

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL

Mateus Pio da Silva Matzenbacher

História e Filosofia da Ciência no Ensino de Biologia: a
influência de uma abordagem contextual no ensino de
Evolução

Porto Alegre

2018

Mateus Pio da Silva Matzenbacher

História e Filosofia da Ciência no Ensino de Biologia: a
influência de uma abordagem contextual no ensino de
Evolução

Trabalho apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Licenciado em
Ciências Biológicas pela Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, sob
orientação do Professor Nelson Jurandir
Rosa Fagundes e coorientação do Professor
Luiz Carlos Bombassaro

Porto Alegre

2018

*Aos meus pais, Christine e Wander
Aos meus professores e às minhas professoras
Aos meus alunos e às minhas alunas*

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Prof. Aldo Mellender de Araújo, por ter me apresentado a essa área de estudo, pelo compartilhamento da sala de aula, pelas conversas em sala e nos corredores e por todas as indicações de leituras.

Gostaria de agradecer, também, aos meus orientadores, Nelson e Luiz Carlos, por todo o auxílio e orientação.

À toda turma da disciplina de Evolução Biológica do segundo semestre letivo do ano de 2018 pela participação na pesquisa

Aos meus pais, Christine e Wander, por, junto a mim, terem feito de mim quem eu sou, pelos conselhos e pelas críticas, pela preocupação e pelo amor de todos esses anos.

Ao meu irmão, Tito, por ser meu melhor amigo, por participar da minha vida e por ter me ajudado a desenvolver todo senso de responsabilidade que eu possa vir a apresentar.

Aos meus primos e primas, Lucas, Júlia e Laura. Ao Lucas, por ter me introduzido no mundo das letras, à Laura por ter me orientado e me feito refletir e à Julia por ser uma referência de pessoa e de quem sabe viver.

Aos meus amigos e amigas Bruna Claudia, Bruna Becker, Brunão, Dionathas, Bruno, Filipe, Matteus e os dois Leonardos. Sem vocês, não haveria histórias para contar e a vida seria sem gosto.

Resumo: Apesar dos motivos que determinam os padrões de qualidade na educação científica variarem entre os países e culturas, o nível de letramento científico é o que orienta as percepções e decisões dos estudantes a respeito de problemáticas científicas, seja a nível pessoal ou social. Para isso, enxergar e interpretar as ciências a partir de uma perspectiva mais contextualizada interdisciplinar se faz necessário, considerando não só os conteúdos científicos, mas também valorizando o aprendizado dos alunos no que diz respeito à natureza da ciência em seus vários aspectos e da atividade científica em si. Nos últimos trinta anos, o interesse pelo ensino contextual das ciências consolidou uma área de pesquisa no campo de educação em ciências, explorando seus componentes históricos, filosóficos, sociais e culturais, enfatizando as possibilidades e potencialidades de sua utilização nas aulas de ciências do ensino básico e nas disciplinas científicas do ensino superior, principalmente sobre o aprendizado em relação à natureza da ciência. A presente monografia apresenta os resultados do efeito de uma intervenção didática por abordagem contextual histórico-filosófica nas concepções sobre natureza da ciência presentes em alunos de uma disciplina do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Os resultados apontaram para concepções diversas e para uma mudança conceitual significativa e favorável no perfil geral da turma.

Sumário

1. Introdução	7
2. Material e Métodos	9
2.1O contexto amostral da pesquisa: a disciplina de Evolução Biológica do curso de Ciências Biológicas da UFRGS.....	9
2.2. O instrumento de coleta de dados.....	10
2.3. A intervenção didática por abordagem contextual histórico-filosófica.....	10
2.4. Os métodos de análise dos dados.....	12
2.4.1. Análise qualitativa das respostas do questionário VNOS-C.....	12
2.4.2 Análise quantitativa das respostas dos participantes.....	16
2.5.1 Avaliação da adequação das respostas e atribuição de escore.....	16
2.5.2. Comparação entre as etapas de pré- e pós-teste.....	16
3. Resultados.....	16
3.1. Análise quantitativa da mudança conceitual dos alunos.....	16
3.2. Análise qualitativa da mudança conceitual dos alunos.....	19
3.2.1 Análise geral.....	19
3.2.2. Análise Individual.....	30
4. Discussão	
4.1. Análise Geral.....	31
4.2. Análise Individual.....	32
5. Conclusão.....	34
6. Referências.....	35

Introdução

A importância da História e a Filosofia das Ciências (HFC) vêm sendo destacada por cientistas e educadores/educadoras de diversos níveis de ensino (MACH, 1883; ROBINSON, 1965; LEDERMAN, 1992; MATTHEWS, 1992, 1994, 2000; BELTRAN; SAITO, 2012). As chamadas abordagens contextuais no Ensino de Ciências despertam tal interesse devido às possibilidades que a abordagem da HFC oferece para reflexão e aprendizagem sobre os processos de transformação de conceitos sobre a natureza, as técnicas e as diversas sociedades. Além disso, o uso da História da Ciência no ensino de ciências no nível fundamental e médio é recomendado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000).

O ensino contextual configura-se como uma tendência educacional que explora as dimensões históricas, filosóficas, culturais e sociais da ciência que utiliza-se de abordagens diversas, na tentativa de superar a ruptura entre o ensino dos conteúdos científicos e seus contextos de produção (PRESTES; CALDEIRA, 2009). De acordo com Michael Matthews, fundador da revista *Science & Education*, a inclusão da HFC nos currículos de ciência é importante por diversos motivos, dentre eles o fato da história promover uma melhor compreensão dos conteúdos e métodos científicos, humanizar a matéria científica, aproximando os conteúdos de ciências à realidade dos estudantes e favorecer a conexão entre as disciplinas curriculares (Matthews, 1994).

O papel da HFC no ensino de ciências tem sido particularmente considerado na formação de professores, pois conhecer a matéria a ser ensinada requer conhecer também a História das Ciências e as problemáticas filosóficas que a mesma coloca (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1995). Matthews (1994) defende que além de ter o conhecimento da ciência que ensinam, professores e professoras devem ter uma teoria ou visão educacional que oriente suas atividades na sala de aula.

Encontra-se entre as questões fundamentais dentro da temática de ensino por abordagens contextuais as preocupações com as concepções que alunos e professores tem sobre ciência. Tais concepções, conhecidas como concepções sobre a Natureza da Ciência (NdC) (LEDERMAN,

1992), são tidas como componente central da alfabetização científica por muitos autores, e a HFC como meio adequado para atingir esse objetivo. Visto que o tema Natureza da Ciência, apesar de ser criticado na literatura (MATTHEWS, 2012) pelo seu caráter possivelmente essencialista, é altamente interdisciplinar, ele mesmo demanda teorias, metodologias e abordagens que consigam abranger a complexidade do tema. Assim, a História e a Filosofia da Ciência apresentam-se não apenas como alternativas ao currículo tradicional, chamado de currículo baseado em *modelo* científico, mas também, ao deslocar o foco para o *processo* científico, apresentam-se como reorientações epistemológicas na escola ou na universidade.

Existem argumentos fortes considerando o benefício da aprendizagem da epistemologia e da história da ciência ao letramento científico, aqui entendido no sentido que Santos (2007) confere à expressão. Existem algumas pesquisas, no entanto, que têm apontado dificuldades e obstáculos variados para se efetivar propostas concretas em sala de aula, dentre elas (i) os problemas trazidos por uma abordagem possivelmente anacrônica sobre os processos históricos do desenvolvimento científico; (ii) a pseudo-história presente no ambiente escolar; (iii) as noções presentistas, continuístas e cumulativas sobre a história das ideias científicas; (iv) concepções ateóricas, a-históricas e dogmáticas sobre o pensamento científico (FORATO et al, 2012). Faz-se necessário, portanto, um tratamento cuidadoso e treinado por parte do professor ou professora.

Na busca pela implementação de uma abordagem contextual nas aulas das disciplinas científicas, algumas questões levantam-se: como o(a) professor(a) formado em uma disciplina científica conseguirá lidar com a interdisciplinaridade requerida por tal abordagem, visto que esse(a) profissional já enfrenta dificuldades em implementar metodologias atuais em sala de aula? O que seria uma metodologia adequada para aplicação de conhecimentos interdisciplinares por si só? Como se daria a avaliação no ensino *contextual* baseado em *processo* científico?

As pesquisas que buscam avaliar as concepções de natureza da ciência tanto de alunos quanto de professores, assim como as que procuram desenvolver, implementar e testar propostas de intervenção didática destinadas a melhorar essas concepções apresentam-se como verdadeiras linhas de investigação (LEDERMAN, 1992). O presente estudo teve como objetivo (i) compreender as concepções de natureza da ciência presentes em estudantes (possíveis professores em formação) de um curso superior em Ciências Biológicas em uma universidade

pública brasileira e (ii) avaliar o impacto de uma intervenção didática contextual histórico-filosófica sobre essas concepções.

2. Material e Métodos

2.1. O contexto amostral da pesquisa: a disciplina de Evolução Biológica do curso de Ciências Biológicas da UFRGS

Os participantes da pesquisa foram alunos da disciplina de Evolução Biológica, de caráter obrigatório e oferecida na sétima etapa do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no segundo semestre letivo do ano de 2018. A escolha da disciplina se deu em função de três aspectos: a vasta produção historiográfica e filosófica sobre o tema; o componente histórico próprio da biologia evolutiva, o que entra em sintonia com a aplicação de uma abordagem contextual histórico-filosófica nessa disciplina; e a possibilidade de acesso à turma e realização de uma intervenção didática e de pesquisa

Inicialmente, a amostra foi composta por 32 alunos, matriculados na disciplina e representantes das modalidades Licenciatura e Bacharelado. Do total da amostra, 16 alunos participaram apenas da primeira etapa de pesquisa, 5 participaram apenas da segunda e 11 participaram das duas etapas. Considerando o objetivo do estudo, a maior parte das análises teve seu enfoque nos 11 alunos que participaram das duas etapas da pesquisa.

2.2. O instrumento de coleta de dados

Os dados foram coletados pela aplicação do questionário VNOS-C (Views of the Nature of Science - Form C), composto por 11 questões abertas, onde os participantes respondem livremente às diversas perguntas propostas. O questionário foi elaborado e validado por Norm Lederman e colaboradores (2002), três dos quais eram professores de ciência, um era historiador da ciência e um era biólogo.

2.3. A intervenção didática por abordagem contextual histórico-filosófica

A disciplina de Evolução Biológica aborda conteúdos relacionados à história e filosofia das ciências, especificamente à história e filosofia da biologia evolutiva. A intervenção apresentada neste estudo foi elaborada e ministrada pelo autor do presente estudo, configurando uma pesquisa que envolve a figura do sujeito professor-pesquisador

A proposta de intervenção não tomou como fio condutor os episódios da história do pensamento evolutivo em uma sequência de conteúdos sobre biologia evolutiva, o que configuraria uma visão narrativa da história das ciências. Alternativamente, buscou-se abordar temas pertinentes à história da ciência, apresentados a seguir, com o objetivo de convidar os alunos a uma reorientação epistemológica do olhar para os conteúdos de Evolução e do próprio processo de aprendizagem.

A intervenção começou com uma reflexão sobre a história da teoria da herança de caracteres adquiridos, abordando temas como: a abrangência histórica da teoria, colocando-a em perspectiva histórica ao situá-la já no pensamento aristotélico (PECK, 1949); a pseudo-história na ciência, confrontando a ideia de tal teoria ser associada exclusivamente à Lamarck e não participar do pensamento de Darwin (BURKHARDT, 2013; MARTINS, 2015; CASTILHO, 2014); a natureza dinâmica e coletiva do empreendimento científico (Galton, 1891); e, por fim, o questionamento da evidência empírica enquanto reveladora da verdade, visto a existência de experimentos comprovando a herança de caracteres adquiridos (Martins, 2015).

Em seguida, procurou-se refletir sobre a dimensão histórica do darwinismo. Inicialmente, procurou-se trabalhar a ideia de que toda ideia científica é um produto necessariamente histórico, uma síntese das suas condições de existência. Para ilustrar tal ideia, utilizou-se do trabalho de Araújo & Araújo (2014), em que discutem a visão de Michel Foucault, na sua obra "As palavras e as coisas", de 1966, a respeito das condições de possibilidade para o surgimento do evolucionismo em Darwin. Argumenta-se que a peça chave na transição entre o naturalismo da Idade Clássica e a biologia da Idade Moderna encontra-se no pensamento de George Cuvier (1769-1832), ainda que o próprio Cuvier não fosse evolucionista.

Por último, trabalhou-se a relação entre o darwinismo e a história e o pensamento social. Nessa seção, o objetivo foi situar as ideias científicas dentro de um universo sócio-cultural, evidenciando a relação entre ciência e cultura. Iniciou-se com a análise histórica da teoria da seleção natural enquanto produto da analogia com a seleção artificial, e a necessidade de

legitimar socialmente a última enquanto ciência (SILVA; MINIKOSKI, 2017; SECORD, 1981). Além de uma análise relacional entre história da ciência e história social, fica explícito tanto o papel da retórica e das estratégias argumentativas e discursivas na produção do conhecimento científico quanto o status social da ciência, visto que tem o poder de mobilizar ou imobilizar os conhecimentos em uma estrutura de hierarquia social, como foi o caso da seleção artificial. Por fim, discutiu-se a relação entre a produção científica em evolução humana, antropologia e gênero (TANNER, 1981; RICHARDS, 1983). Constata-se que os modelos explicativos de evolução humana e organização social das comunidades australopitecíneas produzidos até o início da segunda metade do século XX enfocavam no modelo de homem-caçador, o qual negligenciava e limitava o papel da mulher no processo de hominização. Além da discussão da relação entre ciência e gênero, abordou-se temas como o anacronismo dentro das explicações científicas, visto que o modelo da mulher-coletora é mais condizente com as evidências, e como os modelos científicos enquanto produtos que refletem o contexto cultural no qual estão inseridos.

2.4. Os métodos de análise dos dados

2.4.1. Análise qualitativa das respostas do questionário VNOS-C

Na parte qualitativa, o método analítico utilizado foi a Análise de Conteúdo, conforme descrito por Bardin (1977). As respostas fornecidas ao questionário foram submetidas à uma série de três procedimentos metodológicos: categorização, inferência e interpretação.

A categorização resultou do processo de decompor (analisar) o material em partes e distribuir essas partes em categorias. Foi escolhido o critério semântico de categorização, em que são criadas categorias temáticas. Assim, a partir desse critério, a unidade básica de informação (*unidade de registro*) é o *tema*, o que significa que todas as respostas que compartilharem um determinado tema serão agrupadas em uma mesma categoria, sob um título genérico.

A inferência, uma etapa intermediária entre a categorização descritiva e a interpretação, segue como uma dedução lógica de algo do conteúdo que está sendo analisado. Conforme

Minayo (2004), a inferência se dá pela "necessidade de articularmos a superfície do material a ser analisado com os fatores que determinaram suas características" (p.89).

A interpretação, entendida como a significação concedida a essas características, é ir além do material. Chega-se a uma interpretação quando produz-se uma síntese entre os resultados obtidos, as inferências realizadas e uma fundamentação teórica sólida sobre o que está sendo investigado. Esse último componente será descrito na próxima sessão.

2.4.2. Parâmetros teóricos para a interpretação das respostas

Com o objetivo de servir de fundamentação teórica para a investigação realizada, procurou-se na filosofia, epistemologia, sociologia das ciências e história das ciências algumas ideias que orientassem a análise das respostas obtidas para os diferentes aspectos da natureza da ciência abordados pelo questionário.

Sobre as concepções de definição de ciência, Chalmers (1983; 2017) trata da questão do indutivismo, atitude científica que considera a ciência como conhecimento derivado dos dados da observação e da experiência. Dentre os argumentos que compõem a sua crítica do indutivismo, encontra-se o fato de que a observação de fenômenos não é pura ou independente de subjetividade, mas, pelo contrário, é percebida por um observador. Toda observação depende, em parte, da experiência passada do observador, de seu conhecimento e do que se espera ao observar um fenômeno, o que permite afirmar que toda observação é, a grosso modo, singular, ou seja, dois observadores vendo o mesmo fenômeno interpretam-no e significam-no de maneira diferente, apesar do estímulo (na maioria das vezes) visual ser o mesmo. Da mesma forma, nenhuma observação é pura pois não é independente de teoria. Como ilustra o autor:

Quando alguém acorda cedo precisando urgentemente de café e reclama: "Não há gás", supõem-se que há substâncias no mundo que podem ser agrupadas sob o conceito "gás", e que algumas delas, ao menos, inflamam-se. É preciso considerar também que o conceito "gás" nem sempre foi disponível. Ele não existia até meados do século XVIII, quando Joseph Black pela primeira vez preparou dióxido de carbono." (CHALMERS, 1983; 1993; 2017, p. 53)

Logo, definir ciência enfatizando a evidência observável enquanto *fato científico*, a lógica indutiva de produção de conhecimento científico e, portanto, o *método científico*, entendido no seu sentido baconiano, configura uma concepção empírico-indutivista da ciência (DURBANO, 2012).

A questão do critério de demarcação entre a ciência e outras formas de conhecimento levanta um dos pontos onde o posicionamento filosófico do professor tem papel importante (EL-HANI, 2004). Alguns filósofos da ciência consideraram não haver uma distinção clara entre a ciência e outras formas de conhecimento, principalmente se essa distinção invocar o método como critério (FEYERABEND, 1975). No entanto, quando se abordou o problema da demarcação na disciplina, destacou-se a necessidade de diferenciar as formas de conhecimento. Neste estudo, optou-se por dialogar as ideias de Feyerabend, em que a ciência não tem lugar especial no panorama geral das formas de conhecimento, com a ideia de demarcação pelo materialismo metodológico (SCOTT, 1995).

Sobre a definição de experimento e a necessidade dele para o desenvolvimento do conhecimento científico, é importante ressaltar o retorno recente do interesse dos filósofos da ciência a respeito do conceito de experimento e de suas funções epistêmicas, o que dificulta o balizamento teórico a respeito do tema. O experimento, na sua pluralidade de formas de manifestação e de funções na ciência, além de ser uma das formas de garantir a base empírica da ciência, também pode ser caracterizado como uma atividade de intervenção na realidade, o que lhe confere um estatuto epistemológico diferencial ao valorizar a capacidade humana de transformar sua realidade e de construir instrumentos para modificar o mundo (HACKING, 2012). Intervir, e não apenas teorizar. Além disso, é importante notar que o experimento tem como função epistêmica não somente a verificação de hipóteses, mas principalmente a de gerar conhecimento (STEINLE, 2002).

Apesar do papel crucial da experimentação na ciência, deve-se admitir outras abordagens, não-experimentais, como os métodos comparativos e observacionais. Assim, concepções exclusivamente experimentalistas sobre o desenvolvimento do conhecimento científico devem ser diferidas daquelas que admitem a existência de abordagens não-experimentais ou áreas onde a experimentação não seja possível.

A mudança teórica em ciência ocupa extensa produção na literatura histórica e filosófica, pois a própria natureza do desenvolvimento científico pressupõe a existência de mudanças nas formas e nos sistemas de explicação dos fenômenos naturais. No decorrer da história das ciências, constata-se uma série de discontinuidades nas ideias, nas teorias, nas representações e nas atitudes científicas, o que representa a natureza da ciência não apenas no seu aspecto dinâmico, mas também no revolucionário. Apesar de não ter sido o primeiro a tratar sobre as discontinuidades, rupturas e revoluções científicas, considerando os *obstáculos epistemológicos* de Bachelard (1938, 1996) e o elogio de Fontenelle ao cálculo infinitesimal de Newton e Leibniz como verdadeiramente revolucionário (PEDUZZI, 2006), foi Thomas Kuhn quem mais marcou uma historiografia de corrente revolucionária, criticando de um lado a filosofia empirista-indutivista da ciência e de outro a historiografia tradicional, que prioriza uma visão continuísta, linear, cumulativa e presentista do desenvolvimento do conhecimento científico (PEDUZZI, 2006).

A história das ciências, na perspectiva kuhniana, é marcada por momentos de ciência normal, as quais funcionam como resoluções de quebra-cabeças pertencentes a um paradigma científico consensual por uma comunidade científica, seguidos por crises paradigmáticas, momento em que essa comunidade pode responder de diferentes maneiras a tal crise, e momentos de ciência revolucionária, onde novos paradigmas são propostos e entram em disputa com os anteriores, sendo que os resultantes históricos desse embate geralmente são os que apresentam soluções para suas anomalias (KUHN, 1970, 2011)

Com relação às leis e teorias científicas, Lederman (2002) afirma que as duas entidades científicas são fundamentalmente distintas. Teorias científicas são sistemas de explicação bem estabelecidos, substanciados e internamente consistentes e têm a função de explicar grandes conjuntos de observações aparentemente não relacionadas em mais de um campo de investigação, além de gerar problemas de pesquisa e guiar as investigações. As leis científicas, por sua vez, são descrições de relações regulares entre fenômenos observáveis.

Esse aspecto da natureza da ciência é um tanto problemático nas ciências biológicas, pois a dificuldade de diferenciar teorias e leis em biologia reside no fato de que as leis têm papel muito menor do que as teorias nessa ciência (Mayr, 2005). Um segundo problema é o que Balashov (1992) aborda como efeito "evolução da evolução" manifestado nas teorias biológicas.

Na biologia, os processos e mecanismos (e os seus produtos) evolutivos estão sujeitos a mudanças, a forças históricas e, conseqüentemente, as descrições biológico-evolutivas de fenômenos observáveis em termos de leis essencialmente imutáveis perdem sentido.

Os modelos em ciência são entidades teóricas não diretamente acessíveis aos sentidos (ou quaisquer extensões deles), cuja função é representar uma realidade também não acessível diretamente, mas apreensível através da teorização (LEDERMAN, 2002; BUNGE, 1976; 2013). As formas de produção e representação de conhecimento são condicionadas pelo seu contexto histórico-social, o que produziria aquilo que Ludwik Fleck conceituou como estilo de pensamento (FLECK 1973, *apud* CURI, 2011). Logo, os modelos científicos como a estrutura atômica e o conceito de espécie biológica devem ser entendidos como objetos científicos de natureza teórica e representacional, historicamente condicionados e sujeitos ao contexto cultural, científico e tecnológico sua época (HULL, 1998, *apud* LEDERMAN, 2002).

Um dos debates filosóficos bastante importantes e concernentes à didática das ciências é a questão das influências socioculturais que recebem os campos científicos. Ainda que não seja um aspecto da ciência considerado consensual (EL-HANI, 2004), configura-se, aqui, um outro ponto em que o posicionamento filosófico do professor-pesquisador se faz presente. Nesse estudo, assume-se uma posição não-universalista perante a ciência pois entende-se as ciências não como métodos ou metodologias universais, mas como discursos com pretensão de verdade.

Na perspectiva foucaultiana, verdade não é entendida como "o conjunto das coisas verdadeiras a descobrir ou a se fazer aceitar, mas o conjunto das regras segundo as quais se distingue o verdadeiro do falso e se atribui ao verdadeiro efeitos específicos de poder" (FOUCAULT, 1986, p. 13). Considerando essa metalinguagem científica como resultado da formação de discursos científicos em processo de intertextualidade com outros autores e outras épocas além da sua própria (CORACINI, 2003), a ciência é ela própria uma história de discursos, na medida em que carregam ideias de épocas passadas e de atores sociais interpelados por histórias e subjetividade. Assim, o discurso científico "não tem somente relação com um grupo de ciências sem coesão intrínseca, mas também com a não ciência, com a ideologia, com a prática política e social" (CANGUILHEM, 1968, 2012, p.12).

Pela mesma perspectiva, a partir de uma análise sociológica das ciências Bordieu (2001; 2008) critica a visão internalista da mudança científica em Kuhn, em cuja obra cada paradigma

esgota-se por si só, atinge seu limite intelectual devido à exaustão da sua capacidade de resolver seus próprios problemas. Além do mais, o autor observa que o fato de Kuhn ter sido adotado (um pouco contra a sua vontade) como mentor pelos estudantes da Universidade de Columbia na virada entre a década de 60 e 70 e integrado no movimento da contracultura, assim como Feyerabend, em Berlim, mostra como movimentos sociais levam a contestação política para dentro da ciência.

Por fim, discute-se o papel da criatividade e da imaginação no processo de geração de conhecimento científico. A ciência, apesar de apresentar uma base empírica, também envolve inovação e criação. Ao contrário do que pressupõe o senso comum (assim como parte da comunidade científica), a ciência não é uma atividade algorítmica e completamente guiada pela racionalidade objetiva, visto que envolve a invenção de entidades teóricas complexas e que requerem alto grau de abstração (LEDERAN, 2002).

2.5 Análise quantitativa das respostas dos participantes

2.5.1 Avaliação da adequação das respostas e atribuição de score

Com base nos parâmetros apresentados na seção anterior e no processo de categorização por análise de conteúdo, cada resposta foi avaliada quanto ao seu grau de adequação, recebendo, assim, um score. As respostas avaliadas como insatisfatórias receberam zero ponto; as respostas consideradas parcialmente satisfatórias receberam um ponto, enquanto as respostas consideradas satisfatórias receberam 2 pontos. As somas dos scores de cada indivíduo nas duas etapas foram utilizadas no teste estatístico realizado e explicado a seguir.

2.5.2. Comparação entre as etapas de pré- e pós-teste

Para comparar os valores obtidos nas etapas de pré e pós-teste foi realizado um teste de hipóteses não paramétrico para amostras emparelhadas (teste de Wilcoxon), com nível de significância de $P=0.05$. A escolha de um teste não-paramétrico ocorreu pelo pequeno tamanho amostral e pela violação do pressuposto de homocedasticidade dos dados. As análises foram realizadas com o software PAST para Windows 3.21, University of Oslo (1999-2018).

3. Resultados

3.1. Análise quantitativa da mudança conceitual dos alunos

Foi encontrada diferença estatisticamente significativa ($P = 0.019$) entre as médias de escore das etapas de pré- e pós-teste (Figura 1), o que indica o sucesso da intervenção na mudança de concepções sobre a natureza da ciência dos alunos participantes. A média antes da intervenção foi de 8,2, tendo aumentado, após, para 10,1. A Figura 2 apresenta a mudança conceitual de cada indivíduo, entre as etapas da pesquisa.

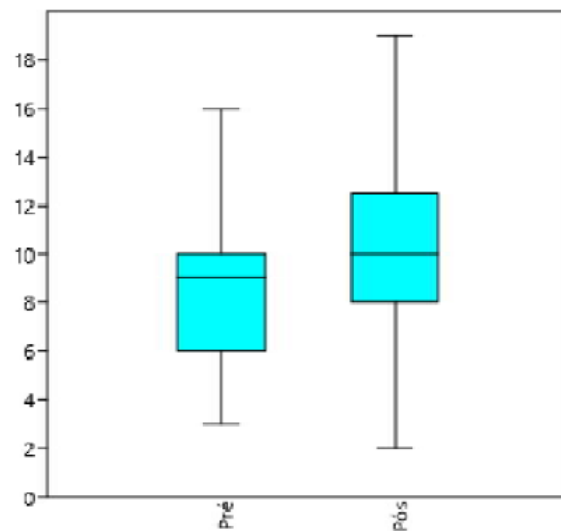


Figura 1: gráfico box-plot evidenciando as médias de escores totais entre as etapas de pré- e pós-teste.

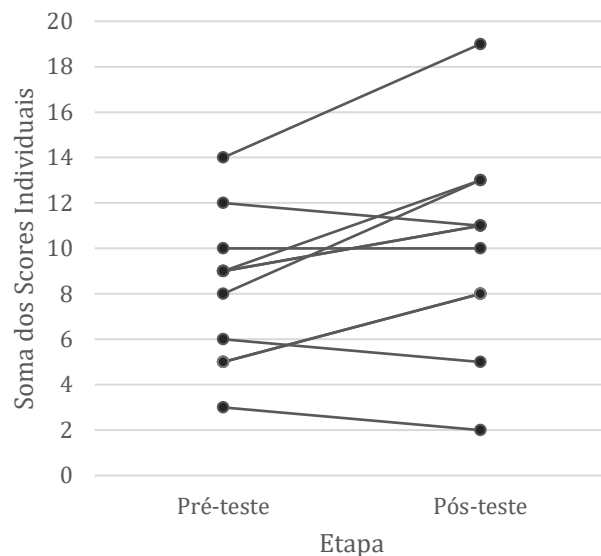


Figura 2: gráfico ladder plot demonstrando o comportamento de mudança conceitual individualmente.

3.2. Análise qualitativa da mudança conceitual dos alunos

3.2.1 Análise geral

Em relação aos resultados obtidos pelo processo de categorização, encontram-se abaixo todas as categorias construídas a partir da análise das 286 respostas registradas nas duas etapas da pesquisa, assim como suas frequências relativas, separadas por item do questionário.

Tabela 1: Categorias obtidas na questão 1 do VNOS-C, nas duas etapas de coleta de dados

Item 1: Para você, o que é ciência?

CÓDIGO	CATEGORIA	ETAPA	FR
1a	Método para verificação de hipóteses	PRÉ	18,2
		PÓS	18,2
1b	Conjunto de métodos replicáveis para interpretar e conhecer a realidade natural	PRÉ	9,1
		PÓS	18,2
1c	Estudo que obedece uma metodologia previamente testada e que depende de teorias	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1

1d	Estudo que envolve pesquisa e métodos	PRÉ	9,1
		PÓS	0
1e	Meio pelo qual buscamos conhecer nossa realidade	PRÉ	18,2
		PÓS	9,1
1f	Ciência é um conceito polissêmico de natureza empírica e abstrata, podendo significar uma metodologia, uma instituição de poder ou um campo reflexivo.	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1
1g	É uma investigação do funcionamento dos diversos aspectos da natureza e a aplicação dos conhecimentos produzidos	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1
1h	Método para gerar conhecimento	PRÉ	9,1
		PÓS	0
1i	Estudo que envolve pesquisa e que não tem influência do sobrenatural	PRÉ	0
		PÓS	9,1
1j	Forma de pensar os fenômenos naturais baseada no empiricismo, compartilhando um método de teste, observação e replicação	PRÉ	0
		PÓS	9,1
1k	É uma prática que envolve o método científico e o comprometimento ético	PRÉ	9,1
		PÓS	0
1l	Tipo de conhecimento que utiliza o método científico	PRÉ	0
		PÓS	9,1

Tabela 2: Categorias obtidas na questão 2 do VNOS-C, nas duas etapas de coleta de dados

Item 2: O que faz a ciência (ou uma disciplina científica como biologia, física, etc.) ser diferentes de outros campos do saber/disciplinas (religião, filosofia, etc.)?

CÓDIGO	CATEGORIA	ETAPA	FR
2a	Utilização do método científico	PRÉ	36,4
		PÓS	27,3
2b	A ciência segue um método e o materialismo metodológico, não estudando questões sobrenaturais como a religião o faz, tampouco baseando-se em opinião própria, como o faz a filosofia	PRÉ	0
		PÓS	36,4
2c	O que a ciência estuda existe por si só, são fatos da natureza, não depende das relações humanas ou de subjetividade para existir	PRÉ	18,2
		PÓS	18,2
2d	O que distingue a ciência é a objetividade, o racionalismo e a metodologia, visto que a ciência não é construída a partir de opiniões ou bases culturais	PRÉ	9,1
		PÓS	18,2
2e	Lógica Científica	PRÉ	18,2
		PÓS	0

2f	Ciência precisa de provas, teorias e análise. Nas disciplinas ideológicas, por dependerem do ponto de vista do indivíduo, não há o correto e o incorreto	PRÉ	9,1
		PÓS	0
2g	Disciplinas não-científicas trabalham com especulações	PRÉ	9,1
		PÓS	0

Tabela 3: Categorias obtidas na questão 3 do VNOS-C. nas duas etapas de coleta de dados

Item 3: O que é um experimento?

CÓDIGO	CATEGORIA	ETAPA	FR
3a	O experimento é um teste de hipóteses	PRÉ	63,6
		PÓS	54,5
3b	Um meio para testar uma hipótese que envolve a manipulação de objetos	PRÉ	18,2
		PÓS	9,1
3c	Um dos métodos científicos para testar uma hipótese	PRÉ	0
		PÓS	18,2
3d	Um método comparativo que mostra tendências e processos	PRÉ	9,1
		PÓS	0
3e	Teste de hipóteses a partir de observação e que precisa ser replicável	PRÉ	9,1
		PÓS	0
3f	Uma tentativa de descrição de um processo	PRÉ	0
		PÓS	9,1
3g	Reprodução de condições específicas seguindo uma metodologia	PRÉ	0
		PÓS	9,1

Tabela 4: Categorias obtidas na questão 4 do VNOS-C. nas duas etapas de coleta de dados

Item 4: O desenvolvimento do conhecimento científico requer experimentos?

CÓDIGO	CATEGORIA	ETAPA	FR
4a	Sim, porque é preciso testar as proposições científicas	PRÉ	27,3
		PÓS	27,3
4b	Sim, porque o experimento tem maior poder explicativo que abordagens observacionais	PRÉ	9,1
		PÓS	18,2
4c	Sim, porque o experimento concretiza o que está no campo das ideias	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1
4d	Sim, porque o experimento confere rigorosidade metodológica	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1

4e	Não, pois existem abordagens observacionais ou áreas científicas em que a experimentação não é possível	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1
4f	Não justificou	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1
4g	Sim, experimentos constroem e sustentem paradigmas	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
4h	Sim, a ciência parte de experimentos anteriores	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
4i	Não, o desenvolvimento do conhecimento científico pode ser feito por meio da abstração, teorização	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
4j	Sim, o experimento possibilita descobrir a verdade	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
4k	Sim, o experimento demarca as fronteiras da ciência com as pseudociências e religião	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1

Tabela 5: Categorias obtidas na questão 5.1 do VNOS-C, nas duas etapas de coleta de dados

Item 5.1: Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica (por exemplo, a teoria atômica, a teoria da evolução), a teoria pode transformar-se? Defenda sua resposta com exemplos.

CÓDIGO	CATEGORIA	ETAPA	FR
5.1a	Sim, as teorias mudam, porque novos conhecimentos são gerados	PRÉ	18,2
		PÓS	45,5
5.1b	Sim, as teorias mudam, porque as teorias são questionadas e reformuladas	PRÉ	27,3
		PÓS	9,1
5.1c	Devido ao surgimento de novas evidências	PRÉ	18,2
		PÓS	18,2
5.1d	Sim, as teorias mudam, porque são produzidas em um determinado contexto histórico	PRÉ	27,3
		PÓS	0,0
5.1e	Sim, as teorias mudam, devido ao desenvolvimento tecnológico	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1
5.1f	Sim, as teorias mudam, pois a teoria pode ser incrementada	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
5.1g	Teorias não mudam, apenas sofrem pequenas modificações	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1

Tabela 6: Categorias obtidas na questão 5.2 do VNOS-C, nas duas etapas de coleta de dados

Item 5.2: Por que nos preocupamos em aprender teorias científicas, considerando que elas poderão mudar? Defenda sua resposta com exemplos.

CÓDIGO	CATEGORIA	ETAPA	FR
5.2a	Porque as teorias representam o conhecimento atual	PRÉ	27,3
		PÓS	30,0
5.2b	Estudamos teorias para questioná-las e mudá-las	PRÉ	18,2
		PÓS	20,0
5.2c	Porque as teorias orientam o trabalho científico	PRÉ	18,2
		PÓS	20,0
5.2d	Porque o estudo das teorias amplia e gera conhecimento	PRÉ	9,1
		PÓS	20,0
5.2e	Porque se o fato de existir mudança teórica impedir seu estudo, não sobrar o que estudar em ciência.	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
5.2f	Porque a busca do conhecimento é da natureza humana.	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
5.2g	Não respondeu	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
5.2h	Vaga, confusa ou incomputável	PRÉ	0,0
		PÓS	10,0

Tabela 7: Categorias obtidas na questão 6 do VNOS-C, nas duas etapas de coleta de dados

Item 6: Você acha que há diferença entre uma teoria e uma lei científica? Dê um exemplo para defender sua posição.

CÓDIGO	CATEGORIA	ETAPA	FR
6a	Leis científicas são absolutas, teorias podem mudar	PRÉ	45,5
		PÓS	27,3
6b	Lei possui maior status científico que teoria	PRÉ	18,2
		PÓS	27,3
6c	As leis estão relacionadas com fenômenos observáveis	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1
6d	Vaga, confusa ou incomputável	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1
6e	Leis científicas não existem, pois não há regularidades na natureza que permitam generalizações de fenômenos	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1

6f	Leis são teorias bem consolidadas	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
6g	A lei é um postulado de uma teoria	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
6h	Teorias bem consolidadas tornam-se leis	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1

Tabela 8: Categorias obtidas na questão 7 do VNOS-C, nas duas etapas de coleta de dados

Item 7: Livros-texto de ciência frequentemente representam o átomo como um núcleo central composto de prótons (partículas carregadas positivamente) e nêutrons (partículas neutras), com elétrons (partículas carregadas negativamente) orbitando ao redor daquele núcleo. Qual o grau de certeza que os cientistas têm acerca da estrutura do átomo?

CÓDIGO	CATEGORIA	ETAPA	FR
7a	Vaga, confusa, ou incomputável	PRÉ	45,5
		PÓS	18,2
7b	Baixo grau de certeza, visto que as evidências são indiretas e os modelos são representações	PRÉ	27,3
		PÓS	27,3
7c	Alto grau de certeza, devido às evidências diretas	PRÉ	18,2
		PÓS	27,3
7d	Não há certeza, mas através de estudos e experimentos se pode ter uma ideia	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
7e	Baixo grau de certeza, em função de não ser visível a olho nu	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
7f	Baixo grau de certeza, pois mesmo com o progresso tecnológico, evidências passam despercebidas	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
7g	Alto grau de certeza, pois muitas pesquisas foram realizadas e chegou-se a conclusão final da estrutura atômica	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1

Tabela 9: Categorias obtidas na questão 8.1 do VNOS-C, nas duas etapas de coleta de dados

Item 8.1: Livros-texto de ciências definem uma espécie como um grupo de organismos que compartilham características similares e podem cruzar uns com os outros produzindo filhos férteis. Qual o grau de certeza que os cientistas têm acerca de sua caracterização do que é uma espécie?

CÓDIGO	CATEGORIA	ETAPA	FR
8.1a	Baixo grau de certeza quanto à caracterização do que é uma espécie, visto que existem vários conceitos de espécie.	PRÉ	36,4
		PÓS	27,3
8.1b	Baixo grau de certeza quanto à caracterização do que é uma	PRÉ	27,3

	espécie, visto que além de existirem vários conceitos e debates, o próprio conceito de espécie é uma entidade teórica da ciência	PÓS	18,2
8.1c	Baixo grau de certeza quanto à caracterização do que é uma espécie, visto que além de existirem vários conceitos de espécie, existe debate sobre o que definiria uma espécie.	PRÉ	18,2
		PÓS	18,2
8.1d	Alto grau de certeza	PRÉ	18,2
		PÓS	18,2
8.1e	Baixo grau de certeza, pois existe um debate acadêmico sobre o que caracterizaria uma espécie	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
8.1f	Nenhum grau de certeza, pois a definição de uma espécie é arbitrária e sua utilidade limita-se à comunicação entre os cientistas	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1

Tabela 10: Categorias obtidas na questão 8.2 do VNOS-C, nas duas etapas de coleta de dados

Item 8.2: Que evidência específica você pensa que os cientistas utilizaram para determinar o que é uma espécie?

CÓDIGO	CATEGORIA	ETAPA	FR
8.2a	Haver isolamento reprodutivo	PRÉ	27,3
		PÓS	36,4
8.2b	Caracteres morfológicos e moleculares	PRÉ	18,2
		PÓS	9,1
8.2c	Caracteres morfológicos, moleculares e isolamento reprodutivo	PRÉ	9,1
		PÓS	18,2
8.2d	Caracteres morfológicos, moleculares, isolamento reprodutivo e comportamento	PRÉ	18,2
		PÓS	9,1
8.2e	Caracteres morfológicos e isolamento reprodutivo	PRÉ	18,2
		PÓS	0,0
8.2f	Caracteres moleculares	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
8.2g	Isolamento reprodutivo e hábitat	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
8.2h	Evidência varia conforme o conceito de espécie utilizado	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
8.2i	Vaga	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1

Tabela 11: Categorias obtidas na questão 9 do VNOS-C, nas duas etapas de coleta de dados

Item 9: Acredita-se que há cerca de 65 milhões de anos os dinossauros se extinguíram. Entre as hipóteses

formuladas pelos cientistas para explicar a extinção, duas gozam de maior apoio. A primeira, formulada por um grupo de cientistas, sugere que um imenso meteorito atingiu a Terra há 65 milhões de anos e acarretou uma série de eventos que causou a extinção. A segunda hipótese, formulada por um outro grupo de cientistas, sugere que grandes e violentas erupções vulcânicas foram responsáveis pela extinção. Como essas conclusões diferentes são possíveis se os cientistas de ambos os grupos tiveram acesso a e utilizaram o mesmo conjunto de dados para obter suas conclusões?

CÓDIGO	CATEGORIA	ETAPA	FR
9a	A divergência da interpretação dos dados se dá em função da subjetividade do sujeito de pesquisa	PRÉ	27,3
		PÓS	36,4
9b	A divergência da interpretação dos dados se dá em função da baixa qualidade ou escassez das evidências	PRÉ	36,4
		PÓS	9,1
9c	Vaga, confusa ou incomputável	PRÉ	18,2
		PÓS	18,2
9d	A divergência da interpretação dos dados se dá em função da área de pesquisa	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1
9e	Porque um dos grupos julgou algumas evidências mais importantes que outras	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
9f	Porque ainda não se encontrou evidências para comprovar uma ou outra hipótese	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
9g	A divergência da interpretação dos dados se dá em função de metodologias de análise diferentes	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
9h	A divergência da interpretação dos dados se dá em função da impossibilidade do teste de hipóteses	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1

Tabela 12: Categorias obtidas na questão 10 do VNOS-C, nas duas etapas de coleta de dados

Item 10: Algumas pessoas afirmam que a ciência é impregnada por valores sociais e culturais. Isto é, a ciência reflete os valores sociais e políticos, as suposições filosóficas e as normas intelectuais da cultura na qual ela é praticada. Outras pessoas afirmam que a ciência é universal. Isto é, a ciência transcende as fronteiras nacionais e culturais e não é afetada por valores sociais, políticos e filosóficos e pelas normas intelectuais da cultura na qual ela é praticada. Você acredita que a ciência é universal ou que ele reflete valores socioculturais?

CÓDIGO	CATEGORIA	ETAPA	FR
10a	A prática e a metodologia científica são iguais em todas as regiões e culturas	PRÉ	27,3
		PÓS	9,1
10b	Os valores humanos refletem na prática científica e impedem a imparcialidade na ciência	PRÉ	18,2
		PÓS	9,1

10c	A ciência é uma construção humana, feita por seres sociais e inseridos em uma cultura própria	PRÉ	9,1
		PÓS	18,2
10d	Porque tudo o que carrega subjetividade não pode ser considerado científico	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1
10e	Existem demandas científicas diferentes para diferentes regiões, mas a metodologia científica é universal	PRÉ	18,2
		PÓS	0,0
10f	A ciência reflete os valores sociais e culturais da região onde é feita	PRÉ	0,0
		PÓS	18,2
10g	A ciência recebe influências culturais e políticas, desde a escolha do objeto de estudo até a destinação desigual de recursos às diferentes áreas científicas	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
10h	A ciência segue, ou deveria seguir, as demandas sociais. Todas as nossas ações estão imersas em nossa cultura, incluindo a ciência. Os atores sociais da ciência são um reflexo da estrutura social	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
10i	Apesar de haver uma tendência à universalização, a ciência reflete valores culturais.	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
10j	A ciência reflete interesses econômicos, políticos e religiosos da região onde é feita.	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
10k	A ciência só pode ser medida através de fatos	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
10l	Vaga, confusa ou incomputável	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0

Tabela 13: Categorias obtidas na questão 11 do VNOS-C, nas duas etapas de coleta de dados

Item 11: Os cientistas realizam experimentos/investigações científicas quando estão tentando encontrar respostas para as questões que eles propuseram. Os cientistas usam sua criatividade e imaginação durante suas investigações? Se você pensa que sim, então em que estágios das investigações? Se não, por favor explique o porquê.			
CÓDIGO	CATEGORIA	FASE	FREQ
11a	No planejamento da pesquisa, na coleta e na análise dos dados	PRÉ	27,3
		PÓS	36,4
11b	No insight e no estudo de teorias	PRÉ	9,1
		PÓS	18,2
11c	No planejamento e na coleta de dados	PRÉ	27,3
		PÓS	0,0
11d	No desenvolvimento de experimentos	PRÉ	9,1
		PÓS	9,1

11e	Na formulação de hipóteses e na coleta de dados	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
11f	Na observação e na formulação de hipóteses	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
11g	A criatividade tem importância somente em momentos de inovação e era mais comum nos estágios iniciais da ciência	PRÉ	9,1
		PÓS	0,0
11h	Apenas no planejamento do projeto de pesquisa	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
11i	Não percebo o uso da criatividade nas pesquisas que observo ou participo	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
11j	Apenas no planejamento do projeto de pesquisa, pois o uso da imaginação na metodologia pode impedir a publicação do trabalho	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1
11k	Em todas as etapas, principalmente no insight da pergunta de pesquisa, no planejamento do desenho amostral, na análise e na discussão dos dados e na articulação do referencial teórico	PRÉ	0,0
		PÓS	9,1

A figura 3 apresenta a variação de frequência das respostas em cada classe de escore entre as etapas da coleta de dados, evidenciando a diminuição de respostas insatisfatórias e parcialmente satisfatórias e o aumento das respostas satisfatórias. A figura 4 mostra como se deu a variação de frequência das respostas em cada classe de escore para cada item do questionário, entre as duas etapas da coleta de dados.



Figura 3: Variação de frequência por classe de escore entre as etapas de pré- e pós-teste.
I = Insatisfatório; PS = Parcialmente satisfatório; S = Satisfatório

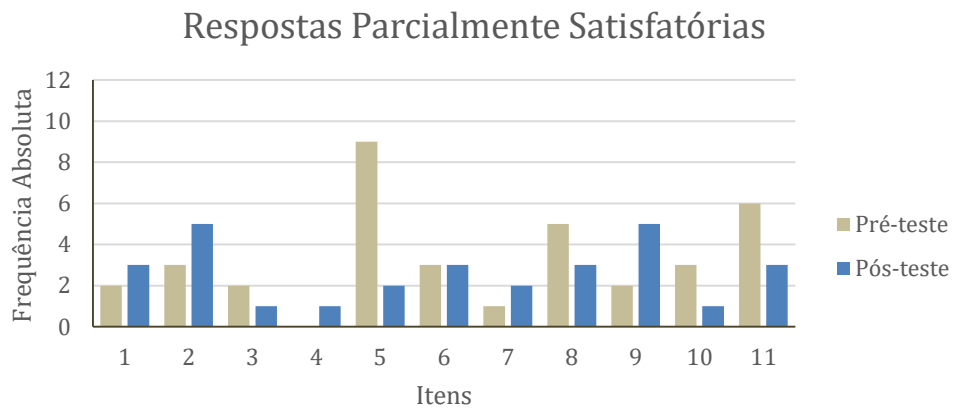
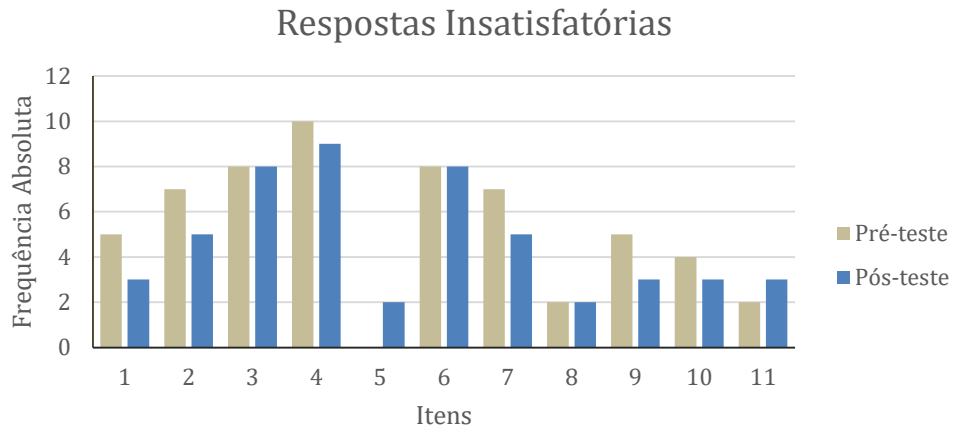
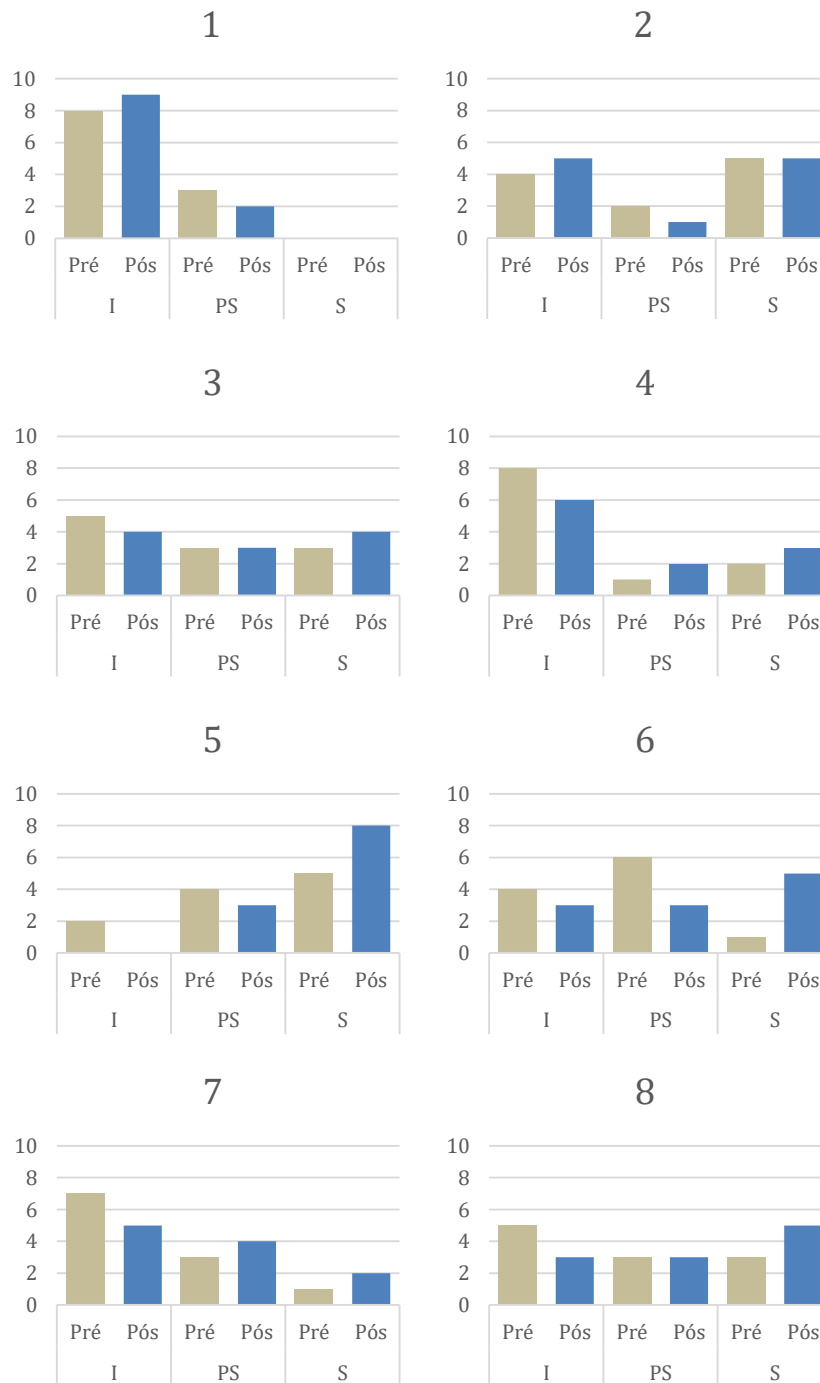


Figura 4: Variação de frequência das classes de escore por item entre as etapas de pré- e pós-teste.

3.2.2. Análise Individual

A Figura 5 apresenta o perfil de mudança conceitual de cada um dos 11 participantes entre as duas etapas de coleta de dados.



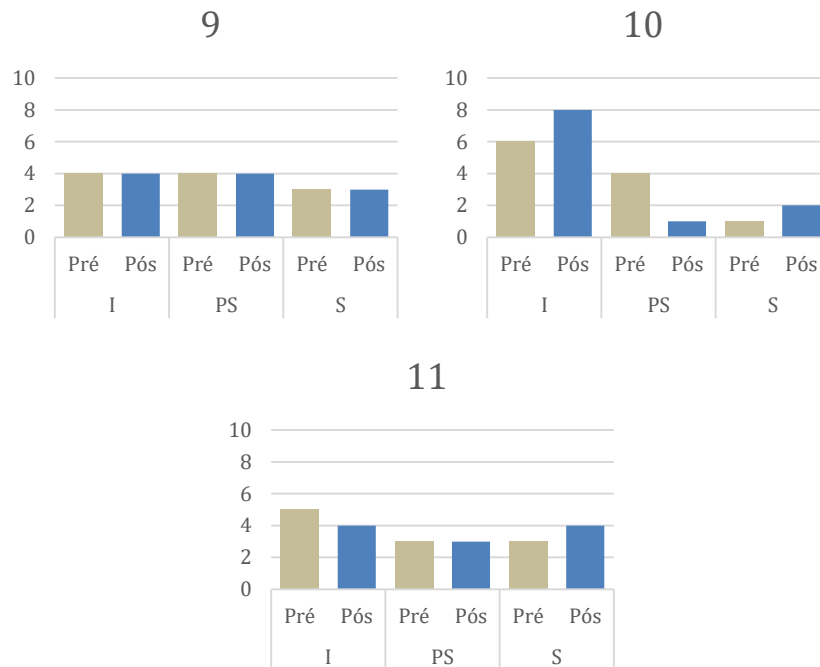


Figura 5: Perfil de mudança conceitual dos alunos entre as etapas da coleta de dados.

4. Discussão

4.1. Análise Geral

Ainda que estudos semelhantes encontrados na literatura utilizem-se de intervenções mais longas, aplicadas durante várias aulas ou uma disciplina inteira (CARVALHO E VANNUCHI, 2000; TEIXEIRA, 2001; EL-HANI, 2004; SOUZA; PRESTES, 2015), buscou-se no presente estudo avaliar o efeito de apenas um encontro, onde tenha-se abordado de maneira bastante explícita algumas questões referentes à própria história da biologia evolutiva.

A análise comparativa dos resultados das duas etapas da pesquisa sugere, de forma geral, o sucesso da intervenção didática proposta. A maior variação entre as classes de escore entre as duas etapas foi o aumento nas respostas satisfatórias (52%), seguido da redução das respostas parcialmente satisfatórias (-19%) e insatisfatórias (-12%). O ganho de 5 questões satisfatórias no quinto item do questionário (Mudança teórica) foi o maior aumento registrado e associa-se a isso o fato do assunto ter sido um dos mais abordado em aula. Reconhecer a historicidade das ideias

científicas enquanto componente de inteligibilidade racional e científica foi uma habilidade a trabalhar considerada essencial no planejamento e execução da intervenção. É importante ressaltar que tal componente não é entendido, aqui, como um relativismo vulgar ou um reducionismo historicista dos quais alguns pensadores possam ter sido acusados (Kuhn, 1972, 2011) e que, de fato, esvazia o sentido da ciência, mas sim como o conjunto das relações entre as diversas modalidades sociais (organização social, ideologia, produção técnica, etc) que fazem emergir ou morrer uma ideia (PATY, 2005).

O segundo maior aumento de respostas satisfatórias foi encontrado nas respostas ao décimo item do questionário (Universalidade, ou influência cultural na ciência). O ganho de 3 questões satisfatórias pode ser associado ao maior enfoque da intervenção a essa questão. Ao trabalhar a dimensão social da analogia entre seleção natural e artificial e o viés de gênero encontrado nas explicações de evolução humana, percebeu-se um maior envolvimento dos alunos em aula, os quais fizeram observações e perguntas sobre o assunto.

As respostas parcialmente satisfatórias apresentaram uma variação ampla no item 5: uma redução de 7 questões, sendo a maior variação registrada em toda a análise. No item 5, seis participantes aumentaram de escore, três apresentaram redução e dois mantiveram seu escore, indicando que a redução drástica das respostas parcialmente satisfatórias pode ser explicada pelo aumento das respostas satisfatórias no mesmo item.

A frequência de respostas insatisfatórias aumentou em apenas dois dos onze itens do questionário, no quinto e no décimo-primeiro item, onde encontrou-se um ganho de duas e uma resposta, respectivamente. Não houve variação dessa classe de escore em três dos itens e foi encontrada uma diminuição em seis dos onze itens do questionário. Tal redução reforça o sucesso da intervenção.

4.2. Análise Individual

Para uma análise mais precisa e personalizada sobre o efeito da intervenção, procurou-se avaliar o perfil de mudança conceitual de cada participante. Dentre os resultados observados, serão apresentadas aqui algumas concepções que merecem uma discussão mais detalhada.

O aluno 1 não apresentou nenhuma resposta satisfatória e o foi o único a integrar a categoria 5.1g, afirmando que as teorias não mudam, apenas sofrem pequenas modificações,

exemplificando com a teoria da evolução biológica. O aluno 1 afirma que "*com experimentos, foi possível entender melhor como funciona a evolução, modificar alguns pontos, mas sempre foi mantido o conjunto de ideias da teoria da evolução*".

Essa concepção, considerada a-histórica em uma primeira análise, poderia dialogar, no entanto, com um conceito central da epistemologia de Imre Lakatos: o conceito de "núcleo duro" (*hard core*) (LAKATOS, 1978). Se considerarmos a evolução biológica na sua totalidade enquanto um *programa de pesquisa* lakatosiano, poderíamos identificar as ideias lamarckistas com as ideias darwinistas (heurística positiva) e colocá-las em oposição às ideias fixistas de sua época (heurística negativa), compreendendo assim que a teoria da evolução possui de fato um conjunto essencial de ideias que não se modificam. Se compreendermos a evolução darwinista, no entanto, enquanto o programa de pesquisa, algumas ideias lamarckistas claramente escapariam ao núcleo duro da teoria e seriam consideradas caminhos de pesquisa a evitar.

A inferência de que o aluno 1 assume uma posição lakatosiana em relação à mudança teórica só poderia ser realizada, entretanto, caso houvesse um refinamento maior da interpretação da resposta do participante, o que poderia ser alcançado com uma entrevista semiestruturada pós-questionário. De fato, Lederman e colaboradores (2002) sugerem a utilização de entrevistas como um instrumento de validação das interpretações das respostas por parte dos pesquisadores (as) envolvidos (as) na análise. Assim, além do motivo de não ser possível realizar a inferência citada acima, a resposta foi considerada insatisfatória por não considerar a existência de mudanças teóricas mais drásticas, ou revolucionárias, no sentido kuhniano do termo, visto que esse foi o autor utilizado como parâmetro balizador.

O aluno 7, por sua vez, apresentou concepções demasiadamente racionalistas nas suas respostas ao item 10, nas duas etapas, ao afirmar que "*o que se depreende através de uma percepção pessoal não pode ser considerado científico*" e que "*impregnar a ciência com valores humanos pode ocasionar erros de interpretação e/ou metodologias enviesadas*". Essas ideias expressam uma rejeição excessiva da subjetividade na atividade científica, o que foi considerado insatisfatório. Não é necessário ir muito além do que já foi apresentado aqui para fundamentar teoricamente a necessidade de modificar essa visão.

Uma parte da resposta histórica à crise paradigmática, para Kuhn, se encontra na capacidade dos cientistas em viver em mundo desordenado. O desenvolvimento das ciências, se analisado historicamente, deve-se, em grande parte, a características subjetivas dos cientistas.

Por outro lado, grande parte da resistência à mudança reside na subjetividade também: as críticas ao Origem das Espécies (DARWIN, 1859; 2011) logo após a sua publicação basearam-se fortemente na religiosidade dos cientistas opositores (Hull, 1973; BARBER, 1961). Do ponto de vista pedagógico e do letramento científico, considera-se necessário reconstruir tal concepção.

Uma concepção importante para a educação científica é a identificação dos aspectos políticos e sociais da ciência, o que foi encontrado na aluna 5, a única integrante da categoria 1f, nas duas etapas da pesquisa. Na sua definição de ciência, a participante assume a complexidade da pergunta e menciona que a ciência "*também pode ser uma instituição de poder que legitima e deslegitima determinados saberes*". Tal concepção é considerada satisfatória, pois dialoga com perspectivas contemporâneas da educação em ciências, como CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), que enfatiza a necessidade de localizar as ciências e a tecnologia em um contexto social.

5. Conclusão

A HFC mostra-se como uma abordagem útil e interessante para a educação científica no geral e para a mudança conceitual sobre a natureza da ciência, em particular. O presente trabalho teve como enfoque a educação científica de nível superior, onde encontram-se futuras professoras e futuros professores de ciências e biologia e professores e professoras já em atuação, mas a utilização de HFC na educação básica também é utilizada e se mostra benéfica (CARVALHO & VANNUCCHI, 2000; FIUZA et. al, 2015):

Percebe-se, também, a importância da sofisticação metodológica para uma análise bem fundamentada e acurada. Muitas das respostas poderiam ter sido melhor interpretadas, assim como inferências poderiam ter sido realizadas com maior grau de confiança, caso o questionário fosse seguido de entrevistas semiestruturadas. Uma interpretação fidedigna ao que mais se aproxima da verdadeira concepção do aluno ou da aluna é uma peça chave para esse tipo de estudo.

Por fim, pode-se considerar bem-sucedida a intervenção didática por abordagem contextual histórico-filosófica realizada e avaliada nesse estudo. Será interessante, para pesquisas futuras, desenvolver e aplicar intervenções mais longas e trazer a totalidade dos dados coletados à análise.

Referências

ARAÚJO, L.A.L; ARAÚJO, A. M. 2014. *Michel Foucault e as condições de possibilidade do evolucionismo de Darwin*. Filosofia e História da Biologia, v. 9, n. 2, p. 185-197.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. 1996. Disponível em: < <http://astro.if.ufrgs.br/fis2008/Bachelard1996.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

BALASHOV, Y. *On the Evolution of Natural Laws*. British Journal of Philosophy of Science. Vol. 43. p. 343-370

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Lisboa: 70. 1997.

BELTRAN, M. H. R; SAITO, F. *História da Ciência, epistemologia e ensino: uma proposta para atualizar esse diálogo*". In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2012. Campinas. *Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Campinas. UNICAMP. 2012, p. 1-6.

BORDIEU, P. *Para uma Sociologia da Ciência*. 1ed. Lisboa: 70. 2008.

BRASIL. MEC. SEMTEC. *Parâmetros Curriculares Nacionais. Parte III. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília, 2000.

BUNGE, M. *Teoria e Realidade*. [1974].. São Paulo: Perspectivas, 2013.

BURKHARDT, R. 2013. *Lamarck, Evolution, and the Inheritance of Acquired Characters*. Genetics, vol. 194, p. 793–805.

CANGUILHEM, G. *Estudos de História e Filosofia das Ciências: concernentes aos vivos e à vida* (1968, 2012). Editora Forense Universitária.

CARVALHO; A.M.P; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de ciências*. São Paulo: Cortez, 1995.

CARVALHO, A.M.P; VANNUCHI, A. I. 2000. *History, Philosophy and Science Teaching: Some answers to how*. Science & Education, vol. 9, p. 427-448.

CASTILHO, F. M. 2014. *Darwin e a herança de caracteres adquiridos pelo uso e desuso como mecanismo evolutivo na Expressão das emoções no homem e nos animais*. Filosofia e História da Biologia v. 9, n. 2, p. 161-183.

CHALMERS, A.F. *O que é Ciência Afinal*., São Paulo: Brasiliense. [1983] 2017.

CORACINI, M.J.R.F. *O fenômeno da intertextualidade no discurso científico*. Fragmentos, número 25, p. 19-39

CURI, L. M. *Ludwik Fleck e a análise sociocultural da(s) ciência(s)*. História, Ciência e Saúde. v.18, n.4, p. 1169-1173.

DARWIN, C. *A Origem das Espécies e a Seleção Natural*. São Paulo: Madras, 2011.

DARWIN, Charles Robert. *The variation of animals and plants under domestication*. London: John Murray, 1883.

DURBANO, J. *Investigação de concepções dos alunos de ciências biológicas do IB/USP acerca da natureza da ciência*. Dissertação (Mestrado em Genética) Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

EL-HANI, Charbel N.; TAVARES, Eraldo José M.; ROCHA, Pedro Luís B. da. *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. 2004.

FEYERABEND, P. *Contra o Método*. Rio de Janeiro. Francisco Alves, 1977.

FORATO, T. C. M; MARTINS, R. A; PIETROCOLA, M. Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula. In: PEDUZZI, L.O (Org). *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. Natal. UFRN. 2012

FOUCAULT, M. Verdade e Poder. 1985. In: MACHADO, R (Org). *Microfísica do Poder*. Rio de Janeiro: Graal 1985.

GALTON, F. 1871. *Experiments in Pangenesis*. Proceedings of The Royal Society of London. Vol. 9, p. 393 - 409.

HACKING, I. *Representar e Intervir: tópicos introdutórios de filosofia da ciência natural*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.

HULL, D. L. 1973. *Darwin and his Critics*. Chicago: The University of Chicago Press

KUHN, T. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. 10. ed. São Paulo: Perspectivas, 2011.

LAKATOS, I. *The Methodology of Scientific Research Programmes*. 1980. Disponível em: <<http://strangebeautiful.com/other-texts/lakatos-meth-sci-research-phil-papers-1.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

LEDERMAN, N. G. 1992. *Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research*. Journal of Research in Science Teaching 29(4):331-359.

LEDERMAN, N. G., ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L., & SCHWARTZ, R. S. 2002. *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 39:497-521.

- MACH, Ernst. *The science of mechanics: A critical and historical account of its development*. Open court publishing Company, 1907.
- MARTINS, 2015. *A herança de caracteres adquiridos nas teorias “evolutivas” do século XIX, duas possibilidades: Lamarck e Darwin*. *Filosofia e História da Biologia*, v. 10, n. 1, p. 67-84.
- MATHHEWS, M. R. 1992. *History, philosophy, and science teaching: The present reapprochement*. *Science & Education* 1(1):11-48.
- MATTHEWS, M. R. *Time for Science Education: How Teaching the History and Philosophy of Pendulum Motion Can Contribute to Science Literacy*. New York: Plenum Press. 2000.
- MATTHEWS, M. R. 1994. *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- MATTHEWS, M. Changing the Focus: From Nature of Science to Features of Science. In: KHINE, M. S (Org). *Advances in Nature of Science Research*. Dordrecht: Springer. 2006.
- MAYR, E. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MINAYO, M. C. S. *Pesquisa Social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis: Vozes. 2008.
- PECK, A.L. *Generation of animals: with an english translation*. Cambridge: Harvard University Press. 1949
- PEDUZZI, L. O. Sobre continuidades e discontinuidades no conhecimento científico: uma discussão centrada na perspectiva kuhniana. In: SILVA, C. C (Org). *Estudos de História e Filosofia das Ciências*. São Paulo: Livraria da Física. 2006.
- PRESTES, M. E. B; CALDEIRA, A.M.A. 2009. *Introdução. A importância da história da ciência na educação científica*. *Filosofia e História da Biologia* v. 4, p. 1-16.
- RICHARDS, E. Darwin and the Descent of Woman, 1983. In: APPLEMAN, Philip (Org). *Darwin: Third Norton Critical Edition*. New York: W. W. Norton & Company. 2001.
- ROBINSON, J. T. 1965. *Science teaching and the nature of science*. *Journal of Research in Science Teaching* 1(3):37-50.
- SANTOS, W. L. P. *Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios*. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro: ANPEd; Campinas: Autores Associados, v. 12, n. 36, p. 474-550, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v12n36/a07v1236.pdf>
- SCOTT, E. *Science and Religion, Methodology and Humanism*. 1998. Disponível em: <https://ncse.com/religion/science-religion-methodology-humanism>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- SECORD, J. 1981. *Nature's Fancy: Charles Darwin and the Breeding of Pigeons*. *Isis*, Vol. 72, pp. 162-186

SILVA, M. R; MINIKOSKI, D. D. 2017. *A analogia darwiniana entre seleção artificial e natural e sua dimensão social*. *Filosofia e História da Biologia*, v. 12, n. 2, p. 289-307.
STEINLE, F. *Experiments in History and Philosophy of Science*. *Perspectives on Science*, vol. 10, no. 4, p. 408-432. 2002.

TANNER, Nancy M. *On Becoming Human*. 1981. In: APPLEMAN, Philip (Org). *Darwin: Third Norton Critical Edition*. New York: W. W. Norton & Company. 2001.

TEIXEIRA, E. S., C. N. El-Hani & O. Freire Jr. 2001. *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* 1(3):111-123.