (1992), Alters (1997), McComas & Olson (1998), Smith & Scharmann (1999), Gil-Pérez et al. (2001), Lederman et al. (2002), Osborne et al. (2003), McComas (2006), Lederman (2007), Allchin (2011), Irzik & Nola (2011), Abd-El-Khalick (2012).
2. Possui conhecimento temporário e tentativo. Não responde a todas as perguntas, pois seus métodos são limitados.	Aikenhead & Ryan (1992), Alters (1997), McComas & Olson (1998), Smith & Scharmann (1999), Gil-Pérez et al. (2001), Lederman et al. (2002), Osborne et al. (2003), McComas (2006), Lederman (2007), Allchin (2011), Irzik & Nola (2011), Abd-El-Khalick (2012).
3. Depende do contexto histórico, político, social e cultural.	Aikenhead & Ryan (1992), McComas & Olson (1998), Smith & Scharmann (1999), Gil-Pérez et al. (2001), Lederman et al. (2002), Osborne et al. (2003), McComas (2006), Lederman (2007), Allchin (2011), Irzik & Nola (2011), Abd-El-Khalick (2012).
4. Usa a observação e a inferência, cada uma com características específicas.	Aikenhead & Ryan (1992), Alters (1997), McComas & Olson (1998), Smith & Scharmann (1999), Lederman et al. (2002), Osborne et al. (2003), McComas (2006), Lederman (2007), Allchin (2011), Irzik & Nola (2011), Abd-El-Khalick (2012).
5. Busca por dados de acordo com as teorias.	Aikenhead & Ryan (1992), Alters (1997), Gil-Pérez et al. (2001), Lederman et al. (2002), Osborne et al. (2003), Lederman (2007), Allchin (2011), Irzik & Nola (2011), Abd-El-Khalick (2012).
6. Tem base no empirismo.	Aikenhead & Ryan (1992), McComas & Olson (1998), Smith & Scharmann (1999), Lederman et al. (2002), Osborne et al. (2003), McComas (2006), Allchin (2011), Irzik & Nola (2011), Abd-El-Khalick (2012).
7. Possui leis e teorias, cada uma com características e limitações específicas.	Aikenhead & Ryan (1992), Smith & Scharmann (1999), Lederman et al. (2002), Osborne et al. (2003), McComas (2006), Lederman (2007), Irzik & Nola (2011), Abd-El-Khalick (2012).
8. Possui múltiplos métodos.	Aikenhead & Ryan (1992), Alters (1997), Gil-Pérez et al. (2001), Lederman et al. (2002), Osborne et al. (2003), Allchin (2011), Irzik & Nola (2011).
9. Busca a replicabilidade e confiança nos dados.	McComas & Olson (1998), Smith & Scharmann (1999), Osborne et al. (2003), Allchin (2011), Irzik & Nola (2011).
10. Busca por sistematização, obediência a regras e por uma coerência geral.	Aikenhead & Ryan (1992), Alters (1997), Smith & Scharmann (1999), Gil-Pérez et al. (2001), Allchin (2011).

Tabela 7. Síntese dos aspectos da natureza da ciência e dos autores usados para justificá-los, conforme o levantamento nos trabalhos sobre CNC publicados nos periódicos A1 a B3, das áreas de Ensino e Educação, da lista WebQualis 2013.

A Ciência	*Autores*
11. Possui subjetividade.	Aikenhead & Ryan (1992), Lederman et al. (2002), McComas (2006), Lederman (2007), Allchin (2011).
12. Caminha com cooperação e colaboração. Não é obra de gênios isolados.	Gil-Pérez et al. (2001), Osborne et al. (2003), Allchin (2011), Abd-El-Khalick (2012).
13. Baseia-se na argumentação.	Alters (1997), Smith & Scharmann (1999), Lederman (2007), Allchin (2011).
14. Busca pela síntese e não apenas por análises. Busca a simplificação do conhecimento.	Alters (1997), Gil-Pérez et al. (2001), Osborne et al. (2003).
15. Difere da tecnologia.	Aikenhead & Ryan (1992), McComas & Olson (1998), McComas (2006).
16. Possui mudanças graduais.	Aikenhead & Ryan (1992), McComas & Olson (1998), Gil-Pérez et al. (2001).
17. Possui conhecimento cumulativo e não linear.	Aikenhead & Ryan (1992), Gil-Pérez et al. (2001).
18. Baseia-se em hipóteses.	Gil-Pérez et al. (2001), Osborne et al. (2003).
19. Busca pela ordenação do mundo físico. Busca explicar fenômenos.	Alters (1997), McComas & Olson (1998)
20. Deve ter uma divulgação clara e aberta.	McComas & Olson (1998), Allchin (2011).
21. Assume que existe um mundo independente da observação.	Alters (1997)
22. Parte da ausência de um criador.	Alters (1997)
23. Possui implicações globais.	McComas & Olson (1998)

Há ainda outro ponto necessário para a reflexão do debate: o fato de que alguns pesquisadores tendem a considerar certos aspectos da natureza da ciência como *habilidades* (e.g. ALLCHIN, 2011) enquanto outros os consideram como *conhecimento* (e.g. SCWARTZ & LEDERMAN, 2008). Tal distinção é relevante, dado que há instrumentos diferentes para acessar tais informações dos alunos (SCHWARTZ et al., 2012). Na sequência, relataremos uma série de instrumentos presentes nos trabalhos que amostramos e que são usados para acessar as CNC. Em geral, nesses instrumentos a natureza da ciência é abordada como conhecimento. Entretanto, destacamos a existência do *Views of Scientifc Inquiry* (VOSI) (SCHWARTZ et al., 2008), desenvolvido para identificar as concepções sobre a forma como o conhecimento científico é produzido e justificado e que se propõe a investigar os aspectos da natureza da ciência interpretando-os como *habilidades*.

O formato dos principais instrumentos utilizados

Há uma variedade de instrumentos desenvolvidos para acessar as CNC, não apenas quanto à forma (entrevistas, questionários, grupos de discussão, observações de sala de aula ou análise de desenhos), mas também quanto ao objeto de estudo. Encontramos instrumentos que são amplamente utilizados, além de um grande número de trabalhos que criaram formas de coleta de dados específicas para as suas próprias investigações (Tabela 8). Nos 61 trabalhos em que os pesquisadores formularam um método próprio, não havia a intenção declarada dos autores de criar um instrumento que pudesse ser aplicado em outros contextos. Os métodos variaram entre entrevistas, questões abertas, análise de materiais produzidos por alunos e professores e combinações entre esses protocolos.

Tabela 8. Instrumentos de pesquisa utilizados para acessar as CNC, considerando apenas os trabalhos sobre levantamento de CNC, publicados nos periódicos A1 a B3, das áreas de Ensino e Educação, da lista WebQualis 2013.

Instrumento de pesquisa	*Número de trabalhos*	*Proporção*
VNOS (A a E)	64	27,9%
TOUS	28	12,2%
VOSTS	22	9,6%
NOSS	11	4,8%
DAST	11	4,8%
SEVs	9	3,9%
SUSSI	5	2,2%
BASSQ, CI, ENOS, ISAIA, KASSPPI, LOS, MaNS, NOSI, NOST, SAQ, STAQ, TCNSQ, TIMSS, TUS, VaPS, VASM, VOS, VOSE.	1 ocorrência para cada questionário (18)	>0,5%
Trabalhos que não utilizaram um instrumento de pesquisa validado e elaboram questões específicas para seus próprios estudos.	61	26,6%

O instrumento mais utilizado para levantamento de CNC foi o *Views of Nature of Science Questionnaire* (VNOS) (LEDERMAN & O'MALLEY, 1990), utilizado em 64 trabalhos. O VNOS teve a sua primeira versão (VNOS-A) desenvolvida para alunos do ensino médio e é composto por sete questões abertas (como por exemplo: *Existe diferença entre uma teoria e uma lei científica? Dê um exemplo que justifique sua resposta.*) acompanhadas por entrevistas. Variações do VNOS tiveram origem no mesmo grupo de pesquisa, resultando em outros instrumentos: VNOS-A (LEDERMAN & O'MALLEY, 1990), VNOS-B (ABD-EL-KHALICK et al., 1998), VNOS-C (ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000), VNOS-D (LEDERMAN & KHISHFE, 2002) e VNOS-E (LEDERMAN & KO, 2004). Cada um incluiu melhorias e adaptações conforme o público (o VNOS-C para professores da educação básica e o VNOS-E para crianças que não sabem ler) e o contexto de aplicação (maior ou menor tempo disponíveis), mas todos são compostos por questões abertas seguidas de entrevistas. Entre eles há variações

estruturais quanto ao tamanho (o VNOS-B tem sete itens, já o VNOS-C, tem 10) e aos aspectos investigados (mais ou menos amplos). A decisão por agrupar essa "família" de questionários em um único conjunto se deve justamente à grande semelhança teórica e estrutural entre cada um dos variantes. Dentre os aspectos investigados no VNOS estão: a ciência é tentativa (único aspecto investigado no VNOS-A), o papel da criatividade na ciência, a natureza e as relações entre as leis e as teorias científicas, a característica empírica e inferencial da ciência, a ausência de um método único (incluído no VNOS-C) e o papel da sociedade e da cultura na ciência (incluído no VNOS-C).

Embora tenha sido criado antes, o *Test on Understanding Science* (TOUS) (COOLEY & KLOPFER, 1961) teve menos ocorrências entre os trabalhos amostrados, com 28 incidências (12,2% da amostra). Ele constitui um questionário com questões de quatro alternativas, totalizando 60 itens de múltipla escolha. Os aspectos da natureza da ciência que são investigados incluem: a visão que se tem dos cientistas, quais os métodos e os objetivos da ciência e o entendimento sobre o empreendimento científico.

O instrumento *Views on Science-Technology-Society* (VOSTS) (AIKENHEAD & RYAN, 1992) foi usado em 22 trabalhos. O questionário foi desenvolvido para alunos do ensino fundamental (11 a 12 anos) e abrange temas como a influência da sociedade na ciência e na tecnologia, a influência da ciência escolar na sociedade, a construção social do conhecimento científico, as características de um cientista e a natureza do conhecimento científico. O questionário é composto por 114 itens de múltipla escolha e não fornece um *score* numérico no final. O trabalho de desenvolvimento do instrumento levou cerca de seis anos, pois para contornar o problema da ambiguidade gerada nas respostas a questões fechadas e evitar a escolha forçada a um determinado item, as opções de respostas foram desenvolvidas com base em respostas escritas e entrevistas

fornecidas por mais de dois mil alunos. Isso resultou em itens com até 10 posicionamentos diferentes, além de incluir as opções "*Eu não entendi*" e "*Eu não sei o bastante sobre esse assunto para fazer uma escolha*".

O *Nature of Science Scale* (NOSS) (KIMBALL, 1967) foi usado em 4,8% dos trabalhos de levantamento de CNC. O objetivo dele é verificar as CNC de professores da educação básica. Contém 29 itens, nos quais o respondente declara, por meio de entrevista, se concorda, discorda ou se tem uma posição neutra diante de cada afirmação. O instrumento foi validado por nove educadores antes da aplicação. Em um dos trabalhos ele teve algumas adaptações para ser aplicado entre estudantes do ensino médio.

Usado em 4,8% dos estudos, o *Draw-a-Scientist Tes*t (DAST) (CHAMBERS, 1983) é um instrumento destinado a acessar concepções de crianças e, bem diferente dos outros instrumentos, sua análise consiste em identificar padrões nos desenhos das crianças. Em geral, há uma tendência nesses desenhos (confirmada em trabalhos da nossa revisão), em representar os cientistas como uma figura masculina, que usa óculos, cercado de instrumentos de laboratório, livros e aparatos tecnológicos e (às vezes) emitindo frases como "Eureka" (CHAMBERS, 1983). As críticas a esse instrumento consistem na incapacidade de mensurar o quanto as crianças levam a sério a atividade ou compreendem o que devem fazer. Há a possibilidade de que os alunos entendam que devem desenhar a imagem ideal de um cientista e não como o veem (BOYLAN et al., 1992). Por esse motivo, nos trabalhos mais recentes que usaram o DAST os pesquisadores incorporaram também uma etapa de entrevista, na qual as crianças podem expressar suas ideias e contar a história inspiradora dos seus desenhos (e.g. MILLER, 1993; TUCKER-RAYMOND et al., 2007).

O *Scientific Epistemological Views* (SEVs) (TSAI & LIU, 2005) foi usado em 9 trabalhos. É um questionário com 19 itens, nos quais as respostas são

baseadas na escala Likert de 5 pontos (*Concordo Fortemente, Concordo, Neutro, Discordo, Discordo Fortemente*). Dentre os aspectos investigados ao longo do instrumento estão: o papel da criatividade, o impacto cultural da ciência, a dependência das teorias científicas, a negociação social e a natureza tentativa da ciência.

Outro instrumento que usa a escala Likert de 5 pontos é o *Student Understanding of Science and Scientif Inquiry* (SUSSI) (LIANG et al., 2006), empregado em 2,2% dos trabalhos. Ele é composto por 6 itens seguidos por espaços em que o respondente deve justificar as respostas. Os aspectos investigados incluem: o papel da imaginação e da criatividade ao longo da investigação cientifica, a diferença entre leis e teorias, o papel da observação e da inferência, a possibilidade de mudança nas teorias científicas e a influencia sociocultural na ciência.

Muitos dos instrumentos utilizados nos trabalhos são questionários que, embora sejam fáceis de administrar, são frequentemente alvo de críticas devido às limitações para acessar as reais concepções do alvo do estudo. Listamos os motivos mais frequentemente discutidos entre os autores sobre tais limitações (e.g. RYAN & AIKENHEAD, 1992, KOULAIDIS & OGBORN, 1995; LEDERMAN et al., 2002; LEDERMAN, 2007): (i) uma mesma resposta fornecida por indivíduos diferentes pode ter significados distintos, (ii) da mesma forma, o mesmo significado para indivíduos diferentes pode resultar em respostas distintas; (iii) muitos instrumentos são construídos com base no ponto de vista dos pesquisadores com um determinado posicionamento filosófico, o que pode ser inacessível para os respondentes e (iv) o fato de os respondentes não corresponderem à visão de ciência considerada no teste faz com que suas CNC sejam consideradas como incorretas ou inadequadas.

Dentre as críticas citadas, a mais contundente entre os autores é a de que os respondentes podem enfrentar dificuldades para compreender o significado de questões. Instrumentos em que as questões têm várias alternativas podem ser problemáticos, pois além da frequente semelhança entre as alternativas, há a necessidade do respondente escolher uma, que não necessariamente é aquela com a qual ele concorda (RYAN & AIKENHEAD, 1992) o que pode comprometer a legitimidade das conclusões do trabalho. Usar instrumentos com questões abertas ou entrevistas pode resolver as implicações relacionadas com a ambiguidade das respostas, mas não resolve a questão do posicionamento filosófico dos pesquisadores. Alguns pesquisadores têm buscado combinar diferentes instrumentos ou ainda acessar as CNC por meio de práticas investigativas (e.g. SANDOVAL, 2005).

Um problema associado à variedade de instrumentos é a dificuldade de comparação entre os estudos, não apenas pela variedade dos formatos, mas também pela variedade de posições filosóficas dos pesquisadores. Por outro lado, o uso de um instrumento fora do contexto no qual ele foi criado deve ser feito com cautela, pois em geral os instrumentos são desenvolvidos para um público específico e são dependentes de um contexto. Há trabalhos em que os autores optam por fazer adaptações de instrumentos convencionais, a fim de permitir aplicá-los para um público mais ou menos jovem e, ainda assim, fazer comparações com outros estudos. Quanto a essa prática, as críticas recebidas a certos instrumentos em particular podem ser extrapoladas na tentativa de olharmos com mais prudência para os instrumentos que geral. Por exemplo, Abd-El-Khalick & BouJaoude (1997) e Botton & Brown (1998) criticaram o questionário VOSTS argumentando que ele era dependente de um contexto sociocultural e que isso poderia ser limitante em outros contexto (já que seus itens foram derivados empiricamente de um público em particular). Acreditamos que essa pode ser uma

característica presente em outros questionários. Assim, é necessário o cuidado na seleção de um instrumento adequado, não apenas conforme os objetivos pretendidos para a pesquisa, mas também conforme a idade do público e o contexto sociocultural no qual os respondentes estão inseridos.

Outro ponto passível de reflexão diz respeito às dimensões teóricas dos instrumentos. Alguns incluem questões declarativas como "*O que é uma teoria*?" ou "*O que é um experimento*?" que podem ser muito amplas ou vagas para os estudantes de diferentes níveis de ensino. Assim, não apenas o contexto, mas também a linguagem podem ser relevantes para acessar CNC reais dos estudantes (LEACH, 2000). Para Allchin (2011), a validade de alguns instrumentos precisa ser vista com cautela. Isso porque eles podem ser ineficientes para revelar habilidades críticas e o conteúdo presente em um questionário pode ser entendido como *conceitos novos* a serem simplesmente memorizados pelos estudantes no pós-teste. Esse é um problema que também está associado ao uso de listas de CNC, conforme apresentamos anteriormente.

Embora o debate acerca dos métodos utilizados para acessar CNC seja de suma importância, não há como desconsiderar que qualquer método carregará consigo o risco de que a caracterização de ciência atribuída ao indivíduo seja um artefato do método empregado. Pretendíamos mapear os instrumentos utilizados nos artigos amostrados e nos detemos em explicitar as características dos mais usados, porém, a variedade deles não se esgota aqui (características de outros instrumentos podem ser verificadas nas revisões qualitativas de LEDERMAN, 2007 e HACIEMINOGLU et al. 2012).

Retomamos ainda que nosso objetivo com este trabalho não foi fazer uma meta-análise dos resultados obtidos sobre as CNC de diferentes objetos de estudo, mas há revisões qualitativas que tentam sintetizar o conhecimento produzido para alguns dos objetos de estudo frequentemente pesquisados (e.g. HARRES, 1999;

ABD-ELKHALICK & LEDERMAN 2000; LEDERMAN, 1992, 2007). Entretanto, uma análise criteriosa sobre os resultados gerados por essa diversidade de métodos e que leve em consideração os possíveis vieses nos levantamentos de CNC (causados tanto pelo formato dos instrumentos, como no tratamento dos dados obtidos deles) pode ser necessária para a real compreensão do que sabemos até o momento.

Com esta revisão sistemática foi possível identificar lacunas e tendências nas pesquisas de CNC. Considerando as áreas do conhecimento associadas ao ensino, registramos que os pesquisadores em Ensino de Biologia têm se dedicado pouco à investigação das CNC de estudantes, em comparação com as áreas de Ensino de Física e de Química. Há uma diversidade de aspectos da natureza da ciência frequentemente investigados, dentre eles, os mais recorrentes incluem o papel da curiosidade e da criatividade na produção do conhecimento científico, o caráter temporário e tentativo da ciência e a relação da ciência com o contexto humano. O foco dos trabalhos de CNC está na educação básica, com um déficit no levantamento de CNC no ensino superior em todas as nacionalidades. No Brasil, ainda há a necessidade de avançar nos estudos dessa natureza, a fim de compreender o papel do contexto sócio-cultural nas CNC dos nossos estudantes.

REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F. Examining the sources for ours understandings about science: Enduring conflations and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 3, p. 353-374, 2012.

ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; LEDERMAN, N. G. The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, v. 82, n. 4, p. 417- 437, 1998.

ABD-EL-KHALICK, F.; BOUJAOUDE, S. An exploratory study of the knowledge base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, n. 7, p. 673-699, 1997.

ABD-EL-KHALICK, F.; BOUJAOUDE, S.; DUSCHL, R. A.; HOFSTEIN, A.; LEDERMAN, N. G.; MAMLOK, R.; NIAZ, M.; TREAGUST, D.; TUAN, H. Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, v. 88, p. 397–419, 2004.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000.

AIKENHEAD, G.; RYAN, A. The development of a new instrument: 'Views on Science-Technology-Society' (VOSTS). *Science Education*, v. 76, p. 477-492, 1992.

ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, v. 95, p. 918-942, 2011.

ALTERS, B. J. Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, n. 1, p. 39-55, 1997.

BELL, R. L.; LEDERMAN, N. G. Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, v. 87, p. 352 – 377, 2003.

BOTTON, C.; BROWN, C. The reliability of some VOSTS items when used with preservice secondary science teachers in England. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 35, n. 1, p. 53– 71, 1998.

BOYLAN, C. R.; HILL, D. M.; WALLACE, A. R.; WHEELER, A. E. Beyond stereotypes. *Science Education*, v. 76, n. 5, p. 465-476, 1992.

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas do Ensino Superior (Capes). Disponível em <http://www.Capes.gov.br/avaliacao/qualis>. Acesso em 30-09-2015.

CHAMBERS, D. W. Stereotypic images of the scientist: The draw-a-scientist test. *Science Education*, v. 67, n. 2, p. 255-265, 1983.

CLOUGH, M. P.; OLSON, J. K. Teaching and assessing the nature of science: An introduction. *Science & Education*, v. 17, n. 2-3, p. 143-145, 2008.

COOLEY, W. W.; KLOPFER, L. E. TOUS: Test on understanding science. *Princeton, NJ: Education Testing Service*, 1961.

DAVSON-GALLE, P. Why compulsory science education should not include philosophy of science. *Science and Education*, v. 17, n. 7, p. 677-716, 2008.

FELDMAN, A., DIVOLL, K. A.; ROGAN-KLYVE, A. Becoming researchers: The participation of undergraduate and graduate students in scientific research groups. *Science Education*, v. 97, p. 218–243, 2013.

FOUREZ, G. Scientific and Technological Literacy as a Social Practice. *Social Studies of Science*, v. 27, n. 6, p. 903-936, 1997.

GIL-PÉREZ, D.; FERNÁNDEZ, I.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

HACIEMINOGLU, E.; YILMAZ–TUZUN, O.; ERTEPINAR, H. Development and validation of nature of science instrument for elementary school students. *Education 3-13: International Journal of Primary, Elementary and Early Years Education*, v. 42, n. 3, p. 258-283, 2012.

HARDING, P.; HARE, W. Portraying science accurately in classrooms: Emphasizing open-mindedness rather than relativism. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 3, p. 225–235, 2000.

HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, p. 197-211 1999.

HODSON, D. Science fiction: the continuing misrepresentation of science in the school curriculum. *Curriculum Studies*, v. 6, n. 2, p. 191-216, 1998.

HODSON, D. Seeking directions for change: The personalisation and politicisation of science education. *Curriculum Studies*, v. 2, p. 71-98, 1994.

HODSON, D. Inclusion without assimilation: Science education from an anthropological and metacognitive perspective. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technological Education*, v. 1, n. 2, p. 161-182, 2001.

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.

KHISHFE, R.; ABD–EL–KHALICK, F. Influence of explicit reflective versus implicit inquiry–oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 7, p. 551–578, 2002.

KIMBALL, M. E. Understanding the nature of science: A comparison of scientists and science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 5, p. 110–120, 1967.

KOULAIDIS, V.; OGBORN, J. Science teachers philosophical assumptions: How well do we understand them? *International Journal of Science Education*, v. 17, n. 3, p. 273–283, 1995.

LEACH, J.; MILLAR, R.; RYDER, J; SÉRE, M. G. Epistemological understanding in science learning: The consistency of representations across contexts. *Learning and Instruction*, v. 10, n. 6, p. 497-527, 2000.

LEDERMAN, N.G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 4, p. 331–359, 1992.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: Past, present, and future. In ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Eds.), *Handbook of research on science education,* p. 831–879, 2007.

LEDERMAN, N. G.; ABD–EL–KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. Views of nature of science questionnaire (VNOS): Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 6, p. 497–521, 2002.

LEDERMAN, J. S.; KHISHFE, R. Views of nature of science, *Form D.* Illinois Institute of Technology, Chicago, IL, 2002.

LEDERMAN, J. S.; KO, E. K. Views of nature of science, *Form E.* Illinois Institute of Technology, Chicago, IL, 2002.

LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S. Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In: LEDERMAN, N.G.; ABELL, S. K. (eds) *Handbook of Research on Science Education*, vol II. Routledge Taylor & Francis Group, New York, 2014.

LEDERMAN, N. G.; O'MALLEY, M. Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, v. 74, p. 225–239, 1990.

LEMKE, J. L. Articulating Communities: Sociocultural Perspectives on Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 38, n. 3, p. 296-316, 2001.

LIANG, L. L.; CHEN, S.; CHEN, X.; KAYA, O. N.; ADAMS, A. D.; MACKLIN, M.; EBENEZER, J. Student understanding of science and scientific inquiry (SUSSI): Revision and further validation of an assessment instrument. *In:The annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, San Francisco, CA, 2006.

LIDAR, M.; LUNDQVIST, E.; OSTMAN, L. Teaching and learning in the science classroom: The interplay between teachers' epistemological moves and students' practical epistemology. *Science Education*, v. 90, n. 1, p. 148-163, 2006.

MATTHEWS, M. R. In defense of modest goals when teaching about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 35, n. 2, p. 161-174, 1998.

MCCOMAS, W. F. Science Teaching beyond the Classroom. *Science Teacher*, v. 73, n. 1, p. 26-30, 2006.

MCCOMAS, W. F.; OLSON, J. K. The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. In MCCOMAS (Ed.) *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*, Kluwer Academic Publishers: The Netherlands, p. 41-52, 1998.

MILLER, J. D. Theory and measurement in the public understanding of science: a rejoinder to Bauer and Schoon. *Public Understanding of Science*, v. 2, n. 3, p. 235-243, 1993.

MOHER D.; LIBERATI A.; TETZLAFF J.; ALTMAN D. G. The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*, v. 6, n. 6. Doi:10.1371/journal.pmed1000097. 2009.

OGUNNIYI, M. Relative effects of a history, philosophy and sociology of science course on teachers' understanding of the nature of science and instructional practice. *South African Journal of Higher Education*, v. 19, p. 1464–1472, 2005.

OSBORNE, J.; COLLINS, S.; RATCLIFFE, M.; MILLAR, R.; DUSCHL, R. What "ideas–about science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 40, n. 7, p. 692–720, 2003.

PACKER, A. L. Os periódicos brasileiros e a comunicação da pesquisa nacional. *Revista USP*, n. 89, p. 26-61, 2011.

RYAN, A. G.; AIKENHEAD, G. S. Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, v. 76, p. 559–580, 1992.

RODRIGUES, R. S.; QUARTIERO, E.; NEUBERT, P. Periódicos Científicos Brasileiros indexados na Web Of Science e Scopus: estrutura editorial e elementos básicos. *Informação & Sociedade: Estudos*, v. 25, n. 2, p. 117-138, 2015.

SANDOVAL, W. A. Understanding student's practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, v. 89, n. 4, p. 634-656, 2005.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S. An Instrument to Assess Views of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire. In: *The annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Baltimore, MD, 2008.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F. A series of misrepresentations: A response to Allchin's whole approach to assessing

nature of science understandings. *Science Education*, v. 96, p. 685-692, 2012.

SMITH, M. U.; SCHARMANN, L. C. Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education, v. 83, n. 4, p. 493-509, 1999.*

STANLEY, W. B.; BRICKHOUSE, N. W. Teaching science: The multicultural question revisited. *Science Education*, v. 85, p. 35–49, 2001.

TABER, K. A comprehensive vision of 'the nature of science" in science education. *Studies in Science Education*, v. 46, n. 2, p. 245-254, 2010.

TSAI, C. C.; LIU, S. Y. Developing a multi–dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, v. 27, n. 13, p. 1621–1638, 2005.

TSAI, C., WEN, L. Research and trends in science education from 1998 to 2002: a content analysis of publication in selected journals. *Internacional Journal of Science in Education*, v. 27, n. 1, p. 3-14, 2005.

TUCKER-RAYMOND, E.; VARELAS, M.; PAPPAS, C. C.; KORZH, A.; WENTLAND, A. "They probably aren't named Rachel": Young children's scientist identities as emergent multimodal narratives. *Cultural Studies of Science Education*, v. 1, n. 3, p. 559-592, 2007.

WONG, S. L.; HODSON, D. From the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. *Science Education*, v. 93, p. 109–130, 2009.

Questionário contextualizado para investigar concepções sobre a natureza da ciência: percurso da construção e princípios para a elaboração

RESUMO: Dada a importância que as Concepções sobre a Natureza da Ciência (CNC) têm recebido nas pesquisas da área de Ensino de Ciências, relatamos o processo de construção durante a elaboração de um instrumento para investigar as CNC de estudantes de Biologia. Propomos orientações e princípios que podem contribuir em pesquisas que objetivam levantar CNC. O questionário *VENCCE* é composto por cinco situações contextualizadas que têm a Ecologia como tema e modelo de estudo para a compreensão das CNC. Cada situação é acompanhada de afirmações a serem assinaladas conforme o grau de concordância do respondente. A maturidade das CNC é estimada por um índice. A confiabilidade do *VENCCE* foi considerada adequada conforme o *Alfa de Cronbach* estimado após uma aplicação com 691 estudantes de graduação. Apresentamos aqui o *VENCCE* na íntegra e discutimos as implicações de utilizar questionários contextualizados. Procuramos ainda justificar nossas decisões epistemológicas e metodológicas a fim de fomentar a reflexão e auxiliar na tomada de decisão de outros trabalhos. Ao expor nossas decisões de pesquisa procuramos generalizá-las para que a metodologia empregada por nós possa ser expandida e replicada durante a elaboração de outros instrumentos de pesquisa em geral. Organizamos nosso percurso na forma de um diagrama de perguntas, que podem ser consideradas para a criação de novos questionários de forma explícita e crítica.

PALAVRAS-CHAVE: Alfa de Cronbach, concepções, elaboração de questionário, natureza da ciência, práticas metodológicas.

INTRODUÇÃO

Pesquisadores em Ensino de Ciências têm se preocupado em investigar as Concepções sobre a Natureza da Ciência (CNC) desde o início do século passado, dando atenção à inclusão do metaconhecimento científico nos currículos de todos os níveis de ensino (LEDERMAN, 1992), desde a educação básica ao ensino superior. Parte da preocupação decorre da necessidade de formar indivíduos críticos para as discussões do cotidiano, as quais envolvem de forma crescente temas científicos. Latour (2001) afirmou que os debates sobre o fazer científico contemporâneo têm dado espaço para questões que abrangem as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Talvez por isso seja notório o

esforço coletivo de pesquisadores e das várias associações da área de Ensino de Ciências ao redor do globo para promover uma educação científica pautada em aspectos da história e da filosofia da ciência (ROBINSON, 1965; DUSCHL, 1985; LEDERMAN, 1992; MATTHEWS, 1992; MONK & OSBORNE, 1997; MCCOMAS, 1998; SEROGLOU & KOUMARAS, 2001; ABD-EL-KHALICK, 2012; ALLCHIN, 2013).

Em seu trabalho de 1992, Lederman afirmou que os estudos de concepções sobre a natureza da ciência adotam frequentemente quatro abordagens: (i) estudos sobre as CNC de estudantes (e.g. SOLOMON et al., 1994), (ii) estudos sobre as CNC de professores (e.g. PORLÁN, 1994), (iii) estudos para verificar a adequação de propostas de melhorias dessas concepções em sala de aula (e.g. NUSSBAUM, 1989; SEROGLOU & KOUMARAS, 2001) e (iv) estudos que estabelecem uma relação entre a visão dos professores e a dos alunos (e.g. POMEROY, 1993). Em geral, as pesquisas focadas nos alunos têm revelado uma visão inadequada sobre a natureza da ciência (e.g. AIKENHEAD, 1973; LEDERMAN e O'MALLEY, 1990, LEDERMAN, 1992; RYAN & AIKENHEAD, 1992; HARRES, 1999; ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000). Os trabalhos sobre CNC de professores em formação ou em exercício, também não têm sido otimistas quanto à aproximação das concepções dos docentes de uma visão considerada madura (WATERS & JENNIFER 2006; AJAJA, 2012; HACIEMINOGLO et al., 2012).

O desconhecimento sobre a natureza do saber científico e sobre a construção do conhecimento pode dificultar o posicionamento do indivíduo frente a questões mais amplas. Sobre essa temática, Jenkis (1997) afirmou que uma das principais metas do Ensino de Ciências é formar cidadãos alfabetizados cientificamente. Tal visão é reforçada em documentos que propõem a reforma educacional (MATTHEWS, 1994; MOSS et al. 2001) e pela preocupação

crescente dos pesquisadores em Ensino de Ciências em investigar e compreender as CNC de estudantes (e.g. KOULAIDIS & OGBORN, 1995; LEACH, 2000; LIANG et al., 2006; BORDA et al., 2009). Gil-Pérez e colaboradores (2001) afirmam que a ausência de criticidade diante da educação científica sustenta uma visão estereotipada de transmissão do conhecimento. A necessidade de compreensão da ciência como um produto cultural, de compreender e manipular novas tecnologias e a efetividade no uso do metaconhecimento científico para ensinar ciências são outras justificativas que sustentam a importância de investigar as CNC (FERREIRA, 2009), não apenas na educação básica, mas ao longo da formação de professores e cientistas.

Embora os estudos de levantamentos de CNC sejam de grande relevância para o ensino das ciências da natureza, a ausência de consenso na definição sobre o que é ciência pode resultar no questionamento de como averiguar essas concepções. A respeito desse tema, Alters (1997) investigou a concordância entre os critérios mais comuns da natureza da ciência usados nas pesquisas em educação e os critérios de filósofos da ciência. Em seu trabalho *Whose Nature of Science?*, verificou que as concordâncias são, em geral, maiores do que as discordâncias entre os critérios investigados, apesar de não haver acordo sobre os aspetos relevantes para uma definição de ciência. De forma sucinta, dentre os pontos de maior concordância encontrados no trabalho estão as visões de que (i) a ciência busca a explicação mais parcimoniosa para os fenômenos observados, (ii) existe um mundo externo que independe do observador, (iii) os cientistas consideram que as regras básicas universais podem ser descobertas via estudo sistematizado e (iv) existem diferentes tradições científicas quanto ao objeto investigado e de que forma isso ocorre, mas todas se apoiam no valor da evidência, da lógica e da força dos argumentos.

Em consonância com essa visão, há autores importantes para a área de Ensino de Ciências (e.g. COLLINS et al., 2003; LEDERMAN, 2007; PARASKEVOPOULOU & KOLIOPOULOS, 2011) que defendem o uso dos aspectos característicos da ciência mais usualmente aceitos e que valorizem a criticidade que se espera para o Ensino de Ciências. Esses autores ressaltam que as listas de aspectos da natureza da ciência são úteis para a reflexão sobre a visão de ciência que geralmente se ensina (MATTHEWS, 2012). Segundo Lederman (2007), as concepções usualmente aceitas de ciência e que são relevantes para os estudos em educação incluem aspectos como (i) a existência de leis e teorias científicas, (ii) a capacidade do cientista de inferir e observar (a natureza empírica da ciência), (iii) a noção de que o conhecimento científico é provisório, (iv) o uso da criatividade na construção do conhecimento científico, (v) o papel das teorias na determinação do conhecimento científico e (vi) a inserção cultural da ciência.

Ainda que haja certo consenso sobre os aspectos da natureza da ciência que devem ser trabalhados na educação básica (LEDERMAN, 2007) e, em consequência, de CNC que devem ser investigadas, há duras críticas à listagem de tais aspectos. Essas críticas são relevantes, sobretudo por considerarem que o uso literal de listas pode comprometer um aprendizado crítico. Em seu trabalho de 2011, Allchin aponta que há questões centrais quanto às práticas científicas que são frequentemente desconsideradas em uma abordagem não contextualizada da natureza da ciência. Por exemplo, a credibilidade da ciência e suas inter-relações sociais podem trazer implicações para o financiamento e programas de pesquisa específicos, gerando certamente um resultado prático para a ciência. O autor afirma que uma visão madura sobre a natureza da ciência precisa compreender a possibilidade de erros e a natureza incerta da ciência. Mesmo as afirmações científicas mais incisivas podem ter exceções e, por

esse motivo, não deve ser depositadas sobre elas um grau de confiança cego. Para o autor, a credibilidade da ciência está associada também à sua comunicação, que tem certas particularidades. Dentre as críticas mais contundentes de Allchin está a afirmação de que se as listas de aspectos da natureza da ciência não estiverem contextualizadas, visando a tomada de decisão pessoal e social que envolve assuntos científicos, elas acabam por trazer uma visão idealizada da ciência. Sob essa ótica, contextualizar significa expor os alunos a temáticas e contextos científicos passíveis de serem identificados como reais, a fim de que sejam capazes de tomar decisões bem informadas e que levem em consideração as características que são relevantes ao longo da produção do conhecimento científico.

Irzik & Nola (2010) pontuam que, embora não tenham objeções sobre as listas de aspectos da natureza da ciência, acreditam que seus itens precisam ser melhor compreendidos. Para os autores, as listas retratam uma imagem "*demasiadamente estreita da ciência"* (p. 592), pois as regras e os objetivos da ciência raramente são explorados. Além disso, a definição de uma metodologia científica abordada nelas geralmente se extingue com a afirmativa de que não há um método único na ciência, sem que se exponha a variedade de práticas metodológicas que poderiam esclarecer os limites dessa alegação. Sem o esclarecimento de quais as metodologias comuns da ciência, fica difícil avaliar, por exemplo, como a ciência pode ou não ser "auto corretiva" (expressão usada para se referir à capacidade da ciência de corrigir erros ao longo do tempo), ponto explorado por alguns autores (e.g. ALLCHIN, 2015). A relevância da discussão sobre as listas de CNC ganha ainda mais destaque quando consideramos que muitas das concepções usualmente investigadas (presentes tanto em instrumentos de pesquisa quanto nos de diagnóstico em sala de aula)

trazem questões passíveis de debate, sobretudo por colocarem em evidência discrepâncias com algumas ciências, como é o caso das Ciências Biológicas.

Há um amplo debate acerca da "cientificidade" da Biologia e, portanto, também da Ecologia, devido à sua não conformação com as concepções de ciência baseadas em áreas como a Física e a Química (MAYR, 2004; ROSENBERG, 2008). Destaca-se, por exemplo, a discussão sobre a existência ou não de leis na Ecologia, evidenciada nos trabalhos de MacIntosh (1987), Murray (1992, 2001), Sober (1997) e Lawton (1999), debate existente devido à dificuldade da Ecologia em fazer previsões. Outro ponto comumente questionado é a capacidade de generalização dos estudos ecológicos, que é confrontada com seu elevado número de estudos de casos e com a dificuldade de replicação de seus estudos.

Ao considerarmos tais características da Ecologia, é possível dialogar com o posicionamento de Irzik & Nola (2010) sobre o fato de as listas de aspectos da natureza da ciência abordarem em geral características relacionadas apenas à produção do conhecimento. Com tal enfoque, ficam de lado as práticas enraizadas da investigação científica, que incluem a coleta de dados, a análise e a classificação (as quais constituem métodos cotidianos da Ecologia). Essas práticas da ciência também precisam fazer parte da educação científica, pois são conhecimentos requeridos tanto para se compreender a natureza da ciência quanto para se fazer ciência.

Muitos dos instrumentos utilizados para investigar as CNC abordam questões conceituais que podem não ser compreensíveis, por serem muito amplas ou vagas para os estudantes. Há perguntas em que é preciso declarar as definições de lei, teoria e experimento e, a fim de comprovar se o estudante sabe o significado do que declarou, em alguns instrumentos, é pedido que ele justifique suas respostas por meio de exemplos. Entretanto, acreditamos que

questões colocadas em contexto podem ter um grande impacto nas respostas obtidas. Assim, um levantamento de CNC efetivo precisa levar em consideração a capacidade do estudante de avaliar a presença de aspectos da natureza da ciência em contextos que envolvam a prática científica. Instrumentos que tragam situações contextualizadas do cotidiano científico podem ser uma estratégia para identificar as CNC reais dos estudantes e avaliar suas habilidades críticas.

Ainda que a temática seja de fundamental importância, em geral, os trabalhos sobre as CNC têm voltado seus esforços para a investigação das concepções na educação básica (investigando CNC de alunos e de professores), com poucos trabalhos voltados para o ensino superior e associados à área de Ciências Biológicas (AZEVEDO, 2015). Diante desse cenário, há uma lacuna quanto ao conhecimento das CNC de professores de Biologia em formação e de Biólogos em formação, levando-nos a refletir sobre o tipo de educação científica que esse público, de futuros professores e cientistas, tem experienciado.

Dada a importância do tema e da ausência de instrumentos contextualizados para investigar CNC, mesmo diante dos numerosos instrumentos desenvolvidos nos últimos anos (LEDERMAN, 2002, 2007; NEUMANN, 2011; AZEVEDO, 2015), pretendemos, com o presente trabalho, formalizar a construção de um instrumento contextualizado que usou a Ecologia para investigar as CNC de estudantes de Ciências Biológicas. Almejamos com o presente trabalho (i) destacar as práticas metodológicas empregadas por nós durante a criação, validação e aplicação do nosso instrumento de pesquisa, a fim de contribuir para a metodologia de outros trabalhos e (ii) apresentar o nosso questionário na íntegra a fim de possibilitar seu uso e análise por outros pesquisadores.

MÉTODOS

O questionário *VENCCE* (**V**isões de **E**studantes sobre a **N**atureza da **C**iência por meio da **C**ontextualização em **E**cologia) foi elaborado com o objetivo de investigar as CNC de estudantes de Ciências Biológicas. Para a sua elaboração foram tomadas decisões com relação: (i) aos aspectos da natureza da ciência (temas epistemológicos) abordados, (ii) à presença de questões abertas ou fechadas, (iii) à natureza dos seus itens, (iv) à escala e à forma de valoração dos itens, (v) ao tamanho e à linguagem das afirmações, (vi) à presença de situações autênticas e (vii) à validação e à confiabilidade de seus resultados. Dessa forma, apresentaremos as estratégias que utilizamos tanto para criar o questionário quanto para avaliar a sua efetividade, tomando como base a análise dos resultados de uma aplicação.

Dimensões teóricas do questionário

As escolhas epistemológicas foram baseadas no levantamento que fizemos durante uma revisão sistemática (AZEVEDO, 2015), que incluiu trabalhos como os de Aikenhead & Ryan (1992), Alters (1997), McComas & Olson (1998), Gil-Pérez (2001), Osborne et al. (2003), Lederman (2007), Abd-El-Khalick (2012) e DiGiuseppe (2013), e na sugestão apresentada no trabalho de Allchin (2011). Concordamos com a visão do autor e, por esse motivo, optamos por construir um instrumento amplamente contextualizado para investigar as CNC. Para a redação das afirmações, levamos em consideração que os estudantes precisam compreender a prática científica, porém não de forma abstrata ou apenas filosoficamente. Defendemos ser necessário um entendimento funcional sobre a natureza da ciência (ALLCHIN, 2013), possibilitando aos estudantes a análise de afirmações científicas cotidianas não apenas enquanto cidadãos, mas também enquanto professores e cientistas.

Ao desenvolvermos um questionário para estudantes de Ciências Biológicas, procuramos dar destaque aos aspectos que podem influenciar o *fazer ciência* de cientistas das Ciências Biológicas e que precisam ser compreendidos por professores de Biologia em formação. Para uma visão madura de ciência, incluímos aspectos como o financiamento, as motivações dos cientistas, a revisão por pares, os vieses cognitivos, as fraudes e a validação de novos métodos. Dessa maneira, destacamos os aspectos importantes da cultura científica, sobretudo por ela ser primordial para a formação desses profissionais. Acreditamos que a interpretação reflete o nível real de CNC mais do que a concordância ou a discordância com afirmações descontextualizadas (como a questão *O que é uma lei?,* frequente em questionários de CNC). Por isso, optamos por um questionário temático com situações autênticas da formação e atuação desses profissionais.

Partimos da sugestão de aspectos da natureza da ciência relevantes propostos por Allchin (2011) para elaborar as situações e afirmações. Com as alterações que julgamos convenientes para os estudantes de Biologia, procuramos elaborar um maior número de afirmações para os aspectos (que passaremos a chamar de *Temas Epistemológicos*) que aparecem com maior frequência entre os trabalhos de levantamentos de CNC (AZEVEDO, 2015). Houve ainda a preocupação com os Temas Epistemológicos que podem entrar em desacordo com as particularidades da Ecologia enquanto ciência. Sempre que possível, procuramos fornecer instrumentos para uma análise bem informada das situações, focando portanto na habilidade de análise do aluno (ALLCHIN, 2011). Assim, não é esperado que o aluno saiba detalhes acerca da epistemologia da ciência para que sua visão seja considerada adequada.

O *VENCCE* possui onze grandes temas epistemológicos, divididos em diversos subtemas (Tabela 1). Não pretendemos fazer uma revisão exaustiva

sobre Filosofia da Ciência. Apresentaremos brevemente os referenciais teóricos que nos nortearam para considerar uma concepção de ciência como madura. Durante a construção das afirmações do *VENCCE*, focamos nos temas e mitos relatados com frequência nos debates da literatura de Ensino de Ciências, certas, porém, de que estamos longe de esgotar o tema nesse trabalho.

Segundo Nagel (1974, p. 17) a ciência *provém do desejo de encontrar explicações controláveis e sistemáticas sobre os fatos* e está baseada no empirismo (MCCOMAS, 2008). Tais características, associadas à observação sistematizada, diferenciam a ciência das outras formas de conhecimento, como o senso comum (ALVES, 2013). A observação e o raciocínio científicos estão baseados em evidências, as quais são fundamentais para a formulação de hipóteses e conclusões (GEWANDSZNAJDER, 1989; ALTERS, 1997).

Consideramos como *hipótese* a afirmação que o cientista adota como proposição dentro de um estudo científico e que é dependente de um referencial teórico pré-existente (BLACKBURN, 1994; GIL-PÉREZ et al., 2001). Ao tentar solucionar uma questão, o cientista formula uma hipótese a ser avaliada ao longo da investigação. Essa hipótese é a resposta possível da questão de estudo, portanto ainda não comprovada. Há uma preocupação para que as investigações sejam controladas, a fim de que o fator relevante previsto na hipótese seja suficientemente destacado na ocorrência do fato ou problema (GEWANDSZNAJDER, 1989).

Popper (1968) apresentou uma análise crítica do método de investigação empregado nas ciências empíricas, no qual as hipóteses são construídas e testadas experimentalmente, sendo este um procedimento indutivo derivado da generalização de enunciados particulares. Geralmente entendemos e explicamos assim o chamado *método científico*, mas existe o mito de que todos os cientistas seguem a mesma sequência de passos durante um trabalho científico

(MCCOMAS et al., 1998; GIL-PÉREZ et al., 2001). Porém, o método científico não deve ser entendido como uma prescrição rígida, capaz de assegurar a solução para todos os problemas.

Sabendo que o método científico não é um conjunto fixo e estereotipado de ações a serem adotadas em todos os tipos de pesquisa científica, reconhecemos que, ao invés de apenas um método, temos uma variedade de métodos. Assim, admitimos também como métodos científicos legítimos, outras formas de fazer ciência, como os estudos de casos (SHRADER-FRECHETTE & MACCOY, 1994), presentes nas ciências naturais e sociais (BAYR et al., 2014) e os estudos comparativos (SHRADER-FRECHETTE et al., 1993). Para Feyerabend (1989, p. 69), a ciência *significa não apenas um método específico, mas todos os resultados que o método até então produziu.* Alguns dos filósofos da ciência preocuparam-se com a busca de uma definição que fosse além do método em si. Popper e Feyerabend, por exemplo, reconheceram em seus textos o papel da criatividade do cientista como um elemento fundamental para a ciência e que por vezes é negligenciado. Entretanto, esse aspecto tem sido amplamente explorado pelos pesquisadores em ensino de ciências em trabalhos de levantamento de CNC (AZEVEDO, 2015), dada sua relevância para uma visão bem informada de ciência.

Com o reconhecimento do fator humano na ciência assumimos que há subjetividade associada à prática científica (ALLCHIN, 2013). A confiabilidade do conhecimento gerado é dependente das ações praticadas pelos pesquisadores. Durante as etapas de observação, quantificação, experimentação e instrumentação, os cientistas procuram adotar medidas de segurança que reduzam seus erros de interpretação (como a busca por diferentes fontes de evidências, o controle de variáveis, o uso de análises estatísticas, a validação de

novos instrumentos e a replicação), porém o fator humano associado ao fazer científico sustenta a possibilidade de enganos.

A ciência busca por explicações abrangentes, precisas e coerentes e, talvez por isso, uma de suas características marcantes é a tentativa para alcançar resultados. Kuhn (1978) propôs que cada ciência tem uma forma de ver e enxergar o mundo e cada época possui uma visão sistemática peculiar. Popper (1968, p. 278) afirmou que a ciência não se constitui de declarações bem estabelecidas, para ele *nossa ciência (...) nunca pode pretender haver atingido a verdade, nem mesmo um substituto para ela, como a probabilidade.* Esse é um aspecto importante da natureza do conhecimento científico, sobretudo pela falsa imagem de verdade absoluta associada à ciência. Pesquisadores em ensino de ciências têm incluído a concepção de que o conhecimento científico é temporário e tentativo em seus trabalhos (e.g. ALTERS, 1997; MCCOMAS & OLSON, 1998; GIL-PÉREZ et al., 2001; LEDERMAN et al., 2002; MCCOMAS, 2008; LEDERMAN, 2007). O estudo da história da ciência revela a transitoriedade do conhecimento gerado pela ciência e quanto a isso Alves (2013, p. 17) afirma que *aquilo que outros homens, em outras épocas, consideraram ciência, sempre parece ridículo séculos depois. Isso acontecerá com a nossa ciência.*

Ao afirmar que *os fatos não se organizam em conceitos e teorias se simplesmente o contemplarmos*, Myrdal (1969, p. 9) propõe que o trabalho científico vai além da observação, abrangendo ações como o levantamento de hipóteses, a experimentação e as generalizações. Nessas etapas, a capacidade de imaginação do cientista é fundamental, por ser necessária tanto na elaboração de um projeto quanto na interpretação de seus resultados. *Um sistema cientifico é sempre o resultado de uma atividade criativa* (LECKY, 1969 apud ALVES, 2013, p. 162). Sobre o papel desempenhado pela imaginação, Popper (1968, p. 280) afirmou que há um *elemento irracional* e uma *intuição criativa* envolvidos

na prática científica, para ele *ideais ousadas, antecipações desprovidas de justificativas e o pensamento especulativo são os únicos meios de que dispomos para a interpretação da natureza.* Nesse contexto, adotamos o termo *imaginação* como a capacidade de reunir conhecimento e conceber experiências mentais, de forma a reviver ou criar imagens mentais (CHAUI, 2005) na busca por respostas.

Na tentativa de descrever uma ordem capaz de transformar questionamentos em conhecimento, o pesquisador emprega um esforço na geração de dados ao longo da investigação científica. Porém, gerar dados não é única finalidade da ciência e o produto final da ciência é resultante de construções mentais, que geram leis, teorias ou novas hipóteses de trabalho (GEWANDSZNAJDER, 1989). Da observação de fenômenos recorrentes, a ciência procura chegar a conclusões gerais que expliquem fenômenos semelhantes e desse processo deriva a formulação de leis e teorias científicas (SCHENEIDER, 2013). As teorias científicas *descrevem a natureza em termos de analogias retiradas de tipos familiares de experiências* (HESSE, 1955 apud HANSON, 1958, p. 565). As leis estão geralmente associadas a uma teoria científica, cujo objetivo é especificar *a causa ou mecanismo subjacente tido como responsável pela regularidade descrita na lei* (KNELLER, 1980, p. 150). Embora a observação do mundo seja necessária para essas construções mentais, as observações estão impregnadas de conceitos e generalizações (GEWANDSZNAJDER, 1989) e são, em geral, dependentes do contexto histórico e científico vigente.

Tabela 1. Relação dos Temas Epistemológicos* sobre a natureza da ciência e correspondência com as afirmações presentes no questionário *VENCCE*.

Tema epistemológico	Sub tema	Descrição	Afirmações associadas
TEMA 1. Observação e Raciocínio	T1A	Relevância das evidências	S1A, S1M, S2A
	T1B	Papel da observação sistematizada	S5A
	T1C	Integridade das evidências	S1D, S5G
	T1D	Robustez (concordância entre diferentes tipos de dados)	S1B
	T1E	Papel da probabilidade na inferência	S2K, S5E
	T1F	Explicações alternativas	S1C
TEMA 2. Métodos de Investigação	T2A	Experimentos controlados	S1E, S1F
	T2C**	Análise estatística dos dados e do erro	S2E, S2K, S5H, S5I
	T2D	Replicação e tamanho da amostra	S2L, S2M, S5C, S5D
	T2E	Correlação e possibilidade de causalidade	S2K, S5E
	T2F***	Ausência de método único	S2L, S2M, S3L, S4H, S5B
	T2G***	Papel da hipótese na investigação	S1K, S3Y, S4C, S4G, S4H, S4M, S4S, S5J
TEMA 3. História e Criatividade	T3A	Conciliação com evidências já estabelecidas	S4K, S4P
	T3B	Papel da analogia e do pensamento interdisciplinar	S3T, S3U
	T3C	Mudança conceitual	S3D
	T3D	Erro e incerteza (conhecimento temporário e tentativo)	S3B, S3E, S3J, S3Z, S4N
	T3E	Papel da criação, síntese criativa e imaginação	S1L, S4F, S4J
TEMA 4. Contexto Humano	T4A	Espectro das motivações para fazer ciência	S2F
	T4B	Espectro de personalidades humanas na ciência	S3P
TEMA 5. Cultura	T5A	Papel das crenças culturais (ideologia, religião, nacionalidade)	S3O
TEMA 6. Interações sociais entre os cientistas	T6A	Colaboração e competição entre os cientistas	S3H
	T6B	Formas de persuasão e credibilidade	S3D, S3E, S3I
	T6C	Revisão dos pares	S3F
	T6D	Limites das perspectivas teóricas alternativas e críticas	S3C, S3G, S3J, S3K
	T6E	Resolução de pontos discordantes	S3A, S3D, S3I, S3X
	T6F	Liberdade acadêmica	S2C, S2H, S2I, S2J
TEMA 7. Processos cognitivos	T7A	Viés de confirmação e o papel das crenças anteriores	S1H, S2D, S4E, S4P, S4Q, S4R
TEMA 8. Economia e Financiamento	T8A	Fontes de financiamento	S3W
	T8B**	Conflitos de interesse pessoal (social, cultural, político, econômico, ideológico)	S3D, S3I, S3M, S3N, S3W
TEMA 9. Instrumentação e práticas experimentais	T9A	Novos instrumentos e sua validação	S1L
	T9B	Modelos e organismos modelos	S1I, S1J
	T9C**	Ética na experimentação com seres vivos	S1G, S1J
TEMA 10. Comunicação e transmissão do conhecimento	T10A	Normas de manipulação de dados científicos	S1D
	T10B	Natureza dos gráficos	S2G, S5F
	T10C	Credibilidade das várias revistas científicas e dos meios de comunicação	S3R, S3S, S3X
	T10D	Fraudes e outras formas de má conduta	S3V
	T10E	Responsabilidade social dos cientistas	S2B, S2F
	T10F***	Publicação em revistas especializadas	S3Q, S3R, S3X
*TEMA 11**** Características das teorias científicas	T11A	Papel das teorias na ciência	S4A, S4D, S4E, S4O, S4Q, S4R, S4S, S5I
	T11B	Formulação de teorias científicas	S4B, S4D, S4G, S4H, S4I, S4O, S4R, S4S
	T11C	Diferenças entre *teoria científica* e *teoria do senso comum*	S4C, S4J, S4L, S4M

[*] Adaptado de Allchin (2011). [**] Modificado de Allchin (2011). [***] Não consta em Allchin (2011).

Alguns filósofos da ciência destacaram a importância do estudo da história da ciência como instrumento de análise da própria racionalidade (CHAUI, 2005). Sob essa ótica, a atividade científica passa a fazer parte de um processo histórico mais amplo, possuindo também um caráter social. Quanto a isso, os estudos sobre a atividade científica (incluindo a história da ciência), possibilitam compreender que a separação dos traços subjetivos dos critérios objetivos almejados pela ciência não é uma tarefa fácil (TOZZINI, 2014). Isso porque as atividades e as relações humanas são carregadas de subjetividade e a ciência é um empreendimento humano (CHALMERS, 1981; GIL-PÉREZ, 2001). Kuhn (1978) trouxe uma proposta de compreensão da ciência sob a ótica social, considerando-a não apenas como fruto de um método ou construções lógicas, mas ponderando que sua construção também é influenciada pelo contexto histórico no qual se insere. Para o autor, a compreensão de ciência está sujeita à análise do comportamento dos cientistas e dos mecanismos pelos quais eles tomam decisões, logo, qualquer definição de ciência deve considerar sua própria lógica interna.

Visto dessa forma, é possível compreender a ausência de neutralidade da ciência. A estreita relação que se estabelece entre saber e poder permeou os trabalhos de vários pensadores (CHAUI, 2005), que registraram que o uso do conhecimento também não é neutro. A produção científica está inserida nos conjuntos de interesses da sociedade e, por esse motivo, há o direcionamento de verbas e financiamentos subordinado aos grupos que exercem alguma forma de poder. Assim, os resultados satisfatórios de uma pesquisa dependem de muitos fatores, abrangendo desde a natureza da questão de pesquisa até os recursos materiais empenhados nela (MCCOMAS, 2008; ALLCHIN, 2013).

Forma do questionário

Ainda que questões abertas tenham a vantagem de induzir menos respostas por deixarem os respondentes mais livres para se expressarem (BELL & LEDERMAN, 2003; GIL, 1999) e permitam uma profundidade de análise inacessível às questões fechadas (BARDIN, 2009), há a desvantagem de resultarem em dados com maior dificuldade no tratamento. Isso porque os textos produzidos pelos participantes podem levar a classificações arbitrárias (BARDIN, 2009) ou subjetivas pelo pesquisador, o que pode dificultar a replicação do instrumento em outros contextos.

Um questionário composto por questões fechadas permite incluir um maior número de itens, possibilitando, por exemplo, o pareamento deles e a inclusão de mais aspectos a serem analisados. Há ainda um menor esforço dos participantes durante o preenchimento e o processamento facilitado dos dados para o pesquisador. A escolha consciente de questões fechadas para o instrumento considerou tais aspectos, bem como a possibilidade de aplicarmos o questionário a uma amostra mais ampla, podendo dar maior poder estatístico em análises pós-validação e a possíveis testes de hipóteses, devido à maior possibilidade de generalização.

Com a escolha da natureza das afirmações (não elaboramos perguntas, usaremos o termo afirmações, ao invés de questões, daqui em diante), foi necessário adotar uma forma de valorá-las e atribuir a elas um *score*. Após a revisão da literatura, optamos pela utilização do índice utilizado no trabalho de Aikenhead e Ryan (1989, 1992) e empregado no questionário de Manassero e Vázquez (1999, 2001), pois nos pareceu adequado para os testes estatísticos pretendidos após a etapa de aplicação. O índice parte de uma adaptação da escala de concordância de Likert (LIKERT, 1932) e leva em consideração a classificação de uma afirmação para valorá-la conforme uma escala de pontuação

(Tabela 2). No trabalho de Manassero e Vázquez (2001) o índice é chamado de *Índice de Atitude*; para o presente estudo adaptamos a denominação do índice, que passou a ser chamado de *Índice de Maturidade* (*IM*). Ele reflete a aproximação dos respondentes de uma visão considerada madura (ou valorosa) perante os conceitos apresentados. Quanto mais próximo de **+1**, mais madura são as CNC e quanto mais próximo de **-1**, mais ingênuas.

Tabela 2. Significado e atribuições de pontos para a escala de concordância e cálculo do Índice de Maturidade* utilizado no *VENCCE*.

Categoria da afirmação	*Nº de posições da categoria*	**Escala de pontuação e valoração**									**Cálculo das pontuações**			**Cálculo dos Índices de Maturidade por categoria**		
		9 *Total*	8 *Quase Total*	7 *Alto*	6 *Parcial alto*	5 *Parcial*	4 *Parcial baixo*	3 *Baixo*	2 *Quase nulo*	1 *Nulo*	*Máx.*	*Fórmula*	*Min.*	*Máx.*	*Índices*	*Min.*
Adequada	N**a**	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	+4N**a**	Σ**a***j*	-4N**a**	1	I**a** = Σ**a***j* / 4N**a**	-1
Parcialmente adequada	N**p**	-2	-1	0	1	2	1	0	-1	-2	+2N**p**	Σ**p***j*	-2N**p**	1	I**p** = Σ**p***j* / 2N**p**	-1
Ingênua	N**i**	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	+4N**i**	Σ**i***j*	-4N**i**	1	I**i** = Σ**i***j* / 4N**i**	-1
Total	*N*										**Cálculo do Índice de Maturidade por item**			1	**IM**=(I**a**+I**p**+I**i**) / 3	-1

a*j* : Pontuação conforme a valoração direta para a categoria *Adequada*

p*j* : Pontuação conforme a valoração direta para a categoria *Parcialmente adequada*

i*j* : Pontuação conforme a valoração direta para a categoria *Ingênua*

Σ: Soma das pontuações diretas. Desde *j* = 1 a *j* = N**a** ou N**p** ou N**i**

*Traduzido e adaptado de Manassero & Vázquez 2001.

Para o uso do *IM* foi necessário, portanto, criarmos afirmações que pudessem ser consideradas como *Adequadas, Parcialmente adequadas* e *Ingênuas.* Procuramos elaborar essas afirmações com base na conformidade de aspectos (ou conceitos) associados a algum tema de natureza da ciência (como, por exemplo, a variedade de métodos, a capacidade de generalização e o papel das leis na organização do conhecimento) e nas relações entre eles. Uma afirmação considerada como *Adequada*, por exemplo, apresenta um ou mais conceitos corretos e uma relação, quando existente, entre eles também considerada correta. Já uma afirmação *Ingênua*, apresenta conceitos incorretos e a inexistência de relações entre eles. Para as afirmações que categorizamos como

Parcialmente adequadas, procedemos de duas formas: (i) apresentamos um conceito correto e outro incorreto (ii) ou apresentamos dois conceitos corretos e a inexistência de relação entre eles. Embora tenhamos elaborado afirmações para cada uma dessas categorias, a classificação das afirmações (em *Adequadas, Parcialmente Adequadas e Ingênuas*) foi ajustada com as repostas obtidas nas duas etapas de validação, que será explicada adiante.

Cinco situações-problema foram criadas (S1 a S5) e para cada uma delas uma série de afirmações. Cada afirmação é seguida de uma escala que varia de 1 a 9, na qual os respondentes devem marcar o seu grau de concordância. Tal modelo permite avaliar a concordância sobre cada uma das afirmações, o que não conseguiríamos, por exemplo, ao utilizar o modelo de resposta única (uma questão com muitas alternativas). Isso porque, ao expor os números da escala de concordância (1 a 9) ao invés das categorias (*Total, Parcial, Baixo, Nulo*, por exemplo) é possível que o respondente tenha acesso a uma escala que lhe permita fazer comparações e avaliar melhor o seu próprio posicionamento. Assim, com esse modelo de resposta, o acesso ao que se pretende medir é mais adequado, dado que ao invés de uma resposta categórica (*Sim* ou *Não*) há uma informação quantificável para cada afirmação. Com esse modelo, é possível também identificar respostas contraditórias dos alunos, bem como os "chutes". Para tanto, foram elaboradas algumas afirmações pareadas que pudessem ser excluídas das análises nesses casos.

Para a produção das afirmações, procuramos reduzir a ambiguidade dos textos. Parte desse problema foi contornado pela ampla contextualização do questionário, sobretudo por ser essa a sua principal característica em comparação com outros questionários de CNC existentes. Atentamos ainda para a linguagem utilizada nas afirmações e cuidamos para que ela estivesse adequada aos estudantes de Biologia. Evitamos, portanto, o uso de termos

característicos de áreas como a Filosofia da Ciência ou de jargões empregados entre os pesquisadores da área de Ensino de Ciências (LEDERMAN & O'MALLEY, 1990; ALLCHIN, 2011) e até mesmo da Ecologia. Esse cuidado foi refletido pela criteriosa fase de validação, na qual procuramos acessar diferentes visões pessoais e profissionais acerca do instrumento.

Quanto à forma geral do *VENCCE*, atentamos para à possibilidade de condução de respostas dentro do próprio instrumento, procuramos, então, formular afirmações curtas e de tamanho parecido entre si, para que o respondente não fosse levado a assinalar aquelas que julgasse ser "aparentemente mais corretas" por conta da forma. As afirmações foram minimamente aleatorizadas e duas versões do questionário foram utilizadas, para reduzir alguns dos possíveis problemas relacionados à aplicação do mesmo, como o cansaço (que poderia prejudicar a legitimidade das respostas da parte final) e a "cola" entre os alunos. Por fim, com o objetivo de obter apenas as respostas que representassem o grau de concordância real do respondente, optamos por incluir a opção "*Não sei*" no *VENCCE*. Essa foi uma forma de reduzir ambiguidades e eliminar mais uma das possíveis fontes de dúvida acerca da escolha do respondente, assegurando que ele não seria obrigado a assinalar um número da escala mesmo quando não conseguisse se posicionar frente a uma afirmação.

Validação do questionário

Após o processo de revisão entre as pesquisadoras, o *VENCCE* passou por duas etapas de validação. A primeira delas foi realizada no grupo de pesquisa que as pesquisadoras participam, uma como coordenadora do grupo e outra como aluna de mestrado. O grupo era composto por indivíduos com diferentes níveis de formação no momento da validação do questionário (Tabela 3). A segunda etapa foi realizada junto a docentes do instituto, cientistas de áreas diferentes da Biologia e da Educação.

Na primeira etapa, pretendíamos (i) apontar problemas quanto às instruções de preenchimento, (ii) identificar falhas gerais de redação que pudessem levar à má interpretação das situações e das afirmações, (iii) estimar o tempo médio para preenchimento do questionário, (iv) verificar a efetividade da categorização (em *Adequadas, Parcialmente adequadas* e *Ingênuas*) das afirmações e (v) avaliar se o tamanho do instrumento estava adequado. Para tanto, os onze integrantes do grupo receberam o questionário e responderam a ele individualmente e sem intervenção. As considerações foram anotadas nos próprios questionários e entregues. As críticas e sugestões pertinentes foram incorporadas em uma nova versão que foi utilizada para a segunda etapa da validação.

Para a segunda etapa da validação, foram realizadas conversas individuais sistematizadas com professores universitários do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Todos são também pesquisadores de áreas relacionadas aos temas abordados no *VENCCE* (Tabela 3). Nessa etapa, as afirmações e situações foram discutidas uma a uma e os ajustes conceituais, teóricos e formais foram feitos posteriormente. As conversas foram realizadas no ano de 2015.

Tabela 3. Perfil dos participantes da fase de validação do questionário *VENCCE*.

ETAPA 1		
	Grupo de pesquisa	
Sexo	*Ocupação*	*Nível máximo de formação*
F	Professora Universitária	Doutorado em Educação
F	Doutoranda em Ensino de Ciências	Mestrado em Ensino de Ciências
F	Doutoranda em Ensino de Ciências	Mestrado em Ensino de Ciências
M	Professor de Biologia e Ciências na Educação Básica	Mestrado em Ensino de Ciências
F	Professora de Biologia e Ciências na Educação Básica	Mestrado em Didática
F	Mestranda em Ensino de Ciências	Graduação em Ciências Biológicas
M	Mestrando em Ensino de Ciências	Graduação em Ciências Biológicas
F	Mestranda em Ensino de Ciências	Graduação em Ciências Biológicas
F	Mestranda em Ensino de Ciências	Graduação em Ciências Biológicas
F	Aluna de Graduação em Ciências Biológicas	Ensino Médio
F	Aluna de Graduação em Ciências Biológicas	Ensino Médio
ETAPA 2		
	Professores universitários e pesquisadores	
Sexo	*Área de pesquisa*	*Nível Máximo de Formação*
M	Ecologia Comportamental	Doutorado em Ecologia
M	Ecologia Teórica e Métodos em Ecologia	Doutorado em Ecologia
F	Ecologia Vegetal	Doutorado em Ecologia
F	Ecologia Vegetal	Doutorado em Ecologia
F	Educação Ambiental e Formação de Professores	Doutorado em Educação
F	História da Biologia e Ensino de Ciências	Doutorado em Educação
M	Botânica e Ensino de Ciências	Doutorado em Botânica

Aplicação do *VENCCE* e avaliação da sua confiabilidade

O *VENCCE* foi aplicado no formato impresso em uma amostra de 691 estudantes de Ciências Biológicas de 14 universidades brasileiras. Dessas, 78,6% pertencem à região sudeste, 7% à nordeste, 7% à norte e 7% à sul. Das 14 universidades, 78% são públicas e 22% são particulares.

Após a aplicação, estimamos a confiabilidade do instrumento segundo o coeficiente Alfa de Cronbach (**α**) (CRONBACH 1951, 2004), a fim de avaliar se o *VENCCE* é capaz de medir ou inferir o que se propõe. A estimativa considera as variâncias obtidas dos itens individuais do questionário (no nosso caso, cada

afirmação) e das respostas de cada indivíduo. Seu valor está no intervalo [0, 1] e a confiabilidade é maior quanto mais próximo **α** estiver de 1.

Como o valor de **α** pode ser aumentado pelo número de itens (questionários longos tendem a ter um **α** maior) e por redundância (ambas características do *VENCCE*), optamos por seguir uma metodologia de purificação (PARASSURAMAN et al., 1985; PETERSON, 1994; HORA et al., 2010). Realizamos diferentes agrupamentos com as afirmações do *VENCCE* (Tabela 4), nos quais procuramos eliminar os itens redundantes (GLIEM & GLIEM, 2003), a fim de avaliar o peso de algumas afirmações para a confiabilidade do instrumento. Para montar esses grupos (G_A a G_D, Tabela 4), isolamos as afirmações pareadas em grupos diferentes (eliminando as redundâncias) e criamos também um grupo contendo apenas afirmações diretas (grupo G_E), explicado melhor adiante.

Colocamos algumas afirmações ao longo do *VENCCE* que não fazem menção direta às situações propostas (estamos chamando essas afirmações de *afirmações diretas*) a fim de verificar se a forma como um aspecto da natureza da ciência é redigido (contextualizado ou não) pode interferir no valor do Índice de Maturidade (*IM*) de CNC. Analisamos essa informação por meio da comparação das médias obtidas pelo *IM* de todas as afirmações contextualizadas e pelo *IM* das afirmações diretas (grupo G_E , Tabela 4). Verificamos a normalidade dos *IMs* desses dois grupos pelo teste de Shapiro-Wilk e pela verificação visual da distribuição dos valores (KANJI, 2006) e, por não seguirem uma distribuição normal, prosseguimos com o teste não paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon (U). Todas as análises foram realizadas no *software* R (2011).

Tabela 4. Agrupamento das afirmações do *VENCCE* para a etapa de purificação do **α**.

Grupo de afirmações	*Afirmações incluídas*
G_T (todas)	Todas as afirmações do questionário
G_A (sem sobreposição de temas)	S1A, S1B, S1C, S1D, S1E, S1G, S1H, S1I, S1K, S1L, S2B, S2C, S2E, S2F, S2G, S2K, S2L, S3A, S3B, S3C, S3D, S3F, S3H, S3O, S3P, S3Q, S3R, S3T, S3V, S3W, S4A, S4B, S4C, S4K, S5A
G_B (sem sobreposição de temas)	S1B, S1C, S1D, S1F, S1J, S1L, S1M, S2D, S2F, S2H, S2K, S3D, S3E, S3F, S3G, S3H, S3I, S3L, S3O, S3P, S3R, S3S, S3U, S3V, S3W, S3Y, S4D, S4F, S4G, S4J, S4K, S5A, S5C, S5E, S5F, S5G
G_C (sem sobreposição de temas)	S1B, S1C, S1D, S1F, S1J, S1L, S2A, S2F, S2I, S2M, S3D, S3F, S3H, S3I, S3J, S3M, S3O, S3P, S3U, S3V, S3W, S3X, S4C, S4E, S4G, S4J, S4K, S4L, S5A, S5D, S5E, S5F, S5G, S5H
G_D (sem sobreposição de temas)	S1B, S1C, S1D, S1F, S1J, S1L, S2A, S2F, S2J, S3D, S3F, S3H, S3I, S3K, S3N, S3O, S3P, S3U, S3V, S3W, S3X, S3Z, S4G, S4H, S4I, S4J, S4K, S4M, S4O, S4P, S5A, S5D, S5E, S5F, S5G, S5I
G_E (afirmações não contextualizadas e sem sobreposição de temas)	S1L, S2B, S2H, S2I, S2L, S3D, S3P, S3Q, S3R, S3S, S3V, S3Y, S4A, S4B, S4D, S4I, S4L, S4N, S4P

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as etapas de validação, obtivemos um questionário com cinco situações contextualizadas: (S1) uso de uma réplica para um experimento de ecofisiologia realizado em campo, (S2) estudo que levou à escolha de espécies mais adequadas para a recuperação da vegetação em áreas litorâneas, (S3) debate sobre o aquecimento global em um evento científico, (S4) existência de teorias concorrentes para explicar a distribuição de espécies e (S5) amostragem de conchas para avaliar a chance de predação (Tabela 5). Ao longo do *VENCCE* há 81 afirmações, das quais 35 foram classificadas como *Adequadas*, 11 como *Parcialmente adequadas* e 35 como *Ingênuas.* Essas categorias foram ajustadas após as duas etapas de validação, com base nas respostas dos participantes e discussão das afirmações. Com a validação e a primeira aplicação foi possível

estimar o tempo médio de preenchimento em 40 minutos, variando de 23 a 52 minutos entre os respondentes.

Considerando os 691 questionários resultantes da aplicação, obtivemos em média 2,936±4,961 afirmações assinaladas com *Não sei* por aluno. Consideramos esse valor adequado por estar abaixo dos 10% das afirmações presentes no *VENCCE*, indicando que, mesmo com a opção de marcar *Não sei*, o aluno optou por assinalar seu grau de concordância nas afirmações na maior parte das vezes. A ausência dessa opção poderia levar o aluno a assinalar um grau de concordância inadequado com as suas CNC, enviesando conclusões futuras sobre as CNC dessa amostra.

A aplicação também nos permitiu avaliar a capacidade de medição do *VENCCE*, com base no valor do **α** (Tabela 6). Considerando todas as afirmações, obtivemos um $\alpha_{Inicial}$=0,912. Embora a confiabilidade de um questionário possa ser maior quanto mais próximo o valor de **α** estiver de 1, há uma discussão na literatura acerca dos valores de **α** que são considerados como *adequados.* Segundo o levantamento de Maroco & Garcia (2006), que relatou os valores adotados para o **α** entre diversos autores, um valor de **α** considerado aceitável pode variar de 0,70 a 0,95. Já Gliem & Gliem (2003) propõem uma escala de seis categorias para classificar o valor do **α**, da qual destacamos que para o **α**>0,90 a confiabilidade é considerada *excelente* e para o 0,80<**α**<0,90 a confiabilidade é considerada *boa.* Para Kline (2005), quando o valor de **α** está próximo de 0,70, seu valor pode ser considerado como *adequado* e quando está acima de 0,80, a confiabilidade é considerada como *muito boa.* Dessa forma, a confiabilidade do *VENCCE*, tomando todas as suas afirmações como base (G_T), pode ser considerada adequada, tendo, portanto, conseguido diferenciar as CNC entre os participantes da nossa pesquisa e atingido o seu objetivo.

Tabela 5. Situações e afirmações do questionário *VENCCE*. Na última coluna consta a categorização das afirmações em Adequada (A), Parcialmente adequada (P) ou Ingênua (I).

Situação 1. *Uma pesquisadora queria avaliar se a escolha do ambiente para repouso dos indivíduos de uma espécie de sapo está relacionada com a regulação hídrica. Ela decidiu comparar se os indivíduos que se expõem ao sol perdem mais água em comparação com os que ficam abrigados sob a folhagem. Utilizou então uma réplica feita de ágar (substância que retém água) que tinha a massa e as dimensões de um adulto médio da população da espécie estudada. Em seguida, pesou os exemplares dessa réplica e colocou alguns sob a folhagem e outros expostos ao sol, registrando a temperatura nestes ambientes. Após um certo tempo de exposição, ela registrou as temperaturas das réplicas e dos ambientes e realizou a pesagem novamente, a fim de verificar se houve variação de massa devido à perda de água. Como as réplicas abrigadas sob a folhagem tiveram uma menor redução de massa, ela concluiu que a escolha do ambiente pelos indivíduos da espécie de sapo está relacionada com a regulação hídrica.*

S1A	Descreve uma prática científica, pois a conclusão da pesquisadora foi baseada em evidências.	A
S1B	A conclusão da pesquisadora só poderá ser generalizada se seus dados forem confirmados por outros dados, diferentes dos que ela coletou.	A
S1C	A conclusão da pesquisadora não é válida, pois, assim como em outros casos na ciência, os mesmos dados podem levar a explicações alternativas.	P
S1D	A conclusão da pesquisadora terá validade se ela tiver tomado cuidado com a sistematização da coleta de dados durante o experimento.	A
S1E	Não pode ser considerado um experimento, pois não foi realizado em laboratório.	I
S1F	Pode ser considerado um experimento, pois houve controle de uma variável.	A
S1G	Pode ser considerado uma prática científica, pois houve uma preocupação ética em não utilizar seres vivos no estudo.	P
S1H	Não tem validade científica, pois trata-se de um exemplo em que a pesquisadora já previa o resultado antes da coleta de dados.	I
S1I	Por utilizar uma réplica, o estudo perdeu sua validade científica.	I
S1J	Pode ser considerado uma prática científica, mesmo não tendo utilizado seres vivos no estudo.	I
S1K	A pesquisadora testou uma hipótese, usando a réplica de um organismo e um local específico.	A
S1L	Para a formulação e teste de um método, um cientista usa a criatividade e a imaginação.	A
S1M	As evidências sempre correspondem aos dados coletados em um experimento.	I

Tabela 5. Situações e afirmações do questionário *VENCCE*. Na última coluna consta a categorização das afirmações em Adequada (A), Parcialmente adequada (P) ou Ingênua (I).

Situação 2. *Duas pesquisadoras decidiram investigar em campo quais as espécies mais adequadas para recuperar a vegetação em solos arenosos. Isto porque notaram a degradação da vegetação próxima à praia e as constantes tentativas de recuperação da área que não deram certo. Durante as observações em campo, elas perceberam a presença de espécies com raízes pouco profundas e pensaram que isso poderia dificultar o acesso à água do lençol freático. Decidiram então verificar se essas espécies possuíam alguma característica que aumentasse sua eficiência no uso da água. Resolveram calcular o conteúdo de água foliar e medir a altura (para estimar a profundidade da raiz) de vários indivíduos das espécies. Posteriormente, elas relacionaram as duas medidas em um gráfico e concluíram que em solos arenosos (onde a água não fica retida) as plantas armazenam mais água nas folhas, como forma de compensar a ausência de raízes profundas. A conclusão das pesquisadoras levou à escolha de espécies mais adequadas para recuperar a vegetação da área litorânea em estudo.*

S2A	Descreve uma prática científica, pois a busca das pesquisadoras por uma solução foi baseada em evidências.	A
S2B	A prática científica deve buscar soluções para problemas que interferem na vida humana.	P
S2C	Como cientistas, elas têm liberdade para decidir como obter os dados.	A
S2D	O estudo será aceito na comunidade científica, pois os dados coletados são mais relevantes do que as teorias existentes que poderiam explicá-los.	I
S2E	O estudo terá validade se os erros associados à amostragem forem tratados estatisticamente, pois esta é uma condição para que os dados sejam considerados científicos.	I
S2F	Não é uma prática científica, pois elas procuraram uma solução para um problema que pode interferir na vida humana.	I
S2G	A conclusão será aceita pela comunidade científica, pois apresentou os resultados em forma de gráfico.	I
S2H	Em várias etapas da prática científica um cientista tem liberdade pra tomar decisões e fazer escolhas.	A
S2I	Durante a pesquisa, um cientista deve seguir o método científico que já está estabelecido.	I
S2J	O episódio não representa uma prática científica, pois a conclusão do estudo foi baseada em dados resultantes de uma amostragem.	I
S2K	A conclusão não tem validade científica, pois está sustentada por uma correlação de dois fatores.	I
S2L	Os dados de uma amostragem são tão importantes quanto os dados obtidos de um experimento.	A
S2M	Os dados obtidos de uma amostragem não são considerados evidências científicas.	I

Tabela 5. Situações e afirmações do questionário *VENCCE*. Na última coluna consta a categorização das afirmações em Adequada (A), Parcialmente adequada (P) ou Ingênua (I).

Situação 3. *Em um congresso, um grupo de cientistas debateu a questão do aquecimento global, tendo como base trabalhos científicos publicados anteriormente. Ao final do debate, um grupo considerou que o aquecimento dos últimos anos foi intensificado pelas ações do ser humano em decorrência do aumento de emissões de gases estufa. Para outro grupo, esta conclusão poderia estar equivocada, pois o aquecimento terrestre é decorrente de um fenômeno atmosférico natural (efeito estufa) e independe das ações humanas. Houve ainda um terceiro grupo, que considerou que o impacto humano em escala global é nulo e que a Terra pode, na verdade, esfriar.*		
S3A	Caracteriza uma discussão, que é um evento comum na prática científica.	A
S3B	Neste caso, assim como na ciência em geral, apenas um dos grupos deve estar correto.	I
S3C	Não se caracteriza como uma prática científica, pois há pontos discordantes entre os cientistas.	I
S3D	O uso de argumentos para defender uma posição deve fazer parte da prática científica.	A
S3E	Reduz a credibilidade da ciência, uma vez que não fornece uma verdade para a população e os tomadores de decisão.	I
S3F	Revela a necessidade da revisão de pontos de vista pelos cientistas.	A
S3G	Os grupos podem estar corretos dependendo da escala temporal de estudo.	A
S3H	Abre a possibilidade de colaboração entre cientistas com pontos de vista semelhantes para fortalecer um dos posicionamentos.	A
S3I	Um dos grupos poderia convencer o outro, caso suas evidências fossem mais consistentes.	P
S3J	Apenas um dos grupos está correto, pois na ciência não há mais de uma perspectiva teórica vigente sobre um determinado assunto.	I
S3K	Os grupos só poderiam chegar a um consenso se utilizassem o mesmo contexto teórico para resolver o impasse.	I
S3L	O impasse só poderá ser resolvido com experimentação.	I
S3M	O impasse poderá ser resolvido independente do contexto político e econômico.	A
S3N	O impasse poderá permanecer sem solução, pois a ciência pode estar sujeita a interesses políticos e econômicos.	A
S3O	O impasse deverá ser resolvido, pois a ciência é neutra.	I
S3P	Impasses acontecem porque existe uma grande variação de personalidades humanas e, portanto, não há um único perfil de cientista.	A
S3Q	Para ser aceito na comunidade científica, um posicionamento não precisa ser publicado em revista científica.	I
S3R	Para ser aceito na comunidade científica, um posicionamento precisa ser divulgado em meios de comunicação acessíveis para a sociedade.	I
S3S	Os posicionamentos científicos publicados em revistas de maior credibilidade tendem a ser os mais aceitos entre os cientistas.	A
S3T	O uso de uma analogia, como a contida no termo “efeito estufa”, descaracteriza um termo como científico.	I
S3U	O uso da interdisciplinaridade descaracteriza o aquecimento global como um tema de interesse científico.	I
S3V	Um cientista pode invalidar um posicionamento ao manipular os dados que favoreçam um posicionamento.	A
S3W	Os temas de pesquisa de um cientista independem das fontes de financiamento.	I
S3X	Os posicionamentos publicados em revistas de alta credibilidade não são contestados.	I
S3Y	A ciência busca formular hipóteses testáveis, mas não precisa confrontá-las com o mundo real.	P
S3Z	Dois dos posicionamentos não podem ser considerados científicos, pois o erro não é uma possibilidade na ciência.	I

Tabela 5. Situações e afirmações do questionário *VENCCE*. Na última coluna consta a categorização das afirmações em Adequada (A), Parcialmente adequada (P) ou Ingênua (I).

Situação 4. *Existem duas teorias concorrentes para explicar os padrões de distribuição e abundância de espécies. A Teoria de Nicho (formulada por Grinnell em 1917 e redefinida por Hutchinson em 1957) enuncia que uma espécie só pode viver sob certas condições e com acesso a certos recursos. Em contrapartida, a Teoria Neutra da Biodiversidade (proposta por Hubbell em 2001) defende que as espécies são ecologicamente equivalentes, sendo que a distribuição e abundância das espécies ocorre de forma aleatória e não devido às aptidões específicas.*

S4A	O objetivo da ciência é formular teorias.	A
S4B	Teoria é um conjunto de suposições e generalizações usadas para construir explicações.	A
S4C	As teorias derivam de dados obtidos de experimentos.	I
S4D	A Ecologia pode ser considerada uma ciência pois possui teorias.	P
S4E	As teorias guiam as observações.	A
S4F	As teorias são formuladas pela síntese de várias ideias.	A
S4G	Se um cientista formula uma teoria, esta só poderá ser aceita após ser testada.	P
S4H	Uma teoria só pode ser testada usando um experimento.	I
S4I	Após terminar um projeto, um cientista poderá generalizar os seus dados específicos para conceitos gerais, usando teorias.	A
S4J	Para a formulação de uma teoria, o cientista usa a criatividade e a imaginação.	A
S4K	Ao escolher entre teorias concorrentes, os cientistas consideram as evidências que já estão estabelecidas.	A
S4L	Uma teoria não precisa ser comprovada, pois é apenas uma teoria.	I
S4M	Na ciência, teoria e hipótese são termos equivalentes.	I
S4N	A situação indica que o conhecimento científico é temporário.	A
S4O	Um cientista usa teorias em várias etapas de um trabalho científico.	A
S4P	Quando um cientista relaciona seus dados de campo com teorias, ele não está contribuindo para o progresso científico.	I
S4Q	Um cientista deve conhecer as teorias relacionadas ao seu sistema de estudo antes de ir para o campo coletar dados.	P
S4R	Após a coleta de dados, um cientista adequa seus dados a uma teoria de sua preferência.	P
S4S	As teorias são originadas pela integração de leis e hipóteses e permitem fazer previsões sobre o mundo.	A

Tabela 5. Situações e afirmações do questionário *VENCCE*. Na última coluna consta a categorização das afirmações em Adequada (A), Parcialmente adequada (P) ou Ingênua (I).

Situação 5. *Com o objetivo de verificar se o tamanho de certo mexilhão interfere na sua chance de ser predado, um grupo de cientistas fez uma amostragem. Eles coletaram conchas em parcelas demarcadas de forma aleatória em uma praia, calcularam a área de cada uma das conchas coletadas e registraram se elas continham ou não alguma marca característica de predação.*

S5A	Descreve uma prática científica, já que foi feita uma coleta sistematizada.	A
S5B	Não pode ser considerado uma prática científica, pois nenhum experimento foi feito.	I
S5C	A conclusão só poderá ser generalizada se a coleta de dados for repetida em diferentes localidades.	P
S5D	A conclusão só poderá ser generalizada se a coleta de dados for realizada com uma amostra muito grande.	P
S5E	Para que os cientistas cheguem a uma conclusão eles deverão levar em consideração a possibilidade de a predação ser devida ao acaso.	A
S5F	Os resultados do estudo só serão aceitos pela comunidade científica se forem apresentados em forma de gráficos.	I
S5G	Os resultados do estudo serão aceitos pela comunidade científica mesmo que os cuidados com a coleta dos dados não forem tomados.	I
S5H	Os resultados do estudo serão aceitos pela comunidade científica se os dados receberem algum tratamento estatístico.	A
S5I	A escolha do tratamento estatístico pode interferir na conclusão do estudo.	A
S5J	Descreve uma prática científica, pois os cientistas formularam uma hipótese testável que foi confrontada com observações.	A

Para avaliar quais afirmações podem aumentar a confiabilidade do *VENCCE* de forma enviesada por conta da redundância, optamos por seguir o método de purificação. Com ele é possível avaliar como a confiabilidade do instrumento pode ser afetada (Tabela 6) e para isso realizamos alguns agrupamentos dentro do questionário (Tabela 4). Ao observar os valores do $\alpha_{Purificado}$ dos grupos G_A, G_B, G_C e G_E, notamos que todos podem ser considerados excelentes (GLIEM & GLIEM, 2003). Nota-se também que há uma semelhança entre eles e um incremento no valor do $\alpha_{Inicial}$, conforme mostra a porcentagem. Embora esse acréscimo seja pequeno, os valores atingidos para o $\alpha_{Purificado}$ indicam a presença de afirmações que estão elevando seu valor. Dado o objetivo da etapa de purificação, a recomendação é que ao final dela os itens que aumentam o valor do α sejam eliminados do questionário (PARASSURAMAN et al., 1985) e novas aplicações sejam efetuadas para verificar se o novo valor do α estará adequado e se foi atingido um valor pretendido de confiabilidade. Entretanto, ainda que não haja uma recomendação precisa sobre a magnitude desse aumento, consideramos que os valores do $\alpha_{Purificado}$ estão adequados por ainda permanecerem nos limites sugeridos por Maroco & Garcia (2006).

Tabela 6. Resultados da confiabilidade do *VENCCE,* estimada pelo Alfa de Cronbach (α) antes e após as etapas de purificação.

Grupo	$\alpha_{Inicial}$	*Total de afirmações*	*Afirmações removidas*	*Afirmações removidas (%)*	$\alpha_{Purificado}$	*Alteração no valor do* $\alpha_{Inicial}$ *(%)*
G_T	0,912	81	0	0	0	0
G_A	-	35	46	56,79	0,946	+3,73
G_B	-	36	44	54,32	0,939	+2,96
G_C	-	34	47	58,03	0,951	+4,28
G_D	-	36	45	55,56	0,949	+4,06
G_E	-	19	62	76,54	0,803	-11,95

Analisando o valor do $\alpha_{Purificado}$ referente ao grupo G_E, observamos que houve um decréscimo no valor do $\alpha_{Inicial}$ de aproximadamente 12%. Com esse decréscimo podemos refletir sobre a possível influência que as afirmações diretas podem ter nas investigações de CNC. Um questionário que contenha apenas afirmações dessa natureza poderia apresentar um valor do **α** baixo, tornando a sua confiabilidade questionável. Entretanto, apenas estudos adicionais que considerem os resultados do **α** obtidos de questionários com questões diretas em comparação com questionários contextualizados poderiam avaliar isso de forma mais precisa.

É necessário ponderar ainda que os valores calculados para o **α** podem estar relacionados com a escala (associada ao *IM*) escolhida para o *VENCCE*, isso porque ela foi validada em outros trabalhos (e.g. MANASSERO & VÁZQUEZ, 2001). Embora essa seja uma consideração relevante para o cálculo do **α**, não basta apenas adotarmos uma escala usada com frequência, pois a validade do instrumento está muito mais relacionada com as suas características particulares (OVIEDO & CAMPO-ARIAS, 2005), sendo por esse motivo recomendado adotar alguma medida de confiabilidade, bem como sucessivas etapas de purificação até atingir um **α** que seja confiável.

Ao final do *VENCCE* deixamos um espaço disponível para que os alunos nos escrevessem caso achassem necessário. Registramos que 81 alunos (11,72% do número total) deixaram alguma mensagem nesse espaço, das quais 51 (7,38%) demonstraram interesse pelos resultados da pesquisa e 47 (6,80%) relataram o fato de o questionário ser longo para ser respondido no tempo de aula disponibilizado pelo professor (houve, portanto, registros contendo os dois apontamentos). Ao considerar esse dado e os valores do $\alpha_{Purificado}$ que encontramos, podemos inferir que, para o *VENCCE*, mesmo um número menor de afirmações seria adequado para medir o que queremos. Poderíamos ter previsto essa ocorrência ao calcular um valor do $\alpha_{Inicial}$ logo após a etapa da validação, visando obter um valor alto de **α** já

em uma primeira aplicação. Porém, alcançamos um **α** adequado logo na primeira aplicação, possivelmente por conta dos cuidados durante a validação e da escala do questionário (associada ao índice de maturidade). Entretanto, para a construção de questionários, é mais indicado assegurar o valor do **α** pretendido antes de uma aplicação em larga escala. Isso pode ser feito, por exemplo, ao adotar outras etapas de validação.

O ajuste da escala com base no valor do **α** é uma recomendação recorrente na literatura de metodologia para elaboração e validação de questionários (e.g. PARASSURAMAN et al., 1985; OVIEDO & CAMPO-ARIAS, 2005). Entretanto, essa prática não substitui a análise qualitativa do instrumento. Reduzir o número de itens e eliminar aqueles que podem enviesar o valor de **α** é importante para um uso mais criterioso dos resultados obtidos de questionários, entretanto devemos considerar que podemos perder informações com a prática mecânica dessa metodologia. No *VENCCE*, repetir alguns temas ao longo do questionário (Tabela 1) foi uma escolha consciente, que visou a obtenção de dados mais confiáveis sobre as CNC dos estudantes da nossa amostra. A repetição de alguns temas pretendeu avaliar a consistência das respostas frente aos temas que consideramos mais relevantes dado os nossos objetivos de pesquisa. Ponderamos, então, que o uso dos índices de confiabilidade, bem como de metodologias de purificação, precisam ser feitos em conjunto com a avaliação do pesquisador sobre a relevância de determinados itens para o questionário.

O papel da contextualização, característica particular do *VENCCE*, foi avaliado por meio da comparação das médias do *IM* das afirmações contextualizadas e das afirmações diretas. Houve diferença estatística entre as médias dos dois grupos de afirmações ($U=93{,}675$ e $p<0{,}001$) indicando que os alunos apresentaram uma visão mais madura frente às afirmações diretas (Tabela 7). Tal resultado indica a necessidade de reavaliar as características das questões presentes em questionários

com questões fechadas sobre natureza da ciência. Embora as médias dos dois grupos sejam positivas, conforme a escala do *IM*, a diferença encontrada entre elas é significativa. O valor da média para as afirmações diretas pode indicar que os alunos sabem se posicionar frente a certos conceitos sobre a natureza da ciência, entretanto, ao avaliar a média das afirmações contextualizadas, podemos inferir que em muitas situações eles não sabem avaliar o significado prático desses conceitos.

Tabela 7. Comparação entre as médias do Índice de Maturidade de CNC conforme o tipo de afirmação.

	Afirmações diretas (G_E)	*Afirmações contextualizadas* (G_T - G_E)
Média do Índice de Maturidade de CNC	0,220±0,102	0,151±0,165

Sobre os conceitos usualmente investigados em trabalhos de levantamento de CNC, Irzik & Nola (2010) pontuam que em geral há uma tendência para investigar conceitos que não incorporam a prática científica em si, havendo frequentemente uma preocupação para investigar temas mais gerais e filosóficos da ciência. Nesse contexto, há características que também fazem parte da ciência e que ficam à margem das investigações, como a coleta de dados, a classificação, as formas de análise, a investigação científica e a experimentação. Tal fato é relevante, pois os trabalhos que investigam CNC em geral trazem recomendações sobre os aspectos da natureza da ciência que devem ser ensinados, fomentando a utilização de listas de CNC. Embora essas listas representem um avanço para o ensino de ciências, elas podem propagar uma imagem idealizada da ciência (ALLCHIN, 2011) se tomadas ao pé da letra. Nossos resultados são pertinentes para essa discussão ao revelar a dificuldade dos alunos em posicionarem-se frente aos contextos da prática científica, dado que as afirmações diretas do *VENCCE*,

em geral, avaliaram justamente as características mais amplas e pragmáticas da ciência.

A avaliação das respostas fornecidas pelos alunos em três afirmações presentes na Situação 2 do *VENCCE* (Tabela 8) pode elucidar o papel da contextualização para avaliar as CNC. Embora a maior parte dos alunos tenha assinalado um grau de concordância alto com afirmação S2A, reconhecendo que a ciência está baseada em evidências, e mais da metade reconheceu que não há um método científico que já está estabelecido (afirmação S2I), grande parte dos alunos não reconheceu a amostragem como uma prática científica (afirmação S2J), mesmo que essa prática também busque por evidências (conforme descrito na situação) e seja um outro método utilizado na ciência.

Tabela 8. Porcentagem de alunos com grau de concordância próximo de uma visão madura*, considerando três das afirmações presentes na Situação 2 do *VENCCE.*

Afirmação	*Categoria*	*Texto da afirmação*	*Alunos cujo grau de concordância foi próximo de uma visão madura**
S2A	Adequada e contextualizada	*Descreve uma prática científica, pois a busca das pesquisadoras por uma solução foi baseada em evidências.*	73,42%
S2I	Ingênua e direta	*Durante a pesquisa, um cientista deve seguir o método científico que já está estabelecido.*	58,68%
S2J	Ingênua e contextualizada	*O episódio não representa uma prática científica, pois a conclusão do estudo foi baseada em dados resultantes de uma amostragem.*	36,54%

*Se a afirmação é *Adequada*, um aluno com uma visão madura deverá assinalar um grau de concordância alto (acima de 7 na escala de 1 a 9 fornecida no questionário). Se a afirmação for *Ingênua*, um aluno com uma visão madura deverá assinalar um grau de concordância baixo (abaixo de 3 na escala de 1 a 9 fornecida no questionário).

Devemos considerar ainda a ampla discussão na literatura sobre o formato dos questionários de CNC (e.g. ABD-EL-KHALICK, 2014) e sobre os resultados que eles têm obtido (e.g. LEDERMAN & LEDERMAN, 2014). Aikenhead & Ryan (1992), ao apresentarem o questionário VOSTS, pontuam que tal instrumento é diferente dos demais por apresentar questões que foram derivadas empiricamente. Para eles, essa é uma estratégia de redução das possíveis ambiguidades geradas pelas diferenças de linguagem do pesquisador e do pesquisado, sobretudo quando a escala usada para acessar as respostas é baseada na escala Likert. Já relatamos o nosso cuidado quanto à redução de ambiguidades durante as fases de validação, entretanto, reconhecemos que uma maior confiabilidade acerca dos *IM*s de CNC que encontramos poderá ser obtida com a comparação de respostas obtidas de outras fontes, como, por exemplo, de questões abertas aplicadas para a mesma amostra.

Ainda sobre o formato dos instrumentos e sobre a confiabilidade de seus resultados, Abd-El-Khalick (2014), numa revisão sobre os instrumentos que avaliam CNC, afirma que há um número restrito de instrumentos para investigar CNC e que isso torna a comparação entre os estudos mais robusta. Porém, o autor faz a ressalva de que o contexto importa para a avaliação dessas concepções e, por esse motivo, as diferenças precisam ser consideradas entre os estudos. O desenvolvimento de novos instrumentos reflete a necessidade de avaliações adequadas (quantificadas estatisticamente e examinadas por análise de conteúdo) que possam ser aplicadas em larga escala e que sejam capazes de refletir um melhor entendimento sobre as CNC reais dos alunos (ABD-EL-KHALICK, 2014).

Algumas das nossas ações ao longo do processo de elaboração do *VENCCE* podem ser extrapoladas para a criação de outros questionários. Embora o tema não se esgote aqui, organizamos o percurso durante este trabalho em forma de um diagrama de perguntas (Figura 1) e esperamos que, ao serem respondidas

criticamente por outros pesquisadores e expandidas, elas possam contribuir para execução de outros trabalhos, que necessitem da construção de um instrumento, de forma objetiva e clara.

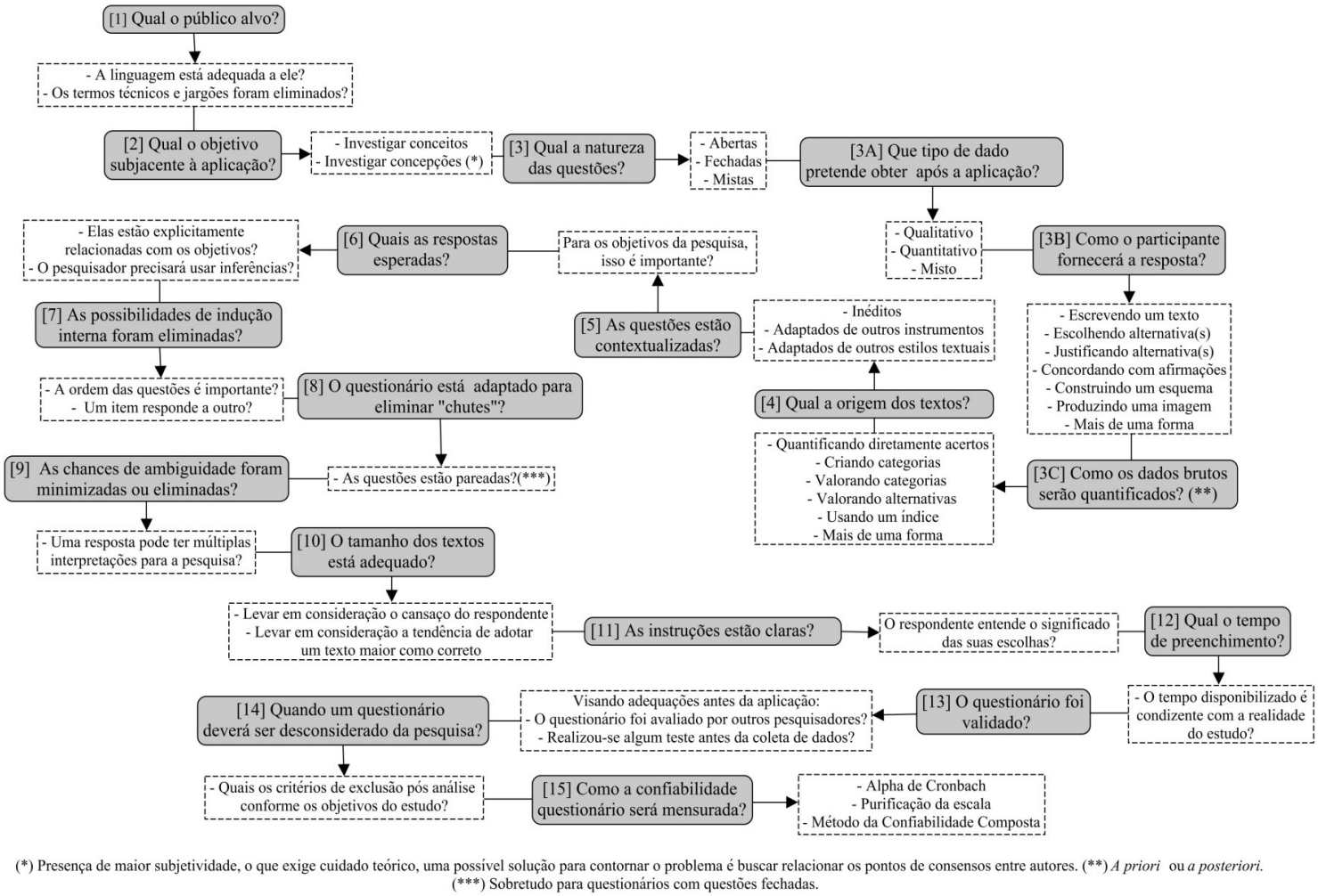

Figura 1. Considerações para elaboração de um questionário de pesquisa, tomando como base o nosso processo para o desenvolvimento de um.

REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F. Examining the Sources for our Understandings about Science: Enduring conflations and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 3, p. 353-374, 2012.

ABD-EL-KHALICK, F. The Evolving Landscape Related to Assessment of Nature of Science. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Ed.). *Handbook of research on science education, vol II.* New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, p. 621-650, 2014.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.

AIKENHEAD, G. S. The measurement of High School students' knowledge about science and scientists. *Science Education*, v. 57, n. 4, p. 539-549, 1973.

AIKENHEAD, G. S.; RYAN, A. G. The Development of a New Instrument: "Views on Science- Technology-Society" (VOSTS). *Science Education*, v. 76, n. 5, p. 477-491, 1992.

AJAJA, P. O. Senior Secondary School Science Teachers in Delta and Edo States Conceptualization about the Nature of Science. *International Education Studies*, v. 5, n. 3, p. 67-85, 2012.

ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, v. 95, p. 518 – 542, 2011.

ALLCHIN, D. Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources. *SHiPS Education Press*, Saint Paul, MN, USA, 2013.

ALLCHIN, D. Correcting the 'Self-correcting" Mythos of Science. *Filosofia e História da Biologia*, v.10, p. 19–35, 2015.

ALTERS, B. J. Whose Nature of Science? *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, n. 1, p. 39-55, 1997.

ALVES, R. *Filosofia da Ciência: introdução ao jogo e a suas regras.* 18 ed. São Paulo, Edições Loyola, 2013.

AZEVEDO, N. H. *A Ecologia como modelo para investigar concepções sobre a natureza da ciência.* 2015. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo.* Lisboa, Portugal: Edições 70, 2009.

BAYIR, E.; CAKICI, Y.; ERTAS, O. Exploring Natural and Social Scientists' Views of Nature of Science. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 8, p. 1286- 1312, 2014.

BELL, R. L.; LEDERMAN, N. G. Understanding of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, v. 87, p. 352–377, 2003.

BORDA, E. J.; BURGESS, D. J.; PLOG, C. J.; DEKALB, N. C.; LUCE, M. M. Concept maps as tools for assessing students' epistemologies of science. *Electronic Journal of Science Education*, v. 13, n. 2, p. 160–185, 2009.

CHAUI, M. *Convite à filosofia.* 13 ed. São Paulo: Ática, 2005.

CHALMERS, A. F. (1981) *O que é ciência, afinal?* 2 ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

COLLINS, S.; OSBORNE, J.; RATCLIFFE, M.; MILLAR, R.; DUSCHL, R. What 'ideas-about-science' should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 40, p. 692–720, 2003.

CRONBACH, J. L. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, v. 16. n. 3, p. 297-334, 1951.

CRONBACH, J. L. My current t procedures. *Educational and Psychological Measurement*, v. 64, n. 3, 2004.

DIGIUSEPPE, M. Representing Nature of Science in a Science Textbook: Exploring author–editor–publisher interactions. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 7, p. 1061-1082, 2014.

DUSCHL, R. Science education and philosophy of science: twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics*, v. 85, n.7, p. 541-555, 1985.

FERREIRA, J. M. H. Contribuições da história das (pseudo) ciências para a abordagem da Natureza da Ciência: um estudo de caso. In: VII Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, Florianópolis, 2009.

FEYERABEND, P. Contra o método. Tradução de: S. Mota e L. Hegenberg. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.

GEWANDSZNAJDER, F. O que é o método científico. São Paulo: Pioneira, 1989.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Editora Atlas S. A., 1999.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. 2001. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n.2, p.125-153, 2001.

GLIEM, J. A.; GLIEM, R. R. Calculating, interpreting and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. In: Midwest Research to Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education, 2003.

HACIEMINOGLU, E.; ERTEPINAR, H.; YILMAZ-TUZUN, O. Pre-Service Science Teachers Perceptions And Practices Related To History Of Science Instructions. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, v.3, n. 3, p. 53-59, 2012.

HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 197-211, 1999.

HESSE, M. B. Science and the Human Imagination. Review by: Norwood Russell Hanson. *The Philosophical Review*, v. 67, n. 4, p. 565-569, 1955.

HORA, H. R. M.; MONTEIRO, G. T. R.; ARICA, J. Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. *Produto & Produção*, v. 11, n. 2, p. 85-103, 2010.

IRZIK, G.; NOLA, R. A family resemblance approach to the Nature of Science for science education. *Science & Education*, v. 20, p. 591-607, 2011.

JENKINS, E. W. Scientific and technological literacy for citizenship: What can we learn from the research and other evidence. In SJOBERG, S.; KALLERUD, E. (eds.). *Science, technology and citizenship: The public understanding of science and technology in science education and research policy.* Oslo: Norwegian Institute for Studies in Research and Higher Education, p. 29–50, 1997.

KANJI, G. K. *100 Statistical Tests*, 3 ed. Sage Publications. 2006.

KLINE, R. B. *Principles and Practice of Structural Equation Modeling.* 2. ed. New York, London: The Guilford Press, 2005.

KNELLER, G. F. *A ciência como atividade humana.* São Paulo: Zahar; Edusp, 1980.

KOULAIDIS, V.; OGBORN, J. Science teachers philosophical assumptions: How well do we understand them? *International Journal of Science Education*, v. 17, n. 3, p. 273–283, 1995.

KUHN, T. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva, 1978.

LATOUR, B. *A esperança de Pandora: ensaio sobre a realidade dos estudos científicos.* Bauru: EDUSC, 2001.

LAWTON, J. H. Are there general laws in ecology? *Oikos*, v. 84, p. 177-192, 1999.

LEACH, J.; MILLAR, R.; RYDER, J; SÉRE, M. G. Epistemological understanding in science learning: The consistency of representations across contexts. *Learning and Instruction*, v. 10, n. 6, p. 497-527, 2000.

LECKY, P. Self-Consistency: A Theory of Personality. Garden City, Doubleday, 1969. In: ALVES, R. *Filosofia da Ciência: introdução ao jogo e a suas regras*, 18 ed. São Paulo, Edições Loyola, 2013.

LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEDERMAN, N. G. Nature of Science: Past, Present and Future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (eds.). *Handbook of research on science education.* New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, p. 831-880, 2007.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R.; SCHWARTZ, R. S. Views of Nature of Science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S. Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Ed.). *Handbook of research on science education.* New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, p. 600- 620, 2014.

LEDERMAN, N. G.; O'MALLEY. Student's perceptions of tentativeness in science: development, use and sources of change. *Science Education*, v. 74, n. 2, p. 225-239, 1990.

LIANG, L. L.; CHEN, S.; CHEN, X.; KAYA, O. N.; ADAMS, A. D.; MACKLIN, M.; EBENEZER, J. Student understanding of science and scientific inquiry (SUSSI): Revision and further validation of an assessment instrument. *In:The annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, San Francisco, CA, 2006.

LIKERT, R. A Technique for the Measurement of Attitudes. Archives of Psychology, v. 140, p. 1-55, 1932.

MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, A. A. Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. Enseñanza de las Ciencias, v. 1, n. 20, p.15-27, 2001.

MAROCO, J; GARCIA-MARQUES, T. Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas. *Laboratório de Psicologia*, v.4, n. 1, p. 65-90, 2006.

MATTHEWS, M. R. History, philosophy and science teaching: the present reapprochement. *Science & Education*, v. 1, n. 1, p. 11-48, 1992.

MATTHEWS, M. R. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994.

MAYR, E. *What makes biology unique? Considerations on the autonomy of a scientific discipline*, Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science Education*, v. 17, p. 249-263, 2008.

MCCOMAS, W. F.; CLOUGH, M.; ALMAZORA, H. *The Nature of Science in Science Education: an introduction.* Science & Education, v. 7, n. 6, p. 511-532, 1998.

MCCOMAS, W. F.; OLSON, J. K. The nature of science in international science education standards documents. In: MCCOMAS, W. F. (Ed.). *The nature of science in science education: Rationales and strategies.* Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, p. 41–52, 1998.

MCINTOSH, R. P. Pluralism in ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 18, p. 321-341, 1987.

MONK, M.; OSBORNE, J. Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, New York, v. 81, n. 4, p. 405-424, 1997.

MOSS, D. M.; ABRAMS, E. D.; ROBB, J. Examining Student Conceptions of the Nature of Science. *International Journal of Science Education*, v. 23, n. 8, p. 771- 790, 2001.

MURRAY, B. G. Research methods in physics and biology. *Oikos*, v. 64, p. 594–596, 1992.

MURRAY, B. G. Are ecological and evolutionary theories scientific? *Biological Reviews*, v. 76, p. 255-289, 2001.

MYRDAL, G. Objectivity in Social Research. Nova York, Random House, 1969.

NAGEL, E. *La estructura de la ciencia.* Tradução de: N. Miguez. Buenos Aires: Paidos, 1974.

NEUMANN, I.; NEUMANN, K.; NEHM, R. Evaluating Instrument Quality in science Education: Rasch-based analyses of a Nature of Science test. *International Journal of Science Education*, v. 33, n.10, p. 1373-1405, 2011.

NUSSBAUM, J. Classroom conceptual change: philosophical perspectives. International *Journal of Science Education*, v. 11, p. 530-540, 1989.

OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R.; DUSCHL, R. What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 40, p. 692-720, 2003.

OVIEDO, H. C., CAMPO-ARIAS, A. Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, v. 34, n. 4. p. 572-580, 2005.

PARASKEVOPOULOU, E.; KOLIOPOULOS, D. Teaching the Nature of Science through the Millikan - Ehrenhaft dispute. *Science & Education*, v. 20, n. 10, p. 943- 960, 2011.

PARASSURAMAN, V.; ZEITHAMI, V. A.; BERRY, L. L. A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of Marketing*, v. 49, n. 4, p. 41-50, 1985.

PETERSON, R. A. A meta-analysis of Cronbach's coefficient alfa. *Journal of Consumer Research*; v. 21, v. 2, p. 381-391, 1994.

POMEROY, D. Implications of teachers' beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, v. 77, n. 3, p. 261-278, 1993.

POPPER, K. *The Logic of Scientific Discovery.* London: Routledge, 1968.

PORLÁN, R. Las concepciones epistemológicas de los professores: el caso de los estudiantes de magisterio. *Investigación en la Escuela*, v. 22, p. 67-84, 1994.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2011, R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: the R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0. Available online at http://www.R-project.org/.

ROBINSON, J. T. Science teaching and the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 3, n. 1, p. 37-50, 1965.

ROSENBERG, A. Biology. In: PSILLOS, S.; CURD, M. (Eds.). *The Routledge companion to philosophy of science*. London: Routledge, p. 511–519, 2008.

RYAN, A. G.; AIKENHEAD, G. S. Students' preconception about the epistemology of science. *Science Education*, v. 76, n. 6, p. 559-580, 1992.

SCHENEIDER. The ecological literature, an idea-free distribution. *Ecology Letters*, v. 16, n. 12, p. 1421-1423, 2013.

SEROGLOU, F.; KOUMARAS, P. The contribution of the history of physics in physics education: a review. *Science & Education*, v. 10, n. 1-2, p. 153-172, 2001.

SHADER-FRECHETTE, K.; MCCOY, E. D. Applied ecology and the logic of case studies. *Philosophy of Science*, v. 61, p. 228-249, 1994.

SHRADER-FRECHETTE, K.; EARL, D. MCCOY. *Method in ecology: strategies for conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

SOBER, E. Two outbreaks of lawlessness in recent philosophy of biology. *Philosophy of Science*, v. 64, p. 458-467, 1997.

SOLOMON, J., DUVEEN, J., SCOT, L.; MCCARTHY, S. Teaching about the nature of science through history: action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 4, p. 409-421, 1992.

STEPHEN, W. A.; NIAS, J. Using action research as a methodological tool: understanding teachers' understanding of science. *Educational Action Research*, v. 11, n. 2, p. 283-300, 2003.

TOZZINI, D. L. *Filosofia da Ciência de Thomas Kuhn: conceitos e racionalidade científica*. São Paulo: Atlas, 2014.

VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M.A. Response and scoring models for the "Views on Science Technology-Society" instrument. *International Journal of Science Education*, v. 21, n. 3, p. 231-247, 1999.

ANEXO 1. Comentários para as afirmações e respostas esperadas tomando como base uma CNC madura, relativos à **Situação 1,** do questionário *VENCCE.*

Sit.	*Nº*	*Código*	*Sub tema*	*Comentários*	*Classe*	*Cnc Madura*
1	1	S1A	T1A	A observação e o raciocínio científicos estão baseados em evidências e elas são fundamentais para formular uma conclusão.	A	9
	2	S1B	T1D	Diferentes fontes de dados podem ser generalizadas para uma conclusão única se eles se confirmarem entre si (robustez).	A	9
	3	S1C	T1F	Os mesmos dados podem levar a diversas conclusões dependendo do referencial teórico do pesquisador. A conclusão é válida, porém, ainda que não fosse (por ser a descrição insuficiente para avaliar isso) a justificativa dessa afirmação não está correta.	P	5
	4	S1D	T1C, T10A	As evidências de uma pesquisa científica precisam ser íntegras. Existem normas para a manipulação de dados científicos, possibilitando a possível validação e verificação de pares.	A	9
	5	S1E	T2A	Experimentos controlam uma ou mais variáveis. Eles podem ser realizados em laboratório ou não.	I	1
	6	S1F	T2A	Experimentos controlam uma ou mais variáveis. Eles podem ser realizados em laboratório ou não.	A	9
	7	S1G	T9C	É uma prática científica e não usou modelos animais. Nem sempre as práticas científicas são éticas, embora haja atualmente um esforço coletivo para tal.	P	5
	8	S1H	T7A	Por vezes um cientista busca confirmar aquilo que ele já sabe, para fortalecer uma teoria por exemplo, e essa prática também é científica.	I	1
	9	S1I	T9B	A ciência usa modelos e organismos modelos em diferentes contextos e com diferentes finalidades.	I	1
	10	S1J	T9B, T9C	O uso de cobaias não é obrigatório na ciência, essa é apenas uma das muitas práticas científicas.	I	1
	11	S1K	T2G	As hipóteses são importantes para a investigação científica e auxiliam na sistematização e clareza dos estudos.	A	9
	12	S1L	T3E, T9A	A imaginação e a síntese criativa são importantes em todas as etapas da ciência. Envolve desde o desenho experimental até à conclusão, incluindo portanto novos métodos de investigação.	A	9
	13	S1M	T1A	Um dado pode ser uma exceção, ele passa a ser uma evidência quando há um conjunto de dados.	I	1

ANEXO 1. Comentários para as afirmações e respostas esperadas tomando como base uma CNC madura, relativos à **Situação 2,** do questionário *VENCCE.*

Sit.	*Nº*	*Código*	*Sub tema*	*Comentários*	*Classe*	*Cnc Madura*
2	14	S2A	T1A	A observação e o raciocínio científico estão baseados em evidências e elas são fundamentais para formular uma conclusão.	A	9
	15	S2B	T10E	Os cientistas tem uma responsabilidade social (mesmo que não procurem por isso) na busca por soluções de problemas e na comunicação e divulgação de seus resultados. Mas isso não é obrigatório. Muitos trabalhos ajudam a construir o conhecimento e não necessariamente terão uma aplicação exclusiva e direta para a vida humana.	P	5
	16	S2C	T6F	Explicita o processo de tomada de decisão dos cientistas.	A	9
	17	S2D	T7A	Os dados coletados estão relacionados com a teoria. Assinalar 9 nessa afirmação revela uma visão ingênua.	I	1
	18	S2E	T2C	Nem todos os dados são quantitativos, essa é uma confusão comum e por vezes os dados qualitativos são desconsiderados da visão de ciência.	I	1
	19	S2F	T4A, T10E	É uma prática científica. Contempla a motivação e responsabilidade (social) dos cientistas.	I	1
	20	S2G	T10B	Os gráficos são importantes na apresentação dos resultados, mas não são exclusivos, há outras formas (esquemas, tabelas, diagramas, imagens, textos) de apresentar dados e sintetizar resultados.	I	1
	21	S2H	T6F	Os cientistas podem decidir sobre várias etapas de um trabalho científico: referencial teórico que irão utilizar, metodologia empregada, forma de análise dos dados, onde e como publicar seus resultados, adoção de parcerias ou não, etc. Os cientistas possuem liberdade acadêmica.	A	9
	22	S2I	T6F	Não existe um método científico único. Os cientistas podem decidir sobre várias etapas de uma pesquisa científica, inclusive qual método irão utilizar e se irão adotar ou criar um método novo.	I	1
	23	S2J	T6F	Não existe apenas um método na ciência. A amostragem é fundamental para compreensão de padrões e importante para formulação e comprovação de leis e teorias. Estudos descritivos também são fundamentais na ciência, não apenas os experimentais. Essa é uma característica importante, por exemplo, de áreas como a Ecologia.	I	1
	24	S2K	T1E, T2C, T2E	O exemplo não menciona os valores estatísticos da correlação. O uso da correlação não invalida o estudo, pode enfraquecer as evidências, mas não invalidá-las. Essa também é uma prática comum de várias áreas. Além disso a inferência é uma prática científica válida e comum.	I	1
	25	S2L	T2D, T2F	Não existe apenas um método na ciência. A amostragem é fundamental para compreensão de padrões e importante para formulação e comprovação de leis e teorias. Estudos descritivos são relevantes na ciência, não apenas os experimentais. Essa é uma característica importante, por exemplo, de áreas como a Ecologia.	A	9
	26	S2M	T2D, T2F	Não existe apenas um método na ciência. A amostragem é fundamental para compreensão de padrões e importante para formulação e comprovação de leis e teorias. Estudos descritivos são relevantes na ciência, não apenas os experimentais. Essa é uma característica importante, por exemplo, de áreas como a Ecologia. Além disso um conjunto de dados pode vir a se tornar uma evidência.	I	1

ANEXO 1. Comentários para as afirmações e respostas esperadas tomando como base uma CNC madura, relativos à **Situação 3,** do questionário *VENCCE.*

Sit.	*Nº*	*Código*	*Sub tema*	*Comentários*	*Classe*	*Cnc Madura*
3	27	S3A	T6E	A discussão e a busca pela resolução de pontos discordantes é uma prática comum na ciência.	A	9
	28	S3B	T3C, T3D	A ciência não tem um posicionamento único. Há a possibilidade de explicações alternativas para um dado evento. Além disso, o conhecimento científico é tentativo e portanto passível de erro.	I	1
	29	S3C	T6D	Na ciência há discordâncias, que podem ocorrer por vários fatores, dentre eles as limitações de perspectivas teóricas.	I	1
	30	S3D	T6B, T6E, T8B	Há uma busca por: sistematização, investigação, precisão e criticidade na ciência. Características que ajudam a formular e sustentar argumentos. A ciência se diferencia do senso comum justamente por isso.	A	9
	31	S3E	T3D, T6B	A ciência possui conhecimento temporário e tentativo, priorizando o uso de evidências para adotar um posicionamento.	I	1
	32	S3F	T6C	A revisão de pares é fundamental para fortalecer um ponto de vista.	A	9
	33	S3G	T6D	As perspectivas teóricas podem ser limitadas (por exemplo pela escala, temporal ou espacial, do estudo). Há portanto alternativas e críticas para diversos posicionamentos.	A	9
	34	S3H	T6A	A colaboração entre os cientistas é uma prática comum para fortalecer posições teóricas e trocar experiências.	A	9
	35	S3I	T6B, T6E, T8B	A persuasão é uma *possibilidade* na ciência, mas um posicionamento científico pode depender de outros fatores (históricos, econômicos, sociais, culturais, políticos, pessoais, institucionais, etc)	P	5
	36	S3J	T3D, T6D	A persuasão é uma possibilidade na ciência, mas um posicionamento científico pode depender de outros fatores (históricos, econômicos, sociais, culturais, políticos, pessoais, institucionais, etc). Além disso o conhecimento científico é temporário e tentativo, dessa forma as perspectivas teóricas também estão atreladas a tais fatores.	I	1
	37	S3K	T6D	Isso não é verdade, já que há diferentes fontes de evidência (assim como diversos métodos) para chegar a uma mesma conclusão.	I	1
	38	S3L	T2F	Não há um método científico único. Geralmente atribuiu-se à experimentação ou ao método Popperiano o *status* de "o método científico", o que não é verdadeiro. Práticas descritivas, de amostragem ou modelagem também são práticas científicas metodológicas frequentemente empregadas na ciência, particularmente frequentes em áreas como a Ecologia.	I	1
	39	S3M	T8B	A ciência, por ser uma atividade humana, também pode estar subordinada a conflitos de interesse (políticos, econômicos, sociais, culturais, institucionais, pessoais, etc). Aqui achamos que a afirmação é adequada pois há a possibilidade de resolução do conflito, entretanto a justificativa é problemática.	A	5
	40	S3N	T8B	A ciência, por ser uma atividade humana, também pode estar subordinada a conflitos de interesse (políticos, econômicos, sociais, culturais, institucionais, pessoais, etc).	A	9

ANEXO 1. Comentários para as afirmações e respostas esperadas tomando como base uma CNC madura, relativos à **Situação 3,** do questionário *VENCCE.*

Sit.	*Nº*	*Código*	*Sub tema*	*Comentários*	*Classe*	*Cnc Madura*
3	41	S3O	T5A	A ciência não é neutra. Isso porque o cientista, em geral, tem um posicionamento (teórico, ideológico, político, religioso, etc).	I	1
	42	S3P	T4B	Há um espectro de personalidades (gostos, escolhas, hábitos, gêneros, etc) na ciência e isso pode ou não interferir na produção científica.	A	9
	43	S3Q	T10F	Uma das formas de comunicação entre os cientistas ocorre por meio de revistas específicas.	I	1
	44	S3R	T10C, T10F	Uma das formas de comunicação entre os cientistas ocorre por meio de revistas específicas e elas precisam ter credibilidade para a comunidade científica (como um bom fator de impacto, por exemplo).	I	1
	45	S3S	T10C	Uma das formas de comunicação entre os cientistas ocorre por meio de revistas específicas e elas precisam ter credibilidade para a comunidade científica (como um bom fator de impacto, por exemplo). Quanto maior o fator de impacto de uma revista, maiores serão as chances de um artigo ser tomado como referência.	A	9
	46	S3T	T3B	O uso de analogia para formular explicações é uma prática comum na ciência.	I	1
	47	S3U	T3B	A presença de interdisciplinaridade é uma das características da ciência.	I	1
	48	S3V	T10D	Fraudes prejudicam um posicionamento e um cientista. Fraudes podem invalidar um posicionamento.	A	9
	49	S3W	T8A, T8B	Fontes de financiamento são fundamentais para a pesquisa, entretanto elas podem restringir temas pesquisados.	I	1
	50	S3X	T6E, T10C, T10F	A discussão e a busca pela resolução de pontos discordantes é uma prática científica. Ao assinalar essa opção com um 9 o aluno também pode estar assumindo que não há erros na ciência.	I	1
	51	S3Y	T2G	Há a busca pela formulação de hipóteses que possam ser testadas, mas elas precisam ser confrontadas com a realidade.	P	5
	52	S3Z	T3D	A ciência possui conhecimento temporário e tentativo, sendo portanto passível de erros.	I	1

ANEXO 1. Comentários para as afirmações e respostas esperadas tomando como base uma CNC madura, relativos à **Situação 4,** do questionário *VENCCE.*

Sit.	*Nº*	*Código*	*Sub tema*	*Comentários*	*Classe*	*Cnc Madura*
4	53	S4A	T11A	Um dos objetivos da ciência é formular teorias. Para isso, geralmente os cientistas buscam generalizar os seus "recortes de pesquisa" nas conclusões de um trabalho.	A	9
	54	S4B	T11B	Essa é uma definição (madura) possível de teoria	A	9
	55	S4C	T2G, T11C	Da síntese do conhecimento na área, dependente da criatividade e da imaginação do cientista. Dos experimentos não saem dados diretos para formular uma teoria, embora possam fortalecer uma. Além disso, os dados podem não ser obtidos via experimentação.	I	1
	56	S4D	T11A, T11B	O uso do termo “pois” tem a função de evidenciar que *só por ter teoria* isso a torna uma ciência. A Ecologia é uma ciência por ter outras características também (busca pela investigação, sistematização, precisão, criticidade, etc). O uso de teorias para sintetizar o conhecimento de uma área é importante, mas sem as outras características da ciência teríamos apenas um resumo.	P	5
	57	S4E	T7A, T11A	Há um viés de confirmação dos cientistas. Eles possuem conhecimento antes de procurar algo ingenuamente. Esse é um mito comum geralmente associado ao considerar apenas o método Popperiano de fazer ciência.	A	9
	58	S4F	T3E	As teorias são formuladas pela síntese de várias ideias, o que revela o processo criativo do cientista.	A	9
	59	S4G	T2G, T11B	Não se testa uma teoria, mas uma hipótese. Pode-se testar a hipótese de que a teoria está correta. Teorias também derivam do processo criativo e da síntese do conhecimento de uma área.	P	5
	60	S4H	T2G, T2F, T11B	Não se testa uma teoria. Um experimento não é a única forma de se fazer ciência.	I	1
	61	S4I	T11A	Um dos objetivos da ciência é formular teorias. Para isso, geralmente os cientistas buscam generalizar os seus "recortes de pesquisa" nas conclusões de um trabalho.	A	9
	62	S4J	T3E, T11C	O cientista também usa a criatividade e a imaginação, juntamente com o seu conhecimento para sintetizar uma ideia.	A	9
	63	S4K	T3A	A história e a criatividade são relevantes na ciência. As evidências que já existem devem ser consideradas para a escolha ou formulação de uma teoria, já que os dados existentes também são fontes de evidências e contam uma história.	A	9
	64	S4L	T11C	O termo "teoria" usado no contexto científico difere do termo "teoria" usado no cotidiano. Na ciência, teoria não é uma possibilidade (como usado no cotidiano), ela possui evidências (apoiadas em dados) que a sustentam.	I	1
	65	S4M	T2G, T11C	Teorias e hipóteses não são termos equivalentes. Uma das definições para teoria é a que colocamos na afirmação 6B. Já a hipótese além de poder ser testada é uma possibilidade de resposta para uma pergunta científica.	I	1

ANEXO 1. Comentários para as afirmações e respostas esperadas tomando como base uma CNC madura, relativos à **Situação 4,** do questionário *VENCCE.*

Sit.	*Nº*	*Código*	*Sub tema*	*Comentários*	*Classe*	*Cnc Madura*
4	66	S4N	T3D	A ciência possui conhecimento temporário e tentativo, sendo portanto passível de erros.	A	9
	67	S4O	T11A, T11B	As teorias são formuladas pela síntese de várias ideias. Os cientistas as usam para embasar as diferentes etapas da prática científica.	A	9
	68	S4P	T3A, T7A	Os dados de campo contribuem fornecendo evidências para uma teoria. Nem sempre práticas científicas são inovadoras, mas isso também é relevante para o progresso da ciência.	I	1
	69	S4Q	T7A, T11A	O conhecimento do sistema de estudo é desejável, mas o cientista pode desconhecer a teoria ou ela pode não existir ainda. A ciência avança com problemas e nem sempre com observações puras da realidade. A afirmação não está errada para ser considerada ingênua. Mas não está totalmente correta para considerada adequada.	P	5
	70	S4R	T7A, T11A, T11B	Os cientistas têm posicionamentos pessoais. A ciência não é neutra. Embora o ideal fosse considerar apenas para as evidências, nem sempre isso ocorre. Consideramos a afirmação como parcialmente adequada porque possivelmente há o reconhecimento da busca por uma adequação teórica do trabalho científico.	P	5
	71	S4S	T2G, T11A, T11B	As teorias são originadas pela integração de leis e hipóteses e permitem fazer previsões sobre o mundo.	A	9

ANEXO 1. Comentários para as afirmações e respostas esperadas tomando como base uma CNC madura, relativos à **Situação 5,** do questionário *VENCCE.*

Sit.	*Nº*	*Código*	*Sub tema*	*Comentários*	*Classe*	*Cnc Madura*
5	72	S5A	T1B	Um dos pressupostos da ciência é a sistematização dos seus métodos.	A	9
	73	S5B	T2F	Não existe apenas um método na ciência, a experimentação é um dos métodos possíveis. Outros métodos possíveis podem ser a amostragem, a modelagem e o estudo de caso.	I	1
	74	S5C	T2D	A replicação e o tamanho de uma amostra são importantes para descrever padrões da natureza. Entretanto, as generalizações também são dependentes de escalas e outras características específicas de certos sistemas de estudo. Nem sempre é possível, por exemplo, estudar um ecossistema e generalizar seus padrões para outros ecossistemas, por isso consideramos como uma afirmação Parcialmente adequada.	P	5
	75	S5D	T2D	A replicação e o tamanho de uma amostra são importantes para descrever padrões da natureza. Entretanto, as generalizações também são dependentes de escalas e outras características específicas de certos sistemas de estudo. Nem sempre é possível, por exemplo, estudar um ecossistema e generalizar seus padrões para outros ecossistemas, por isso consideramos como uma afirmação Parcialmente adequada.	P	5
	76	S5E	T2E, T1E	Durante uma investigação, deve-se levar em conta a possibilidade de o fenômeno observado acontecer pelo acaso. Essa possibilidade deve ser considerada estatisticamente.	A	9
	77	S5F	T10B	Os gráficos são importantes para a interpretação dos resultados, mas não são a única forma de apresentá-los. Outras formas de apresentação são válidas, já que há dados de diferentes naturezas (como imagens, textos, etc) e não apenas os numéricos. As fontes de evidências são diversas.	I	1
	78	S5G	T1C	Para que tenha validade, a coleta de dados exige cuidados, isso inclui eliminar os possíveis erros amostrais e de coleta (como erros humanos, erros de medida, erros por falta de padronização, etc).	I	1
	79	S5H	T2C	O exemplo usa a amostragem como método. Nesse caso é importante que os dados recebam tratamento estatístico adequado, para que sejam eliminadas as chances do fato observado ser devido ao acaso, por exemplo. Com isso os dados serão mais confiáveis.	A	9
	80	S5I	T2C	Há uma variedade de tratamentos estatísticos, com particularidades e restrições com relação aos tipos de dados em que serão empregados. A escolha inadequada de um tratamento estatístico pode comprometer uma conclusão.	A	9
	81	S5J	T2G	Dentre as metas da ciência está: formular hipóteses que possam ser testadas, confrontá-las com a experiência, corrigi-las e aperfeiçoá-las.	A	9

Quais os possíveis fatores associados às concepções sobre a natureza da ciência dos estudantes de Biologia no Brasil?

RESUMO: O presente trabalho descreve os resultados da investigação das concepções sobre a natureza da ciência (CNC) de estudantes de Biologia. Testamos quatro possíveis fatores que podem estar associados às CNC encontradas: nível de formação, modalidade da graduação, contato com elementos de formalização científica em disciplinas e participação em iniciação científica (IC). Também avaliamos quais aspectos da natureza da ciência são menos compreendidos entre todos os estudantes de Biologia e entre as modalidades desse curso. A amostra foi composta por 691 alunos de graduação em Ciências Biológicas das modalidades bacharelado e licenciatura de 14 universidades brasileiras. Os participantes responderam um questionário contextualizado (*VENCCE*), que contém cinco situações de pesquisa em Ecologia, cujas respostas resultam em um índice de maturidade de CNC. Os participantes também responderam questões pessoais sobre a sua formação, com o objetivo de identificarmos os possíveis fatores associados às CNC. Os resultados sugerem que as CNC não variam entre os níveis de formação, nem com o contato com disciplinas que abordam temas de formalização científica ou com a participação em IC. Entretanto, as CNC podem estar relacionadas com a modalidade da graduação, pois os alunos da licenciatura apresentaram CNC mais ingênuas. Identificamos que os aspectos da natureza da ciência que apresentaram índices de maturidade mais baixos estão relacionados às práticas experimentais e à natureza das teorias científicas. Discutimos as implicações desses resultados para a formação de cientistas e professores da área de Ciências Biológicas.

PALAVRAS-CHAVE: concepções sobre a natureza da ciência, ensino superior, formação de cientistas, formação de professores, questionários.

INTRODUÇÃO

A expressão *natureza da ciência* está associada à forma como a ciência funciona, como os cientistas coletam, interpretam e utilizam dados para as pesquisas científicas, como o conhecimento científico é produzido e construído e qual a relação dessas fatores com a sociedade. Embora haja variações quanto ao seu significado (ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000a), os pesquisadores em ensino de ciências parecem concordar quanto aos principais aspectos da natureza da ciência (MCCOMAS et al., 2002). Dentre os aspectos de maior consenso estão inclusos: a ausência de um método único na ciência, a relação entre ciência e sociedade, o papel da criatividade e da colaboração entre os cientistas para a

produção do conhecimento, o caráter tentativo da ciência, o uso de evidências empíricas e da lógica e a relação entre leis e teorias (MCCOMAS et al., 2002; LEDERMAN, 2007; PARASKEVOPOULOU & KOLIOPOULOS, 2011; ABD-EL-KHALICK, 2012).

O número de trabalhos que investigam as concepções sobre a natureza da ciência (CNC) tem crescido nos últimos anos (AZEVEDO, 2015), o que se deve, provavelmente, à preocupação em incluir o metaconhecimento científico (MCCOMAS & OLSON, 1998; ACEVEDO-DÍAZ, 2005) nos diversos níveis de ensino. Grande parte das pesquisas sobre CNC está focada nos erros dos estudantes da educação básica quanto aos aspectos da natureza da ciência e em como a educação científica pode contribuir para o amadurecimento dessas concepções (LEDERMAN, 1992). Há também trabalhos voltados para investigação das CNC de professores em exercício ou em formação (e.g. SHAPIRO, 1996; TOSUN, 2000; ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000a; ACEVEDO-DÍAZ & ACEVEDO-ROMERO, 2002; AKERSON et al., 2006; BELL et al., 2011).

Considerando que as pesquisas sobre CNC tiveram início em meados de 1970 (LEDERMAN, 1992), o interesse em comparar as CNC entre diferentes grupos de estudantes (sobretudo fora da educação básica) e de profissionais é relativamente recente. Jehng e colaboradores (1993) realizaram um levantamento entre estudantes universitários e descobriram que alunos que cursavam áreas relacionadas com ciências sociais, artes e humanidades são mais propensos a aceitar que o conhecimento é incerto, do que os estudantes de ciências naturais, engenharia e negócios. Na mesma linha, Liu e Tsai (2008), ao investigarem 220 estudantes universitários, verificaram que aqueles de áreas relacionadas às ciências naturais possuíam uma visão mais ingênua quanto aos aspectos culturais e ao papel das teorias na construção do conhecimento, em comparação com alunos de outras áreas.

Pesquisadores também têm buscado compreender se há um padrão global relacionado às CNC de estudantes ou se fatores regionais e culturais podem exercer alguma influência sobre elas. Embora alguns autores afirmem que CNC ingênuas sejam uma tendência global, alguns estudos têm demonstrado que não (LEDERMAN, 1992). Dogan e Abd-El-Khalick (2008) compararam as CNC de mais de 2000 estudantes de diferentes regiões da Turquia e relataram que os alunos de regiões rurais possuíam concepções mais ingênuas em comparação com aqueles de áreas urbanas. Um levantamento de CNC entre estudantes coreanos identificou que nesse grupo há uma tendência em apresentar uma visão de ciência voltada ao progresso e ao desenvolvimento (KANG et al., 2005), visão recorrente também em outros países asiáticos (KAWASAKI, 1996). No Brasil, os trabalhos que investigam CNC ainda são escassos (AZEVEDO, 2015), sobretudo em larga escala.

O levantamento de CNC e a comparação entre diferentes grupos é relevante porque, ao expor contrastes, permite estabelecer possíveis estratégias para melhoria dessas concepções. Há um número grande de trabalhos voltados para investigação das CNC na educação básica, possibilitando assim comparações entre grupos de estudantes de diferentes culturas e que são submetidos a abordagens de ensino distintas (e.g. PARK et al., 2013) Entretanto, no ensino superior, os estudos sobre CNC estão em grande parte voltados apenas para cursos de licenciatura e raramente testam fatores que possam estar relacionados às CNC encontradas.

Poucos trabalhos têm buscado identificar quais as CNC de cientistas (e.g. POMEROY, 1993; PETRUCCI, 2001; WONG & HODSON, 2009) e de estudantes universitários de cursos com carreiras tradicionalmente científicas (e.g. FELDMAN et al., 2009; FELDMAN et al., 2013). Investigar as CNC em cursos superiores cujos estudantes tendem a seguir carreiras científicas (como Biologia, Física e Química) é relevante pois permite detectar o modo como esse grupo enxerga a construção do conhecimento e como certos mitos podem estar enraizados também

no ambiente acadêmico (HARDING & HARE, 2000; FELDMAN et al., 2013). A falta de atenção dos pesquisadores em ensino de ciências para esse público (DELAMONT & ATKINSON, 2001) tem resultado em um número reduzido de trabalhos. Os poucos levantamentos existentes fora da educação básica e dos cursos de licenciatura têm revelado uma grande variação nas CNC. Ao comparar as concepções de cientistas e professores, Pomeroy (1993) encontrou heterogeneidade entre os cientistas, mas um número significativo de visões consideradas empiristas. Schwartz & Lederman (2008) relataram diferenças entre as CNC conforme a área de pesquisa dos participantes (Física, Biologia ou Química), mas indicaram que mais de 65% dos participantes reconheceram o papel da criatividade no trabalho dos cientistas em oposição com uma visão de ciência fundamentada estritamente em dados empíricos. Bayir e colaboradores (2014) investigaram CNC de cientistas de diversas áreas (como Ciências Sociais e Ciências da Natureza) e concluíram que as CNC não estão relacionadas com a área de estudo dos pesquisadores, havendo um balanço entre CNC ingênuas e maduras entre os grupos que analisaram. Esses estudos deixaram em aberto suas conclusões, especialmente pela necessidade de investigações adicionais com as quais pudessem dialogar, convidando outros pesquisadores a também investirem esforços na investigação de CNC de cientistas em exercício ou em formação. Para nós, tal análise torna-se ainda mais urgente, quando consideramos que muitos dos docentes envolvidos nos cursos superiores (tanto de formação de cientistas, como de professores) advêm de cursos estritamente conceituais e, frequentemente, desprovidos da reflexão acerca dos aspectos da natureza da ciência, possuindo também potencialmente CNC ingênuas.

Considerando a importância do tema e a lacuna no contexto brasileiro de investigações que estabeleçam relações entre as CNC e os possíveis fatores relacionados a elas, nosso trabalho pretende responder a duas grandes questões:

(A) Quais os fatores relacionados à formação dos profissionais de Ciências Biológicas (cientistas e professores de Biologia) que podem influenciar as CNC desse público? Para essa questão, investigamos quatro possíveis fatores, apresentados a seguir com as nossas hipóteses e predições:

(i) Nível de formação: esperamos que o nível de formação (início ou fim da graduação) seja um fator que influencie as CNC e que alunos que estão no final da graduação apresentem CNC mais maduras.

(ii) Modalidade da graduação: considerando os trabalhos que identificaram diferenças entre estudantes e cientistas de diferentes áreas, esperamos encontrar diferenças entre as modalidades e que os alunos da licenciatura apresentem CNC mais maduras em comparação com os alunos do bacharelado, devido à presença de mais disciplinas da área de humanas.

(iii) Contato com temas de formalização científica em disciplinas da graduação: esperamos que um maior contato com temas de formalização científica contribua para o desenvolvimento de CNC mais maduras.

(iv) Participação em iniciação científica (IC): esperamos que o contato com a produção do conhecimento, viabilizado pela IC, contribua para o desenvolvimento de CNC mais maduras. Caso a IC esteja associada a CNC mais maduras, queremos avaliar também se a área da Biologia relacionada à IC tem algum papel nas CNC encontradas.

(B) Há diferenças no entendimento de determinados aspectos da natureza da ciência? Esperamos que sim e nos interessa saber se essas diferenças são as mesmas entre os alunos da licenciatura e do bacharelado.

MÉTODOS

Coleta e amostra

A coleta de dados só foi possível devido à contribuição voluntária de docentes de diversas instituições de ensino superior distribuídas pelo Brasil, os quais forneceram tempo de aula para que os estudantes participassem da pesquisa. Entramos em contato com 58 docentes, via correio eletrônico, informando os objetivos da pesquisa, desses 34 retornaram contato e 16 efetivaram a aplicação. Na maioria das instituições, a aplicação foi realizada por nós no tempo acordado com os docentes (40 minutos aproximadamente) e em algumas enviamos os questionários impressos por correio.

A participação dos estudantes na pesquisa foi voluntária e todos que concordaram em contribuir assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (presente na primeira página do instrumento), informando os objetivos do levantamento e assegurando a eles o sigilo das informações e respostas fornecidas. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (Parecer nº 1.133.412). Os respondentes também receberam por escrito as instruções sobre o preenchimento do questionário e as recomendações para que o respondessem de forma anônima e individual.

Os questionários foram aplicados em 14 universidades, sendo 78,6% pertencentes à região sudeste do Brasil, 7% da nordeste, 7% da norte e 7% da sul. Do total, 78% são públicas e 22% são particulares. Obtivemos 691 questionários válidos, descartamos desse número os entregues totalmente em branco (apenas 4) e aqueles com mais de 15% de respostas rasuradas ou incompletas. Também descartamos os questionários de alunos que cursaram outra graduação anteriormente (6). Do total de respondentes, 65% eram mulheres, 34% homens e

1% optaram por não declarar o sexo do nascimento. Quanto às idades, 51% possuíam entre 16 e 20 anos, 41% entre 21 e 25 e 8% entre 26 e 44. Cerca de 58% dos alunos estavam no começo da graduação (cursaram até o 3º semestre) e 42% no final (cursaram mais de 6 semestres) (Tabela 1).

Tabela 1. Características das universidades e dos alunos que compõem a amostra.

Universidade	*Região do Brasil*	*Tipo de universidade*	*Total de alunos*	*Número de mulheres*	*Número de homens*	*Indivíduos que não declararam o sexo*	*Número de alunos no início da graduação*	*Número de alunos no final da graduação*
1	Sudeste	Pública	93	51	40	2	93	0
2	Sudeste	Pública	72	49	23	0	31	41
3	Sul	Pública	71	44	27	0	31	40
4	Sudeste	Pública	68	42	26	0	49	19
5	Sudeste	Pública	52	38	13	1	18	34
6	Sudeste	Pública	49	30	19	0	26	23
7	Norte	Pública	49	43	6	0	21	28
8	Sudeste	Pública	46	31	14	1	39	7
9	Nordeste	Pública	42	23	18	1	22	20
10	Sudeste	Pública	40	30	9	1	0	40
11	Sudeste	Particular	36	19	16	1	22	14
12	Nordeste	Pública	27	16	11	0	19	8
13	Sudeste	Particular	24	15	9	0	17	7
14	Sudeste	Particular	22	18	4	0	13	9
	TOTAL		*691*	*449*	*235*	*7*	*401*	*290*

Instrumento de pesquisa

Usamos o questionário *VENCCE* (**V**isões de **E**studantes sobre a **N**atureza da **C**iência por meio da **C**ontextualização em **E**cologia), que foi elaborado com o objetivo de investigar as CNC de estudantes de Ciências Biológicas (AZEVEDO, 2015). O questionário possui cinco situações que têm a Ecologia como tema, com o propósito de fornecer situações autênticas da formação e atuação dos profissionais de Ciências Biológicas. Para que uma visão de ciência seja considerada madura, o *VENCCE* destaca os aspectos da natureza da ciência que precisam ser compreendidos tanto por cientistas em formação quanto por professores em formação. Para a elaboração desse instrumento, partiu-se da premissa de que um entendimento funcional dos estudantes sobre a natureza da ciência pode ser acessado com a interpretação de situações científicas. Dessa forma, a interpretação de situações que descrevem práticas científicas poderão refletir o nível real das CNC mais do que a concordância ou a discordância com afirmações descontextualizadas. Quanto às dimensões teóricas, o *VENCCE* contempla dez Temas Epistemológicos (Tabela 2). A confiabilidade do questionário, estimada segundo o coeficiente *Alfa de Cronbach*, foi considerada adequada e é capaz de medir o que se propõe (AZEVEDO, 2015).

Cada uma das cinco situações do questionário é seguida de afirmações (81 ao longo de todo o instrumento) que possuem uma escala variando de 1 a 9, na qual os respondentes devem marcar o seu grau de concordância. O grau do concordância assinalado é valorado segundo uma escala, produzindo um *Índice de Maturidade* (*IM*) das CNC, inspirado no índice utilizado no trabalho de Manassero e Vázquez (2001). Para o cálculo do *IM,* é levado em consideração a classe das afirmações, que podem ser *Adequadas, Parcialmente adequadas* ou *Ingênuas.* O *IM* reflete a aproximação dos respondentes de uma visão considerada madura perante

os aspectos apresentados. Quanto mais próximo de **+1**, mais madura são as CNC e quanto mais próximo de **-1**, mais ingênuas.

Tabela 2. Composição teórica do questionário *VENCCE*.

	Tema Epistemológico	*Número de afirmações*
A	Observação e raciocínio	10
B	Métodos de investigação	23
C	História e criatividade	13
D	Contexto humano e cultura	3
E	Interação entre os cientistas	15
F	Processos cognitivos	6
G	Economia e financiamento	5
H	Instrumentação e práticas experimentais	4
I	Transmissão do conhecimento	11
J	Características das teorias científicas	17
	Total de afirmações	81*

*O *VENCCE* possui 81 afirmações, porém, algumas delas contemplam mais de um Tema Epistemológico.

Para traçar o perfil dos estudantes, elaboramos questões pessoais (como idade, gênero, formação dos pais e tipo de escola cursada no ensino médio), questões relativas ao histórico de graduação (semestres cursados, modalidade do curso, contato com elementos de formalização científica em disciplinas da graduação e a participação em IC) e questões sobre pretensões futuras. Apresentamos aqui apenas as questões analisadas neste trabalho (Tabela 3).

Tabela 3. Questões declarativas usadas para separar os respondentes em diferentes perfis.

Pergunta	*Opções de resposta presentes no questionário*
1. Quantos semestres do curso você já completou?	
2. Essa é sua primeira graduação?	[A] Sim [B] Não
3. Qual a modalidade do seu curso?	[A] Bacharelado [B] Licenciatura [C] Ambas
4. Você já fez iniciação científica?	[A] Sim [B] Não, mas tenho interesse [C] Não e não tenho interesse [D] Não sei o que é isso
5. Caso já tenha feito iniciação científica, escreva em qual área.	
6. Durante o seu curso você frequentou disciplinas que abordassem formalmente temas de:*	[A] Conhecimento Científico [B] Filosofia da Ciência [C] História da Ciência [D] Métodos Científicos [E] Natureza da Ciência [F] Pensamento Crítico [G] Práticas Científicas
7. O que você pretende fazer quando terminar o seu curso?	[A] Seguir a carreira acadêmica [B] Seguir uma carreira técnica na área de biológicas. Atuar, por exemplo, em: consultoria, análises laboratoriais, assessoria e gestão ambiental, vigilância sanitária, ecoturismo, paisagismo, parques, museus, perícia, controle de pragas, biorremediação, bioética, etc. [C] Dar aula na educação básica [D] Cursar outra faculdade [E] Seguir outra profissão [F] Não sei ainda

*Cada disciplina poderia ser assinalada com "*Sim*", "*Não*" ou "*Não sei*".

Análise dos dados

O uso do *IM* é interessante porque ele permite calcular tanto um índice geral de maturidade (que considera todas as afirmações do questionário), quanto um índice associado a diferentes grupos de afirmações. Para o seu cálculo é levado em consideração tanto a valoração, conforme a classe da afirmação, quanto o número de afirmações para cada classe. Entretanto, como no *VENCCE* os alunos também têm a opção de assinalar a opção "*Não sei*" (opção incluída para reduzir as ambiguidades), nem sempre é possível calcular o *IM* para um grupo de afirmações. Dessa forma, sempre que um aluno assinala a opção "*Não sei*" o cálculo do *IM* fica comprometido, pois o número total de afirmações de uma determinada classe (*Adequadas, Parcialmente adequadas* ou *Ingênuas*) para aquele aluno é diferente do total dos demais alunos, comprometendo a comparação legítima entre os alunos. Assim, quando um aluno assinalou a opção "*Não sei*" suas respostas precisaram ser excluídas das análises para um dado agrupamento de afirmações.

Para a escolha dos testes estatísticos adequados, inicialmente verificamos se os dados seguiam ou não a distribuição normal, considerando os *IM*s dos grupos que comparamos. Alguns autores sugerem que o teste de normalidade pode ser dispensado para amostras acima de 30 indivíduos (PESTANA & GAGEIRO, 2003). Mesmo com uma amostra grande para todas as comparações, verificamos a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, assumindo um $p<0,05$ como significativo, e pela análise visual da distribuição dos dados (KANJI, 2006). Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* R (2011) e consideraram que os dados são aninhados (MANGIAFICO, 2015), pois alunos de uma mesma universidade são mais parecidos entre si do que alunos de universidades diferentes.

Para responder à primeira pergunta do trabalho, as CNC foram comparadas entre os diferentes grupos de alunos, considerando o *IM* de todas as afirmações do

VENCCE, formando o índice geral de maturidade das CNC (IM_G). O tratamento estatístico foi aplicado aos valores do IM_G com a utilização de dois testes principais, assumindo um $p<0,05$ como significativo: o teste não paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon (U) para comparação entre dois grupos (KANJI, 2006) e o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (K) seguido do teste *post hoc* de Dunn para a comparação dos IM_G entre mais de dois grupos (MANGIAFICO, 2015).

Para responder à segunda pergunta do trabalho, verificamos se há diferença entre os *IM* dos Temas Epistemológicos (IM_{TE}), por meio da ANOVA, seguida do teste *post hoc* de Turkey. A diferença entre os IM_{TE} conforme a modalidade da graduação, foi verificada pela ANOVA de dois fatores (MANGIAFICO, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação dos fatores relacionados à formação e que podem influenciar as CNC

O uso do *IM* para avaliar as CNC dos 691 estudantes resultou em um $\overline{IM}_G=0,23\pm0,11$. Dada a escala do índice (que varia de +1 a -1), essa média pode ser considerada moderadamente positiva, embora seu valor ainda esteja distante do valor máximo do *IM.* Houve uma grande variação entre os valores do IM_G dos estudantes e alguns dos fatores que investigamos poderão elucidar melhor as possíveis causas relacionadas a tal variação.

Para responder nossa primeira pergunta de pesquisa, fizemos quatro comparações entre os diferentes grupos de estudantes. A primeira delas foi entre os valores do IM_G dos alunos que estão no início da graduação (58% da amostra) e os que estão no final (42%). Em oposição a nossa hipótese, as análises mostraram que as CNC não variam conforme o nível de formação dessa amostra ($U=73,52$ e $p=0,07$). Tal resultado é preocupante, pois indica que as CNC praticamente não

apresentam mudanças ao longo do curso, estando pouco relacionadas com as disciplinas cursadas ou com a carga horária.

A segunda comparação que fizemos foi entre os valores do IM_G dos alunos das três modalidades da graduação: 37% de estudantes de bacharelado, 26% de licenciatura e 27% de ambas as modalidades. As análises indicam que a modalidade é um fator que pode afetar as CNC dos estudantes (K=12,47 e p=0,002) e, entre os três grupos, a licenciatura é o que apresentou o IM_G mais baixo (Figura 1). Alunos que cursam tanto o bacharelado quanto a licenciatura apresentaram valores do IM_G mais altos e, portanto, CNC mais maduras. Esse resultado pode ser um indício da necessidade de rever a estrutura dos cursos. Aparentemente, há fatores atrelados ao currículo ou à abordagem de ensino do bacharelado que o diferenciam da licenciatura. Possivelmente no bacharelado há elementos formativos que possibilitam que os estudantes dessa modalidade desenvolvam CNC mais maduras. Em geral, os cursos de licenciatura contém um grande número de disciplinas pedagógicas, cujos objetivos não contemplam trabalhar aspectos relacionados à epistemologia da ciência. A presença de disciplinas que trabalham a didática específica do ensino de ciências pode ser um fator importante para elevar o valor do IM_G dos licenciandos.

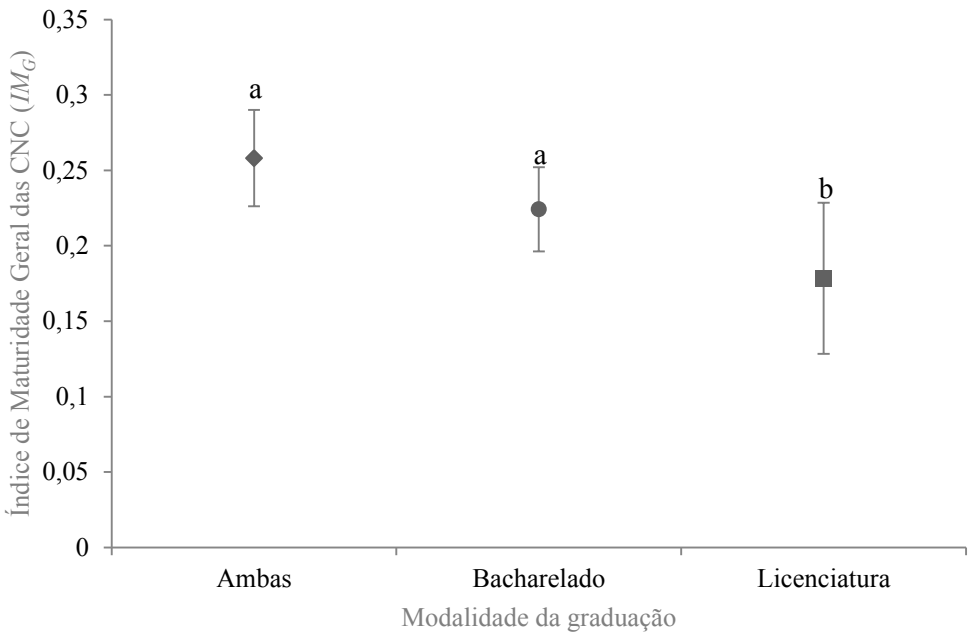

Figura 1. Média do Índice de Maturidade Geral das CNC (IM_G) conforme a modalidade da graduação. Os estudantes que cursam apenas a modalidade licenciatura tiveram uma média menor em comparação com os outros grupos. São mostradas as médias e os desvios. Letras diferentes indicam que as médias são significativamente diferentes ($p<0,05$), conforme o teste *post hoc* de Dunn.

A terceira comparação foi entre os valores do IM_G dos alunos que declararam ter entrado em contato com até três temas de formalização científica em disciplinas da graduação (20%) e os que declararam ter tido contato com mais de quatro (80%). Identificamos que o contato com esses temas possivelmente também não é um fator que interfere nas CNC dos alunos ($U=57,89$ e $p=0,09$). Tal resultado pode indicar que talvez o tipo de abordagem usada para trabalhar temas relacionados à epistemologia da ciência tenha uma relevância maior para o desenvolvimento de CNC maduras.

Os trabalhos que investigam melhorias nas CNC de um grupo costumam comparar a eficiência de disciplinas ou de intervenções explícitas sobre a natureza da ciência (e.g. ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000b; AKERSON et al., 2000; TEIXEIRA et al., 2001; EL-HANI et al., 2004; AKERSON et al., 2006). De fato, alguns estudos identificaram um amadurecimento das CNC logo após uma

abordagem explícita da natureza da ciência (e.g. LEDERMAN, 1999; AKERSON et al., 2000; ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000a). Entretanto, grande parte dos estudos avaliam as CNC imediatamente após as intervenções com os estudantes e os trabalhos que fazem um levantamento de CNC após um longo prazo para avaliar se os alunos tiveram um amadurecimento das concepções de forma efetiva ainda são escassos. Em geral, as disciplinas de formalização científica ocorrem no começo do curso, mas é possível que o aluno tenha tido contato com esses temas em outras disciplinas. Não temos informações sobre quando os estudantes tiveram contato com os temas de formalização científica que incluímos no questionário, dessa forma, o diálogo dos nossos resultados com outros estudos que avaliam o papel de intervenções e disciplinas ficou restrito.

O papel da IC nas CNC foi avaliado na quarta comparação, feita entre os valores do IM_G dos alunos que declararam ter participado de uma IC (34%) e dos que declararam não ter participado (66%). As análises indicam que possivelmente a IC também não tem influência para as CNC dos alunos (U=64,86 e p=0,12). No questionário de perfil dos estudantes, separamos as opções de respostas para essa pergunta em mais de duas opções, pois imaginávamos que, havendo diferença entre os que participaram de IC e os que não participaram, seria interessante avaliar também se as diferentes áreas das Ciências Biológicas poderiam revelar CNC distintas. Entretanto, dado que não encontramos diferença, não prosseguimos com essa investigação.

Outro trabalho que avaliou o papel da IC (considerando alunos bolsistas) entre alunos de licenciatura em Biologia, também não encontrou diferença entre os alunos que participaram de IC e os demais (TAVARES, 2006). O trabalho de Moss (2001), que acompanhou estudantes pré universitários ao longo de um ano e investigou diferentes aspectos da natureza da ciência, mostrou que mesmo os estudantes que se engajaram ativamente em atividades relacionadas com o *fazer*

ciência tiveram as suas CNC inalteradas ao longo do ano. Com esse conjunto de resultados é possível inferir que o *fazer ciência* também precisa estar dotado de sentido para os estudantes. Apenas seguir protocolos para investigações científicas pode não ser suficiente para desenvolver um senso crítico fundamental para a prática científica e amadurecer as CNC. Entretanto, investigações mais detalhadas acerca das particularidades das atividades relacionadas à IC ainda são necessárias.

Analisados em conjunto, os quatros aspectos investigados revelam características importantes da formação do biólogo e do professor de Biologia. O ensino de ciências em geral está baseado em aulas expositivas focadas na apresentação e memorização de conceitos (CARVALHO, 2006; CAPECCHI, 2014). Infelizmente tal prática também é recorrente no ensino superior, no qual a formação conceitual tem um peso maior do que o desenvolvimento de habilidades profissionais (WALDROP, 2015), o que talvez explique o fato de as CNC mudarem de forma inexpressiva ao longo da graduação. Seria esperado que o contato com temas de formalização científica pudesse exercer influencia sobre as CNC, o que não registramos em nossas análises. Possivelmente porque, mesmo que o aluno tenha uma formalização via disciplinas específicas de epistemologia da ciência, isso ocorre em geral apenas de forma expositiva (TALA & VESTERINEN, 2015) e a reflexão constante sobre a natureza da ciência acaba não sendo uma tônica dos cursos de Biologia.

Cabe refletir, por exemplo, em quantas disciplinas o aluno experimenta *fazer ciência* contemplando as várias etapas desse processo. São raras as situações ao longo da formação em que o estudante é estimulado a desenvolver projetos científicos e a produzir artigos, dialogando com seus colegas posteriormente e tendo a possibilidade de acessar os processos de produção do conhecimento científico. Em disciplinas de caráter estritamente conceitual, raramente os conteúdos são trabalhados à luz da natureza da ciência, englobando as características históricas,

sociais e filosóficas que estão atreladas à produção do conhecimento. Se o aluno é exposto apenas a conceitos prontos, ele dificilmente poderá compreender de forma plena como o conhecimento é produzido.

Gil-Pérez e colaboradores (2001) afirmam que, embora fosse esperado que no ambiente universitário houvesse uma compreensão mais adequada da ciência, por conta da formação científica dos pesquisadores, ela raramente ocorre. Com os nossos dados, temos indícios para supor que, se a prática científica e a reflexão sobre ela não estiverem presentes ao longo das disciplinas que compõem um curso de graduação, o aluno dificilmente terá elementos para amadurecer suas CNC e repensar a sua atuação enquanto cientista e professor. Quanto a isso, Moss (2001) aponta que, apesar da abordagem explícita sobre a natureza da ciência ser importante, engajar os alunos nos processos de produção de conhecimento científico e acompanhá-los via discussões pode ser efetivo para, inclusive, não reforçar visões inadequadas da ciência.

Avaliação da compreensão dos diferentes aspectos da natureza da ciência

A comparação entre os valores do IM_{TE} mostrou que há diferenças na compreensão dos vários aspectos da natureza da ciência (F=235,32 e p=0,01). Os temas epistemológicos *H* (Instrumentação e práticas experimentais) e *J* (Natureza das teorias científicas) foram os que apresentaram os menores valores do IM_{TE} e mais se distanciaram negativamente do $\overline{IM}_G$. Os temas *C* (História e Criatividade) e *D* (Contexto humano e cultura), foram os que apresentaram os maiores valores do IM_{TE} e mais se distanciaram positivamente do $\overline{IM}_G$. (Figura 2).

A visão ingênua dos estudantes dos aspectos relativos à instrumentação e às práticas experimentais é um ponto crítico identificado neste trabalho. Quando o aluno não reconhece as práticas experimentais que estão além da visão de um método científico unificado para toda a ciência (aspecto amplamente explorado

pelo *VENCCE*), fica difícil reconhecer que ele compreende outros aspectos da natureza da ciência, como por exemplo os relacionados com a busca por evidências ou com o uso da observação e do raciocínio.

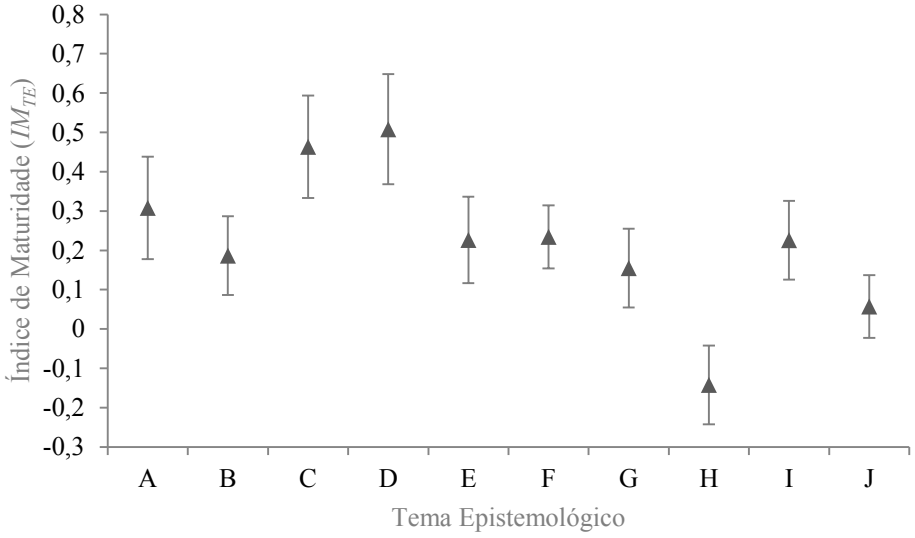

Figura 2. Média do Índice de Maturidade por Tema Epistemológico (IM_{TE}) considerando todos os estudantes. São mostradas as médias e os desvios. Temas: (A) Observação e raciocínio, (B) Métodos de Investigação, (C) História e Criatividade, (D) Contexto Humano e Cultura, (E) Interação entre os cientistas, (F) Processos cognitivos, (G) Economia e financiamento, (H) Instrumentação e práticas experimentais, (I) Transmissão do conhecimento, (J) Características das teorias científicas.

As afirmações do *VENCCE* que investigam os aspectos das práticas científicas procuram explorar métodos que fogem do falso mito de ciência puramente experimental. Muitas afirmações incorporam o reconhecimento de práticas como a amostragem e a descrição (relevantes para várias das Ciências Biológicas) como aspectos importantes das CNC consideradas maduras. Essas práticas, assim como as experimentais, também estão baseadas na sistematização e na busca por evidências, daí o questionamento quanto à real compreensão dos estudantes sobre o que significa afirmar que *a ciência está baseada em evidências* (afirmação presente em diferentes contextos do *VENCCE*). Assim, o valor negativo do IM_{TE} do tema *H* indica uma visão ingênua dos vários métodos da ciência e principalmente uma dificuldade para interpretar e reconhecer práticas científicas.

Uma possível explicação para esse resultado é o fato de que muitos estudantes tendem a memorizar certos aspectos da natureza da ciência e não refletem sobre eles (ALLCHIN, 2011; SALTER & ATKINS, 2013). Essa explicação nos parece viável, especialmente quando consideramos que a maior parte dos estudantes deste estudo (80%) declararam ter tido contato com vários temas de formalização científica.

A visão ingênua dos estudantes relacionada ao tema *J* (Natureza das teorias científicas) é condizente com resultados de estudos que relataram as dificuldade dos estudantes em definir uma teoria (e.g. LEDERMAN, 2001; AKERSON et al., 2006; BELL et al., 2011). O tema é recorrente nos questionários que investigam CNC e em geral vem acompanhado dos aspectos relacionados às leis científicas, com o propósito de estabelecer as diferenças entre leis e teorias. Essa distinção não está presente no *VENCCE* pois, embora seja um tema de interesse para filósofos da ciência e pesquisadores em ensino de ciências, há ainda certa imprecisão sobre a definição de leis e teorias entre os cientistas (WONG & HODSON, 2009). Assim, os aspectos relacionados às teorias e que estão presentes no *VENCCE* buscam investigar as concepções relacionadas ao papel que as teorias desempenham na organização do conhecimento, diante do contexto das atividades dos cientistas. O baixo IM_{TE} do tema J revela a dificuldade do aluno em reconhecer que as teorias são dependentes da criatividade e da imaginação e que os termos *teoria* e *hipótese* não são equivalentes para a ciência. Os estudantes possuem a concepção de que as teorias científicas não são relevantes pois são *apenas teorias,* esse resultado tem sido relatado em outros estudos e em diferentes níveis de ensino (e.g. DUVEEN et al., 1993; LEDERMAN, 2001; BELL et al., 2011). A dificuldade relacionada a esse tema revela, inclusive, a resistência para reconhecer que o conhecimento científico é temporário e que as teorias estão presentes em diferentes etapas do trabalho científico.

Alguns aspectos da natureza da ciência não apresentaram diferença estatística entre as modalidades (bacharelado, licenciatura e ambas), como é o caso dos temas *A, B, E, H* e *I* (Figura 3). Entretanto, outros temas tiveram valores do IM_{TE} discrepantes entre as modalidades, como é o caso dos temas *C, D, F, G* e *J*, nos quais a licenciatura apresentou um IM_{TE} mais baixo do que as demais modalidades. A investigação desses aspectos de forma separada é relevante pois permite avaliar se os estudantes possuem uma visão fragmentada da natureza da ciência, o que de fato ocorreu.

A presença de CNC ingênuas entre professores em formação tem sido relatada em diversos trabalhos na literatura (e.g. LEDERMAN, 1992, 1999; LAKINS & WELLINGTON, 1994; LEDERMAN et al., 2001; JONES & CARTER, 2008; BELL et al., 2011), entretanto, raramente o mapeamento dos aspectos da natureza da ciência que possuem entendimento deficiente é detalhado. Indicar essas diferenças é relevante, pois permite diagnosticar os pontos de maior dificuldade entre os licenciandos, a fim de viabilizar alternativas futuras para remediá-los de forma pontual e efetiva. Muitos dos aspectos da natureza da ciência que foram considerados ingênuos entre os estudantes da licenciatura estão associados ao reconhecimento de que a ciência é uma atividade humana (temas *C, D* e *G*). A dificuldade em reconhecer essa característica da ciência também elucida a dificuldade encontrada nos aspectos que dizem respeito à produção do conhecimento (temas *H* e *J*). Se o aluno não é capaz de reconhecer que a ciência é uma produção humana, dificilmente poderá compreender o caráter transitório do conhecimento científico (explorado no tema *J*, por exemplo) ou a sua dependência do contexto social, político e econômico (temas *D* e *G*). O baixo IM_{TE} desses temas revela ainda a dificuldade em reconhecer a ciência como um processo dinâmico e coletivo.

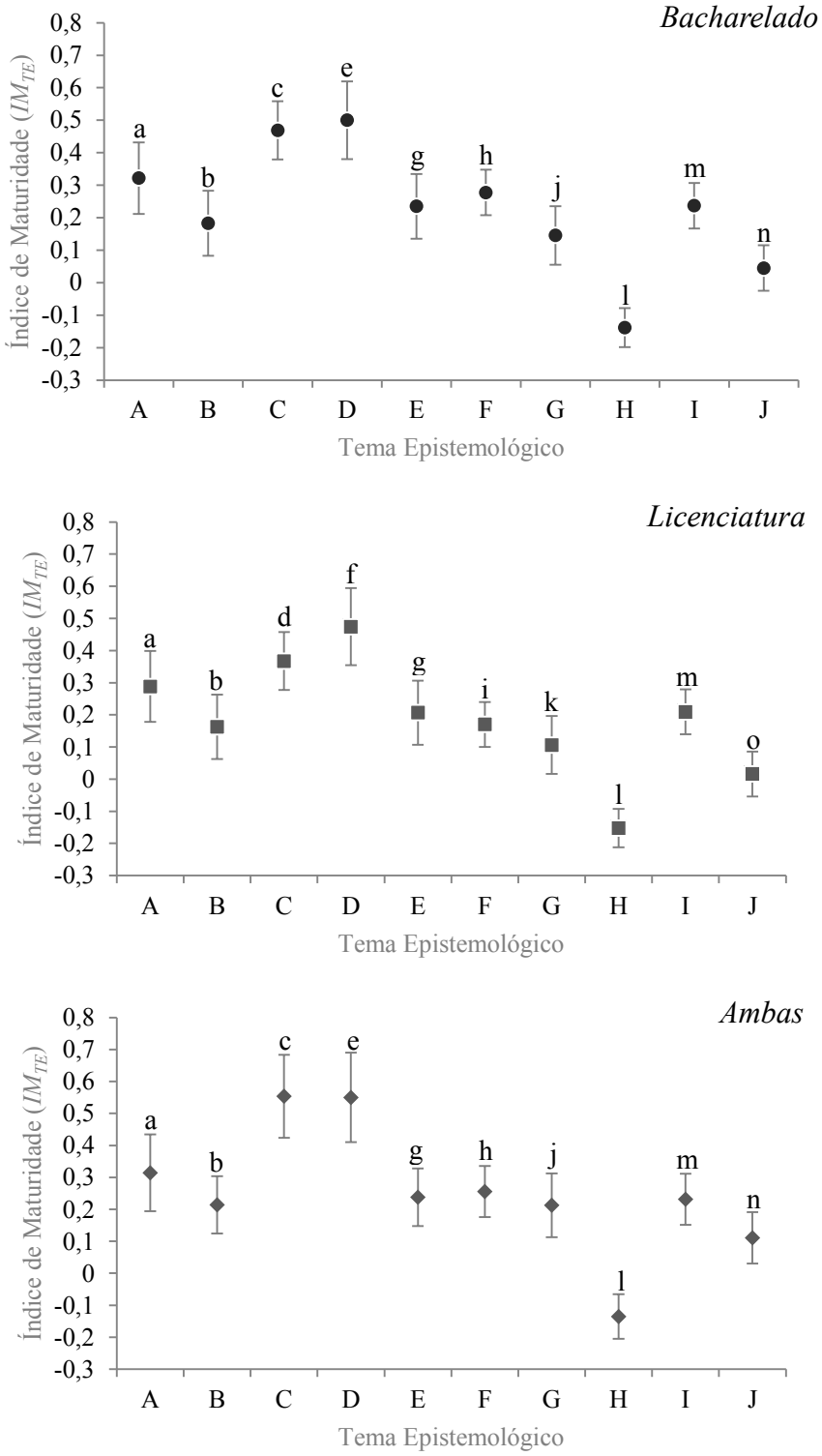

Figura 3. Média do Índice de Maturidade por Tema Epistemológico (IM_{TE}) conforme a modalidade da graduação. São mostradas as médias e os desvios. Letras diferentes indicam que as médias são significativamente diferentes entre as modalidades ($p<0,05$), conforme o teste *post hoc* de Turkey. Os temas *A, B, E, H* e *I* não apresentaram diferença estatística. Nos temas *C, D, F, G* e *J* a licenciatura apresentou IM_{TE} menor. Temas: (A) Observação e raciocínio, (B) Métodos de Investigação, (C) História e Criatividade, (D) Contexto Humano e Cultura, (E) Interação entre os cientistas, (F) Processos cognitivos, (G) Economia e financiamento, (H) Instrumentação e práticas experimentais, (I) Transmissão do conhecimento, (J) Características das teorias científicas.

Nossos resultados permitem compreender as dificuldades comumente encontradas ao trabalhar aspectos da natureza da ciência na educação básica, pois mesmo em cursos cujas práticas científicas são diversas e habituais, há uma dificuldade de reconhecer os aspectos sociais e abstratos da ciência. O fato de registrarmos valores mais altos para o IM_{TE} entre os alunos do bacharelado justamente nesses temas indica que algumas práticas presentes nessa modalidade da graduação podem contribuir para uma visão menos distante da produção do conhecimento.

A variação que encontramos para os valores do IM_{TE} é consistente com resultados relatados em outros trabalhos. Por exemplo, para Schommer-Aikins e colaboradores (2003) e Liu & Tsai (2008) é possível que os alunos apresentem pontos de vista diferentes a respeito da natureza da ciência conforme o aspecto investigado, tendo visões empiristas (reconhecendo o papel das evidências na ciência, mas possuindo uma visão positivista dela) para certos aspectos, mas reconhecendo a natureza colaborativa da ciência em outros. Deng e colaboradores (2011) também identificaram que um mesmo estudante pode ter uma visão tanto construtivista da ciência quanto empirista. Isso ocorre, por exemplo, quando ele reconhece a natureza tentativa da ciência e o seus processos colaborativos, sendo por isso difícil afirmar que os estudantes possuem uma visão apenas ingênua ou apenas madura como um todo.

Possíveis implicações

O baixo IM_G para as três modalidades e a distância dele de uma concepção considerada madura é preocupante. Com as respostas dos alunos à pergunta *O que você pretende fazer após a graduação* (Figura 4) é possível ter uma dimensão das possíveis implicações dos valores do IM_G e IM_{TE} para a atuação profissional desse grupo. Embora uma quantidade expressiva dos alunos ainda não tenha planos de carreira (23%), cerca de 45% dos alunos pretendem seguir carreira científica ou dar aula na educação básica. Tal dado reforça a importância de levantamentos de CNC para esse público, bem como a necessidade de repensar estratégias que contribuam para o desenvolvimento de CNC mais maduras.

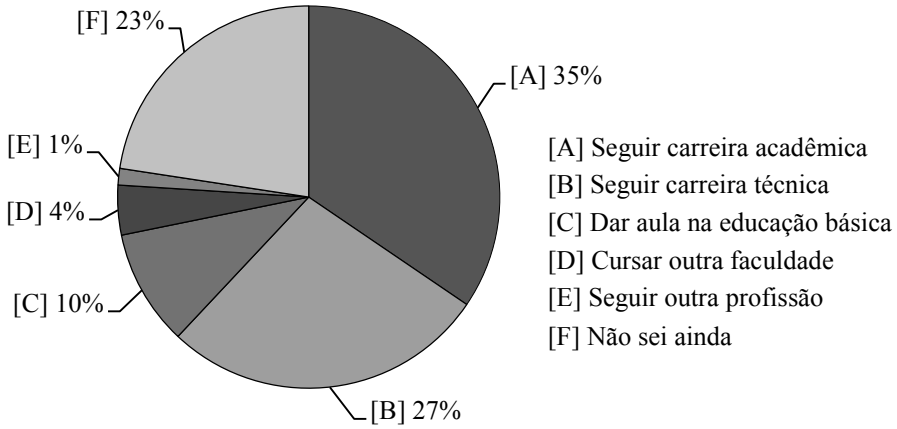

Figura 4. Respostas dos alunos à pergunta *O que você pretende fazer quando terminar o seu curso?*

Considerando que um dos objetivos do ensino de ciências é capacitar os indivíduos para a tomada de decisão (VANNUCCHI, 1996; SANDOVAL, 2005; PRAIA, 2007), as CNC ingênuas de professores em formação e a consequente falta de elementos que possuem para trabalhar os aspectos da natureza da ciência poderão ter um reflexo nas práticas adotadas em sala de aula (BRICKHOUSE, 1990; LEDERMAN, 1992; RUBBA & HARKNESS, 1993; KEYS & BRYAN, 2001). O desafio é ainda maior quando consideramos a ausência de materiais que

abordam aspectos da natureza da ciência de forma adequada (LEDERMAN, 1992), exigindo do professor não apenas clareza dos aspectos da natureza da ciência que pretende trabalhar, mas principalmente criticidade para escolha de materiais e para um bom planejamento de atividades em sala de aula. Cabe ressaltar, porém, que ainda não há um consenso na literatura sobre o quanto as CNC de professores podem influenciar nas CNC dos seus alunos ou em suas práticas de sala de aula (LEDERMAN, 1999; ABD-EL-KHALICK & LEDERMAN, 2000a; ACEVEDO-DÍAZ, 2008).

Tomados em conjunto, nossos dados indicam a necessidade de reavaliar a abordagem de ensino presente nos cursos de Ciências Biológicas. No contexto universitário há uma carência de discussões voltadas para elucidar a influência da sociedade no empreendimento científico, as formas de produção do conhecimento e a correlação entre esses dois aspectos. Uma metodologia que incorpore aspectos da natureza da ciência de forma explícita e reflexiva ao longo de todo o currículo pode contribuir para o amadurecimento das CNC e para alcançar um posicionamento crítico e ético perante a ciência esperado tanto de cientistas quanto de professores de ciências. Porém, a investigação aprofundada de outros fatores que podem estar associados às CNC desse público, bem como avaliações da eficiência de abordagens para melhorar essas concepções, ainda são necessárias no contexto do ensino superior brasileiro de Ciências Biológicas.

REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F. Examining the sources for ours understandings about science: Enduring conflations and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 3, p. 353-374, 2012.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000a.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000b.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A. Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Eureka*, v. 1, n. 1, p. 3-16, 2005.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A. El estado actual de la natureza de la ciencia em la didactica de las ciencias. *Eureka Enseñanza Divulgacion Cientifica*, v. 5, n. 2, p. 134-169, 2008.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; ACEVEDO-ROMERO, P. Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de educación secundaria. *Revista Iberoamericana de Educação*. In http://www.rieoei.org/deloslectores/244Acevedo.PDF, 2002.

AKERSON, V. L.; ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 4, p. 295-317, 2000.

AKERSON, V. L.; MORRISON, J. A.; MCDUFFIE, A. R. One course is not enough: Preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 43, n. 2, p. 194-213, 2006.

ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, v. 95, p. 918-942, 2011.

AZEVEDO, N. H. *A Ecologia como modelo para investigar concepções sobre a natureza da ciência*. 2015. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015.

BAYIR, E.; CAKICI, Y.; ERTAS, O. Exploring Natural and Social Scientists' Views of Nature of Science. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 8, p. 1286 – 1312, 2014.

BELL, R.; MATKINS, J.; GANSNEDER, B. Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 48, n. 4, p. 413 – 436, 2011.

BRICKHOUSE, N. W. Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, v. 41, n. 3, p. 53-62, 1990.

CAPECCHI, M. C. V. M. Problematização no ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. de (Org.). Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em sala de aula. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 21-39, 2014.

CARVALHO, A. M. P. de. Critérios estruturantes para o ensino das Ciências. In: CARVALHO, A. M. P. de (Org.). Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 1-17, 2006.

DELAMONT, S.; ATKINSON, P. Doctoring uncertainty: Mastering craft knowledge. *Social Studies of Science*, v. 31, n. 1, p. 87–107, 2001.

DENG, F.; CHEN, D. T.; TSAI, C. C.; CHAI, C. S. Students' views of the nature of science: a critical review of research. *Science Education*, v. 95, n. 6, p. 961–999, 2011.

DOGAN, N.; ABD-EL-KHALICK, F. Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: a national study. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 45, n. 10, p. 1083–1112, 2008.

DUVEEN, J.; SCOTT, L.; SOLOMON, J. Pupils' understanding of science: Description of experiments or "a passion to explain"? *School Science Revieu*, v. 75, n. 271, p. 19 – 27. 1993.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 9, n. 3, p. 265-313, 2004.

FELDMAN, A.; DIVOLL, K.; ROGAN-KLYVE, A. Research education of new scientists: Implications for science teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 46, n. 4, p. 442–459, 2009.

FELDMAN, A., DIVOLL, K. A.; ROGAN-KLYVE, A. Becoming researchers: The participation of undergraduate and graduate students in scientific research groups. *Science Education*, v. 97, p. 218–243, 2013.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO I. F.; ALIS J. C.; CACHAPUZ A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Revista Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

HARDING, P.; HARE, W. Portraying science accurately in classrooms: Emphasizing open-mindedness rather than relativism. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 3, p. 225–235, 2000.

JEHNG, J. C.; JOHNSON, S. D.; ANDERSON, R. C. Schooling and students' epistemological beliefs and learning. *Contemporary Educational Psychology*, v. 18, n. 1, p. 23–35, 1993.

JONES, M.; CARTER, G. Science teacher attitudes and beliefs. In ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Eds.), *Handbook of research on science education.* New York: Routledge, p. 1067–1104, 2008.

KANG, S.; SCHARMANN, L. C.; NOH, T. Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, v. 89, p. 314–334, 2005.

KANJI, G. K. *100 Statistical Tests*, 3 ed. Sage Publications. 2006.

KAWASAKI, K. The concepts of science in Japanese and Western education. *Science & Education*, v. 5, n. 1, p. 1–20, 1996.

KEYS, C. W.; BRYAN, L. A. Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 38, n. 6, p. 631-645, 2001.

LAKIN, S.; WELLINGTON, J. Who will teach the "Nature of Science"? Teachers' view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, v. 16, n. 2, p. 175-190, 1994.

LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEDERMAN, N. G. Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, n. 8, p. 916-929, 1999.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: Past, present, and future. In ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Eds.), *Handbook of research on science education,* p. 831–879, 2007.

LEDERMAN, N. G.; SCHWARTZ, R. S.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L. Pre-service Teachers' Understanding and Teaching of Nature of Science: An Intervention Study. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v. 1, n. 2, p. 135-160, 2001.

LIU, S. Y.; TSAI, C. C. Differences in the scientific epistemological views of undergraduate students. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 8, p. 1055–1073, 2008.

MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, A. A. Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 1, n. 20, p. 15-27, 2001.

MANGIAFICO, S. S. 2015. *An R Companion for the Handbook of Biological Statistics*, version 1.09. rcompanion.org/rcompanion/(Pdf version: rcompanion.org/ documents/RCompanionBioStatistics.pdf)

MCCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; ALMAZROA, H. The role and character of the nature of science in science education. In MCCOMAS, W. F. (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 3–39, 2002.

MCCOMAS, W. F.; OLSON, J. K. The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. In MCCOMAS, W. F. (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies*, Kluwer Academic Publishers: The Netherlands, p. 41-52, 1998.

MOSS, D. M. Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, v. 1, n. 8, p. 771-790, 2001.

PARASKEVOPOULOU, E.; KOLIOPOULOS, D. Teaching the Nature of Science through the Millikan-Ehrenhaft dispute. *Science & Education*, v. 20, n. 10, p. 943- 960, 2011.

PARK, H.; NIELSEN, W.; WOODRUFF, E. Students' conceptions of the nature of science: Perspectives from Canadian and Korean middle school students. *Science & Education*, v. 23, p. 1169–1196, 2014.

PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. G. *Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS*. 3ª ed. Lisboa: Silabo. 2003.

PETRUCCI, D.; DIBAR URE, M. C. Imagen de la Ciencia en alumnos universitarios: uma revisión y resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 2, n. 19, p. 217-229, 2001.

POMEROY, D. Implications of teachers' beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, v. 77, n. 3, p. 261-278, 1993.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O Papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

R DEVELOPMENT CORE TEAM 2011, R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria : the R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0. Available online at http://www.R-project.org/.

RUBBA, P. R.; HARKNESS, W. L. Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, v. 77, n. 4, p. 407-431, 1993.

SALTER, I. Y.; ATKINS, L. J. What Students Say Versus What They Do Regarding Scientific Inquiry. *Science Education*, v. 98, n. 1, p. 1-35, 2015.

SANDOVAL, W. A. Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. *Science Education*, v. 89, n. 4, p. 634-656, 2005.

SCHOMMER-AIKINS, M.; DUELL, O. K.; BARKER, S. Epistemological beliefs across domains using Biglan's classification of academic disciplines. *Research in Higher Education*, v. 44, n. 3, p. 347–366, 2003.

SCHWARTZ, R.; LEDERMAN, N. What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 6, p. 727–771, 2008.

SHAPIRO, B. A case study of change in elementary student teacher thinking during an independent investigation in science: Learning about the "face of science that does not yet know". *Science Education*, v. 80, n. 5, p. 535–560, 1996.

TALA, S.; VESTERINEN, V. M. Nature of Science Contextualized: Studying Nature of Science with Scientists. *Science & Education*, v. 24, p. 435-457, 2015.

TAVARES, E. J. M. *Evolução das Concepções de Alunos de Ciências Biológicas da UFBA Sobre a Natureza da Ciência: Influências da Iniciação Científica, das Disciplinas de Conteúdo Específico e de Uma Disciplina de História e Filosofia das Ciências*. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Salvador, 2006.

TEIXEIRA, E. S.; EL-HANI, C. N.; FREIRE JR, O. F. Concepções de estudantes de física

sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual do ensino de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 3, p. 111-123, 2001.

TOSUN, T. The impact of prior science course experience and achievement on the science teaching self-efficacy of preservice elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, v. 12, n. 2, p. 21–31, 2000.

VANNUCCHI, A. I. *História e filosofia da ciência: Da teoria para a sala de aula.* Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade de São Paulo: São Paulo, 1996.

WALDROP, M. M. Why we are teaching science wrong, and how to make it right. *Nature*, v. 523, p. 272-274, 2015.

WONG, S. L.; HODSON, D. From the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. *Science Education*, v. 93, p. 109–130, 2009.

Conclusão

Com a revisão sistemática foi possível identificar que há lacunas nas pesquisas de CNC. Em geral, os trabalhos de levantamento de concepções têm como foco as CNC presentes na educação básica e investigam as CNC de professores e alunos. No ensino superior, os levantamentos ocorrem, em geral, em cursos de formação de professores. Poucos trabalhos investigam as CNC de cientistas ou de cursos de bacharelado associados às áreas científicas e no Brasil os trabalhos de levantamento de CNC ainda são restritos. Diante da variação de instrumentos para investigar CNC, há alguns que são usados com mais frequência, entretanto a presença de contextualização nesses instrumentos é pouco usual.

Considerando as características comuns dos instrumentos utilizados para o levantamento de CNC e a lacuna de investigações no ensino superior brasileiro, desenvolvemos um instrumento para explorar as CNC de estudantes de Biologia. O VENCCE teve sua confiabilidade considerada adequada pelo Alfa de Cronbach após a aplicação. O instrumento revelou que os alunos têm dificuldade para lidar com questões contextualizadas e de se posicionarem frente aos contextos da prática científica. As etapas utilizadas para a elaboração do questionário podem contribuir para a construção de outros instrumentos.

O levantamento de CNC entre os estudantes de Biologia de universidades brasileiras revelou que estudantes de licenciatura têm concepções mais ingênuas do que os alunos que cursam o bacharelado. O nível de ensino, a participação em iniciação científica e o contato com elementos de formalização científica em disciplinas parecem não ter relação com as CNC. Os temas da natureza da ciência de maior dificuldade entre os graduandos são aqueles relacionados às práticas experimentais e à natureza das teorias científicas. Os resultados do

levantamento indicam a necessidade de avaliar com cautela a estrutura e a abordagem de ensino presentes nos cursos de Biologia, pois há uma dificuldade associada à reflexão sobre os aspectos da natureza da ciência e às características da produção do conhecimento científico. Estudos adicionais são necessários para avaliar melhor os fatores investigados, bem como para avaliar a eficiência de abordagens que contribuam para a construção de CNC mais maduras para esse público.