

CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA A PARTIR DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DO MODELO ATÔMICO DE BOHR

Student Conceptions on the Nature of Science from a Historical approach to the Bohr Atomic Model

Jonatas Mariz de Oliveira [profjonatas.quimica@gmail.com]

Verônica Tavares Santos Batinga [veratsb@gmail.com]

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, Recife - PE, 52171-900

Nadja Acioly-Régnier [nadja.acioly-regnier@univ-lyon1.fr]

INSPE - Université Claude Bernard Lyon1

EA 4571, Laboratoire Education Cultures Politiques

Recebido em: 29/10/2019

Aceito em: 15/05/2020

Resumo

Este artigo objetiva analisar as concepções de estudantes do ensino médio sobre a natureza da ciência (NdC). A metodologia envolveu uma intervenção didática que discute sobre episódios históricos relativos ao modelo atômico de Bohr. A intervenção foi desenvolvida em uma turma de quinze alunos de uma escola pública de Itambé, Pernambuco, nas aulas de Química. Para identificar e analisar as concepções foram aplicadas questões que versam sobre a NdC, extraídas do questionário Views on Science Technology Society (VOSTS). Os resultados apontam que houve indícios de um processo de ressignificação nas concepções dos estudantes sobre a NdC durante a intervenção. E que a inclusão da história da ciência, de forma permanente, nas aulas de Química pode vir a contribuir para ampliar as visões dos alunos sobre a natureza da ciência.

Palavras-chave: Concepções sobre a NdC; Ensino de Química; História da Ciência; Átomo de Bohr; Ensino Médio.

Abstract

This article aims to analyze the conceptions of high school students about the nature of science (NdC). The methodology involved a didactic intervention that discusses historical episodes related to Bohr's atomic model. The intervention was developed in a class of fifteen students from a public school in Itambé, Pernambuco, in Chemistry classes. To identify and analyze the conceptions, questions concerning the NdC were taken from the Views on Science Technology Society (VOSTS) questionnaire. The results indicate that there was evidence of a resignification process in the students' conceptions about the NdC during the intervention. And that the inclusion of the history of science, permanently, in Chemistry classes may contribute to broaden students' views on the nature of science.

Keywords: NdC conceptions; Chemistry teaching; History of science; Bohr's atom; High school.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, diversas pesquisas têm estudado sobre o tema “concepções de natureza da ciência (NdC)” de estudantes e professores (AIKENHEAD e RYAN, 1992b; MATTHEWS, 1998; PÉREZ et al., 2001; DELIZOICOV et al., 2002; PRAIA, PÉREZ e VILCHES, 2007; OKI e MORADILLO, 2008; GATTI, NARDI e SILVA, 2010; MARTINS, 2015). Há nessas pesquisas o indicativo de se inserir este tema nas aulas de ciências do ensino médio.

Relacionar fatos científicos, conceitos e modelos propostos para resolver problemas são habilidades importantes para os estudantes do ensino médio da educação básica. Entretanto, não se espera dos estudantes apenas a compreensão científica conceitual, mas que eles também tenham noções acerca do tema natureza da ciência (NdC) (MATTHEWS, 1998; PÉREZ et al., 2001; DELIZOICOV et al., 2002; PRAIA, PÉREZ e VILCHES, 2007; OKI e MORADILLO, 2008). No entanto, estudos apontam que esse tema não é contemplado (MORTIMER, 1995; ZANON; ALMEIDA; QUEIROZ, 2007; GATTI; NARDI; SILVA, 2010), uma vez que há predominância nas concepções dos estudantes sobre a natureza da ciência associada à perspectiva positivista, desconsiderando aspectos epistemológicos como o caráter social, provisório e coletivo da ciência, a não neutralidade do conhecimento científico e a influência da subjetividade na pesquisa (LEDERMAN et al., 2002). Segundo Gatti, Nardi e Silva (2010), os alunos não possuem boa compreensão do que seja ciência nem de sua relação com os fenômenos e fatos que lhes cercam.

Por sua vez, ao tratar da presença da disciplina História das Ciências nas aulas de Ciências Naturais, o documento “Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais” (PCN+) orienta que:

Esse exercício histórico daria aos estudantes uma oportunidade de questionar e compreender melhor processos sociais, econômicos e culturais passados e contemporâneos e, além disso, **auxiliaria a construir uma visão das Ciências da Natureza associada a outras dimensões da vida humana.** (BRASIL, 2002, p. 18) [grifo nosso]

O grifo abre caminho para a questão de pesquisa desse artigo: Em que medida o contato com episódios da História das Ciências pode contribuir para ressignificar as concepções de estudantes do ensino médio sobre a NdC, em aulas de Química? Supõe-se que o contato dos estudantes de ensino médio com episódios da História das Ciências pode possibilitar a ampliação de suas concepções para uma visão mais contemporânea e consensual sobre a natureza da ciência. Nesse trabalho, ressalta-se que estes episódios apresentaram elementos que remetem a uma visão de ciência, que apresenta características subjetivas, históricas, problemática e influenciada pelo contexto social.

Alguns trabalhos têm relatado essa possibilidade (OKI; MORADILLO, 2008; GATTI; NARDI; SILVA, 2010). Neles são descritos estudos sobre a inclusão de temas/episódios da História da Ciência em situações didáticas e sua contribuição para a construção de uma visão mais contemporânea acerca da NdC pelos estudantes.

Esse estudo se diferencia da maioria dos trabalhos publicados, que focam na visão de professores ou de estudantes do nível superior sobre a NdC (GATTI, NARDI e SILVA, 2010; ZANON, ALMEIDA e QUEIROZ, 2007). Nesse artigo, o foco centra-se na análise das concepções de estudantes de ensino médio acerca da NdC, quando submetidos a uma intervenção didática que considera a discussão de episódios históricos da História da Ciência/Química.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Pérez et al., (2001) ao analisar visões apresentadas por docentes acerca da NdC identificou algumas distorções e também destacou que os estudantes podem apresentar concepções semelhantes. Para esses autores, se tais distorções permanecem durante o exercício da atividade docente, o professor poderá influenciar nas concepções dos estudantes a partir de suas visões sobre NdC e das situações didáticas trabalhadas nas aulas de ciências/química. As categorias que representam distorções e equívocos sobre a natureza da ciência, segundo Pérez et. al. (2001) são: a empírico-indutivista, a rígida, a aproblemática e ahistórica, a exclusivamente analítica, a acumulativa de crescimento linear, a individualista e elitista e a socialmente neutra. Na empírico-indutivista, o conhecimento científico é fruto da observação neutra e repetida dos fenômenos do mundo e na rígida, a produção do conhecimento é fruto de um método científico rígido e infalível.

Lederman et al. (2002) argumenta que apesar de não haver plena concordância entre as correntes epistemológicas sobre a NdC devido a questões complexas, a visão epistemológica contemporânea de NdC aborda elementos, de modo simplificado, que podem contribuir para nortear uma visão consensual entre tais correntes, a qual é considerada indispensável para uma boa formação discente. Seriam resumos sobre o que, em linhas gerais, concordam os filósofos da ciência. Os aspectos tomados como consensuais enunciam que o conhecimento científico é: (a) provisório, (b) fruto do empirismo, (c) orientado por teorias, (d) parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação, (e) organizado em leis e teorias (que possuem naturezas distintas), (f) produzido dentro de um contexto social e cultural e (g) produzido a partir de uma diversidade de métodos. Os pontos elencados acima aparecem nas publicações de diversos epistemólogos da ciência, e cinco deles contrariam diretamente a perspectiva indutivista (CHALMERS, 1993), são eles: (a) provisório, (c) orientado por teorias, (d) parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação, (f) produzido dentro de um contexto social e cultural e (g) baseado em uma diversidade de métodos. O quadro 1 relaciona esses cinco aspectos com os autores/epistemólogos da ciência.

Quadro 1: Aspectos da visão consensual sobre a NdC que divergem da indutivista

Aspectos da visão consensual	Autores
<i>O conhecimento é:</i>	
(a) Provisório	Thomas Kuhn; Karl Popper
(c) Orientado por teorias	Thomas Kuhn
(d) Parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação	Paul Feyerabend
(f) Produzido dentro de um contexto social e cultural	Thomas Kuhn
(g) Baseado em uma diversidade de métodos	Paul Feyerabend

Fonte: Chalmers (1993) e Damásio & Peduzzi (2015)

São esses os aspectos da visão consensual (a, b, c, d e, f, g) que serão considerados para identificar a concepção dos estudantes a partir da análise de sua resposta a algumas questões do questionário VOSTS.

Diante da relação estabelecida entre alguns epistemólogos e a visão consensual de natureza da ciência, faremos uma importante observação sobre o uso de dois termos nesse trabalho que, apesar de conceitualmente distintos, serão conectados: o indutivismo e o positivismo. Ao indutivismo atribuiremos o conceito discutido por

Chalmers (1993) que se refere a uma forma de produção do conhecimento que parte do processo de indução¹.

O positivismo, por sua vez, foi a corrente epistemológica iniciada por Augusto Comte ainda no século XIX e que teve força ainda no início do século XX (LACERDA, 2009). Segundo Halfpenny (1982), não há uma definição única para essa corrente, porque após o surgimento com Comte, houve muitas ramificações, algumas delas até críticas ao fundador. Por isso, consideraremos algumas das definições/características apresentadas por Halfpenny (1982) para definir positivismo:

(i) é uma teoria da história em que os desenvolvimentos do conhecimento são tanto o motor da história quanto a fonte da estabilidade social;

(ii) é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual o único tipo de conhecimento disponível para a humanidade é o da ciência baseada na observação;

(iii) é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance que são centrais para a explicação e previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico];

(iv) é uma teoria do conhecimento que preconiza que a ciência consiste em um corpus de leis causais, a partir dos quais os fenômenos são explicados e previstos;

(v) é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais;

As cinco proposições de Halfpenny (1982) têm em comum o fato de serem fundamentadas na indução como método de produção do conhecimento. Por isso, nesse trabalho as análises seguem a perspectiva indutivista-positivista (CHALMERS, 1995 e HALFPENNY, 1982).

Nessa direção, o contexto histórico que permeia a proposta de Niels Bohr para um modelo de átomo considera aspectos que permitem identificar características da visão de ciência contemporânea como a provisoriabilidade, o caráter social, e a influência de criatividade e imaginação (STRATHERN, 1999). Por essa razão, optou-se nesse trabalho abordar o modelo atômico proposto por Bohr a partir de uma intervenção didática desenvolvida para alunos do 1º do ensino médio, buscando responder as seguintes questões de pesquisa: Quais as concepções de NdC apresentadas pelos estudantes participantes da pesquisa? Em que medida a abordagem do modelo atômico de Bohr a partir de episódios da História da Ciência pode possibilitar possíveis ressignificações nas concepções dos estudantes para uma visão contemporânea sobre a NdC?

Nesse trabalho, consideramos com base em pesquisas realizadas (GATTI, NARDI e SILVA, 2010; ZANON, ALMEIDA e QUEIROZ, 2007; SCHEID, FERRARI e DELIZOICOV, 2007) que as concepções iniciais dos estudantes se aproximam da perspectiva indutivista/positivista.

3. METODOLOGIA

Essa pesquisa objetiva analisar possíveis ressignificações nas concepções de estudantes sobre a NdC no processo de intervenção didática, que discorre sobre episódios da história da ciência para abordar o modelo atômico de Bohr. A intervenção foi desenvolvida com 15 estudantes denominados de nomes fictícios de Magali, Morella, Faísca, Duarte, Line, Vanda, Estrela, Materno, Municipal, Júlio,

¹ O processo indutivo consiste na obtenção de um conhecimento cientificamente validado por meio da repetição de experimentos com resultados semelhantes (CHALMERS, 1993).

Sophia, Satélite, Marcial, Irmã e Gláucia, de uma turma do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Itambé, Pernambuco. As atividades da intervenção elaboradas e desenvolvidas pelo primeiro autor ocorreram em quatro etapas, perfazendo um total de 10 aulas de Química, com duração de 50 minutos cada (Tabela 1).

Tabela 1: Descrição sucinta das etapas da intervenção

ETAPAS	AULAS/TEMPO	ATIVIDADES
1ª	01 aula – 50'	Aplicação do Questionário VOSTS
2ª	02 aulas – 100'	Aula expositiva dialogada: Eletricidade e Fenômenos Elétricos
3ª	02 aulas – 100'	Aula expositiva dialogada: As Cores da Química
4ª	02 aulas – 100'	Reaplicação do VOSTS
TOTAL	07 aulas – 350'	-

Fonte: elaborado pelo autor

Na 1ª etapa foi realizada a Aplicação de um Questionário elaborado com base em algumas perguntas do questionário Views on Science Technology Society (VOSTS) (AIKENHEAD e RYAN, 1992). Os autores elaboraram esse instrumento para analisar diversos aspectos da interação entre ciência, tecnologia e sociedade presentes nas concepções de estudantes, professores e pesquisadores sobre este tema. Foram selecionadas seis questões (Q1 a Q6) do VOSTS que tratam especificamente de perguntas relacionadas com a natureza da ciência. O registro das respostas dos alunos ao questionário foi entregue ao professor no fim da 1ª aula.

Na 2ª etapa, os alunos tiveram contato com episódios da história da ciência sobre a construção do conceito de Eletricidade e Fenômenos Elétricos e como estes contribuíram para a proposição do modelo atômico de Thomson (Atkins e Jones, 2012), que discorre sobre a presença de cargas elétricas no interior do átomo.

Em seguida, foi feita a apresentação por meio de um vídeo do experimento realizado por Rutheford e da sua inferência sobre a necessidade de o átomo possuir núcleo, introduzindo a teoria nuclear. No fechamento dessa etapa foi apresentado o problema da teoria atômica de Rutheford. Ele não conseguiu propor solução para explicar como o elétron, de carga negativa, poderia orbitar o núcleo, de carga positiva, sem provocar colapso no átomo. Tal problema ficou conhecido como a instabilidade da eletrosfera (região do átomo a qual, segundo Rutheford estariam os elétrons) (BOHR, 1913). Esse problema foi explorado pelo professor com o objetivo dos alunos questionarem a natureza do conhecimento científico a partir da reflexão: “o modelo atômico proposto por Rutheford estava isento de dúvidas ou questionamentos?” e “a ciência possui sempre as posições certas e definitivas sobre os fenômenos?”. A intenção dessas reflexões foi de ressaltar o aspecto inacabado e a relatividade sobre a natureza do conhecimento científico, o qual não pode ser considerado como verdade absoluta (FEYERABEND, 2007).

O objetivo da 3ª etapa foi de instigar os estudantes a ressignificar suas concepções sobre a NdC a partir da discussão de algumas características da visão de ciência contemporânea (LEDERMAN et al., 2002). Para isso, houve uma apresentação intitulada “As Cores da Química”, com foco na proposição do modelo atômico de Niels Bohr. Esse tema faz referência aos espectros atômicos, fenômeno adequadamente solucionado por Bohr para o átomo de hidrogênio, que fortaleceu sua teoria após a publicação. Usando uma analogia, os espectros são como a assinatura eletrônica dos elementos químicos, gerados pelas suas emissões de luz quando os elementos são

submetidos ao aquecimento, e conseqüente refração dessa luz ao ser decomposta em um prisma óptico. O padrão de decomposição gerado é único para cada elemento. Por isso, é possível identificar a composição química de amostras de diversos materiais por meio da análise de seu espectro atômico (STRATHERN, 1999).

A teoria proposta por Bohr apesar de apresentar resultados consistentes para explicar os espectros atômicos causou muita turbulência na comunidade científica (Strathern, 1999) devido ao fato dele ter rompido com a premissa clássica da continuidade de energia, e assumido o pressuposto da quantização de forma arbitrária, com a finalidade de resolver o problema físico da instabilidade da eletrosfera. Esse axioma fundamentou o desenvolvimento teórico de sua tese de doutorado, que apesar de ser mencionado anteriormente por Einstein e Planck, não se apoiava em evidências experimentais suficientes (BOHR, 1913). A tese de Bohr para o modelo atômico contrariou uma série de pressupostos teóricos do paradigma vigente (a Física Clássica) e por isso, não houve aceitação imediata de seu trabalho pela comunidade científica (STRATHERN, 1999).

Uma análise epistemológica do modelo atômico proposto por Bohr pode elencar diversos elementos que contrariam a concepção de uma ciência neutra, absoluta e objetiva, por exemplo, a ausência de evidências experimentais suficientes, que contraria o princípio da indução proposto pela visão positivista (HALFPENNY, 1982; CHALMERS, 1993; LACERDA, 2009). Esse aspecto foi discutido com os estudantes na 3ª etapa, buscando confrontar suas concepções de ciência com algumas características da visão consensual sobre a NdC presente no modelo de Bohr para o átomo.

Em síntese, nas etapas 2ª e 3ª houve discussões a respeito da natureza do conhecimento científico (NdCC), enfatizando características ligadas à epistemologia contemporânea da ciência, que apresenta elementos da visão consensual sobre a NdC, presentes na elaboração da teoria atômica proposta por Niels Bohr. Como exemplo, nota-se a influência de aspectos subjetivos na formulação das teorias científicas, das relações interpessoais e sociais do trabalho científico e da não linearidade do conhecimento científico (STRATHERN, 1999). Foi possível observar a persistência de Bohr frente à resistência de Rutherford em dar andamento à tese (Strathern, 1999) (influência de aspectos subjetivos), a importância da orientação de Rutherford em direcionar o trabalho de Bohr (relações interpessoais na ciência) e a ruptura do trabalho de Bohr com o paradigma clássico (não linearidade do conhecimento). A participação dos alunos nestas etapas foi registrada por meio de gravação de áudio.

Na 4ª etapa, os estudantes responderam as seis questões (Q1 a Q6) selecionadas do VOSTS. Essa atividade objetiva analisar se houve ressignificação das concepções dos alunos sobre a NdC a partir da intervenção didática desenvolvida nas aulas de Química. O registro de respostas dos alunos ao questionário foi entregue ao professor.

A análise das respostas dos estudantes às atividades da intervenção foi realizada com base em categorias estabelecidas a partir do referencial teórico da pesquisa (HALFPENNY, 1982; LEDERMAN et al., 2002; POPPER, 2001; KUHN, 2013). O processo indutivo, forma comum de produção de conhecimento, no indutivismo (Chalmers, 1993) e positivismo (Halfpenny, 1982) permite agrupar essas duas concepções, que denominamos nesse trabalho de perspectiva indutivista-positivista. A fim de reduzir o tamanho dessa palavra na coluna 3 do quadro 3, chamamos de perspectiva positivista. As categorias de análise foram delimitadas por meio de comparação, a partir de processos de aproximação, de cada alternativa de resposta de cada questão do VOSTS (quadro 3) com os aspectos (i, ii, iii, iv e v) da

perspectiva indutivista/positivista segundo Chalmers (1993) e Halfpenny (1982) e com os da visão consensual, conforme Lederman et al. (2002), Chalmers (1993) e Damásio e Peduzzi (2015): (a) provisório, (b) fruto do empirismo, (c) orientado por teorias, (d) parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação, (e) organizado em leis e teorias (que possuem naturezas distintas), (f) produzido dentro de um contexto social e cultural e (g) produzido a partir de uma diversidade de métodos.

Em seguida, cada alternativa de resposta de cada questão foi correlacionada as suas respectivas categorias, conforme consta na segunda e terceira colunas do quadro 3. Por exemplo: Questão 1, Alternativa A, Categoria: Perspectiva positivista (aspecto iii) e para Questão 2, Alternativa D, Categoria: Visão consensual, (aspectos b e d). A categoria denominada “independente” justifica-se porque o conteúdo da referida alternativa de resposta não se aproxima semanticamente das visões e aspectos epistemológicos relativos às categorias de análise deste trabalho (Quadro 3). No processo de análise (1ª e 4ª etapas), cada alternativa respondida pelos estudantes as Q1 a Q6 foi comparada com as respectivas perspectivas epistemológicas (categorias de análise - quadro 3).

Quadro 3: Categorias de análise das alternativas de resposta às questões do VOSTS, de acordo com sua respectiva perspectiva epistemológica

Questões	Alternativas de resposta	Categorias	
Q1. Definir Ciência é difícil porque a Ciência é complexa e realiza muitas coisas. Mas, basicamente, Ciência é:	A. Um estudo de campos tais como biologia, química e física.	Perspectiva positivista (aspecto iii)	
	B. Um corpo de conhecimentos, tais como princípios, leis, teorias, que explicam o mundo ao nosso redor (matéria, energia e vida).	Perspectiva positivista (aspecto iii)	
	C. Explorar o desconhecido e descobrir novas coisas sobre nosso mundo e universo e como eles funcionam.	Independente	
	D. Realizar experimentos a fim de resolver problemas de interesse sobre o mundo ao nosso redor.	Perspectiva positivista (aspecto v)	
	E. Inventar ou projetar coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores, veículos espaciais).	Independente	
	F. Encontrar e usar conhecimento para fazer este mundo um lugar melhor para se viver (por exemplo, curando doenças, resolvendo problemas de poluição e melhorando a agricultura).	Perspectiva positivista (aspecto i)	
	G. Uma organização de pessoas (chamadas de cientistas) que têm idéias e técnicas para descobrir novos conhecimentos.	Visão consensual (aspecto f)	
	H. Ninguém pode definir Ciência.	Independente	
Q2. Para esta questão, considere que o garimpeiro “descobre” o ouro e que o artista “inventa” a escultura. Algumas pessoas acham que os cientistas descobrem as	Os cientistas descobrem as teorias científicas:	A. Porque a idéia já estava lá para ser descoberta.	Perspectiva positivista (aspecto ii)
		B. Porque a teoria científica é baseada em fatos experimentais,	Perspectiva positivista (aspecto v)
		C. Mas os cientistas inventam métodos para encontrar as teorias.	Visão consensual (aspecto g)
		D. Alguns cientistas podem tropeçar numa teoria por acaso, descobrindo-a. (aspecto b) Mas outros cientistas podem inventar teorias a partir de fatos que eles já conhecem. (aspecto d)	Visão consensual (aspectos b e d)
	Os	E. Porque a teoria é uma interpretação de fatos	Visão

teorias científicas. Outras, que os cientistas inventam as teorias científicas. Qual a sua opinião sobre o assunto?	cientistas inventam as teorias científicas:	experimentais que os cientistas descobriram.	consensual (aspecto b e d)
		F. Porque invenções (teorias) vêm da mente – nós as criamos.	Visão consensual (aspecto c)
Q3. Muitos modelos científicos usados em laboratórios de pesquisa (tais como o modelo do neurônio, DNA, ou do átomo) são cópias da realidade.	Os modelos científicos SÃO cópias da realidade:	A. Porque os cientistas dizem que eles são verdadeiros, então eles devem ser verdadeiros.	Independente
		B. Porque muitas evidências científicas provam que eles são verdadeiros.	Perspectiva positivista (aspecto v)
		C. Porque eles são verdadeiros para a vida. O objetivo deles é mostrar-nos a realidade ou nos ensinar algo a respeito dela.	Perspectiva positivista (aspecto iii)
	Os modelos científicos NÃO SÃO cópias da realidade:	D. Os modelos científicos aproximam-se de ser cópias da realidade, porque eles são baseados em observações científicas e pesquisa.	Perspectiva positivista (aspecto v)
		E. Porque eles são simplesmente úteis para aprendizagem e explicação, dentro de suas limitações.	Visão consensual (aspecto f)
		F. Porque eles mudam com o tempo e de acordo com o estado de nosso conhecimento, da mesma forma que as teorias.	Visão consensual (aspecto a)
		G. Porque estes modelos devem ser ideias ou suposições estudadas, uma vez que você realmente não pode ver a coisa real.	Visão consensual (aspecto f)
Q4. Os melhores cientistas são aqueles que seguem os passos do modelo científico.		A. O modelo científico garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, a maioria dos cientistas segue os passos do modelo científico.	Perspectiva positivista (aspecto v)
		B. O modelo científico deveria funcionar bem para a maioria dos cientistas, baseado no que nós aprendemos na escola.	Independente
		C. O modelo científico é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados. Portanto, os melhores cientistas também usarão também originalidade e criatividade.	Visão consensual (aspecto d)
		D. Os melhores cientistas são aqueles que usam qualquer método que possa fornecer resultados favoráveis (incluindo o método da imaginação e criatividade).	Visão consensual (aspecto d)
		E. Muitas descobertas científicas foram feitas por acidente, e não através do método científico.	Visão consensual (aspecto f)
Q5. Quando uma nova teoria científica é proposta, os cientistas devem decidir se a aceitam ou não. Os cientistas tomam suas decisões por consenso; isto	Os cientistas que propõem uma nova teoria devem convencer outros cientistas:	A. Mostrando-lhes evidências conclusivas que provam que a teoria é verdadeira.	Perspectiva positivista (aspecto iii):
		B. Porque a teoria é útil à Ciência somente quando a maioria dos cientistas acredita nesta teoria.	Perspectiva positivista (aspecto iii):
		C. Porque quando vários cientistas discutem uma teoria e suas novas idéias, eles provavelmente irão revisá-la ou atualizá-la. Em resumo; para atingir um consenso, os cientistas tornam as teorias mais precisas.	Visão consensual (aspectos a e f)
	Os cientistas	D. Porque a evidência provada fala por si mesma.	Perspectiva positivista

<p>é, os proponentes da teoria devem convencer a grande maioria dos colegas cientistas a acreditar na nova teoria.</p>	<p>que propõem uma nova teoria NÃO devem convencer outros cientistas:</p>	E. Porque os cientistas, enquanto indivíduos decidirão por eles mesmos se usam ou não aquela teoria.	(aspecto v) Independente
		F. Porque um certo cientista pode aplicar uma teoria até que esta explique resultados e é útil, não interessa o que os outros cientistas pensem.	Visão consensual (aspectos d e f)
<p>Q6. Mesmo quando as investigações científicas são feitas corretamente, o conhecimento que os cientistas descobrem a partir destas investigações pode mudar no futuro.</p>		A. Porque os novos cientistas refutam as teorias ou descobertas de velhos cientistas. Os cientistas fazem isto usando novas técnicas e instrumentos aperfeiçoados, através do domínio de novos fatores ou através da detecção de erros na investigação original “correta”.	Visão consensual (aspecto a e g)
		B. Porque o conhecimento antigo é reinterpretado à luz de novas descobertas. Os fatos científicos podem mudar.	Visão consensual (aspecto a e c)
		C. O conhecimento científico PARECE mudar porque a interpretação ou explicação de velhos fatos pode mudar. Os experimentos corretamente feitos produzem fatos imutáveis.	Perspectiva positivista (aspecto v)
		D. O conhecimento científico PARECE mudar porque os novos conhecimentos são somados aos velhos conhecimentos; os velhos conhecimentos não mudam.	Perspectiva positivista (aspecto iii)

Fonte: elaborado pelo autor

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das respostas dos estudantes nas etapas 1ª e 4ª é apresentada de acordo com a temática relacionada a cada questão (Quadro 2. Anexo I): Q1. Definição de ciência, Q2. Natureza do conhecimento científico, Q3. Natureza dos modelos científicos, Q4. Natureza do método científico, Q5. Importância do consenso na ciência e Q6. Desenvolvimento do conhecimento científico, e com as respectivas categorias de análise de cada alternativa (Quadro 3). Nesse artigo, que é um recorte de uma pesquisa mais ampla, são analisadas as etapas 1ª e 4ª, entretanto, compreende-se que elas refletem possíveis contribuições ou não das etapas 2ª e 3ª da intervenção. As Q1 a Q6 selecionadas do questionário VOSTS foram respondidas pelos quinze alunos que participaram da pesquisa.

4.1. Definição de Ciência

As respostas dos alunos a Q1: Definir Ciência é difícil porque é uma atividade complexa e realiza muitas coisas. Mas, basicamente, Ciência é (Quadro 4):

Quadro 4: Respostas dos estudantes à Q1

Alternativas de respostas	1ª etapa		4ª etapa	
	Nomes	Total	Nomes	Total
A. Um estudo de campos tais como biologia, química e física.	Line, Vanda e Satélite	3	Line, Irmã e Gláucia	3
B. Um corpo de conhecimentos, tais como princípios, leis, teorias, que explicam o mundo ao nosso redor (matéria, energia e vida).	Marcial	1	Magali, Municipal, Júlio, Satélite e Marcial	5

C. Explorar o desconhecido e descobrir novas coisas sobre nosso mundo e universo e como eles funcionam.	Magali, Morella, Faísca, Materno, Júlio e Sophia	6	Materno, Morella e Sophia	3
D. Realizar experimentos a fim de resolver problemas de interesse sobre o mundo ao nosso redor.	Nenhum aluno assinalou	0	Nenhum aluno assinalou	0
E. Inventar ou projetar coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores, veículos espaciais).	Nenhum aluno assinalou	0	Nenhum aluno assinalou	0
F. Encontrar e usar conhecimento para fazer este mundo um lugar melhor para se viver (por exemplo, curando doenças, resolvendo problemas de poluição e melhorando a agricultura).	Estrela, Irmã e Gláucia	3	Vanda e Estrela	2
G. Uma organização de pessoas (chamadas de cientistas) que têm idéias e técnicas para descobrir novos conhecimentos.	Nenhum aluno assinalou	0	Faísca	1
H. Ninguém pode definir Ciência.	Duarte e Municipal	2	Duarte	1

Fonte: elaborado pelo autor

O maior número de respostas dos alunos a Q1 (1ª Etapa) foi a alternativa C (Quadro 4). Ao analisar o quadro 4 (1ª etapa) percebe-se que a resposta de 6 alunos (Alternativa C) (Magali, Morella, Faísca, Materno, Júlio, Sophia,) se enquadra na categoria independente, a qual não se aproxima de nenhum aspecto epistemológico destacado nesse trabalho por Halfpenny (1982). E não faz alusão a nenhum elemento da visão consensual, como o caráter coletivo/social da ciência ou a influência da subjetividade do pesquisador na construção do conhecimento, conforme destaca Lederman et al. (2002).

Ao comparar as respostas dos alunos na primeira e quarta etapas (quadro 5) a Q1, nota-se um aumento para a alternativa B, uma diminuição na C e uma das respostas sem adesões iniciais foi assinalada, a G. Um aumento nas adesões por B indica, epistemologicamente, uma migração para uma alternativa conectada à visão positivista. No entanto, um ponto de destaque nas respostas a essa questão foi do estudante (Faísca) pela alternativa G, o qual respondeu inicialmente a C. Esse dado sinaliza que esse aluno passou a considerar o caráter social da ciência, conforme afirma Kuhn (2013). Inferimos que a ressignificação percebida na concepção de Faísca pode ser resultado das discussões ocorridas nas etapas 2ª e 3ª sobre elementos da visão consensual acerca da NdC, presentes no processo de construção da teoria atômica, segundo Niels Bohr.

Quadro 5: Categorias epistemológicas relativas a Q1

Alternativa de respostas	Nº DE ALUNOS		Categorias
	1ª etapa	4ª etapa	
B. Um corpo de conhecimentos, tais como princípios, leis, teorias, que explicam o mundo ao nosso redor (matéria, energia e vida).	01	05	Perspectiva positivista (aspecto iii): é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance que são centrais para a explicação e para a previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico];
C. Explorar o desconhecido e descobrir novas coisas sobre nosso mundo e universo e	06	03	Independente

como eles funcionam.			
G. Uma organização de pessoas (chamadas de cientistas) que têm idéias e técnicas para descobrir novos conhecimentos.	00	01	Visão consensual (aspecto f): produzido dentro de um contexto social e cultural.

Fonte: elaborado pelo autor

4.2. Natureza do conhecimento científico

As respostas dos alunos a Q2: Para esta questão, considere que o garimpeiro “descobre” o ouro e que o artista “inventa” a escultura. Algumas pessoas acham que os cientistas descobrem as teorias científicas. Outras, que os cientistas inventam as teorias científicas. Qual a sua opinião sobre o assunto? (Quadro 6)

Quadro 6: Respostas dos estudantes à Q2

Alternativas de respostas		1ª etapa		4ª etapa	
		Nomes	Total	Nomes	Total
Os cientistas descobrem as teorias científicas:	A. Porque a idéia já estava lá para ser descoberta.	Faísca	1	Faísca	1
	B. Porque a teoria científica é baseada em fatos experimentais,	Gláucia, Marcial, Satélite, Municipal, Materno e Morella	6	Magali, Materno, Sophia, Satélite e Marcial	5
	C. Mas os cientistas inventam métodos para encontrar as teorias.	Nenhum aluno assinalou	0	Morella, Line, Municipal e Irmã	4
D. Alguns cientistas podem tropeçar numa teoria por acaso, descobrindo-a. Mas outros cientistas podem inventar teorias a partir de fatos que eles já conhecem.		Irmã, Estrela, Vanda, Line, Duarte e Magali	6	Gláucia, Júlio, Vanda, Estrela e Duarte	5
Os cientistas inventam as teorias científicas:	E. Porque a teoria é uma interpretação de fatos experimentais que os cientistas descobriram.	Júlio e Sophia	2	Nenhum aluno assinalou	0
	F. Porque invenções (teorias) vêm da mente – nós as criamos.	Nenhum aluno assinalou	0	Nenhum aluno assinalou	0

Fonte: elaborado pelo autor

Percebe-se que, na 1ª etapa (quadros 6 e 7) seis estudantes responderam alternativa B, enquanto outros seis, a D. A opção B representa um alinhamento das concepções dos estudantes com a perspectiva indutivista/positivista de ciência, conforme Halfpenny (1982) e Lacerda (2009). E a alternativa D indica uma aproximação desses estudantes com a visão epistemológica consensual, destacada por Lederman et. al. (2002).

Quadro7: Categorias epistemológicas relativas à Q2 (1ª etapa)

Alternativas de respostas	Nº DE ALUNOS	Categorias
B. Porque a teoria científica é baseada em fatos experimentais.	06	Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais.

D. Alguns cientistas podem tropeçar numa teoria por acaso, descobrindo-a. Mas outros cientistas podem inventar teorias a partir de fatos que eles já conhecem.	06	Visão consensual (aspectos b e d): (b) fruto do empirismo e (d) parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação.
--	----	---

Fonte: elaborado pelo autor

Na 4ª etapa quatro alunos responderam a alternativa C, a qual indica uma ressignificação de suas concepções sobre a NdC (Quadro 8). Essa resposta considera que os cientistas “inventam” os métodos para a produção do conhecimento, e destaca a influência subjetiva do pesquisador ao propor métodos para produzir o conhecimento, conectando-se assim ao elemento subjetividade inerente ao desenvolvimento do conhecimento científico, próprio da visão consensual de ciência que se aproxima da perspectiva epistemológica contemporânea, de acordo com Lederman et. al. (2002). Indica também uma minimização da visão distorcida “rígida” do conhecimento científico segundo Pérez et al. (2001), a qual considera que este conhecimento se desenvolve por meio de um método rígido e infalível. Ao considerar que os cientistas podem “inventar métodos”, estes estudantes passam a perceber que os métodos de produção do conhecimento científico podem ser flexíveis, mutáveis e dinâmicos, conforme ressalta Feyerabend (2007). Tais ressignificações pode ser fruto da discussão explícita sobre aspectos da visão consensual da NdC, subjacentes ao modelo de Bohr, abordado na intervenção didática, a partir de episódios da história da ciência.

Quadro 8: Categoria epistemológica relativa à Q2 (1ª e 4ª etapas)

Alternativa de resposta	Nº DE ALUNOS		Categoria
	1ª etapa	2ª etapa	
C. Mas os cientistas inventam métodos para encontrar as teorias.	00	04	Visão consensual (aspecto g): baseado em uma diversidade de métodos

Fonte: elaborado pelo autor

4.3. Natureza dos modelos científicos

As respostas dos alunos a Q3: Muitos modelos científicos usados em laboratórios de pesquisa (tais como o modelo do neurônio, DNA, ou do átomo) são cópias da realidade. Na 1ª etapa sete estudantes responderam a alternativa D, e quatro alunos a B (Quadro 9). A resposta D aponta que para os sete alunos os modelos científicos são cópias da realidade porque traduz algo que está pronto para ser descoberto ou observado (Quadro 10). Para os que optaram (4) pela B, os modelos são reais porque assim comprovam as evidências científicas. As 11 respostas aproximam-se de uma visão indutivista-positivista da ciência de acordo com Chalmers (1993) e Halfpenny (1982).

Quadro 9: Respostas dos estudantes à Q3

Alternativas de resposta	1ª etapa		4ª etapa	
	Nomes	Total	Nomes	Total
Os modelos científicos SÃO cópias da realidade:	A. Porque os cientistas dizem que eles são verdadeiros, então eles devem ser verdadeiros.	Marcial e Irmã 2	Marcial	1
	B. Porque muitas evidências científicas provam que eles são verdadeiros.	Gláucia, Júlio, Faísca e Magali 4	Magali	1
	C. Porque eles são verdadeiros para a vida. O objetivo deles é mostrar-nos a	Morella 1	Morella, Vanda e	3

	realidade ou nos ensinar algo a respeito dela.			Estrela	
	D. Os modelos científicos aproximam-se de ser cópias da realidade, porque eles são baseados em observações científicas e pesquisa.	Satélite, Sophia, Municipal, Materno, Estrela, Line e Duarte	7	Satélite, Sophia, Municipal, Materno, Line, Faísca	6
Os modelos científicos NÃO SÃO cópias da realidade:	E. Porque eles são simplesmente úteis para aprendizagem e explicação, dentro de suas limitações.	Nenhum aluno assinalou	0	Nenhum aluno assinalou	0
	F. Porque eles mudam com o tempo e de acordo com o estado de nosso conhecimento, da mesma forma que as teorias.	Nenhum aluno assinalou	0	Gláucia, Irmã, Júlio e Duarte	4
	G. Porque estes modelos devem ser ideias ou suposições estudadas, uma vez que você realmente não pode ver a coisa real.	Vanda	1	Nenhum aluno assinalou	0

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro10: Categoria epistemológica relativa à Q3 (1ª etapa)

Alternativas de resposta	Nº DE ALUNOS	Categoria
D. Os modelos científicos aproximam-se de ser cópias da realidade, porque eles são baseados em observações científicas e pesquisa.	07	Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais.
B. Porque muitas evidências científicas provam que eles são verdadeiros.	04	

Fonte: elaborado pelo autor

Na 4ª etapa pode-se observar um indicativo de ressignificação nas concepções de quatro alunos (quadro 11) ao responder na direção de que os modelos não são cópias da realidade. A alternativa F está associada à visão consensual sobre a NdC, relativa à provisoriedade do conhecimento científico discutida por Lederman et al. (2002) quando afirma que os modelos mudam de acordo com o estado do conhecimento na comunidade científica. Tal concepção está intimamente ligada ao desenvolvimento dos estudos sobre os modelos para o átomo, uma vez que as mudanças nesses modelos ocorreram ao longo do tempo. Nesse sentido, sugere-se que as etapas 2ª e 3ª da intervenção podem ter contribuído para a emergência dessas ressignificações pelo fato da discussão sobre a provisoriedade do conhecimento científico, apontada por Kuhn (2013) ser introduzida na abordagem histórica do modelo atômico de Bohr.

Quadro 11: Categoria epistemológica relativa à Q3 (1ª e 4ª etapas)

Alternativa de resposta	Nº DE ALUNOS		Categoria
	1ª etapa	4ª etapa	
F. Porque eles mudam com o tempo e de acordo com o estado de nosso conhecimento, da mesma forma que as teorias.	00	04	Visão consensual (aspecto a): provisório

Fonte: elaborado pelo autor

4.4. Natureza do método científico

As respostas dos alunos a Q4: Os melhores cientistas são aqueles que seguem os passos do modelo científico (Quadro 12).

Quadro 12: Respostas dos alunos à Q4

Alternativas de respostas	1ª etapa		4ª etapa	
	Nomes	Total	Nomes	Total
A. O modelo científico garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, a maioria dos cientistas segue os passos do modelo científico.	Faísca, Estrela, Materno e Marcial	4	Faísca e Marcial	2
B. O modelo científico deveria funcionar bem para a maioria dos cientistas, baseado no que nós aprendemos na escola.	Irmã, Line e Magali	3	Gláucia e Irmã,	2
C. O modelo científico é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados. Portanto, os melhores cientistas também usarão também originalidade e criatividade.	Municipal e Sophia,	2	Magali, Line, Municipal, Júlio, Sophia e Satélite	6
D. Os melhores cientistas são aqueles que usam qualquer método que possa fornecer resultados favoráveis (incluindo o método da imaginação e criatividade).	Gláucia, Júlio, Vanda e Morella	4	Materno, Estrela, Vanda e Morella	4
E. Muitas descobertas científicas foram feitas por acidente, e não através do método científico.	Duarte e Satélite	2	Duarte	1

Fonte: elaborado pelo autor

Nessa questão, na 1ª etapa quatro estudantes responderam a alternativa A e outros quatro a D. Pode-se observar que os estudantes que assinalaram A, concebem o método científico como único, válido e preciso. Tais ideias convergem com elementos da perspectiva indutivista-positivista (aspecto v) segundo Chalmers (1993) e Halfpenny (1982). Já os estudantes que assinalaram a D consideram que os cientistas podem usar diversos métodos, incluindo o uso da criatividade e imaginação. Esses aspectos se aproximam da visão consensual sobre o método científico (aspecto d), de acordo com Lederman et. al. (2002) (Quadros 12 e 13).

Quadro 132: Categorias epistemológicas relativas à Q4 (1ª e 4ª etapas)

Alternativas de respostas	Nº DE ALUNOS		Categorias
	1ª etapa	4ª etapa	
A. O modelo científico garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, a maioria dos cientistas segue os passos do modelo científico.	04	02	Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais;
C. O modelo científico é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados. Portanto, os melhores cientistas também usarão também originalidade e criatividade.	02	06	Visão consensual (aspecto d): parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação.

Fonte: elaborado pelo autor

Na 4ª etapa, houve um aumento do número de respostas para a alternativa C e um decréscimo para a A (quadros 12 e 13), o que aponta elementos de ressignificação das concepções dos alunos para a visão consensual (aspecto d, quadro 13) que se aproximam dos aspectos discutidos por Lederman et al. (2002). A afirmativa C faz referência a importância da objetividade do método científico. Entretanto, o fato do cientista seguir o método não implica que os resultados obtidos sejam válidos. Admite também o aspecto da subjetividade quando considera a relevância da originalidade e criatividade no processo de produção de conhecimento científico. Nesse sentido, pode-se inferir que a emergência do processo de ressignificação seja devido à interação desses alunos com aspectos da visão consensual sobre a NdC, explicitada pelo professor, nas etapas 2ª e 3ª da intervenção, que introduziu episódios da história da ciência para uma abordagem contextualizada do modelo atômico de Bohr.

4.5. Importância do consenso na ciência

O enunciado da Q5 versa sobre: Quando uma nova teoria científica é proposta, os cientistas devem decidir se a aceitam ou não. Os cientistas tomam suas decisões por consenso; isto é, os proponentes da teoria devem convencer a grande maioria dos colegas cientistas a acreditar na nova teoria.

Na 1ª etapa, para essa questão, seis alunos responderam alternativa A, a qual indica que suas concepções se aproximam da perspectiva indutivista-positivista (aspecto iii, quadros 14 e 15) destacada por Halfpenny (1982). Tal alternativa enfatiza o processo dedutivo para a obtenção de evidências conclusivas para a explicação de determinados experimentos/eventos/observações. Cinco estudantes responderam alternativa C, a qual aponta que suas ideias se aproximam da visão consensual (aspectos a e f): o conhecimento é provisório e produzido dentro de um contexto social e cultural, buscando sempre que possível um pensamento consensual em período de ciência normal, conforme destaca Kunh (2013) (Quadros 14 e 15). Essa alternativa indica que esses alunos consideram que deve haver algum grau de consenso pela comunidade científica acerca da produção do conhecimento científico. Para isso, as teorias propostas precisam ser colocadas em discussão pelos cientistas, entre os seus pares, de forma coletiva.

Quadro 14: Respostas dos estudantes à Q5

Alternativas de respostas		1ª etapa		4ª etapa	
		Nomes	Total	Nomes	Total
Os cientistas que propõem uma nova teoria devem convencer outros cientistas:	A. Mostrando-lhes evidências conclusivas que provam que a teoria é verdadeira.	Marcial, Satélite, Sophia, Júlio, Line e Magali	6	Magali, Faísca, Line, Vanda, Estrela, Municipal, Marcial e Irmã	8
	B. Porque a teoria é útil à Ciência somente quando a maioria dos cientistas acredita nesta teoria.	Nenhum aluno assinalou	0	Júlio	1

	C. Porque quando vários cientistas discutem uma teoria e suas novas idéias, eles provavelmente irão revisá-la ou atualizá-la. Em resumo; para atingir um consenso, os cientistas tornam as teorias mais precisas.	Gláucia, Estrela, Vanda, Duarte e Morella	5	Morella, Duarte, Materno, Sophia e Gláucia	5
Os cientistas que propõem uma nova teoria NÃO devem convencer outros cientistas:	D. Porque a evidência provada fala por si mesma.	Irmã	1	Nenhum aluno assinalou	0
	E. Porque os cientistas, enquanto indivíduos decidirão por eles mesmos se usam ou não aquela teoria.	Municipal e Materno	2	Nenhum aluno assinalou	0
	F. Porque certo cientista pode aplicar uma teoria até que esta explique resultados e é útil, não interessa o que os outros cientistas pensem.	Faísca	1	Satélite	1

Fonte: elaborado pelo autor

Na 4ª etapa observa-se um aumento de respostas dos estudantes que se enquadram na perspectiva positivista (aspecto iii – Alternativa A). Isso indica que não houve resignificação das concepções dos alunos quanto aos aspectos da visão consensual, conforme Lederman et. al. (2002) (Quadros 14 e 15). Considera-se que esse resultado pode ter influencia da intervenção didática, quando o professor discute o episódio histórico (Strathern, 1999), relatando que não houve aceitação consensual da comunidade científica da teoria proposta por Bohr para o átomo, uma vez que esta não se apoiava em evidências experimentais suficientes (Bohr, 1913), e se contrapôs a uma série de pressupostos teóricos do paradigma vigente da Física Clássica.

Quadro 15: Categorias epistemológicas relativas à Q5 (1ª e 4ª etapas)

Alternativas de respostas	Nº DE ALUNOS		Categorias
	1ª etapa	4ª etapa	
A. Mostrando-lhes evidências conclusivas que provam que a teoria é verdadeira.	06	08	Perspectiva positivista (aspecto iii): é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance que são centrais para a explicação e para a previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico];
C. Porque quando vários cientistas discutem uma teoria e suas novas ideias, eles provavelmente irão revisá-la ou atualizá-la. Em resumo; para atingir um consenso, os cientistas tornam as teorias mais precisas.	05	05	Visão consensual (aspectos a e f): (a) provisório e (f) produzido dentro de um contexto social e cultural.

Fonte: elaborado pelo autor

4.6. Desenvolvimento do conhecimento científico

O enunciado da Q6 afirma que: Mesmo quando as investigações científicas são feitas corretamente, o conhecimento que os cientistas descobrem a partir destas investigações pode mudar no futuro. Nessa questão, na 1ª etapa, sete estudantes responderam alternativa A. Isso indica que as concepções desses estudantes relacionam-se com elementos da visão falsificacionista (Popper, 2001), que ressalta o caráter provisório das teorias científicas as quais podem ser refutadas, e a diversidade de métodos científicos (Feyerabend, 2007), conforme *aspectos a e g* da visão consensual, pontuados por Lederman et al. (2002). Sete alunos responderam alternativa B, a qual aponta uma aproximação de suas concepções com o caráter provisório do conhecimento e fatos científicos, os quais podem ser reinterpretados a luz de novos conhecimentos, ou seja, orientado por novas teorias (Kuhn, 2013), de acordo com *aspectos a e c* da visão consensual citados por Lederman et al. (2002) (Quadro 16).

Quadro 16: Respostas dos alunos à Q6

Alternativas de respostas	1ª etapa		4ª etapa	
	Nomes	Total	Nomes	Total
A. Porque os novos cientistas refutam as teorias ou descobertas de velhos cientistas. Os cientistas fazem isto usando novas técnicas e instrumentos aperfeiçoados, através do domínio de novos fatores ou através da detecção de erros na investigação original “correta”.	Magali, Morella, Duarte, Estrela, Sophia, Satélite e Irmã	7	Magali, Morella, Duarte, Sophia, Satélite e Marcial	6
B. Porque o conhecimento antigo é reinterpretado à luz de novas descobertas. Os fatos científicos podem mudar.	Marcial, Júlio, Municipal, Materno, Vanda, Line e Faísca	7	Gláucia, Estrela e Faísca	3
C. O conhecimento científico PARECE mudar porque a interpretação ou explicação de velhos fatos pode mudar. Os experimentos corretamente feitos produzem fatos imutáveis.	Gláucia	1	Line e Júlio	2
D. O conhecimento científico PARECE mudar porque os novos conhecimentos são somados aos velhos conhecimentos; os velhos conhecimentos não mudam.	Nenhum aluno assinalou	0	Vanda, Materno, Municipal e Irmã	4

Fonte: elaborado pelo autor

Na 4ª etapa, houve um decréscimo de respostas para a alternativa A e B e um aumento para as C e D a Q6. Isso mostra que não houve processo de ressignificação das concepções dos alunos, uma vez que as alternativas C e D se relacionam com aspectos da perspectiva indutivista/positivista, respectivamente, os (v) e (iii), citados por Halfpenny et. al. (2002). E também indica que as concepções de seis estudantes apresentam elementos que remetem a ideia acumulativa de crescimento linear e a imutabilidade, que são visões distorcidas com respeito ao processo de produção do conhecimento científico (alternativas C e D, quadro 17), conforme destaca Pérez et. al. (2001). Diante disso, infere-se que para a Q6, a intervenção didática (etapas 2ª e 3ª) não foi suficiente para promover reflexões nos alunos sobre o aspecto inacabado, a relatividade, os conflitos e erros que ocorrem no desenvolvimento do conhecimento científico, de modo a conduzi-los a processos de ressignificação relativos à perspectiva consensual acerca da natureza da ciência, destacada por Lederman et al. (2002).

Quadro 17: Categorias epistemológicas relativas à Q6 (1ª e 4ª etapas)

Alternativas de respostas	Nº DE ALUNOS		Categorias
	1ª etapa	4ª etapa	
B. Porque o conhecimento antigo é reinterpretado à luz de novas descobertas. Os fatos científicos podem mudar.	07	03	Visão consensual (aspecto a e c): (a) provisório e (c) orientado por teorias.
C. O conhecimento científico PARECE mudar porque a interpretação ou explicação de velhos fatos pode mudar. Os experimentos corretamente feitos produzem fatos imutáveis.	01	02	Perspectiva positivista (aspecto v): é uma teoria do método científico de acordo com a qual a ciência progride por meio de leis indutivas a partir de provas observacionais e experimentais.
D. O conhecimento científico PARECE mudar porque os novos conhecimentos são somados aos velhos conhecimentos; os velhos conhecimentos não mudam.	00	04	Perspectiva positivista (aspecto iii): é uma teoria do conhecimento de acordo com a qual a ciência consiste em um corpus de leis universais interrelacionadas, verdadeiras, simples, precisas e de amplo alcance que são centrais para a explicação e previsão, à maneira descrita pelo esquema DN [dedutivo-nomológico].

Fonte: elaborado pelo autor

CONSIDERAÇÕES

Os resultados da pesquisa indicam que houve indícios iniciais de um processo de ressignificação nas concepções dos estudantes acerca da natureza da ciência. Destaca-se a Q3, que apresentou um resultado interessante na 4ª etapa. Nessa questão, os alunos demonstraram perceber que os modelos científicos são explicações e representações provisórias para os fenômenos e fatos, os quais podem ser questionados pela comunidade científica. Tal ideia sobre os modelos converge com os aspectos da visão consensual da NdC, segundo Lederman et al. (2002).

Esse resultado é relevante nesse estudo devido à especificidade do episódio histórico abordado na intervenção didática, que discorreu sobre o modelo atômico de Bohr. Apesar dos resultados apontarem tímidos avanços na ressignificação das concepções dos estudantes sobre a NdC, acredita-se que o contato de modo mais continuado e permanente com episódios da história da ciência, em aulas de química, pode proporcionar uma percepção mais ampla e consensual dos alunos sobre a natureza da ciência. Para isso, se requer do professor de Química uma apropriação sobre as diferentes concepções epistemológicas da ciência associadas aos diversos episódios relacionados à história da ciência.

Os resultados do presente estudo se aproximam dos encontrados nas pesquisas (Gatti, Nardi e Silva, 2010; Zanon, Almeida e Queiroz, 2007) que visa analisar a possibilidade de ocorrência de processos de ressignificação sobre a NdC a partir de uma abordagem conceitual contextualizada que utilize a história da ciência em aulas de ciências/química. Nesses estudos houve a predominância da visão indutivista-positivista mesmo após o contato com episódios da história da ciência.

REFERÊNCIAS

Aikenhead, G. S., & Ryan, A. (1992). The development of a new instrument: "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.

Aikenhead, G. S., & Ryan, A. (1992b). Students preconceptions about epistemology of science. *Science Education*, 76(6), p. 559-580.

Atkins, P.W., & Jones, L. (2012). *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Porto Alegre: Bookman.

Bohr, N. (1913). On the constitution of atoms and molecules. *Philosophical Magazine*, 26(151), 1-25.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica (2002). *Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC.

Chalmers, A. F. (1993). *O que é ciência afinal?* São Paulo: Ed. Brasiliense.

Damásio, F., & Peduzzi, L.O.Q. (2015). O pior inimigo da ciência: procurando esclarecer questões polêmicas da epistemologia de Paul Feyerabend na formação de professores. *Investigações no Ensino de Ciências*, 20(1), 97-126.

Gatti, S.R.T., & Nardi, R., & Silva, D. (2010). História da Ciência no Ensino de Física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. *Investigações no Ensino de Ciências*, 15(1), 7-59.

Halfpenny, P (1982). *Positivism and Sociology: Explaining Social Life*. Londres: G. Allen & Unwin.

Kuhn, T.S. (2013). *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva.

Lacerda, G.B. (2009). Augusto Comte e o Positivismo Redescobertos. *Revista Sociologia e Política*, 17(34), 319-343.

Lederman, N. G.; Abd-El-Khalick, F.; Bell, R. L.; Schwartz, R. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learner's conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.

Martins, A.F.P. (2015). Knowledge about Science in Science Education Research from the Perspective of Ludwik Fleck's Epistemology. *Research in Science Education*, 46(4), 1-14.

Matthews, M.R. (1998). The nature of science and science teaching. In FRASER B. J., & TOBIN, K. G. (Ed.), (pp. 981-999). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Mortimer, E.F. (1995). Concepções atomistas dos estudantes. *Química Nova na Escola*, 1, 23-26.

Oki, M.C.M., & Moradillo, E.F. (2008). O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. *Ciência e Educação*, 14(1), 67-88.

Peduzzi, L.O.Q., & Basso, A.C. (2005). Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 27(4), 545-557.

Pérez, D.G., & Montoro, I.F., & Alis, J.C., & Cachapuz, A.; Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico – sete visões deformadas sobre o trabalho científico. *Ciência e Educação*, 7(2), 125-153.

Praia, J., & Gil-Pérez, D., & Vilches, A. (2007). O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, 13(2), 141-156.

Popper, K.R. (2001). *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Editora Cultrix.

Strathern, P. (1999). *Bohr e a teoria quântica em 90 minutos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed.

Zanon, D.A.V., & Almeida, M.J.P.M., & Queiroz, E S.L. (2007). Contribuições da leitura de um texto de Bruno Latour e Steve Woolgar para a formação de estudantes em um curso superior de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 56-69.

ANEXO I

Quadro 2: Questões selecionadas do VOSTS relativas à natureza da ciência

Questões selecionadas do VOSTS (<i>temática central</i>)	Alternativas de respostas para as questões
Q1. Definir Ciência é difícil porque a Ciência é complexa e realiza muitas coisas. Mas, basicamente, Ciência é: (<i>Definição de Ciência</i>)	<p>A. Um estudo de campos tais como biologia, química e física.</p> <p>B. Um corpo de conhecimentos, tais como princípios, leis, teorias, que explicam o mundo ao nosso redor (matéria, energia e vida).</p> <p>C. Explorar o desconhecido e descobrir novas coisas sobre nosso mundo e universo e como eles funcionam.</p> <p>D. Realizar experimentos a fim de resolver problemas de interesse sobre o mundo ao nosso redor.</p> <p>E. Inventar ou projetar coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores, veículos espaciais).</p> <p>F. Encontrar e usar conhecimento para fazer este mundo um lugar melhor para se viver (por exemplo, curando doenças, resolvendo problemas de poluição e melhorando a agricultura).</p> <p>G. Uma organização de pessoas (chamadas de cientistas) que têm ideias e técnicas para descobrir novos conhecimentos.</p> <p>H. Ninguém pode definir Ciência.</p>
Q2. Para esta questão, considere que o garimpeiro “descobre” o ouro e que o artista “inventa” a escultura. Algumas pessoas acham que os cientistas descobrem as teorias científicas. Outras, que os cientistas inventam as teorias científicas. Qual a sua opinião sobre o assunto? (<i>Natureza do conhecimento científico</i>)	<p>Os cientistas descobrem as teorias científicas:</p> <p>A. Porque a ideia já estava lá para ser descoberta.</p> <p>B. Porque a teoria científica é baseada em fatos experimentais,</p> <p>C. Mas os cientistas inventam métodos para encontrar as teorias.</p> <p>D. Alguns cientistas podem tropeçar numa teoria por acaso, descobrindo-a. Mas outros cientistas podem inventar teorias a partir de fatos que eles já conhecem.</p> <p>Os cientistas inventam as teorias científicas:</p> <p>E. Porque a teoria é uma interpretação de fatos experimentais que os cientistas descobriram.</p> <p>F. Porque invenções (teorias) vêm da mente – nós as criamos.</p>
Q3. Muitos modelos	Os modelos científicos SÃO cópias da realidade:

<p>científicos usados em laboratórios de pesquisa (tais como o modelo do neurônio, DNA, ou do átomo) são cópias da realidade. (<i>Natureza dos modelos científicos</i>)</p>	<p>A. Porque os cientistas dizem que eles são verdadeiros, então eles devem ser verdadeiros. B. Porque muitas evidências científicas provam que eles são verdadeiros. C. Porque eles são verdadeiros para a vida. O objetivo deles é mostrarnos a realidade ou nos ensinar algo a respeito dela. D. Os modelos científicos aproximam-se de ser cópias da realidade, porque eles são baseados em observações científicas e pesquisa.</p> <p>Os modelos científicos NÃO SÃO cópias da realidade: E. Porque eles são simplesmente úteis para aprendizagem e explicação, dentro de suas limitações. F. Porque eles mudam com o tempo e de acordo com o estado de nosso conhecimento, da mesma forma que as teorias. G. Porque estes modelos devem ser ideias ou suposições estudadas, uma vez que você realmente não pode ver a coisa real.</p>
<p>Q4. Os melhores cientistas são aqueles que seguem os passos do modelo científico. (<i>Método científico</i>)</p>	<p>A. O modelo científico garante validade, clareza, lógica e resultados acurados. Portanto, a maioria dos cientistas segue os passos do modelo científico. B. O modelo científico deveria funcionar bem para a maioria dos cientistas, baseado no que nós aprendemos na escola. C. O modelo científico é útil em muitas situações, mas não nos garante resultados. Portanto, os melhores cientistas também usarão também originalidade e criatividade. D. Os melhores cientistas são aqueles que usam qualquer método que possa fornecer resultados favoráveis (incluindo o método da imaginação e criatividade). E. Muitas descobertas científicas foram feitas por acidente, e não através do método científico.</p>
<p>Q5. Quando uma nova teoria científica é proposta, os cientistas devem decidir se a aceitam ou não. Os cientistas tomam suas decisões por consenso; isto é, os proponentes da teoria devem convencer a grande maioria dos colegas cientistas a acreditar na nova teoria. (<i>Consenso na ciência</i>)</p>	<p>Os cientistas que propõem uma nova teoria devem convencer outros cientistas: A. Mostrando-lhes evidências conclusivas que provam que a teoria é verdadeira. B. Porque a teoria é útil à Ciência somente quando a maioria dos cientistas acredita nesta teoria. C. Porque quando vários cientistas discutem uma teoria e suas novas ideias, eles provavelmente irão revisá-la ou atualizá-la. Em resumo; para atingir um consenso, os cientistas tornam as teorias mais precisas.</p> <p>Os cientistas que propõem uma nova teoria NÃO devem convencer outros cientistas: D. Porque a evidência provada fala por si mesma. E. Porque os cientistas, enquanto indivíduos decidirão por eles mesmos se usam ou não aquela teoria. F. Porque certo cientista pode aplicar uma teoria até que esta explique resultados e é útil, não interessa o que os outros cientistas pensem.</p>
<p>Q6. Mesmo quando as investigações científicas são feitas corretamente, o conhecimento que os cientistas descobrem a partir destas investigações podem mudar no futuro... (<i>Produção do conhecimento</i>)</p>	<p>A. Porque os novos cientistas refutam as teorias ou descobertas de velhos cientistas. Os cientistas fazem isto usando novas técnicas e instrumentos aperfeiçoados, através do domínio de novos fatores ou através da detecção de erros na investigação original “correta”. B. Porque o conhecimento antigo é reinterpretado à luz de novas descobertas. Os fatos científicos podem mudar. C. O conhecimento científico PARECE mudar porque a interpretação ou explicação de velhos fatos pode mudar. Os experimentos corretamente feitos produzem fatos imutáveis. D. O conhecimento científico PARECE mudar porque os novos conhecimentos são somados aos velhos conhecimentos; os velhos conhecimentos não mudam.</p>

Fonte: AIKENHEAD e RYAN (1992)