

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

LOHAYNE LIGYA BARBOSA SILVA

**CONCEPÇÕES DE CIENTISTAS SOBRE CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA
O ENSINO DE CIÊNCIAS**

OURO PRETO
2018

LOHAYNE LIGYA BARBOSA SILVA

**CONCEPÇÕES DE CIENTISTAS SOBRE CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA
O ENSINO DE CIÊNCIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciado em Química, do Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientador(a): Prof.^a Dr(a) Paula Cristina C. Mendonça

OURO PRETO
2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por não me desamparar em nenhum momento da minha vida, por me dar força e coragem para lutar pelos meus sonhos, por me sustentar e ser minha luz nos momentos de desânimo.

Agradeço a toda a minha família, em especial, aos meus pais Lidiane e Geraldo, e meus avós Maria Aparecida e José Maurício, que nunca deixaram faltar amor, carinho e apoio, sempre torceram e ainda torcem muito por mim e se esforçaram muito para que eu chegasse até aqui. Vocês sem dúvidas são minhas fontes de motivação e inspiração em tudo o que faço!

Agradeço ao meu namorado Tales, por todo amor, companheirismo e apoio ao longo da minha trajetória. Você é parte fundamental de todas as minhas conquistas. Obrigada por sonhar meus sonhos junto comigo e me impulsionar a lutar por eles, todos os dias.

Aos meus colegas Josimara, Diego e Tamiris, agradeço imensamente pelos aprendizados e por todos os momentos compartilhados. Vocês foram minha família ao longo desses quatro anos.

À minha orientadora Paula, só tenho a agradecer pelo esforço, dedicação e pelo grande aprendizado proporcionado. Sem dúvidas, você foi uma das professoras que mais contribuiu para a minha formação.

Agradeço também aos professores que dispenderam parte de seu tempo respondendo ao questionário da pesquisa.

À Profa. Thais Mara Anastácio Oliveira pelas discussões, ideias e contribuições que me auxiliaram na escrita deste trabalho.

À Beatriz Carvalho Almeida por aceitar participar da banca avaliadora.

Agradeço também a todos os professores e colegas pelos ensinamentos que contribuíram direta ou indiretamente para a minha formação. Obrigada por tudo!

“A ciência humana de maneira nenhuma nega a existência de Deus. Quando considero quantas e quão maravilhosas coisas o homem compreende, pesquisa e consegue realizar, então reconheço claramente que o espírito humano é obra de Deus, e a mais notável.”

Galileu Galilei

RESUMO

Este trabalho objetivou investigar as concepções de cientistas do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas de uma Universidade Federal do sudeste do país sobre Natureza da Ciência (NdC). A escolha do tema se deveu à pequena parcela das pesquisas sobre esta temática destinadas a investigar as concepções dos próprios cientistas. Os dados foram coletados a partir de um questionário aberto, contendo seis perguntas baseadas na proposta VNOS (Views of Nature of Science Questionnaire). A pesquisa compreendeu uma amostra de 40 cientistas. A metodologia de análise de conteúdo foi utilizada na análise e representação das respostas. A análise dos dados não permite indicar uma única visão de ciência para cada um dos cientistas pesquisados, uma vez que há uma certa instabilidade no modo de pensar sobre ciência em distintas questões do questionário. Contudo, nos permite inferir que uma parcela significativa dos cientistas apresentam compreensões atreladas ao método científico e restringem ciências à ciência natural como modo de produção do conhecimento científico, supostamente por estarem imersos nesse tipo de pesquisa e pelas áreas de formação. Também detectamos que aqueles cientistas que apresentaram visões opostas a estas têm preponderantemente pós-graduação em área de ciências humanas ou pesquisa atrelada a essa área de conhecimento. Constatamos, nesse sentido, a necessidade de se inserir discussões sobre ciência ao longo da formação nos diversos cursos de graduação e pós-graduação, por julgarmos que tais discussões podem favorecer a formação de indivíduos com concepções mais esclarecidas sobre ciência e mais aptos a utilizá-las com toda a sua potencialidade em suas futuras áreas de atuação.

Palavras-chave: Natureza da Ciência; Visões de cientistas sobre ciência; Questionário.

ABSTRACT

The objective of this work was to investigate the conceptions about Nature of Science (NOS) from scientists of the Institute of Exact and Biological Sciences of a Federal University of the southeast of Brazil. The choice of the theme was due to the small part of the researches about this theme to investigate the conceptions of the scientists themselves. The data were collected from an open questionnaire containing six questions based on the VNOS (Views of Nature of Science Questionnaire) proposal. The research comprehended a sample of 40 scientists. The content analysis methodology was used in the analysis and representation of the answers. The analysis of the data does not allow to indicate a single view of science for each one of the scientists, since there is a certain instability in the way of thinking about science in different questions of the questionnaire. However, it allows us to infer that a significant part of scientists present understandings linked to the scientific method and restrict sciences to natural science as a way of producing scientific knowledge, supposedly because they are immersed in this type of research and the areas of especialization. We also detected that those scientists who presented opposing views to these have preponderantly postgraduate studies in the area of human sciences or research linked to this area of knowledge. In this sense, it is necessary to include discussions about science throughout the course of undergraduate and postgraduate courses, since we believe that such discussions may contribution with more enlightened conceptions about science and be more able to professionals to use them, with all their potential in their future areas of actuation.

Keywords: Nature of Science; Views of scientists about science; Questionnaire.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	12
2.1. Breve visão das concepções sobre ciência dos filósofos.....	12
2.2. Natureza da Ciência e o Ensino de Ciências.....	17
2.3. Instrumentos para investigar concepções de NdC.....	25
3. OBJETIVOS.....	25
3.1. Objetivos gerais.....	25
4. METODOLOGIA.....	26
4.1. Caracterização da amostra.....	26
4.2. Metodologia de coleta de dados.....	27
4.3. Metodologia de análise de dados.....	29
5. ANÁLISE DOS DADOS.....	32
5.1. Análise por questão.....	32
5.1.1. <i>Questão 1</i>	32
5.1.2. <i>Questão 2</i>	39
5.1.3. <i>Questão 3</i>	45
5.1.4. <i>Questão 4</i>	50
5.1.5. <i>Questão 5</i>	54
5.1.6. <i>Questão 6</i>	60
5.2. Análise geral das respostas fornecidas pelo(a)s cientistas pesquisado(a)s ao longo do questionário.....	68
6. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO.....	71
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
8. ANEXOS.....	83

1. INTRODUÇÃO

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais da área de Ciências da Natureza (PCN+) (BRASIL, 1997; 1999), discussões sobre o trabalho científico, os aspectos éticos, sociais e culturais envolvidos na produção do conhecimento científico e as relações entre ciência e sociedade devem fazer parte dos currículos da educação básica. Tomando tal documento como base, assim como outras indicações para o Ensino de Ciências, conforme apontam os autores Millar e Osborne (1998), constatamos que são convergentes os apontamentos de discussões formais sobre as representações conceituais em relação à ciência ao longo da escolarização. Nesta perspectiva, nas últimas décadas uma nomenclatura usual na literatura de Ensino de Ciências, denominada “Natureza da Ciência” (aqui identificada como NdC), tem sido normalmente utilizada na área para fazer menção às complexas relações existentes no modo de produção, disseminação e divulgação do conhecimento científico e suas relações no contexto de ensino-aprendizagem das ciências da natureza.

Uma justificativa para a inclusão destes aspectos no ensino de ciências relaciona-se ao fato de NdC representar um elemento-chave para a alfabetização científica dos estudantes. Segundo a autora Forato (2009), o estudo sobre NdC deve proporcionar aos indivíduos uma atitude crítica e reflexiva, que lhes permitam conhecer, além dos conhecimentos científicos, seus pressupostos, sua validade e influências contextuais.

Apesar de considerarmos o espaço escolar e seu currículo como esferas privilegiadas da discussão sobre ciência, não podemos desconsiderar que a visão sobre NdC também é influenciada pela instrução não formal, como pelas diversas mídias e outros meios de divulgação científica, os quais os sujeitos possam ter contato e experienciar em função de seus contextos socioculturais (MESQUITA; SOARES, 2008; KOMINSKY; GIORDAN, 2002).

Tendo em vista o trabalho realizado pelos autores Kosminsky e Giordan (2002), sobre a visão de ciência e o trabalho dos cientistas de estudantes do ensino médio, tornou-se evidente uma visão deformada de ciência, a partir das representações dos estudantes de cientistas malucos estereotipados, que se encontram completamente isolados em laboratórios, realizando experimentos e “descobrendo” explicações para a ocorrência de determinados fenômenos. Nesse sentido, os autores Mesquita e Soares (2008), retratam o distanciamento existente entre a prática científica e a forma como esta é veiculada nas mídias, através de desenhos animados, tais como: Jimmy Nêutron e O Laboratório de Dexter, nos quais os

cientistas apresentam-se sempre solitários em suas atividades e os conhecimentos científicos são considerados obras de gênios isolados.

Nesta mesma perspectiva, segundo Azevedo e Scarpa (2017), os dados levantados nas pesquisas que visam identificar as concepções de estudantes e professores sobre NdC, apontam que estudantes em diferentes níveis educacionais apresentam concepções diferentes do real, sobre ciência e o trabalho do cientista. Essas diferenças entre a concepção dos alunos e o real ocorre, eventualmente, devido a imagem enviesada e descontextualizada associada à ciência e ao trabalho dos cientistas, incorporada nos currículos e perpetuada pelos livros didáticos (HODSON, 1998). Desta forma, tendo em vista o distanciamento entre as concepções de NdC dos professores, dos estudantes e do material didático, do que realmente ocorre em um contexto de prática científica, o ensino de ciências torna-se ainda mais desafiador.

Nesse sentido, o estudo e a compreensão das concepções de NdC dos estudantes da educação básica tornam-se importantes, na medida em que podem informar a professores e elaboradores de currículos e materiais didáticos sobre as visões deformadas da ciência¹ (CACHAPUZ; GIL PEREZ; MONTORO; PRAIA, 2001). A partir de tal conhecimento, pode ser possível o professor levar em consideração ideias sobre NdC dos estudantes em seus planejamentos, o que poderia possibilitar o aprimoramento do ensino de ciências nas escolas a partir da problematização das visões deformadas, e com isto, contribuir para a formação dos estudantes, pois, acredita-se que o conhecimento sobre a ciência pode favorecer o processo de tomada de decisões do cidadão contemporâneo (SMITH; SHARMANN, 1998; LEDERMAN, 2006).

Segundo Azevedo e Scarpa (2017), as pesquisas de levantamento de concepções sobre NdC estão notavelmente associadas às visões dos professores da educação básica, alunos dos ensinos médio e fundamental. Isto deve ocorrer em função da preocupação dos investigadores com as visões de NdC na formação docente e na escola básica. Poucos trabalhos têm buscado identificar quais as concepções dos professores universitários e de estudantes do nível superior. Nesse sentido, poucas são as pesquisas preocupadas com as visões de ciência dos próprios cientistas, em muitos casos, os próprios professores universitários, que são costumeiramente os cientistas de nosso país, tendo em vista que as pesquisas científicas são

¹ As visões deformadas da ciência, segundo Cachapuz et al., (2001), associam-se à concepção empírico-indutivista, a uma visão rígida, algorítmica, infalível, dogmática, ahistórica, acumulativa, individualista, elitista e socialmente neutra da ciência.

majoritariamente realizadas nas universidades públicas (visto que, são poucos os centros de pesquisa quando comparados às universidades). Segundo as autoras Azevedo e Scarpa (2017), os artigos de levantamento de concepções de NdC, publicados até o mês de Fevereiro de 2015, nos periódicos dos estratos A1 a B3 da lista do Programa Qualis Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), conhecida como WebQualis² nas áreas de Ensino e Educação, que avaliam as concepções dos cientistas, representam uma parcela restrita de 1,7% do total de pesquisas sobre essa temática.

Nessa direção, os autores Wong e Hodson (2009) realizaram um estudo com o objetivo de identificar quais aspectos de NdC estão incorporados em um contexto autêntico de investigação científica. Esta pesquisa foi denominada *From the Horse's Mouth: What Scientists Say About Scientific Investigation and Scientific Knowledge*. Traduzida para o português, esta expressão pode ser interpretada como: Ouvindo Diretamente da Fonte: O que os cientistas dizem sobre Investigação Científica e Conhecimento Científico, e sugere que os autores buscaram compreender as concepções dos próprios cientistas sobre seus trabalhos científicos.

Para a realização deste estudo, foram convidados 30 cientistas de diferentes áreas de atuação e diferentes países (Estados Unidos, China, Suíça e Nova Zelândia), dos quais, 14 aceitaram participar da pesquisa. Os autores utilizaram questionários e entrevistas como instrumentos para a etapa de coleta de dados da pesquisa. Eles tinham como principal objetivo investigar em quais aspectos as visões dos diferentes cientistas se assemelhavam ou diferenciavam entre si, e ainda, se estas visões se aproximavam ou refutavam as concepções de ciência presentes nos materiais didáticos. A partir da análise dos dados obtidos, Wong e Hodson (2009) destacaram o fato de que muitas vezes os cientistas não reconhecem suas ações como produtos da investigação científica (WONG; HODSON, 2009).

Em acordo à visão apresentada pelos autores Wong e Hodson (2009), acreditamos que investigar as concepções de NdC dos cientistas é muito relevante, pois permite identificar o modo como esse grupo enxerga a construção do conhecimento científico, investigar de que(ais) forma(s) estes diferentes pontos de vista refletem no ambiente acadêmico e perceber as possíveis relações existentes entre a prática científica, a sociedade, o meio ambiente e as tecnologias. Nesse sentido, viu-se a necessidade de realizar um trabalho em que tais concepções pudessem ser estudadas e analisadas, afim de contribuir para a menor parcela das

² Os periódicos são estratificados em sete categorias distintas que indicam sua qualidade, sendo a A1 a mais elevada, seguidas dos estratos A2, B1, B2, B3, B4, B5 e C (CAPES, 2015).

pesquisas sobre NdC. Além disso, como os cientistas são professores universitários, suas concepções sobre NdC podem apresentar relações com as formas de se ensinar ciência na universidade. Nesse sentido, os resultados da pesquisa podem ter implicações para o ensino superior.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Tendo em vista o histórico das discussões que contextualizam os aspectos sobre NdC, o trabalho dos cientistas e a importância de sua inserção no contexto de ensino, a revisão da literatura deste trabalho divide-se em três seções.

A seção 2.1 se baseará fundamentalmente no livro *O que é Ciência Afinal?*, Chalmers (1993). No primeiro momento, apresentamos brevemente as principais discussões da filosofia da ciência ao longo do século XX, indicando as principais vertentes de pensamento que definem o conhecimento científico.

Os filósofos são aqueles que estudam sobre filosofia da ciência, epistemologia da ciência, ciência como forma de conhecimento e o que conta como ciência e pseudo(ciência). Desta forma, os diferentes posicionamentos apresentados neste tópico auxiliam na compreensão atual dos estudiosos da ciência (historiadores, filósofos, sociólogos, entre outros) que investigam o processo de construção do conhecimento científico.

A seção 2.2 apresenta algumas das características da ciência apontadas na literatura do Ensino de Ciências como sendo as de maior relevância a serem abordadas no ensino básico. As características sobre NdC discutidas ao longo desta seção serão utilizadas como fundamento teórico para as análises e discussões dos resultados obtidos.

Na seção 2.3 apresentamos alguns questionários propostos na literatura para o levantamento das concepções de NdC de crianças, estudantes e professores da educação básica. Também apontamos algumas críticas existentes na literatura em relação a aplicação destes questionários, visando apresentar os subsídios que justificam as alterações realizadas no questionário utilizado como coleta de dados nesta pesquisa.

2.1 Breve visão das concepções sobre ciência dos filósofos

Os filósofos do século XVII desenvolveram algumas correntes de pensamento que visavam explicar a via de acesso ao conhecimento. A primeira delas foi a corrente empirista, baseada no método indutivo (associado ao clássico método científico). De acordo com essa concepção empirista da ciência, as teorias científicas são obtidas de maneira rigorosa da observação e experimentação dos fenômenos naturais (CHALMERS, 1993).

Nesse sentido, muitos filósofos considerados defensores da visão empirista da ciência, tais como: Francis Bacon, Galileu Galilei e Isaac Newton, sustentavam a ideia de que se quiséssemos compreender a natureza era necessário consultar a própria natureza.

Segundo Razuk (1981), o filósofo Francis Bacon foi um dos primeiros a tentar explicar o que é o método da ciência moderna. Bacon acreditava que a meta da ciência era o aprimoramento da vida do homem na terra, e, essa meta seria alcançada por meio de um método: coleta dos dados, baseada na observação, experimentação e derivação de teorias a partir disto. Nesse sentido, Bacon acreditava que para a aplicação do método, deveriam ser seguidos os seguintes passos:

- Realização de experimentos a partir da observação natural, e registro, de forma sistemática, das informações coletadas;
- Após a experimentação e com base na análise dos resultados obtidos são formuladas as hipóteses que sugiram explicações para os fenômenos;
- Os experimentos são realizados novamente, sob novas condições, e por outros cientistas, com a finalidade de acumular novos dados que servirão para a formulação de novas hipóteses ou a confirmação das mesmas já formuladas;
- Teste das hipóteses com nova repetição experimental. O grau de confirmação das hipóteses depende da quantidade de evidências favoráveis;
- Formulação de leis gerais para o fenômeno estudado fundamentadas nas evidências experimentais obtidas com posterior generalização destas leis, dando origem às teorias (p. 15-16)

De forma geral, o empirismo e sua base indutivista prevaleceram nas ciências modernas desde o século XVII, e o modo indutivista de conceber a ciência atribuiu uma equivalência entre a ciência e o método científico. Por este motivo, Chalmers (1993) considera essa corrente de pensamento, na qual os cientistas partem de observações para chegarem às leis gerais, como indutivista ingênua da ciência, e afirma que esta é uma concepção de senso comum da ciência³. Nesse sentido, Chalmers (1929) faz uma crítica à visão indutivista ingênua da ciência:

A ciência não começa com proposições de observação, porque algum tipo de teoria as precede; as proposições de observação não constituem uma base firme na qual o

³ A visão indutivista clássica pode se assemelhar a visão de senso comum de ciências uma vez que a verdade de uma teoria está associada a acúmulo de dados e esses são obtidos por experimentos rigorosos, controlados e reprodutíveis (CHALMERS, 1993).

conhecimento científico possa ser fundamentado porque são sujeitas à falhas. Contudo, não quero afirmar que as proposições de observação não deveriam ter papel algum na ciência. Não estou recomendando que todas elas devam ser descartadas por serem falíveis. Estou simplesmente argumentando que o papel que os indutivistas atribuem às proposições de observação na ciência é incorreto (CHALMERS, 1929 apud FIKER, 1993, p. 58).

No início do século XX, Popper também crítica a visão indutivista da ciência, afirmando que com base em enunciados singulares ou particulares (que são baseados nas observações), não é possível chegar facilmente a enunciados universais (interpretados pelas leis). Para explicitar esse pensamento, Chalmers (1993) apresenta em seu livro vários exemplos, dentre eles, o caso do Peru Indutivista, elaborado por Russell, que trata-se de um peru que após um período extenso de observações percebeu que geralmente era alimentado pelo seu dono todos os dias às 9h da manhã. Como um bom indutivista que era, o peru fez suas observações sob uma diversidade de circunstâncias, variando-se o dia da semana, as condições meteorológicas, entre outros fatores. Após um ano registrando todas essas observações, o peru chegou então à conclusão de que era alimentado todos os dias às 9h da manhã. No entanto, chegada a véspera do Natal, ao invés de ser alimentado o peru foi degolado. A partir deste exemplo, Chalmers mostra que, apesar das premissas elaboradas a priori pelo peru serem verdadeiras, sua conclusão era falsa. Desta forma, o autor pretende afirmar que é possível que a conclusão de um argumento indutivo seja falsa embora as premissas sejam verdadeiras.

A concepção de Popper, denominada falseacionismo, baseia-se na rejeição à indução. Popper admite que a observação é orientada pelas teorias, no entanto, mediante os resultados das observações e dos experimentos, algumas teorias podem revelar-se falsas e serem falsificadas.

Para um falsificacionista, quanto mais falsificável for uma teoria, ou seja, se podem ser concebidos testes que provem que a teoria é falsa, melhor ela será (contanto que esta não seja falsificada). Tendo em vista que nunca se pode dizer de uma teoria que ela é verdadeira, por mais que esta tenha sido submetida a testes rigorosos, é mais adequado afirmar que as teorias atuais são superiores às predecessoras, no sentido de que são capazes de superar os testes que falsificaram as teorias anteriores. Para citar Popper:

Eu posso, portanto, admitir alegremente que falsificacionistas como eu preferem uma tentativa de resolver um problema interessante por uma conjectura audaciosa, mesmo (e especialmente) se ela logo se revela falsa, a alguma récita da sequência de truismos irrelevantes. Preferimos isto porque acreditamos que esta é a maneira pela qual

podemos aprender com nossos erros; e porque ao descobirmos que nossa conjectura era falsa podemos ter aprendido muito sobre a verdade, e teremos chegado mais perto dela (1929, apud FIKER, 1993, p. 231).

Isto significa dizer, segundo Popper, que a ciência progride por tentativas e erros, por conjecturas e refutações. Apenas as teorias mais adaptadas sobrevivem. Embora nunca se possa dizer de uma teoria que ela seja legitimamente verdadeira, pode-se, no entanto, afirmar confiantemente que ela é a melhor disponível, e, conseqüentemente, é a que mais se aproxima da verdade.

Outra corrente de pensamento predominante no século XX, formada por um grupo de estudiosos que se organizaram em um movimento denominado Círculo de Viena, cujo objetivo era discutir os fundamentos da ciência, intitulou-se positivismo lógico (LORENZANO, 2014). Segundo Pessoa (1993), essa corrente de pensamento atribuiu uma combinação entre os métodos da lógica e da matemática, das ideias empiristas e do ideal positivista. Os positivistas lógicos buscavam uma teoria unificada da ciência, para defini-la e diferenciá-la das questões metafísicas⁴ e religiosas. Para isso, utilizavam o critério do verificacionismo⁵ visando demarcar o que era científico do que não era.

Outros filósofos, como Thomas Kuhn, Imre Lakatos, e Feyerabend exerceram bastante influência sobre a Filosofia da Ciência do século XX (LORENZANO, 2004). Thomas Kuhn, apresenta em seu livro *A estrutura das Revoluções Científicas*, uma visão contemporânea da ciência, ao questionar os critérios de certeza e validade dos métodos da ciência e sua relação com a realidade, e, por considerar que o progresso da ciência consiste na capacidade e engenhosidade dos cientistas em solucionar problemas.

A característica marcante da teoria de Kuhn refere-se às crises dos paradigmas. Desta forma, Kuhn (1962) critica o processo cumulativo de conhecimento e descobertas proposto pelos positivistas, ao considerar que o processo de evolução da ciência resulta na perda e/ou substituição de uma teoria por outra com maior poder de explicação.

Segundo Kuhn (1962), há períodos na ciência em que os quebra-cabeças (a habilidade de solucionar os problemas encontrados pelos cientistas) fracassam em produzir os resultados esperados. Nesse sentido, os problemas deixam de ser considerados como quebra-cabeças e

⁴ Estudo das formas ou leis constitutivas da razão, fundamento de toda especulação a respeito de realidades suprassensíveis (a totalidade cósmica, Deus ou a alma humana), e fonte de princípios gerais para o conhecimento empírico (KANT, 2001).

⁵ O princípio da teoria da verificabilidade, aplicada principalmente às ciências da natureza, determina que a verificação de uma hipótese, por meio do método empírico, consiste na etapa determinante para conceber se a hipótese é verdadeira ou falsa (COSTA, 2011).

passam a ser encarados como anomalias, gerando um período de inseguranças e crises. Kuhn cita como exemplos de crise e ascensão de um novo paradigma na história da ciência a substituição do modelo geocêntrico pelo modelo heliocêntrico, no final do século XVI e a ruptura da teoria do flogisto e aceitação da teoria sobre a combustão do oxigênio, no final do século XVIII.

Lakatos (1979), p.165, por sua vez, considera que “*a metodologia dos programas de pesquisa científica é mais adequada para a aproximação da verdade em nosso universo real que qualquer outra metodologia*”. Os programas de pesquisa citados pelo filósofo representam um conjunto de hipóteses e/ou teorias, consideradas como irrefutáveis para os cientistas, que em conjunto com as regras metodológicas, orientam as investigações científicas e garantem o progresso e a continuidade das pesquisas. Lakatos propõe que a ciência deve ser uma competição entre programas de pesquisa científica distintos.

Segundo a concepção do filósofo, um programa de pesquisa é considerado progressivo à medida que é capaz de propor problemas novos, e prever com sucesso aos novos fatos, e regressivo, quando não prevê novos fatos, ou ainda, quando novos fatos são previstos, mas não se concretizam.

Além disto, Lakatos (1979) considera que as teorias não devem simplesmente ser refutadas à medida que surgirem inconsistências ou incertezas, ao contrário, o cientista deve esforçar-se para buscar alternativas para restabelecê-las, seja desenvolvendo, aperfeiçoando ou substituindo os seus aspectos problemáticos, e preservando os não problemáticos.

O filósofo Feyerabend, segundo Chalmers (1993), considera que todas as metodologias e regras utilizadas na tentativa de caracterizar a prática científica propostas pelas correntes indutivistas e falsificacionistas da ciência fracassaram ao fornecer padrões bem estabelecidos para orientar as atividades dos cientistas, dada a multiplicidade e complexidade da ciência. Para citar o filósofo:

A ideia de que a ciência pode e deve ser governada de acordo com regras fixas e universais é simultaneamente não-realista e perniciososa. É não-realista, pois supõe uma visão por demais simples dos talentos do homem e das circunstâncias que encorajam ou causam seu desenvolvimento. E é perniciososa, pois a tentativa de fazer valer as regras aumentará forçosamente nossas qualificações profissionais à custa de nossa humanidade. Além disso, a ideia é prejudicial à ciência, pois negligencia as complexas condições físicas e históricas que influenciam a mudança científica. Ela torna a ciência menos adaptável e mais dogmática (CHALMERS, 1969 *apud* FIKER, 1993, p.144).

Grande parte da tese de Feyerabend em *Against Method* (1975), abrange a negação da afirmativa de que existe um método apropriado para caracterizar a prática científica. Com isto, Chalmers (1993) considera que o filósofo aumenta a liberdade dos indivíduos, na medida em que incentiva os sujeitos a libertarem-se de todas as restrições metodológicas propostas pelas diferentes correntes do pensamento científico. Em síntese, Feyerabend aposta em um pluralismo metodológico, no qual a única regra é o “vale-tudo”.

De maneira geral, os filósofos associados ao positivismo e indutivismo viam a ciência de forma muito delimitada, baseada em um método, enquanto os demais filósofos, tais como, Kuhn e Lakatos começaram a pensar em influências externas à ciência no seu modo operante, até se chegar à visão anarquista de Feyerabend, contrária a todo e qualquer tipo de método que rotule a ciência.

2.2 Natureza da Ciência e o Ensino de Ciências

Segundo os autores Lederman (1992), Lederman, Abd-El-Khalick, Bell e Schwartz (2002), o termo Natureza da Ciência (NdC) refere-se à epistemologia da ciência. Ou seja, a ciência como uma forma de saber e a epistemologia como conhecimento e compreensão dos valores e crenças inerentes aos processos de construção e desenvolvimento do conhecimento científico. No entanto, para outros autores como Allchin (2011), não é possível restringir NdC à epistemologia. Desta forma, os filósofos, sociólogos, antropólogos e historiadores da ciência, apresentam concepções e definições distintas relacionadas à temática NdC.

Conforme declarado por Laudan *et al*, 1986, p.142:

Não temos uma imagem geral bem confirmada de como a ciência funciona, nenhuma teoria da ciência é digna de consentimento geral. Se alguma posição existente fornecer uma compreensão viável de como a ciência opera, estamos longe de ser capazes de identificar qual é.

Tendo em vista a fala do filósofo declarada há mais de 30 anos, é possível constatar que parece não existir um consenso entre os especialistas sobre o que é ciência. Esta falta de consenso é atribuída, principalmente, ao caráter multifacetado e complexo da ciência (SMITH; SCHARMANN, 1999). Neste contexto, acreditamos, que a falta de consenso entre os próprios especialistas que estudam o que é ciência, pode tornar o ensino do tema algo complexo.

Apesar das divergências existentes sobre a definição de ciência, muitos pesquisadores da área de Educação em Ciências têm realizado estudos para enfatizar a necessidade e importância de inserir o tema NdC no ensino de ciências na educação básica (ALLCHIN, 2013; IRZIK; NOLA, 2011; LEDERMAN *et al.*, 2002).

Segundo os autores Driver, Leach, Millar e Scott (1996), as discussões sobre NdC tornam-se necessárias no ensino, tendo em vista as seguintes perspectivas: utilitarista (atribui sentido à ciência, favorecendo a compreensão dos processos tecnológicos presentes na vida cotidiana dos indivíduos); democrática (promove a tomada de decisões conscientes quando o assunto envolver questões sociocientíficas, principalmente relacionadas à ciência e tecnologia); cultural (considera a ciência como parte da cultura contemporânea); moral (favorece a compreensão dos compromissos, normas e protocolos existentes entre a comunidade científica) e econômica (estimula o processo de desenvolvimento da ciência, que depende diretamente dos financiamentos das pesquisas, e garante a manutenção dos processos industriais, que são de interesse geral e valor para a sociedade).

Nesse contexto, pensando-se na importância de estudantes apresentarem visões adequadas sobre ciência, e na formação de professores conscientes sobre a relevância deste tema para o ensino (que reflitam sobre o que ensinar e como ensinar NdC, visando diferentes formas de inseri-la no contexto da sala de aula), algumas pesquisas têm discutido estas questões em âmbito nacional e internacional (MATTHEWS, 1998; OSBORNE; COLLINS; RATCLIFFE; MILLAR; DUSCHL, 2003).

Os autores Abd-El-Khalick, Bell e Lederman (1998) e Lederman *et al.* (2002) declaram que apesar de não existir um consenso sobre o que é ciência entre os especialistas, é possível elencar alguns aspectos que estão intrinsecamente relacionados à ciência, e que poderiam ser discutidos com os estudantes da educação básica, com o intuito de esclarecer as visões sobre ciência destes estudantes. Desta forma, Lederman e seus colaboradores formularam uma lista de aspectos consensuais sobre NdC que representam pontos chave a serem abordados na educação básica. Para definir quais aspectos de NdC constituiriam a lista consensual, foram utilizados três critérios: i) a acessibilidade do aspecto de NdC, isto é, se este pode ser facilmente compreendido pelos alunos. ii) a existência de um consenso geral sobre o aspecto de NdC, e iii) a utilidade do aspecto de NdC, isto é, é útil para todos os cidadãos compreendê-lo? A partir destes critérios, Lederman e seus colaboradores elegeram sete aspectos de NdC, sendo eles:

- O conhecimento científico é provisório: este aspecto nos permite refletir que a ciência não é um monumento rígido e imutável, ou ainda uma verdade absoluta, como muitas pessoas acreditam. O conhecimento científico, incluindo teorias e leis, estão sujeitos a alterações, na medida em que novas evidências, obtidas por meio dos avanços tecnológicos, garantam uma melhor explicação dos fenômenos, ou ainda, reinterpretações de evidências antigas.
- O conhecimento científico é norteado por teorias ou subjetivo: isto significa dizer que os cientistas não coordenam suas pesquisas de forma neutra, pois, suas crenças, conhecimentos prévios, experiências e expectativas influenciam o seu trabalho. Esta característica atribui à ciência uma condição subjetiva; pois, apesar de haver esforços para que as pesquisas sejam conduzidas de forma objetiva, elas são realizadas por seres humanos que carregam consigo todas as suas idiossincrasias e visões de mundo.
- O conhecimento científico é influenciado pelo contexto cultural e social: como consequência do item anterior, esse aspecto indica que o conhecimento científico é gerado por seres humanos entranhados em uma ampla cultura, e os cientistas são produtos dessa cultura. Desta forma, podemos afirmar que os cientistas são afetados pelas estruturas de poder, fatores socioeconômicos, filosóficos, políticos e religiosos.
- O conhecimento científico é produto da criatividade e imaginação humana: isto significa dizer que, embora o conhecimento científico seja parcialmente derivado da observação do mundo natural, ele envolve a imaginação e criatividade humana, na medida que os cientistas elaboram teorias e modelos para explicar determinados fenômenos. Como por exemplo, os modelos atômicos de Dalton e Thomson, criados para caracterizar o átomo, com o objetivo de explicá-lo, mas que não representam uma reprodução da realidade.
- O conhecimento científico tem caráter empírico: este aspecto garante que o conhecimento pode ser adquirido a partir da observação dos fenômenos do dia-a-dia, ou seja, a ciência depende das evidências empíricas provenientes do mundo natural. Tais evidências constituem em fatos, acontecimentos, dados e enunciados.
- Diferença entre observação e inferência: segundo as concepções de Lederman e colaboradores, as observações podem ser feitas através dos sentidos e

também de instrumentos que nos permitam refinar nossos sentidos, como por exemplo, podemos citar os telescópios. No entanto, os seres humanos não conseguem observar diretamente todos os fenômenos estudados pela ciência, e por este motivo, os cientistas fazem inferências e afirmativas para explicar os fenômenos que não são diretamente acessíveis aos sentidos.

- Diferença entre leis e teorias científicas: este aspecto garante que as leis são afirmativas ou generalizações derivadas da observação dos fenômenos naturais, enquanto as teorias descrevem como e porque determinados fenômenos naturais acontecem, ou seja, são as explicações inferidas pelos cientistas.

Sobre os dois últimos aspectos da lista consensual apresentados anteriormente, consideramos que estes podem se constituir em conhecimento declarativo ou abstrato para muitos estudantes e professores, como subsidiado pelo resultado da pesquisa de Wong e Hodson (2009), no qual fica evidente que os pesquisadores não sabem distinguir leis de teorias, hipóteses e modelos ao dizer o que são, mas que sabem trabalhar muito bem com eles na prática.

Apesar de alguns pesquisadores delimitarem os aspectos de NdC considerados relevantes para o ensino de ciências (como Lederman e seus colaboradores), há também algumas críticas em relação a essa escolha. Matthews (2012), p. 49, por exemplo, critica o fato desses elementos serem adotados como *“um mantra, um catecismo, como uma nova coisa a ser aprendida”*. Os autores Irzik e Nola (2011), também dispõem de algumas críticas em relação aos aspectos consensuais de NdC delimitados por Lederman *et al.*, ao afirmarem que a ciência é tão rica e dinâmica que um conjunto de características consensuais retratam uma imagem muito estreita da ciência, e com isto, não se aplicam às diferentes disciplinas científicas, como a astronomia e a cosmologia, que se diferem, por exemplo, da química, na medida em que não são ciências experimentais.

Nesta perspectiva, os autores Irzik e Nola (2011) utilizam uma abordagem denominada *“semelhança familiar”* para representar as principais características da ciência que julgam importantes para serem abordadas no contexto do ensino de ciências. Essa abordagem intitulou-se *semelhança familiar* devido ao fato dos autores considerarem que tais características podem ser compartilhadas por algumas áreas do conhecimento, e se diferenciarem de outras áreas; assim como os integrantes de uma família podem compartilhar

algumas características semelhantes entre si, mas não todas. Desta forma, os autores caracterizam a estrutura da NdC com base em quatro categorias. São elas:

- **Atividades:** essa categoria assume que a observação e a experimentação são claramente atividades relacionadas ao trabalho dos cientistas. Além disto, o processo de criar problemas e buscar soluções é um dos impulsionadores da atividade científica, observada por filósofos da ciência, como Thomas Kuhn. De forma geral, os autores defendem a existência de um conjunto de atividades que são características de algumas ciências, mas que não são partilhadas por todas as áreas da ciência, formando assim um conjunto de semelhança familiar. Este conjunto inclui práticas observacionais, experimentais, matemáticas, entre outras.
- **Objetivos e valores:** esse tópico indica alguns dos objetivos dos cientistas, como ser capaz de fazer previsões e fornecer explicações para os fenômenos. Além destes, existem muitos outros objetivos na ciência, tais como: consistência, simplicidade, proximidade com a verdade (verossimilhança), entre outros.
- **Metodologias e regras metodológicas:** nesta categoria, os autores defendem que a ciência não atinge seus objetivos de maneira aleatória, diversos métodos e regras metodológicas são empregadas na prática científica. Nesse sentido, algumas etapas como construir hipóteses, teorias e modelos altamente testáveis, rejeitar teorias inconsistentes e aceitar uma teoria apenas se esta puder superar a explicação de suas predecessoras, são construções altamente racionais que explicam (pelo menos parcialmente) a confiabilidade e o caráter auto corretivo da ciência.
- **Produtos:** esse tópico é resultado da aplicação das atividades científicas, ou seja, quando os cientistas atingem seus objetivos por meio da utilização dos métodos e regras metodológicas, eles produzem uma série de resultados, denominados produtos, ou mais precisamente, conhecimentos científicos.

De acordo com os autores, a principal vantagem desta abordagem de NdC em relação à visão consensual proposta por Lederman *et al.*, é que esta contempla as diferenças e similaridades existentes entre as disciplinas científicas, reconhecendo, desta forma, o caráter dinâmico da ciência, a partir de uma proposta totalmente integrada, na medida em que as

atividades dos cientistas, possuem diferentes objetivos e se fundamentam em metodologias distintas para se atingir como produto final ou resultado, o conhecimento científico.

Tendo estas concepções como pontos chave das discussões sobre NdC, seguimos apresentando os principais instrumentos desenvolvidos nos últimos anos para investigar quais as concepções de estudantes e professores acerca desta temática.

2.3 Instrumentos para investigar concepções de NdC

Nas últimas décadas, o interesse em investigar as concepções sobre ciência dos professores e estudantes nos diversos níveis educacionais têm aumentado (LEDERMAN, 2007; LEDERMAN *et al.*, 2002, LEDERMAN; WADE; BELL, 1998). Um número considerável de instrumentos de pesquisa têm sido desenvolvido com o intuito de possibilitar este tipo de avaliação, dentre eles, as entrevistas (estruturadas, semiestruturadas, ou abertas), e os questionários (contendo questões abertas, fechadas ou mistas), têm recebido atenção especial, por possibilitarem a realização de análises quantitativas e/ou qualitativas dos dados obtidos, tendo em vista os objetivos de investigação do pesquisador (GUERRA-RAMOS, 2012).

Nos últimos 40 anos, mais de 20 instrumentos foram elaborados visando investigar as concepções sobre NdC dos alunos, tais como: o *Teste em Sub-Science* (COOLEY; KLOPFER, 1961, *apud* FERNANDES, 2017), *Nature of Science Test* (BILLEH; HASAN, 1975, *apud* FERNANDES, 2017), *Nature of Science Knowledge Scale* (RUBBA, 1977), *Teste de Concepções de Teorias Científicas* (COTHAM; SMITH, 1981, *apud* FERNANDES, 2017).

Estes instrumentos são questionários fechados, constituídos por itens de opções de resposta, tais como concordar/discordar, ou opções de múltipla escolha. O uso deste tipo de instrumento como coleta de dados é amplamente criticado por Allchin (2011), tendo em vista o fato que as questões fechadas, na maioria dos casos, não são capazes de revelar as habilidades do pensamento crítico dos alunos.

Um outro exemplo de questionário, elaborado por Tavares, El-Hani e Rocha (2006), é o CESC (Concepções de Estudantes Sobre a Natureza das Ciências). Este também é composto por questões fechadas, nas quais os alunos devem responder, seguindo uma escala, em grau de concordância de 0 a 10. O diferencial deste questionário em relação aos anteriormente citados, é que ele foi desenvolvido para ser aplicado para estudantes de graduação em Ciências

Biológicas, e contém questões que relacionam de forma bastante interdisciplinar, alguns conteúdos de ciências afins, como a Química, Geologia e Ciências Biológicas. Ou seja, constitui-se de uma abordagem contextualizada.

Em resposta a algumas críticas e com o objetivo de elucidar as visões de NdC dos alunos, pesquisadores (por exemplo, DRIVER, LEACH, LEDERMAN, MILLAR e SCOTT, 1996 e 1998) começaram a utilizar perguntas abertas e entrevistas para avaliar as visões de NdC. Em contraste com os itens de opções de resposta, os itens abertos permitem que os entrevistados elucidem seus próprios pontos de vista sobre os aspectos de NdC (DRIVER *et al.*, 1996).

Um exemplo de instrumento utilizado para investigar as concepções de crianças sobre NdC é o *Draw-a-Scientist Test* (DAST) (CHAMBERS, 1983). A análise desse questionário consiste em identificar os padrões apresentados nos desenhos das crianças, como por exemplo, as representações dos cientistas em seu ambiente de trabalho. O uso da linguagem não verbal pode ser um recurso importante para compreender as representações sobre ciência e complementar a linguagem verbal.

A partir da lista de aspectos consensuais sobre NdC com potencial para ser introduzida no ensino de ciências, Norman Lederman e Molly O'Malley, em 1990, elaboraram um instrumento de avaliação denominado VNOS (Views of Nature of Science Questionnaire), que traduzido para o português significa Visões da Natureza da Ciência, para avaliar os conhecimentos de NdC de professores e estudantes (LEDERMAN *et al.*, 2002).

O VNOS é o instrumento de pesquisa mais utilizado para levantamento de concepções sobre NdC. Ele teve a primeira versão (VNOS-A) desenvolvida exclusivamente para avaliar quais as visões de ciência de alunos da escola secundária, sendo composto por sete questões abertas. Posteriormente, o questionário sofreu algumas variações, resultando nas versões: VNOS-B (ABD-EL-KHALICK *et al.*, 1998), VNOS-C (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000), VNOS-D (LEDERMAN; KHISHFE, 2002) e VNOS-E (LEDERMAN; KO, 2004). Tais versões se diferenciam de acordo com o público alvo de interesse.

O VNOS-C é comumente utilizado em pesquisas brasileiras que abordam o tema natureza da ciência. Tal questionário contém dez questões abertas que retratam diferentes aspectos de NdC e serve para avaliar a compreensão de estudantes e professores do ensino fundamental e médio sobre estes aspectos. Enquanto o VNOS-B destina-se exclusivamente a professores de ciências do ensino médio, o VNOS-D foi criado para ser aplicado a professores do ensino fundamental e o VNOS-E destina-se a crianças que não estão alfabetizadas.

No entanto, Allchin (2011) também destacou algumas críticas relevantes em relação ao uso desse instrumento formalizado para avaliar as concepções de NdC dos alunos. Tais críticas relacionam-se à validade desse instrumento, em outras palavras, é questionado se o instrumento realmente avalia o que pretende medir. Segundo Allchin (2011), o fato dos sujeitos responderem esse tipo de questionário não garante que estes estarão aptos a se posicionar diante de assuntos relacionados com o tema NdC. Além disto, segundo Chaer, Diniz e Ribeiro (2011), a utilização dos questionários como ferramenta de coleta de dados para as pesquisas apresentam algumas limitações, na medida em que impedem o auxílio ao informante quando este não entender corretamente as instruções ou perguntas.

É importante destacarmos, conforme apontado por Lederman (1992), que existem outras ferramentas com potencial para serem utilizadas, junto aos questionários, como instrumento de coleta das concepções de NdC dos alunos, tais como: observações de salas de aula, debates em pequenos grupos, entrevistas e mapas conceituais. Suas aplicações, no entanto, variam em função dos interesses particulares, dos objetivos e da viabilidade de cada pesquisa.

Apesar de nosso conhecimento sobre tais críticas, nesta pesquisa, como será detalhado a seguir, optamos pelos fundamentos do VNOS em função da metodologia da investigação e público alvo.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Diversas pesquisas na área de Ensino de Ciências têm se proposto a investigar concepções de docentes e discentes sobre NdC (DRIVER; LEACH; LEDERMAN; MILLAR; SCOTT, 1996; 1998; LEDERMAN ET AL., 2002). Contudo, as pesquisas que investigam as concepções sobre NdC de docentes, costumeiramente, tem como foco o professor do ensino básico (AZEVEDO; SCARPA, 2017). São pouco expressivas as pesquisas sobre os professores universitários, que, por sua vez, costumam ser os cientistas dos países, notadamente do Brasil, visto que a pesquisa é feita majoritariamente nas universidades públicas. Nesse sentido, consideramos que investigar as concepções dos cientistas é muito relevante, pois permite identificar o modo como esse grupo enxerga a construção do conhecimento científico e suas interdependências com a sociedade.

Desta forma, em função do levantamento feito na literatura da área e com o objetivo de contribuir para a menor parcela das pesquisas realizadas sobre NdC, será feita uma investigação das concepções do(a)s cientistas de uma Universidade Federal do sudeste do país, visando identificar as percepções de tais cientistas sobre o tema NdC.

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização da amostra

Foram pesquisado(a)s cientistas do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas de uma Universidade Federal do sudeste do país. Esta universidade é composta atualmente por 1010 professore(a)s. Destes, 861 são professore(a)s efetivo(a)s, sendo 678 doutore(a)s, 169 mestres e 14 especialistas. Outros 149 são professore(a)s substituto(a)s, sendo 33 doutore(a)s, 77 mestres e 39 especialistas.

Nesta universidade se conjuga ensino, pesquisa e extensão. Ao consultarmos o site da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da universidade, constatamos que esta possui atualmente programas de pós-graduação com mestrados e doutorados em 43 cursos de pós-graduação *stricto sensu* (23 cursos de mestrado acadêmico, 13 cursos de doutorado e 7 cursos de mestrado profissional).

O(A)s professore(a)s do instituto atuam nos seguintes programas de pós-graduação:

- 8 cursos de mestrado acadêmico, sendo estes nas áreas de Química, Engenharia de Materiais, Engenharia Ambiental, Ecologia de Biomas Tropicais, Ciências Biológicas, Ciências - Física de Materiais, Ciência da Computação e Biotecnologia. As notas da Capes para estes cursos variam entre 3 e 6, em uma escala de 3 a 7.
- 5 cursos de doutorado, sendo estes nas áreas de Biotecnologia, Ciência da Computação, Ciências Biológicas, Engenharia Ambiental, Química (multicêntrico). As notas da Capes para estes cursos variam entre 4 e 6.
- 4 cursos de mestrado profissional, sendo estes nas áreas de Educação Matemática, Ensino de Ciências, Matemática em Rede Nacional e Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental. As notas da Capes para estes cursos variam entre 3 e 5.

Selecionamos o Instituto de Ciências Exatas e Biológicas para compor a amostra da pesquisa devido ao extenso conjunto de professore(a)s/ doutore(a)s/ pesquisadore(a)s, no total de 238, que desenvolvem pesquisas nas diferentes áreas do conhecimento, dentre elas, Química, Física, Matemática, Engenharias, Ciências Biológicas e Ciências da Computação. Nesse sentido, consideramos que o(a)s professore(a)s desta universidade são cientistas, porque, em sua grande maioria, apresentam doutorado e orientam em Programas de Pós-

graduação diversos, além de poderem exercer outras diversas atividades relacionadas à pesquisa, tais como coordenar grupos de pesquisa e projetos de pesquisa financiados por órgãos de fomento.

Dentre o(a)s 238 cientistas que atuam no Instituto, uma amostra de 40, no total, responderam o questionário da pesquisa de forma voluntária. Foi possível avaliar, com base nos dados fornecidos pelo(a)s 40 cientistas, que estes possuem tempos distintos de atuação na universidade, desde 3 meses, até 38 anos. Por esse motivo, diante dos fatores apresentados (diferentes tempos de atuação enquanto pesquisadores, e, sobretudo, diferentes áreas de formação, atuação e pesquisa na universidade), acreditamos que essa amostra apresenta potencial para atender às nossas questões de pesquisa em função de distintas visões de NdC que podem apresentar devido seus vieses de formação e atuação.

4.2 Metodologia de Coleta de Dados

Tendo em vista o objetivo do presente trabalho – avaliar as concepções do(a)s cientistas de um instituto sobre ciência –, a metodologia utilizada para a realização da pesquisa consistiu no uso do questionário como instrumento de coleta de dados. Como o universo amostral inicial era grande (partimos do total de 238 pesquisados), o questionário se mostrou mais útil para avaliar em um curto período de tempo a visão de vários sujeitos.

Conforme apontado por Gil (1999) *apud* Chaer, Diniz e Ribeiro (2011), acreditamos que o uso do questionário como ferramenta para coleta de dados nas pesquisas possibilita atingir um grande número de pessoas, garantindo sobretudo, o anonimato das respostas. Além disto, permite que os participantes respondam às perguntas no momento em que julgarem mais conveniente e adequado e os dados obtidos podem ser convertidos facilmente em arquivos de computador.

Desta forma, para a etapa de coleta de dados, foi enviado um *e-mail* para todos o(a)s professore(a)s do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade, totalizando 238 professore(a)s. O *e-mail* continha alguns esclarecimentos sobre o projeto e o convite para a participação na pesquisa, acompanhado do link de acesso ao questionário contendo seis perguntas para resposta *on-line*. O questionário utilizado foi desenvolvido através da ferramenta do Google Formulário. O questionário foi enviado no dia 28 de Novembro do ano de 2017 e ficou disponível para resposta até o dia 24 de Dezembro do mesmo ano, ou seja, até 26 dias após seu envio.

O questionário utilizado como instrumento de coleta de dados dessa pesquisa consistiu em uma versão modificada do questionário VNOS-C de autoria de Lederman et al. (2002), elaborado pelas autoras Porra, Sales e Silva (2011). Optamos por utilizar essa versão modificada do questionário, devido às críticas presentes na literatura com relação à estrutura original do questionário VNOS-C apresentadas na seção 2.3.

Com base nessas críticas, as autoras introduziram pequenos textos nas questões com o objetivo de torná-las mais contextualizadas e facilitar a compreensão sobre os comandos dos enunciados. Além disto, foi solicitado aos cientistas pesquisados exemplos que apoiassem os seus pontos de vista ao longo das questões.

Contudo, nós decidimos realizar algumas alterações no questionário modificado elaborado pelas autoras, afim de direcionar as nossas questões de pesquisa. Por exemplo, na questão 1, ao invés de questionarmos o(a)s cientistas se é possível diferenciar ciência de religião, nós perguntamos o que torna um conhecimento “cientificamente comprovado” e o que significa esta expressão na visão popular. Além disto, nós subdividimos as questões 2 e 4 do questionário em letras a) e b), de modo a introduzir a questão problema contendo o aspecto de NdC na letra a, e na letra b, questionar a possível existência de relação entre o aspecto mencionado na letra a, com o tipo de pesquisa que o cientista desenvolve.

Algumas perguntas do questionário VNOS-C foram excluídas da pesquisa, (tais como: “Há diferença entre uma teoria científica e uma lei científica? Ilustre sua resposta com um exemplo.” e “O que é um experimento?”), por acreditarmos, em acordo à visão apresentada por Allchin (2011), conforme destacado anteriormente na seção 2.3, serem questões declarativas, e ainda, no caso da primeira pergunta, ser específica para filósofos. Além disso, acreditamos que a primeira pergunta não representa um ponto central da pesquisa, e, assim, não fomenta uma reflexão sobre NdC.

A nossa versão modificada do questionário elaborado por Porra, Sales e Silva (2011), teve como objetivo obter o máximo de detalhes possível sobre os pontos de vista do(a)s cientistas acerca de NdC e, mais importante, possibilitar que o(a)s pesquisado(a)s esclarecessem seus pontos de vista, de forma a estabelecer possíveis relações entre os aspectos de NdC destacados no questionário com suas práticas de trabalho.

O instrumento de pesquisa consiste em seis questões abertas, as quais objetivam avaliar a compreensão do(a)s cientistas sobre ciência, o que pode ir além dos aspectos de NdC presentes na lista consensual de Lederman, visto que as subdivisões das questões possibilitaram uma reflexão do(a)s cientistas sobre a área de pesquisa em que atuam. Além

disso, partimos do princípio de que cada questão poderia avaliar além de cada objetivo para o qual foi proposta segundo a lista consensual de Lederman e seus colaboradores.

A seguir apresentaremos os principais objetivos de cada pergunta do questionário utilizado na pesquisa. A versão original do questionário encontra-se no anexo 8.

- i) A questão 1 aborda a definição de ciência e a expressão “cientificamente comprovado”, o objetivo desta questão era avaliar as concepções do(a)s cientistas a respeito destes termos e seus respectivos significados.
- ii) A questão 2 visa investigar se o(a)s cientistas consideram a experimentação essencial na ciência, e ainda, se esta é essencial para o tipo de pesquisa que ele realiza.
- iii) A questão 3 aborda a possibilidade das teorias científicas sofrerem ou não alterações, o objetivo desta questão é investigar se o(a) cientista considera que as teorias científicas são passíveis de mudanças ou permanecem inalteradas ao longo dos anos.
- iv) A questão 4 visa investigar a compreensão do(a) cientista sobre a validade do método científico e sua aplicação no tipo de pesquisa em que realiza.
- v) A questão 5 trata da possibilidade de cientistas chegarem a explicações distintas a partir de um mesmo conjunto de dados.
- vi) A questão 6 trata da influência, ou não, de valores sociais e culturais na ciência, seu objetivo era investigar se o(a) cientista acredita na interferência de fatores sobre o desenvolvimento da ciência.

4.3 Metodologia de Análise de Dados

A metodologia utilizada para a análise do questionário consistiu na análise de conteúdo. O foco deste método de análise é qualificar as vivências do sujeito, bem como suas percepções sobre determinado objeto e seus fenômenos (BARDIN, 2009). Frequentemente, este método utiliza a categorização como forma de reduzir a grande quantidade de dados.

Inicialmente, foram criados códigos para identificar cada cientista (professor(a) universitário(a)), nomeados de P1 a P40, de acordo com a ordem de resposta ao questionário e a área de atuação, considerando que a apresentação dos resultados deste estudo foi realizada de maneira a não permitir a identificação dos sujeitos pesquisados. Posteriormente, foi feita a leitura detalhada de todas as respostas apresentadas pelo(a)s cientistas. As respostas foram

separadas por questão, para isso, foram criados diferentes documentos, contendo todas as respostas de cada questão.

A análise dos dados foi realizada em conjunto com uma revisão da literatura acerca desta temática, contemplando diferentes visões sobre ciência, dos principais autores que realizaram estudos sobre o tema, tendo em vista as respostas fornecidas pelo(a)s cientistas participantes da pesquisa, visando fomentar discussões e reflexões enriquecedoras para a pesquisa e o ensino.

Além disto, a análise de cada questão foi realizada separadamente, a fim de facilitar as discussões e a validação das análises, realizadas juntamente com a orientadora. As respostas foram agrupadas em categorias, de forma que cada uma contém enunciados com ideias semelhantes. As categorias surgiram a partir da inspeção dos dados, ou seja, não foram determinadas a priori. Evitamos fazer inferências além dos aspectos textuais que as respostas nos permitiram.

Apesar de termos criado as categorias a posteriori e não a priori, é importante mencionarmos alguns autores dos quais nos baseamos para entender melhor o que é ciência (cujo referencial teórico serviu de base ao planejamento da pesquisa e norteou a análise dos resultados obtidos), tais como: Chalmers (1993), Lederman et. al (2002) e (2006), Wong e Hodson (2008).

Para as representações dos dados obtidos para cada questão, optamos por criar gráficos, visando retratar as concepções apresentadas pelo(a)s cientistas sobre a ideia geral de cada questão. Por exemplo, na questão 1, elaboramos um gráfico para evidenciar, segundo as concepções do(a)s 40 cientistas pesquisado(a)s, qual a porcentagem correspondente aos(as) cientistas que apresentaram definições restrita e ampla de ciência, que apresentaram uma resposta vaga e que não responderam à questão. A categoria definição restrita de ciência está baseada no método empírico indutivista, destacado por Chalmers (1993). Já a categoria definição ampla de ciência engloba respostas de cientistas que consideram não ser possível caracterizar a ciência a partir de determinado método e, portanto, não se filiam a nenhum método ou prática científica específicos.

Para representarmos as categorias elaboradas à posteriori, contendo as justificativas fornecidas pelo(a)s cientistas, optamos por criar tabelas, com o objetivo de sumarizar os dados e discutir as questões de pesquisa ao longo de toda a análise. Essas tabelas estão organizadas com as categorias e percentual de respostas. Foram selecionados exemplos de resposta por categorias a fim de sistematizar, exemplificar e discutir os dados.

É válido ressaltar que o somatório das % fornecidas nas tabelas pode ultrapassar o valor de 100%, tendo em vista o fato que a resposta de um(a) mesmo(a) cientista pode ter sido classificada em mais de uma justificativa, na medida em que suas ideias se enquadravam em diferentes categorias.

Os processos de triangulação realizados entre as pesquisadoras, a categorização das respostas do(a)s cientistas, bem como toda a análise dos dados foram discutidas em conjunto durante toda a escrita do trabalho até a produção da versão final apresentada.

E, após a análise por questão, foi feita a análise geral do conjunto das questões com base nas respostas individuais de cada sujeito pesquisado, (relacionando-as com suas respectivas áreas de formação e especialização), na tentativa de fornecer uma visão de ciência ao longo do questionário.

5. ANÁLISE DOS DADOS

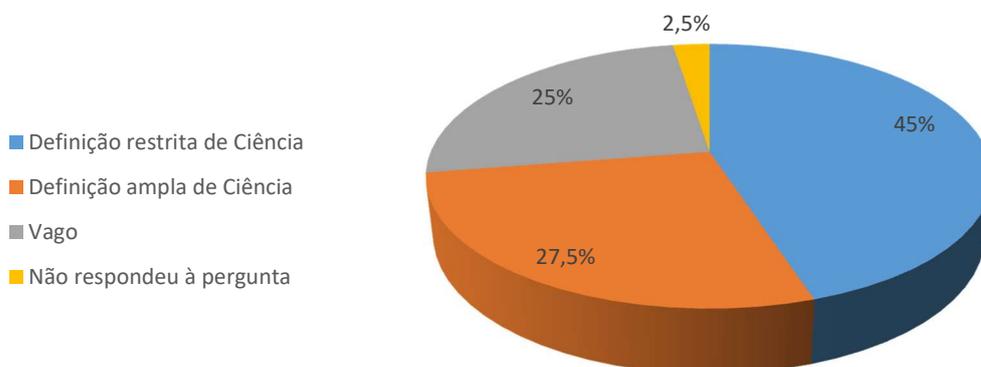
5.1 Análise por questão

Após a aplicação do questionário *on-line* e encerrada a data limite para as respostas, (conforme informamos previamente nos esclarecimentos sobre a pesquisa, enviados juntamente com o questionário), foram obtidas, no total, 40 respostas, o que corresponde a uma taxa de retorno de 16,8% e pode ser considerado um número razoável, dado que para Marconi e Lakatos (2005), os questionários que são enviados para os entrevistados alcançam em média uma taxa de 25% de devolução.

5.1.1. 1ª Questão

Tendo em vista o principal objetivo da primeira parte da primeira pergunta do questionário, de investigar, segundo a concepção do(a) cientista, se é possível definir ciência, foi possível categorizar as respostas obtidas, segundo o gráfico 1.

Gráfico 1: Análise das respostas do(a)s cientistas referente à primeira parte da primeira pergunta do questionário.



As categorias ‘definição restrita’ e ‘ampla’ de ciência apresentam ideias dicotômicas. A categoria ‘definição restrita de ciência’ engloba interpretações de ciência vinculadas a uma visão positivista, que segundo Chalmers (1993), está essencialmente fundamentada no empirismo. Ou seja, o(a)s cientistas representado(a)s nesta categoria associam a ciência a métodos de pesquisa específicos, bem estabelecidos, baseados na verificação dos fenômenos naturais por meio da ciência empírica, que possam ser replicados para sua comprovação e

consolidados a partir do consentimento de um grupo de cientistas. Como mostra o exemplo de resposta a seguir:

“Sim, é possível definir. Conjunto de conhecimentos obtidos através de método científico baseado na observação sistematizada ou na experimentação e que seja reproduzível e validado pelos pares.” P31

A categoria ‘definição ampla de ciência’, no entanto, se aplica aos cientistas que apresentaram uma visão mais abrangente de ciência, considerando sobretudo suas diferentes áreas e complexidades. Como mostra o exemplo a seguir:

“Difícil a pergunta. Uma definição precisa e exata de ciência me parece complicada porque cada área tem sua metodologia, cada ramo da ciência tem suas peculiaridades e ainda há conhecimentos "não científicos", como os de povos indígenas, por exemplo, que não são reconhecidos à luz daquilo que consideramos ciência, mas que não podem ser descartados.” P15

A categoria ‘vago’ engloba os cientistas que responderam à pergunta, mas não apresentaram justificativas claras para sustentar suas afirmativas. Como retrata o exemplo a seguir: *“Sim. Ciência envolve um conceito amplo. É tudo aquilo que é adquirido com estudo ou com a prática, baseando-se em princípios certos.” P19*

De acordo com o gráfico 1, é possível constatar que 45% do(a)s cientistas que responderam o questionário apresentaram uma definição restrita de ciência, outro(a)s 27,5% apresentaram uma definição ampla de ciência, enquanto 25% apresentaram uma resposta vaga e apenas um(a) cientista não respondeu à pergunta, o que corresponde a uma taxa de 2,5%.

A partir da categorização inicial das respostas foi possível elencar as justificativas fornecidas pelo(a)s cientistas (em caso afirmativo, qual seria a definição de ciência, ou ainda, em caso negativo, por que não é possível defini-la). Por exemplo, dentro da categoria ‘definição restrita de ciência’, a justificativa mais apresentada, correspondente à 72,2% das respostas, indica que o(a)s cientistas associam a ciência ao clássico método científico.

Com base nos dados da literatura referentes aos estudos desenvolvidos por Wong e Hodson (2008) acerca deste tema, uma grande parte dos cientistas entrevistados pelos autores identificaram o método científico como um passo típico da maioria de suas pesquisas e da produção do conhecimento. Nesse sentido, não foi surpreendente tal associação como resposta para essa questão. Como mostra a tabela 1:

Tabela 1: Justificativas fornecidas pelo(a)s cientistas para a categoria ‘definição restrita de ciência’.

Categoria	Justificativas	%
Definição restrita de ciência	Associa ciência ao clássico método científico	72,2
	Associa ciência a um único método de pesquisa específico	16,7
	Associa ciência ao avanço e progresso científico e tecnológico	11,1

Em acordo à visão apresentada por 72,2% do(a)s cientistas, Rogers, E. M. (1968) *apud* Hodson (1982), p. 112, declarou em seu livro de Introdução e Guia ao Curso Básico de Física de Nuffield que: “*cientistas possuem uma maneira característica de pensar, planejar e trabalhar, que chamamos método científico.*” Este método, também conhecido como método indutivo, está associado ao pensamento indutivista, que, segundo Chalmers (1993), representa uma concepção da ciência como conhecimento derivado dos dados da experiência. Esta visão de ciência tornou-se amplamente aceita desde que a ciência ingressou em uma nova era, a partir da Revolução Científica, no século XVII.

De acordo com Chalmers (1993), este método é refletido na generalização do conhecimento a partir da observação de determinado fenômeno inúmeras vezes. Ou seja, os cientistas acreditam que as teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência, adquiridos a partir da observação e experimentação. Tal visão de método científico e fazer ciência, descrita pelo autor, pode ser visualizada na resposta a seguir:

“Ciência é um conceito que possui definição. Em primeiro lugar, é preciso se definir o método científico, ou seja, uma maneira bastante padronizada e rigorosa para se estruturar os procedimentos (pesquisas, experimentos, pensamento, etc) que comprovem as hipóteses levantadas sobre qualquer assunto. Assim, ciência é o conhecimento obtido e transmitido conforme um método muito bem pré-estabelecido. Todo conhecimento científico deve ser obtido de acordo com uma metodologia baseada no “método científico”.” P7

Em outras palavras, de acordo com a visão do(a) cientista P7 (e de vários outros cujas respostas estão alocadas nessa mesma categoria), a ciência pressupõe um método rigoroso,

baseado na orientação das hipóteses e teorias por meio da observação e experimentação da realidade para subsequente reformulação de hipóteses e elaboração de teorias para explicar determinados fenômenos e elaboração de leis gerais.

A partir da análise das respostas em conjunto com a área de atuação do(a)s cientistas pesquisado(a)s, foi possível constatar que 84,6% do(a)s cientistas da área das ciências exatas e biológicas afirmaram realizar pesquisas em que esse método é utilizado. Pode ser que justamente por este motivo, estes atenham a definição de ciência ao método científico clássico.

Outra justificativa apresentada à categoria ‘definição restrita de ciência’, correspondente a uma taxa de 16,7% das respostas obtidas, associa a ciência a um único método de pesquisa específico, não atrelado ao método científico clássico, acima exposto. Como mostra o exemplo a seguir:

“Acredito que a definição de ciência esteja relacionada mais ao método de pesquisa. Muito comumente baseado em análise de dados e inferência estatística. Que muitas vezes falham em suas conclusões por haver um espaço amostral muito gigantesco. Com esse método calcula-se porcentagens e gera-se tabelas e gráficos como resultado.” P24

De acordo com o(a) cientista denominado(a) P24, a ciência está relacionada a um método de pesquisa específico comumente baseado na análise de dados e inferências estatísticas. Apesar dele(a) dizer que a ciência está associada a sua forma de produção (a um tipo de método de pesquisa), ele o delimita, o que nos fez associar sua visão a uma definição restrita.

Outro exemplo de resposta desta categoria, sugere que:

“Sim, Ciência é um conjunto de diferentes áreas do saber que contribuem cada uma com estudos pertinentes que visam a obtenção do conhecimento do universo que cerca o homem. Uma premissa da ciência é que os estudos realizados pelas diferentes áreas sejam sujeitas ao teste de falseabilidade, ou seja, todos os dados obtidos devem ser submetidos à uma análise crítica para sua validação.” P8

Na visão do(a) cientista P8, as teorias e leis da ciência devem ser submetidas a críticas e testes rigorosos que garantam sua comprovação e validação. Segundo Chalmers (1993), para o filósofo Popper, é exatamente o teste de falseabilidade que garante o progresso da ciência.

Outra justificativa apontada por 11,1% do(a)s cientistas associa a ciência ao avanço e progresso científico e tecnológico, como mostra o exemplo a seguir:

“Sim. Acredito que a melhor definição é a de que a ciência é a busca incessante por conhecimento através da observação, identificação, pesquisa e explicação de fatos e perguntas que nos cercam para melhoria e obtenção qualidade de vida.” P18

A visão do(a) cientista P18 associa-se à visão do filósofo Bacon, ao afirmar que a ciência é um método que permite o progresso, no sentido de promover a melhoria da qualidade de vida da sociedade. Segundo Grubba (2012), para Bacon, o verdadeiro cientista (filósofo da natureza), deveria trabalhar de maneira sistemática com os conhecimentos, partindo-se de um método que alcançasse o progresso científico e tecnológico; nesse sentido, a ciência deveria servir a humanidade. Em outras palavras, Bacon buscava a melhor forma de empregar o conhecimento científico a serviço do homem, visando a aplicação da ciência à indústria, e conseqüentemente, o progresso. Bacon almejava um conhecimento que proporcionasse avanço nas condições de vida do ser humano, contudo, segundo a sua concepção, tal conhecimento só poderia exercer a função de progresso quando estivesse fundamentado em fatos, baseados na observação e experimentação.

Dentro da categoria ‘definição ampla de ciência’, a justificativa mais apresentada, correspondente à 36,4% das respostas, indica que o(a)s cientistas associam a ciência a conhecimentos adquiridos segundo metodologias específicas de determinada área. Como mostra a tabela 2:

Tabela 2: Justificativas fornecidas pelo(a)s cientistas para a categoria ‘definição ampla de ciência’.

Categoria	Justificativas	%
Definição ampla de ciência	Associa ciência a conhecimentos adquiridos segundo metodologias específicas de determinada área	36,4
	Associa ciência a influências históricas, sociais, culturais, filosóficas e metodológicas	18,2
	Outras	18,2

36,4% do(a)s cientistas participantes da pesquisa afirmam que a ciência engloba diferentes áreas do conhecimento e que isso acarreta em implicações para a definição do que seja ciência, o que torna tal definição complexa, pela ciência ser uma atividade multifacetada. Um exemplo de resposta é apresentada a seguir:

“Sim, é possível definir ciência, mas mais de uma definição é possível. De forma ampla, qualquer conjunto de conhecimento é uma ciência. De forma mais restrita, podemos definir como um conjunto de conhecimentos adquiridos seguindo um conjunto de regras específico (método científico), bem como a própria aquisição deste conhecimento. Essa definição se aplicaria, por exemplo, a áreas como Química, Física, Biologia, Neurociência, Medicina e outras. Outras definições seriam possíveis, englobando outros ramos do conhecimento.” P9

Outra justificativa apresentada pelos cientistas, dentro desta categoria, associa a ciência às influências históricas, sociais, culturais, filosóficas e metodológicas. Conforme mostram os exemplos de resposta a seguir:

“Podemos definir a ciência de duas maneiras: de uma maneira científica (formalizada) e de uma maneira relacionada com a cultura (etnociência) por meio qual os elementos socioculturais são determinantes importantes nessa definição.” P14

Ou ainda:

“A ciência é um sistema de conhecimentos que se adquire por meio da pesquisa científica. Pode ser considerada como o estudo de problemas formulados de modo adequado em relação a um objeto de estudo, buscando soluções coerentes por meio da utilização de métodos científicos. Contudo, não existe uma maneira única de definir ciência, pois essa depende das concepções filosóficas, ideológicas e metodológicas dos pesquisadores e autores. E uma área de conhecimento passa a ser considerada ciência quando além de outros critérios, possui um corpo de conhecimentos. Dessa forma, é imprescindível que os conhecimentos de cada área sejam comunicados à comunidade científica. Pela discussão entre os pares, a teoria ou explicação de um fenômeno poderá ser aceita ou rejeitada e incorporada ou não aos novos conhecimentos, contribuindo para o avanço de uma área específica da ciência. Assim, para que um conhecimento seja considerado como tal, é necessário que tenha sido tornado público. E a partir de então poderá interferir no que está

sendo produzido, no surgimento de novas ideias, nas explicações da realidade, etc. P16

Na visão do(a) cientista P14, não existe uma única maneira de definir ciência, visto que tantos outros fatores devem ser considerados, relacionados por exemplo com a cultura, em que os elementos socioculturais são determinantes importantes desta definição. Nesse sentido, a visão deste(a) cientista associa-se à visão dos autores Abd-El-Khalick, Bell e Lederman (1998) e Lederman et al. (2002), ao considerarem que o conhecimento científico é influenciado pelo contexto cultural e social. Em outras palavras, significa dizer que o conhecimento científico é desenvolvido por seres humanos imersos em uma ampla cultura, que são influenciados por esta.

Em relação à comunicação do conhecimento científico à comunidade científica, a visão do(a) cientista P16 associa-se à do autor Kristian H. Nielsen, ao salientar a importância da comunicação e divulgação no processo de produção, validação e legitimação do conhecimento. Segundo Nielsen (2012), sem a comunicação não haveria o compartilhamento de conhecimentos e informações de fundamental importância para o desenvolvimento da ciência. Desta forma, a ciência se restringiria apenas aos cientistas que estão à frente do processo de desenvolvimento e interpretação das pesquisas, e a comunidade, de uma maneira geral, não teria acesso a essas informações e suas possíveis implicações para a vida em sociedade.

Segundo Nielsen (2012), o processo de comunicação científica também envolve discussões entre pesquisadores fortemente associadas a um processo argumentativo, no qual os cientistas tentam a todo momento convencer uns aos outros sobre a validade de suas pesquisas, entre outros fatores que fazem com que uma pesquisa seja aceita e reconhecida pela comunidade científica. Desse modo, é válido afirmar que à medida que um conhecimento vai sendo comunicado aos pares, ele se torna cada vez mais confiável e legítimo.

A categoria ‘outras’ expressa as respostas do(a)s cientistas que apresentaram explicações distintas e isoladas (no sentido de que apenas um(a) cientista apresentou tal ideia como central em sua resposta) para a definição de ciência. Desta forma, optamos por alocar estes casos nesta categoria. (vide exemplo).

*“A noção de ciência possui muitos sentidos e usos, historicamente situados. Minha visão atual se aproxima do proposto por Lakatos (dito de forma simplificada: programas de pesquisa, progressivos e com poder heurístico).”
P20*

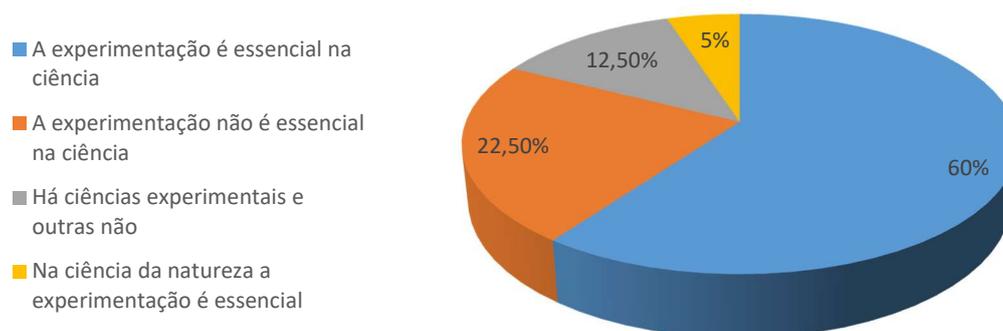
De acordo com o(a) cientista P20, a ciência está relacionada à noção dos programas de pesquisa propostos pelo filósofo Lakatos. Por não considerarmos que tal definição pudesse ser alocada nas categorias definição restrita e ampla de ciência, uma vez que o(a) cientista não restringe sua visão de ciência ao método científico, mas também não se nega a dar uma definição de ciência, esta resposta foi alocada na categoria outras, pois este(a) cientista, em particular, foi o(a) único(a) que apresentou a definição de ciência associada à visão de Lakatos.

Nesse momento do trabalho, é importante salientarmos que não foram criadas categorias para a segunda parte da primeira pergunta do questionário, correspondente à letra b, que visava investigar qual é a definição da expressão “cientificamente comprovado” e o que significa esta expressão na visão popular, de acordo com a concepção do(a)s cientistas. Ao analisarmos os dados, constatamos que as respostas obtidas para esta pergunta concentraram-se em torno das mesmas discussões obtidas para a letra a, na medida em que os indivíduos pesquisados não apresentaram nenhuma discussão diferente da realizada até o presente momento. Por este motivo, condensamos nossa análise em torno da definição de ciência.

5.1.2. 2ª Questão

Em relação à segunda pergunta do questionário, cujo principal objetivo é investigar, segundo a concepção do(a)s cientistas, se a experimentação é essencial na ciência, inicialmente, foi realizado um levantamento das respostas obtidas. Como mostra o gráfico 2:

Gráfico 2: Análise das respostas do(a)s cientistas referente à segunda pergunta do questionário.



A partir do gráfico 2 é possível verificar que uma parcela correspondente à 60% do(a)s cientistas que responderam o questionário acreditam que a experimentação é essencial na ciência (em qualquer área do conhecimento), enquanto 22,5% do(a)s cientistas defendem que a experimentação não é essencial. Outros 12,5% defendem que existem ciências que são experimentais e outras não (varia em função da área do conhecimento e tipo de pesquisa), e 5% acreditam que apenas nas ciências da natureza a experimentação é essencial (delimitam claramente a área de conhecimento).

A categoria ‘a experimentação é essencial na ciência’, engloba visões indutivistas da ciência, nas quais, o critério certificador de uma teoria científica é se ela concorda em grau de precisão com os dados obtidos experimentalmente. Como mostra o exemplo de resposta a seguir: *“Sim, o uso de experimentação em ciência é essencial para se comprovar teorias elaboradas.” P11*

A categoria ‘a experimentação não é essencial na ciência’, engloba os cientistas que acreditam que o conhecimento não é, necessariamente, construído a partir de experimentos. Conforme mostra a resposta selecionada a seguir:

“Pensando em ciência como conhecimento, não necessariamente precisaríamos de experimentos. O conhecimento adquirido não precisa vir de um experimento. Para minha pesquisa a experimentação não é o ponto principal, mas sim as simulações de comportamento biológico de sistemas. As informações vindas da experimentação me são muito úteis para simular esses sistemas tornando o mais próximo do real possível.” P5

A categoria ‘há ciências experimentais e outras não’, engloba as visões do(a)s cientistas que defendem que pesquisas em áreas distintas, como na área das ciências humanas, por exemplo, possuem métodos de avaliação diferentes da experimentação, que dependem do objeto a ser estudado. Como mostra a resposta selecionada:

“Experimentação tem papel muito importante em diversos ramos da ciência. Porém, novamente aparece aqui uma atribuição de autoridade. De modo que, inclusive, ciências que não são experimentais e diretamente ligadas ao estudo da natureza precisam ser adjetivadas e, assim, de certa forma diminuídas, já que não se baseiam em experimentação do mundo natural, como é comum se referir às ciências "humanas". Einstein realizou experiências de pensamento, de modo a talvez explicitar que a elaboração teórica tem primazia sobre o experimento, ou seja, toda observação empírica é teoricamente enviesada/orientada”. P23

Nesta resposta fica evidente que o(a) cientista P23 defende que na área de ciências exatas nem toda pesquisa é experimental, citando o exemplo de Einstein. Ou seja, mesmo entre a mesma área de conhecimento não é possível delimitar uma única metodologia de pesquisa. Nesse contexto, os autores Irzik e Nola (2011), em acordo à visão apresentada pelo(a) cientista P23, defendem que cada ciência individual vai partilhar algumas regras metodológicas em comum com algumas áreas das ciências, e não com outras. Em outras palavras, algumas áreas da ciência apresentam muitas destas regras metodológicas (associadas ao método científico) em comum, frequentemente, as áreas de ciências exatas, no entanto, tais regras não se aplicam à todas as ciências exatas, por exemplo.

A categoria ‘na ciência da natureza a experimentação é essencial’, engloba visões de cientistas que consideram que apenas nas ciências naturais a experimentação é inevitável para a comprovação das hipóteses e para a sistematização do conhecimento. Como o exemplo a seguir:

“Na área de ciências exatas e da natureza, a experimentação é fundamental, pois são conhecimentos sistematizados que foram adquiridos com a aplicação metodologias e protocolos específicos cujos resultados são formulados racionalmente.” P3

A partir da categorização das respostas obtidas, foi possível sumarizar as justificativas fornecidas pelo(a)s cientistas. Para a primeira categoria, (a experimentação é essencial na ciência), 23,1% do(a)s cientistas afirmaram que a experimentação é fundamental para a prática científica, porém não apresentaram uma justificativa que fundamentasse a afirmativa proposta.

A justificativa mais apresentada, correspondente a 42,3% das respostas, mostra que o(a)s cientistas acreditam que a experimentação comprova as hipóteses e teorias elaboradas. Como mostra a tabela 3:

Tabela 3: Justificativas fornecidas pelo(a)s cientistas para a categoria ‘a experimentação é essencial na ciência’.

Categoria	Justificativas	%
A experimentação é essencial na ciência	A experimentação comprova hipóteses e teorias elaboradas	42,3
	Os conhecimentos são adquiridos com a aplicação de metodologias, protocolos e experimentos	11,5
	Algumas áreas da ciência apresentam formas de experimentação distintas	3,9
	Outras	19,2

A primeira justificativa, correspondente à 42,3% das respostas, indica que a experimentação comprova as hipóteses e teorias elaboradas. Essa visão, de que as teorias são elaboradas com base nos dados experimentais, está essencialmente associada à visão indutivista da ciência. Como mostra o exemplo de resposta a seguir:

“Sim. A experiência é essencial. Grande parte das teorias são construídas com base na experiência e é a experiência que garante os limites de validade de cada teoria. Afinal não existe uma teoria geral.” P24

Outra justificativa apontada pelos cientistas indica que os conhecimentos são adquiridos com a aplicação de metodologias, protocolos e experimentos específicos. Como é mostrado a seguir:

“Sim. Experimentação se refere a metodologia para testar os conhecimentos teóricos, sejam experimentos laboratoriais, computacionais ou ainda de natureza empírica.” P33

Isto significa dizer, segundo o cientista P33, que a experimentação científica é carregada de uma teoria elaborada a priori. Em outras palavras, são os conhecimentos teóricos disponíveis que orientam todo o processo de construção do conhecimento científico. Além

disto, o método da experimentação varia de acordo com a necessidade do(a) pesquisador(a), podendo este ser laboratorial, computacional ou matemático, por exemplo.

Diferentemente da visão do cientista P37, que acredita que a ciência busca comprovar as hipóteses elaboradas mediante a experiência decorrente da observação de uma série de eventos, o cientista P33 acredita que antes da observação o(a)s cientistas utilizam dos conhecimentos teóricos, por exemplo, no processo de elaboração de hipóteses, para que posteriormente as hipóteses sejam verificadas e venham a ser validadas e consolidadas a partir de uma nova teoria. Nesse sentido, Cachapuz (2005) também atribui importância à teoria sobre as interpretações dos dados experimentais, ao afirmar que a observação e os experimentos estão carregados de uma competência prática prévia do cientista, e por isso, as teorias disponíveis orientam todo o processo de construção do conhecimento. Conforme demonstrado no trecho a seguir:

Deve-se insistir a este respeito, na rejeição generalizada do que Piaget (1970) denomina “o mito da origem sensorial dos conhecimentos científicos”, ou seja, na rejeição de um empirismo que concebe os conhecimentos como resultado da inferência indutiva a partir de “dados puros”. Esses dados não têm sentido por si mesmos, senão que requerem ser interpretados de acordo com um sistema teórico. Assim, por exemplo, quando se utiliza um amperímetro não se observa a intensidade da corrente, mas sim o simples desvio da agulha (Bunge, 1980). Insiste-se, por isso, em que toda a investigação, e a mesma procura de dados, vêm marcadas por paradigmas teóricos, ou seja, por visões coerentes, articuladas que orientam a dita investigação (2005, p. 45)

A justificativa apontada pelo(a) cientista P4 indica que as diferentes áreas da ciência apresentam formas de experimentação distintas:

“Sim, acho que a experiência é essencial e também acho que ela pode ser realizada de várias maneiras (físicos, mentais, pessoais, numéricos, estatísticos). Acredito que mesmo em ramos da ciência que aparentemente não é possível realizar experimentos, como na história, nos escapa que raciocinar e refletir para deliberar também pode se tratar de um experimento e esse com diferentes saídas para diferentes abordagens, pressupondo diferentes raciocínios e reflexões.” P4

Isto significa dizer, segundo o(a) cientista P4, que mesmo em pesquisas nas áreas das ciências humanas, são realizados experimentos físicos, mentais, pessoais, entre outros, que exigem diferentes reflexões para garantir interpretações e conclusões a seu respeito. Ou seja,

não existe apenas o experimento típico de laboratório da área de ciências naturais, como os de bancada em química.

Para a categoria (a experimentação não é essencial na ciência), 11,1% do(a)s cientistas afirmaram não considerar a experimentação fundamental para a prática científica, porém não apresentaram uma justificativa que fundamentasse tal afirmativa.

As justificativas apontadas pelo(a)s cientistas que afirmaram que a experimentação não é essencial na ciência, de acordo com a tabela 4, mostram que:

Tabela 4: Justificativas fornecidas pelo(a)s cientistas para a categoria ‘a experimentação não é essencial na ciência’.

Categoria	Justificativas	%
A experimentação não é essencial na ciência	O conhecimento pode ser produzido a partir de processos científicos que não exigem experimentação	44,5
	Alguns ramos da ciência não permitem a realização de experimentos	22,2
	Outras	22,2

Segundo 44,5% do(a)s cientistas que se enquadram nesta categoria, a experimentação não é essencial na ciência, pois o conhecimento pode ser produzido a partir de processos científicos que não exigem a realização de experimentos. Conforme exemplo: “*O uso de experimentos não é essencial. Por exemplo, muitos modelos matemáticos foram provados sem experimentos.*” **P10**

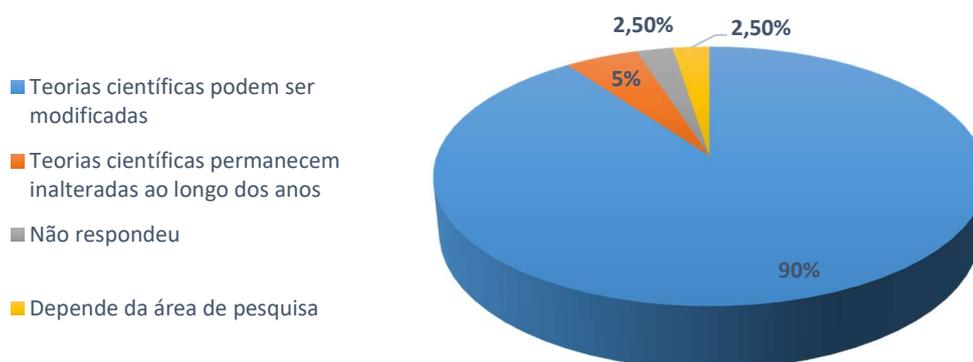
Outra justificativa apontada pelo(a)s cientistas para sustentar a afirmativa de que a experimentação não é essencial na ciência, mostra que alguns ramos da ciência não permitem a realização de experimentos. Como mostra o exemplo a seguir:

“Depende novamente da definição utilizada. Mesmo na definição utilizando o método científico, não necessariamente. Alguns ramos não permitem a realização de experimentos, sendo focado na busca por evidências que corroborem determinada hipótese. Esse seria o caso, por exemplo, da astrofísica.” **P9**

5.1.3. 3ª Questão

Em relação à terceira pergunta do questionário, cujo objetivo era investigar, segundo a concepção do(a)s cientistas, se as teorias podem ser modificadas, ou não (e, porque isso acontece), foi possível sintetizar as respostas obtidas em um gráfico, como, mostrado a seguir:

Gráfico 3: Análise das respostas do(a)s cientistas referente à terceira pergunta do questionário.



A partir do gráfico 3 é possível notar que 90% do(a)s cientistas acreditam que as teorias científicas podem ser modificadas ao longo dos anos, enquanto 5% do(a)s cientistas afirmaram o contrário. Um(a) cientista, correspondente a 2,5%, defende que alterações nas teorias vigentes dependem especificadamente da área da pesquisa. E outro(a) cientista não respondeu à pergunta.

Em acordo à visão do(a)s cientistas que defendem que as teorias podem ser modificadas, Chalmers (1993) apresenta a noção de aperfeiçoamento das teorias de Thomas Kuhn, na qual foi introduzida a ideia de revolução científica, que corresponde ao abandono de um paradigma e adoção de um novo, pela comunidade científica. Kuhn afirma que a ciência deve conter meios de romper um paradigma para outro paradigma melhor fundamentado, com maior poder de explicação, afim de garantir o progresso da ciência.

Nesta categoria, 22,2% do(a)s cientistas afirmaram que as teorias científicas podem ser modificadas ao longo dos anos, porém não apresentaram uma justificativa que fundamentasse esta afirmativa.

A partir da categorização das respostas, foi possível sistematizar as justificativas fornecidas pelo(a)s cientistas. Como mostra a tabela 5:

Tabela 5: Justificativas fornecidas pelo(a)s cientistas para a categoria ‘teorias científicas podem ser modificadas’.

Categoria	Justificativas	%
Teorias científicas podem ser modificadas	O avanço tecnológico permite uma melhor explicação dos fenômenos	36,1
	A experimentação possibilita o surgimento de novos dados	19,5
	O conhecimento não é estático, é dinâmico e provisório	8,3
	As teorias podem ser modificadas historicamente e com as demandas da sociedade	2,8
	A explicação pode estar relacionada a diferentes vertentes epistemológicas	2,8
	Outras	8,3

A justificativa mais recorrente, correspondente a 36,1% das respostas obtidas, mostra que o(a)s cientistas acreditam que as teorias científicas podem ser modificadas a partir do avanço tecnológico, que permite uma melhor explicação dos fenômenos em estudo. Conforme mostrado a seguir:

“Sim. Isso ocorre porque nem sempre a interpretação do ser humano sobre a realidade é coerente com o real, isso depende da disponibilidade de instrumentos para registrar, detectar, representar e reproduzir os fenômenos envolvidos. O desenvolvimento do modelo atômico é um bom exemplo; primeiro uma esfera maciça, depois uma esfera "gelatinosa" com pequenas partículas no interior, em seguida o modelo de Bohr, com um núcleo atômico detectado por Rutherford, por fim o modelo probabilístico.” P29

Isto significa dizer, de acordo com o(a) cientista P29, que com a evolução das tecnologias, as teorias evoluem constantemente, como ocorreu por exemplo, com os estudos que proporcionaram o desenvolvimento dos modelos atômicos.

A disponibilidade de instrumentos cada vez mais sofisticados é o que proporciona o aperfeiçoamento das teorias quando estas já não respondem adequadamente às perguntas, ou ainda, quando as pesquisas geram novas informações e evidências sobre velhos objetos de

estudo. Dessa forma, as teorias científicas podem ser substituídas à luz dos avanços na ciência e das novas ferramentas de estudo que possibilitam explicações mais coerentes para a ocorrência de determinados fenômenos (CHIBENI, 2006). No entanto, não podemos esquecer que a interpretação humana em relação aos novos dados obtidos pela tecnologia é o que impulsiona também novas teorias.

Outra justificativa associada às mudanças nas teorias científicas está relacionada à descoberta de novos dados, oriundos da experimentação. Segundo estes cientistas, novos experimentos podem revelar-se inconsistentes com as teorias, e por isso, devem ser modificados, afim de tornar-se consistentes, validando tal teoria até o limite em que ela concorda com a experiência. Como mostra o exemplo a seguir:

“As teorias científicas são modificadas, pois elas tem que explicar os resultados experimentais encontrados, quando a teoria não justifica os resultados encontrados é necessário alterar ou criar novos conceitos teóricos que expliquem os fenômenos observados.” P12

Isto significa dizer que para o(a) cientista P12 (e outros que tiveram suas respostas alocadas nesta categoria), se uma teoria prevê resultados que não são observados experimentalmente é necessário abandonar esta teoria ou adaptá-la para que esteja em conformidade com os experimentos. Nesse sentido, Chalmers (1993), afirma que os indutivistas também consideram que as teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da experimentação, e quando os dados obtidos divergem das teorias vigentes, novas hipóteses são elaboradas para explicação dos fenômenos, e são necessárias modificações nas teorias que justifiquem os dados empíricos obtidos.

Outra justificativa apresentada pelo(a)s cientistas que defendem que as teorias são modificadas ao longo dos anos está baseada no fato de que a ciência não lida com verdades absolutas. Como mostrado a seguir:

“Toda teoria deve ser consistente com os conhecimentos científicos já acumulados pela humanidade em sua caminhada histórica. A consistência externa deve contribuir para mostrar a veracidade da teoria ao vincular sua tese com outros conhecimentos já confirmados. No entanto, essa exigência de consistência externa não pode chegar ao extremo de frear o progresso científico. Pode haver ruptura, inclusive, não se pode negar ao pesquisador o direito de elaborar novas hipóteses ou teorias audazes que contradigam conhecimentos admitidos como certos. O que não deve existir são teorias

científicas isoladas, infundadas, divorciadas dos conhecimentos já obtidos pela humanidade. Teorias revolucionárias podem ser incoerentes com apenas uma parte do conhecimento científico estabelecido. O conhecimento não é estático, é dinâmico e provisório. Exemplo: a teoria que afirmava que a terra era o centro do universo. Que somente existia a Geometria Euclidiana. Outras foram construídas. Klein elaborou a divisão Kleiniana das geometrias onde há lugar para a euclidiana. Que o ser humano nascia como uma folha em branco., etc. Creio que em toda ciência há necessidade de uma teoria substituir outra, conforme explicado acima.” P16

De acordo com o(a) cientista P16, o conhecimento científico é provisório e sujeito a mudanças. Segundo Lederman (2006), isto quer dizer que as teorias científicas estão sujeitas a sofrer alterações caso surjam novas evidências. Além disso, algumas evidências podem ser reinterpretadas, levando ao desenvolvimento de teorias mais sofisticadas, com maior poder de explicação.

O exemplo apresentado pelo(a) cientista P16 da teoria geocêntrica, que afirmava que a Terra era o centro do universo, explica bem o caráter dinâmico da ciência. Segundo Steiner (2006), há cerca de 2.400 anos, os gregos desenvolveram os modelos geocêntricos. Um deles foi proposto por Aristóteles (384-322 a.C.), que se baseava na hipótese da Terra estar parada no centro do Universo e os corpos celestes, inclusive o Sol, girando à sua volta. Esta teoria surgiu à luz das observações realizadas pelo homem no seu dia-a-dia: a Terra parecia fixa e todos os outros astros observáveis, pareciam estar girando em seu redor.

Esta teoria foi amplamente aceita por muitos séculos, visto que a Igreja e o modo de pensar da época, baseado no geocentrismo, representavam grandes embates para que novas teorias (como a teoria heliocêntrica, que propunha novas explicações para o movimento da Terra) fosse aceita. Contudo, com o passar dos anos, a teoria heliocêntrica se consolidou perante à comunidade científica, sendo aceita até os dias atuais. Desta forma, é possível concluir novamente que o conhecimento científico está sujeito à mudanças, à medida que surgem explicações mais coerentes para a interpretação dos fenômenos observáveis.

Outra justificativa apontada por um(a) do(a)s cientistas indica que as teorias científicas podem ser modificadas historicamente, de acordo com as demandas da sociedade. Como mostra o exemplo a seguir:

“As teorias científicas podem ser modificadas com o decorrer da história e com a demanda da sociedade. Por exemplo, até o século XV, a matemática não necessitava de cálculos complexos para a resolução dos problemas cotidianos, com o advento da navegação no final desse século, houve a necessidade do

aprimoramento de teorias matemática, que facilitou o surgimento dos logaritmos para direcionar os navegantes a acharem o seu rumo nos mares. A evolução é importante para o outros campos do conhecimento surgiram, como, por exemplo, a etnomatemática, a etnomodelagem e a etnocomputação.” P14

Dessa forma, é possível concluir que as demandas da população orientam as investigações científicas. Novas descobertas oriundas da investigação proporcionam alterações das teorias vigentes ou ainda o surgimento de novas teorias para sustentar o processo de explicação do conhecimento científico. Estas alterações podem ser de fato ocasionadas em decorrência das necessidades da sociedade, como mencionado, no exemplo anterior; a necessidade de ferramentas que facilitasse o processo de orientação dos navegantes fez com que os cientistas desenvolvessem novos estudos e propusessem teorias para garantir o sucesso das navegações marítimas.

Uma outra justificativa importante, apesar de ter sido apresentada por um(a) único(a) cientista, explica que as alterações das teorias científicas está relacionada a diferentes vertentes epistemológicas (vide resposta):

“Sim, podem. Existem diversas explicações possíveis. Num âmbito epistemológico, basta recorrer a filósofos/cientistas que pensaram a ciência no século XX, como os críticos do positivismo Popper, Lakatos, Kuhn, Feyerabend (ainda que os primeiros ainda possuíssem certas atitudes metodológicas ainda arraigadas nessa concepção). Neste sentido, a parte do primeiro, os diversos exemplos históricos que apresentam mostram quadros interessantes em certas áreas do conhecimento de como teorias foram abandonadas, modificadas, retomadas, aprofundadas, etc...” P23

Isto significa dizer que para o(a) cientista P23, os cientistas e filósofos sustentam diferentes teorias para a definição de ciência e o processo de construção do conhecimento científico. Segundo Hansson (2018), na visão de Popper, por exemplo, para uma teoria ser considerada científica, é necessário que sejam realizados testes afim de pôr a teoria à prova. Lakatos, por sua vez, defende que uma teoria pode ser considerada científica mesmo que não haja provas em seu favor, como também pode ser pseudocientífica ainda que todas as provas sejam favoráveis à tal teoria. Isto é, o caráter científico ou não-científico de uma teoria pode ser determinado independentemente dos fatos. Kuhn defende que a ciência é demarcada pela sua capacidade para resolver quebra-cabeças, ou seja, a característica natural da ciência é a sua capacidade de solucionar problemas. Feyerabend, segundo Chalmers (1993), argumenta

que as metodologias da ciência fracassaram em fornecer regras bem estabelecidas para conduzir as práticas dos cientistas. Segundo Feyerabend, dada a heterogeneidade da ciência, é praticamente impossível que esta seja explicada com base em regras metodológicas tão simples. Estas regras são inclusive prejudiciais à ciência, na medida em que negligenciam as atividades dos cientistas, tornando a ciência menos adaptável e cada vez mais dogmática.

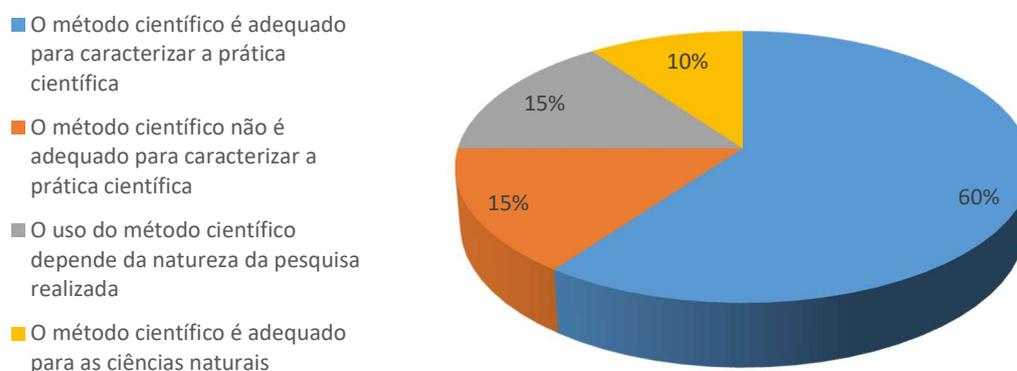
Desta forma, em decorrência da complexidade e do caráter multifacetado da ciência, são possíveis diferentes explicações e definições, que partem de diferentes correntes de pensamentos existentes entre filósofos e cientistas. Estas explicações podem ser frequentemente modificadas, retomadas ou aprofundadas ao longo dos anos.

5.1.4. 4ª Questão

A quarta pergunta do questionário descreve as seguintes etapas do método científico: observação dos fenômenos naturais, formulação de hipóteses, teste da hipótese através de experimentos, modificação da hipótese em caso de falhas nos testes, ou, em caso de validação da hipótese, a elaboração de uma nova teoria. O principal objetivo desta questão, era investigar segundo a concepção do(a)s cientistas, se o método descrito é adequado para caracterizar a prática científica, e, se esse método se aplica ao tipo de pesquisa que o(a) cientista desenvolve.

Com base nas respostas obtidas, foi possível concluir que 60% do(a)s cientistas acreditam que o método científico é adequado para caracterizar a prática científica, enquanto 15% defendem que o método não é adequado para caracterização da produção do conhecimento. Outros 15% defendem que depende da natureza da pesquisa a ser realizada e 10% acreditam que este método é adequado para caracterizar apenas as ciências naturais. Como mostra o gráfico 4.

Gráfico 4. Análise das respostas do(a)s cientistas referentes à quarta pergunta do questionário.



A categoria ‘o método científico é adequado para caracterizar a prática científica’ engloba as respostas do(a)s cientistas que consideram que atualmente este método é utilizado na maioria das pesquisas e funciona perfeitamente. Conforme mostram o exemplo a seguir:

“Sim, acredito que esse método é adequado para caracterizar a prática científica e ele se aplica à pesquisa que desenvolvo. O método científico é baseado na experimentação, então nada mais natural do que aplicá-lo.” P21

Com base nestas respostas, é possível destacar, segundo os autores Kominsky e Giordan (2002), que a maioria do(a)s cientistas pesquisados apresentou uma visão sobre método científico alinhada a perspectiva de pensamento positivista, tal como representado pelo pensamento do filósofo Augusto Comte. Segundo tal pensador, todo conhecimento científico é obtido a partir de uma experiência empírica, lançando-se mão das etapas estabelecidas pelo método científico à todas as áreas do conhecimento. Defende-se, inclusive, que os fatos já estão postos, basta serem descobertos pelos cientistas, de forma objetiva, com vistas à comprovação das hipóteses e elaboração das teorias.

Dentro da categoria ‘o método científico não é adequado para caracterizar a prática científica’, as respostas obtidas mostram que, de acordo com esses cientistas, a ciência não

segue as etapas deste método para o desenvolvimento das pesquisas e da produção do conhecimento. Como mostram os exemplos de resposta a seguir:

“Não, e na verdade não se aplica, muito provavelmente, a nenhuma pesquisa científica. Esta estrutura ainda está muito presente, talvez, na circulação do conhecimento científico entre seus pares, como por exemplo na estruturação de um artigo científico de algumas áreas (como nas ciências naturais, majoritariamente). Explícita uma natural e pretensa objetividade atribuída as produções científicas, apagando os sujeitos produtores, as comunidades envolvidas, erros, interesses econômicos, etc... Porém, na prática científica, atualmente inserida num modo de produção capitalista, este modelo ingênuo e idealizado não se aplica a provavelmente nenhum ramo de produção de conhecimentos, tampouco a ciência”. P23

Um dos pontos mais importantes de respostas desta categoria é que, de fato, esses cientistas consideram que não existe um método científico, no sentido de receita universal, que possa ser utilizado visando a construção do conhecimento científico. O escopo da ciência é muito amplo e diversificado para isso. De maneira semelhante, o filósofo Feyerabend, nega a existência do método científico. Segundo Hodson (1982), está claro para este especialista que mesmo em domínios mais restritos, a investigação científica não se molda a nenhum procedimento fixo, ou seja, a ciência não é feita por métodos rigorosos.

Os autores Irzik e Nola (2011), também defendem que não existe um método científico único, no sentido de um processo mecânico, composto por regras procedimentais que determine a produção do conhecimento passo a passo. Segundo estes autores, existem metodologias gerais (como o método hipotético-dedutivo de teste e regras metodológicas), que podem orientar o processo de construção de conhecimento, e se aplicam, geralmente, a algumas áreas da ciência, mas não todas.

Em acordo à visão apresentada pelo(a) cientista P23 e pelos autores Irzik e Nola, citados anteriormente, Cachapuz, Carvalho e Gil-Perez (2005), também criticam a visão rígida e algorítmica, na qual ciência é definida como uma sequência de etapas bem estabelecidas (o conhecido método científico), como uma visão distorcida da ciência. Os autores defendem que realmente a ciência possui uma metodologia, mas esta não se processa de maneira linear, pois, durante a construção do conhecimento, pode ser preciso reformular ideias e começar tudo de novo seguindo outras metodologias e fazendo adaptações.

A categoria ‘o uso do método científico depende da natureza da pesquisa realizada’ engloba visões de cientistas que acreditam que o método científico pode ser adaptado, de

acordo com as necessidades da pesquisa. E, em alguns casos, não produz resultados eficientes, como por exemplo, em pesquisas que avaliam o comportamento humano (vide exemplo).

“A adequação do método se dá na própria pesquisa, em relação ao assunto estudado. Assuntos objetivos (como por exemplo: posição dos astros, movimento de projéteis, eletricidade, etc) tendem a ter bons resultados quando tratados dessa maneira. Mas assuntos subjetivos (como por exemplo: comportamento humano, crenças ou teorias sobre o passado remoto) tendem a concluir coisas muito distintas quando são tratadas de forma previsível.” P24

A categoria ‘o método científico é adequado para as ciências naturais’, engloba o(a)s cientistas que defendem que as etapas descritas do método científico aplicam-se apenas às áreas de ciências exatas e da natureza. Segundo o(a) cientista P3: *“Para a área de ciências exatas e da natureza acredito que o método seja adequado, já para outras áreas o método pode exigir adaptação.” P3*

Em acordo à visão apresentada pelo(a) cientista P3, Morais (1998) afirma que a ciência não se reduz a experimentos, pelo contrário, é extremamente complexa e abrangente. O experimento científico como critério certificador de uma teoria é ponto fundamental para o desenvolvimento das ciências exatas e biológicas, ou da natureza, mais bem representadas pela Física e Biologia, porém, essa metodologia não se aplica às chamadas ciências humanas e sociais.

Outro fato interessante, que vale a pena ser destacado, é que 60% do(a)s cientistas que afirmaram que o método científico é adequado para caracterizar a prática científica, incluindo cientistas das áreas de Química, Engenharia Metalúrgica, Física, Ciências Biológicas, Medicina Veterinária e Ciências da Computação, disseram que este método é adequado para o tipo de pesquisa que desenvolvem. E ainda, 75% do(a)s cientistas que afirmaram que o método científico é adequado para caracterizar a prática das ciências naturais, incluindo cientistas das áreas de Química e Ciências da Computação, disseram que este método também se aplica ao tipo de pesquisa que desenvolvem. Com isso, é possível evidenciar, novamente, que parte do(a)s cientistas das áreas exatas e biológicas (como o(a)s pesquisado(a)s) realizam pesquisas em que declaram que esse método é de fato utilizado e, possivelmente, devido a este fator, consideram que a prática científica, de uma maneira geral, seja caracterizada por este método.

5.1.3. 5ª Questão

Em relação à quinta pergunta do questionário, foi utilizada a temática acerca das causas do aquecimento global, e das mudanças climáticas, para investigar, segundo a concepção do(a)s cientistas, se é possível que pesquisadores cheguem a conclusões distintas partindo-se de um mesmo conjunto de informações. Após as análises das respostas, acreditamos que houve uma falha na elaboração e/ou no comando desta questão. Alguns cientistas, focaram a discussão apenas no enunciado da questão, referindo-se de modo geral ao aquecimento global, e não responderam à pergunta proposta.

O tema aquecimento global foi utilizado com o intuito de promover a contextualização da questão, de forma a apresentar um tema científico, cuja explicação das relações entre causa e consequência dos fenômenos ainda não se expressassem de forma consensual entre o(a)s cientistas. No entanto, segundo os autores Neske, Salzer e Rojo (2017), o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), composto por uma organização de cientistas responsáveis por apresentar relatórios científicos sobre os conhecimentos produzidos sobre as mudanças climáticas, concluiu que o aquecimento global é devido a ações antropogênicas.

Desta forma, tendo em vista o conhecimento do assunto por parte do(a)s cientistas pesquisados, e o fato da maioria do(a)s cientistas considerarem o aquecimento global um fenômeno antropogênico, pudemos concluir que o exemplo utilizado não foi adequado para contextualizar uma temática de controversa, conforme apontaram algum(ma)s do(a)s cientistas pesquisado(a)s:

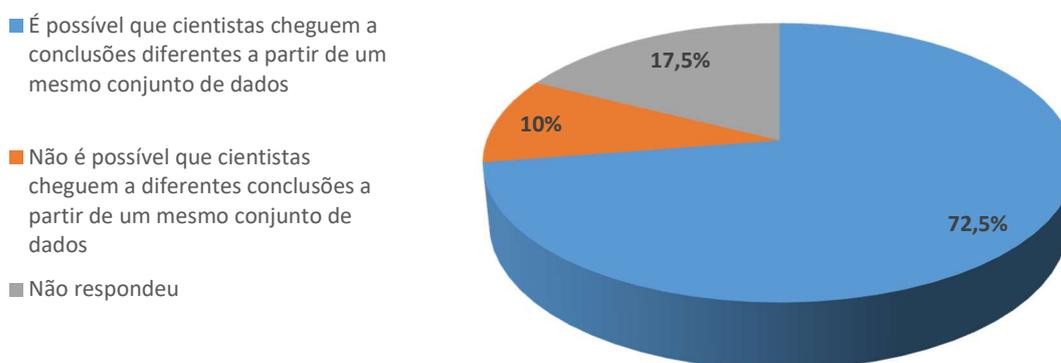
“No caso citado, 95% dos principais cientistas relevantes concordam que o aquecimento global é feito pelo homem. Nem todos os desentendimentos na comunidade científica são divididos igualmente 50/50 entre a comunidade. Quem é imparcial chegará na conclusão correta. 5% destes tem interesses ligados as empresas.” P13

Ou ainda:

“A afirmação não é verdadeira. Não existe um grupo que acredita que é um processo natural. A compreensão da comunidade científica é que a causa do aquecimento é antrópica. Leia Kuhn para entender que o fato de que alguns não concordarem não cria essa clivagem que a afirmação procura definir. Aliás, até hoje não vi ninguém sério afirmar diferente.” P40

Considerando o grau de retorno de 82,5% um número considerável de respostas obtidas para esta questão, foi possível sistematizar as respostas obtidas em um gráfico. Nota-se que 72,5% do(a)s cientistas acreditam que é possível chegar a conclusões distintas a partir de um mesmo conjunto de dados, enquanto 10% do(a)s cientistas acreditam que não é possível chegar a conclusões distintas a partir de um mesmo conjunto de informações. Outros 17,5% não responderam à pergunta. Como mostra o gráfico 5.

Gráfico 5. Análise das respostas do(a)s cientistas referentes à quinta pergunta do questionário.



Em acordo à visão apresentada pela maioria dos cientistas, Chalmers (1993) defende que é possível que cientistas cheguem a diferentes conclusões partindo da observação de um mesmo objeto, pois, as experiências visuais de um observador ao visualizar um objeto, dependem de outros fatores, além do sentido da visão, como por exemplo, de suas experiências vivenciadas, dos seus conhecimentos teóricos e de suas expectativas em relação ao objeto observado. Desta forma, é possível que observadores vendo o mesmo objeto, do mesmo lugar, sob as mesmas condições, vejam a mesma coisa e interpretem de maneira diferente.

A partir deste exemplo, é possível concluir que diferentes observadores podem apresentar diferentes visões; sendo estas constituídas pelo estado interior de nossas mentes ou cérebros, dependerão, entre outros fatores, de nossos conhecimentos prévios, da formação educacional, e de nossas expectativas, ou seja, não serão determinadas apenas pelas

propriedades físicas de nossos olhos e da cena observada. Portanto, os conhecimentos adquiridos podem gerar conclusões distintas para diferentes cientistas, mesmo analisando um conjunto idêntico de informações. Pois, conforme declarado por N. R. Hanson (1958) *apud* Chalmers (1993), p. 41, “há mais coisas no ato de enxergar que o que chega aos olhos”, tendo em vista o fato que a observação é carregada por teorias e subjetividade humana.

Nesta categoria, 31% do(a)s cientistas afirmaram que é possível que cientistas cheguem a conclusões distintas a partir de um mesmo conjunto de informações, porém não apresentaram uma justificativa que fundamentasse tal afirmativa.

As justificativas fornecidas pelo restante do(a)s cientistas para esta categoria estão sumarizadas, conforme representado a seguir (tabela 6).

Tabela 6: Justificativas apresentadas pelo(a)s cientistas para a categoria ‘é possível que cientistas cheguem a conclusões diferentes a partir de um mesmo conjunto de dados’.

Categoria	Justificativas	%
É possível que cientistas cheguem a conclusões diferentes a partir de um mesmo conjunto de dados	As interpretações dos dados podem variar de acordo com critérios racionais, interesses sociais, culturais, econômicos e emocionais dos cientistas	34,5%
	Áreas de pesquisa em que os estudos ainda não se consolidaram podem gerar diferentes conclusões	13,8%
	Vago	24,1%
	Outras	6,8%

A justificativa apresentada por 34,5% do(a)s cientistas desta categoria indica que as interpretações dos fatos podem variar de acordo com critérios racionais, interesses sociais, culturais, econômicos e emocionais dos cientistas. Como mostra o exemplo a seguir:

“Claro que sim. Os cientistas são seres humanos, portanto estão permanentemente atravessados por interesses econômicos, ideológicos, profissionais etc. e se regem por valores (nem sempre acessíveis no plano da consciência) que podem ser diferenciados a partir dos interesses primários. Por exemplo, não existe consenso entre os cientistas de filiação marxista e os de filiação "capitalista" (quero dizer, aqueles com uma visão não marxista da ordem social capitalista), quando interpretam dados econômicos e propõem medidas de política econômica apoiadas nesses dados. Na verdade, até a

produção de dados pode ser enviesada por interesses (vide a atual proposta de Reforma da Previdência no Brasil e os dados utilizados por quem é a favor e por quem é contra). Mesmo no campo das ciências naturais é possível, a meu ver, que se chegue a conclusões distintas a partir dos mesmos dados. Na Física, por exemplo, convivem duas teorias diferentes sobre a luz. Usa-se uma ou outra (até onde entendo), de acordo com a possibilidade de "melhor" responder a determinadas questões. Finalmente, quanto à questão do aquecimento global, faço uma observação que talvez esclareça melhor minha posição expressa anteriormente: pode ser que haja uma fonte humana atuando sobre o aquecimento e, ao mesmo tempo, uma fonte natural. Mas observe que acreditar que a única fonte de aquecimento global seja natural satisfaz a determinados interesses econômicos e acreditar que a única fonte seja humana satisfaz a outros interesses (não necessariamente não-econômicos).” P17

Em acordo à visão apresentada pelo(a) cientista P17, Lacey (2011) defende que, muitas vezes, quando uma investigação científica não é realizada de maneira imparcial, seus resultados são predeterminados a favorecer algumas perspectivas em detrimento de outras. Ao afirmar que os valores podem motivar os cientistas a darem diferentes prioridades às investigações de determinadas alternativas (agroecologia em vez de transgênicos, por exemplo), e adotarem determinadas estratégias metodológicas em função de seus interesses, o autor retrata claramente a influência de fatores externos à ciência nas pesquisas científicas.

Conforme apresentado pelo(a) cientista P17, os interesses políticos e econômicos envolvidos na questão do aquecimento global influenciam diretamente os resultados das pesquisas. Nesse sentido, as autoras Ribeiro e Andrade (2011) fazem uma crítica à influência dos pesquisadores sobre seus interesses, sejam estes econômicos, sociais, políticos, entre outros. Segundo as autoras, as discussões acerca do papel humano sobre as causas das mudanças climáticas surgiram a partir da década de 1970, e a partir de então muitas instituições estão se esquivando de suas responsabilidades para com o meio ambiente, devido principalmente a interesses econômicos, voltados para a acumulação de capital a curto prazo.

Nesse mesmo contexto, os autores Neske, Salzer e Rojo (2017), ainda afirmaram que:

Os relatórios desenvolvidos pelo IPCC, de acordo com Souza (2012), são utilizados pela mídia como forma de divulgação de que o aquecimento global é de responsabilidade das ações da humanidade. Porém, esse posicionamento da mídia não evidencia neutralidade na publicação. O autor destaca que o órgão não é exclusivo de cientistas, mas que age sobre influência política, o que poderia influenciar a população e beneficiar as grandes indústrias que produzem de forma ambientalmente sustentável (2017, p. 2).

Desta forma, a partir dos exemplos apresentados, é possível constatar que as interpretações dos cientistas podem variar de acordo com alguns interesses, sejam eles, sociais, econômicos ou culturais, e isso, conseqüentemente, pode influenciar a vida da população, e promover o beneficiamento das grandes empresas.

Outra justificativa apresentada pelo(a)s participantes da pesquisa indica que o(a)s cientistas podem chegar a conclusões diferentes a partir de um mesmo conjunto de dados se a complexidade do sistema ou fenômeno observado não puder ser explicada pelo conjunto de informações levantadas até o momento. Como mostra a seguir:

“Respostas diferentes são obtidas por métodos diferentes. No entanto, a validação dos métodos faz com que as falhas sejam encontradas e os mesmos sejam ajustados. É comum não haver ferramentas adequadas para se estudar (conhecer) temas genuínos e, por isso, aquelas existentes se mostram inadequadas e imprecisas. Mas, a obtenção de resultados não satisfatórios é o combustível na busca de novas ferramentas cada vez mais adequadas. Dessa forma, é possível que para problemas de fronteiras haja conclusões (interpretações) diferentes a partir dos mesmos resultados. Mas, no confronto e aprofundamento das interpretações essas conclusões vão se confluindo. A história da evolução das ciências mostra isso.” P7

Em acordo à visão apresentada pelo(a) cientista P7, Latour (1998) faz uso recorrente e metafórico de elementos da mitologia greco-romana, afim de representar duas estratégias de abordagem investigativa sobre as ciências (em construção e acabada). A imagem do Deus romano Jano simboliza simultaneamente as ideias de incerteza e rigor, controvérsias e verdades, envolvidas direta ou indiretamente na construção do conhecimento científico. Como mostra a figura 2:

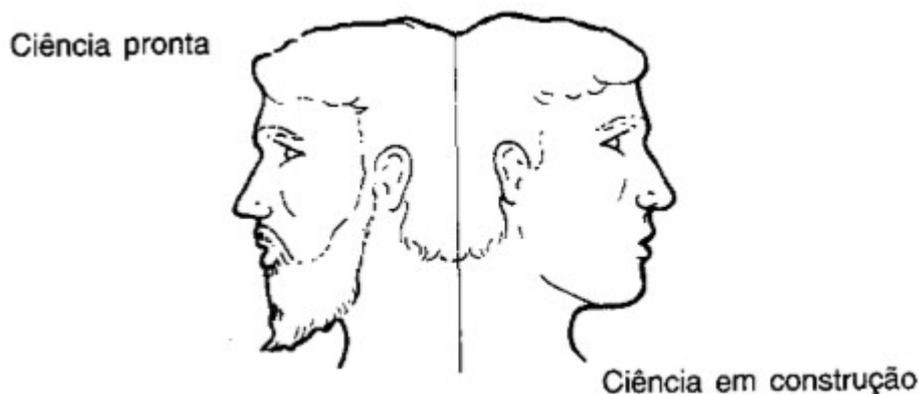


Figura 2: Representação visual da dupla face de Jano, Latour (1998).

Segundo Latour, a face esquerda de Jano representa a ciência pronta, que por sua vez, é associada a sentenças que apelam para noções de verdade, realidade e princípios, enquanto a face direita representa a ciência em construção e sempre falará de convencimento, estratégias e decisões. Nesse contexto, Jano representa os cientistas, que antes de conhecerem a verdade sobre determinados assuntos, e, durante o processo de formulação de hipóteses, proposições de explicações para os fenômenos e tomada de decisões, podem agir de forma precipitada. Nesse sentido, em acordo à visão apresentada pelo(a) cientista P7, é comum o fato dos cientistas apresentarem diferentes interpretações para um mesmo fenômeno, contudo, após o confronto das ideias e a tomada de realidade, essas interpretações vão se confluindo e é possível que os cientistas cheguem a um único caminho, segundo Latour, o caminho da verdade.

Ao afirmar que, atualmente, a dupla hélice do DNA é tida como uma caixa preta na ciência, ou seja, os conhecimentos obtidos acerca desta temática são considerados incontestáveis, Latour utiliza o conceito de caixa preta para referir-se ao conhecimento pronto, acabado. No entanto, o autor ressalta que nem sempre este modelo foi tido como unanimidade entre os estudiosos. Latour aproveita o exemplo mencionado para fazer uma crítica em relação à facilidade com que determinados conceitos são tratados quando conceitos acabados. Muitos cientistas e a sociedade, de uma maneira geral, consideram esses conceitos tidos como caixas pretas, verdades “absolutas”, e isso contesta o caráter dinâmico da ciência.

Segundo o(a) cientista P7, a ciência sustenta a verdade por meio de uma metodologia específica, na qual são lançadas diferentes hipóteses. A todo momento, nesse processo, os cientistas tentam convencer uns aos outros e a comunidade científica sobre a validade e confiabilidade das ideias apresentadas, principalmente quando os estudos referem-se a caixas abertas, que segundo a visão de Latour, tratam-se de temas ainda não consolidados na ciência.

A categoria ‘não é possível que cientistas cheguem a diferentes conclusões a partir de um mesmo conjunto de dados’, engloba visões de cientistas que consideram que o mesmo conjunto de observações gera conclusões similares, de forma que, se as conclusões forem diferentes, as hipóteses assumidas por um dos grupos estão equivocadas e apresentam erros nas análises. Como mostra a seguir:

“Considerando a inexistência de equívocos, acredito que é impossível chegar a conclusões antagônicas a partir do mesmo conjunto de dados. Do ponto de vista da lógica formal é irracional. No entanto, se considerarmos que um dos grupos cometeu erros na análise ou consideram premissas erradas isso pode

acontecer, porém ao menos um dos resultados não terá validade científica. Às vezes, pode ocorrer a produção de uma falsa antagônia, como a dualidade onda-partícula.” P29

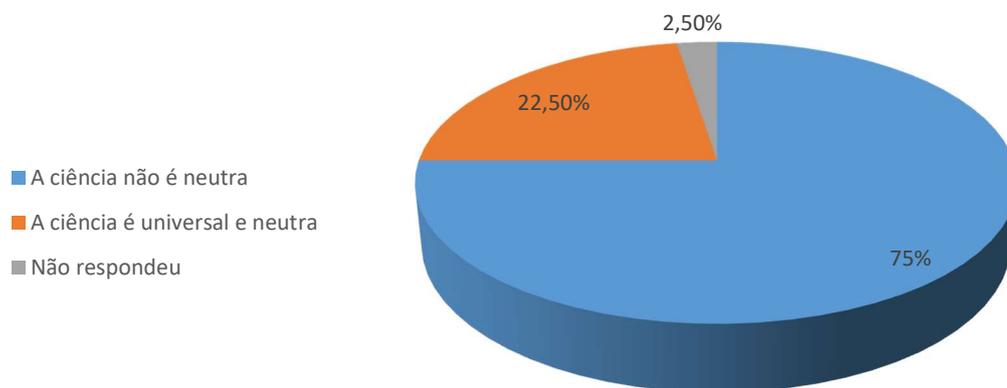
Segundo Chalmers (1993), a visão do cientista P29 associa-se à visão indutivista, em que a observação produz uma base segura da qual o conhecimento pode ser derivado. Pois, do ponto de vista da indução, dois observadores normais observando um mesmo fenômeno veem a mesma coisa.

Desta forma, de acordo com a visão indutivista da ciência, é impossível que dois cientistas cheguem a diferentes conclusões a partir de um mesmo conjunto de dados, ao menos que um deles tenha cometido erros nas análises ou assumido hipóteses equivocadas. Estes deverão ser descobertos a partir de novos estudos e convergirão em resultados semelhantes.

5.1.6. 6ª Questão

Tendo em vista o objetivo da sexta pergunta do questionário, de investigar, segundo a concepção do(a)s cientistas, se a ciência é universal e neutra, ou se é impregnada por valores sociais e culturais, as respostas obtidas foram sumarizadas no gráfico 6.

Gráfico 6. Análise das respostas do(a)s cientistas referentes à sexta pergunta do questionário.



A primeira categoria, ‘a ciência não é neutra’, correspondente a 75% das respostas, apresenta visões de cientistas que acreditam que a ciência é limitada e influenciada por fatores econômicos, sociais, culturais, políticos e religiosos (vide exemplo).

“Sendo a ciência produzida pelos próprios humanos, organizada também em sociedades, assim como seus sujeitos, por que ela estaria imune a tais valores? Obviamente ela é condicionada à influências externas, bem como ela própria condiciona a sociedade. Um exemplo "clássico" é o avanço científico-tecnológico alcançado durante a segunda guerra mundial. Acontece também que para o nosso modo social de produção, a ciência é essencial, talvez aí ela se sobressaia com relação a outras produções sociais. Mas basta ver os indicadores econômicos atuais de nosso país, em pleno declínio, dado o contingenciamento e corte no orçamento público para ciência para entender em algum nível básico o como a ciência não está definitivamente nada isolada. Sendo majoritariamente produzida pelas universidades públicas no Brasil, um menor investimento impacta diretamente em diversos setores da economia nacional a médio prazo, e vice-versa.” P23

Em outras palavras, o(a) cientista considera que a ciência é influenciada por fatores externos a ela, tendo em vista o corte nos investimentos nas universidades públicas de nosso país que impactam diretamente a produção e o desenvolvimento do conhecimento científico.

A segunda categoria, ‘a ciência é universal e neutra’, correspondente a 22,5% das respostas, engloba respostas de cientistas que defendem que o conhecimento científico não pode mudar de um lugar para outro, satisfazendo assim, o mínimo necessário para a validação dos resultados, independentemente dos métodos utilizados (vide exemplo).

“A ciência é universal, porém seu desenvolvimento depende do meio, podendo o meio agilizar ou retardar o seu desenvolvimento, porém ao final se tem o mesmo resultado.” P22

Nesta categoria, 10% do(a)s cientistas afirmaram que a ciência não é neutra, porém, não apresentaram nenhuma justificativa que fundamentasse a afirmativa apresentada. A partir das respostas obtidas para a categoria, foi possível sumarizar as justificativas fornecidas pelo(a)s cientistas na tabela 7.

Tabela 7. Justificativas apresentadas pelo(a)s cientistas para a categoria ‘a ciência não é neutra’.

Categoria	Justificativas	%
A ciência não é neutra	Vários tipos de influências aos quais a ciência não é imune	56,7
	A ciência é uma atividade humana e seres humanos são carregados de subjetividade	30
	A influência do financiamento das pesquisas interfere o seu desenvolvimento	23,3
	Aderência à visão externalista da ciência, na qual o conhecimento científico não é neutro, em oposição à visão internalista	6,7

A justificativa mais recorrente entre o(a)s cientistas, presente em 56,7% das respostas, defende a concepção de que a ciência não é neutra, pois existem vários tipos de influências, aos quais a ciência não está imune, sendo estes dos diferentes âmbitos: econômicos, políticos, religiosos, sociais, ético, entre outros. Como mostram os exemplos de respostas a seguir:

“Valores sociais e culturais interferem sim no desenvolvimento da ciência. Podemos citar como exemplo o grande desenvolvimento da indústria química alemã durante as primeira e segunda guerras mundiais. Diante das dificuldades de receber matéria-prima vinda de outros países, foi necessário que os cientistas alemães desenvolvessem processos químicos com os recursos disponíveis dentro do território alemão, sendo a síntese direta da amônia a partir do nitrogênio presente no ar e de gás hidrogênio (Processo Fritz Haber), desenvolvido durante a primeira guerra mundial, um marco importante na história da química industrial.” P12

O(A) cientista P12 apresenta um exemplo interessante da influência dos fatores externos sobre a ciência, ao lembrar o contexto enfrentado pela Alemanha, no século XX. O contexto da síntese da amônia mostra-nos claramente a influência dos fatores políticos e sociais sobre os estudos dos cientistas da época, que buscavam desenvolver um método eficaz, que garantisse a produção da amônia em larga escala, para ser utilizada por indústrias de fertilizantes, e assegurar a alimentação da população mundial do século XX⁶.

⁶ Smil (2000) considera a síntese da amônia a invenção mais importante do século XX, que possibilitou a sobrevivência e expansão da população mundial; de 1,6 bilhões para 6 bilhões de pessoas. A amônia seria

Outro fator considerado pelo(a)s cientistas foi a influência das questões éticas no desenvolvimento das pesquisas. Como mostra o exemplo a seguir:

“A ciência não é imune as influências externas e valores culturais. Um exemplo disso é o fato de não há um interesse em clonar embriões humanos, embora atualmente seja cientificamente possível. Nossa sociedade ficaria desconfortável com esse tipo de experimento e por isto os cientistas declinaram realizar este tipo de estudo.” P13

O(A)s cientistas desta categoria também destacaram a influência de fatores religiosos sobre a ciência (vide exemplo).

“A visão universal deveria ser a mais adequada, mas não acredito na imunidade aos fatores externos. Como exemplo apontaria a ciência que investiga a concepção da vida humana, que pode ser influenciada por conceitos religiosos de qualquer crença.” P3

E ainda a influência dos fatores culturais:

“Sim, os valores sociais e culturais não podem ser dissociados da condução de práticas científicas. Em todas as respostas eu venho me referindo à ciência ocidental moderna e contemporânea. Um garotinho que nasceu no interior da Ásia pode precisar de valores diferentes durante toda a sua existência. O resultado científico, uma vez alcançado, entretanto, é irrefutável e pode levar décadas ou séculos de descrédito até ser incorporado à sociedade. O impacto de novas ideias costuma confrontar a postura de conforto do pensamento conservador, e por isto às vezes leva tempo para ser assimilado passivamente.” P25

De maneira semelhante, os autores, Abd-El-Khalick, Bell e Lederman (1998) e Lederman et al. (2002), consideram que a ciência é grandemente influenciada por fatores sociais e culturais uma vez que seus praticantes, os cientistas, são produtos desta cultura.

Outra justificativa apontada por 30% do(a)s cientistas mostra que a ciência é uma atividade humana e seres humanos são carregados de subjetividade (vide exemplo).

utilizada como fertilizante ou ainda poderia constituir matéria prima principal para a produção de fertilizantes nitrogenados, e, foi a síntese da amônia em escala industrial que garantiu a alimentação da população mundial do século XX.

“A ciência é parte da sociedade e a sociedade é parte da ciências. Tentar purificar essas instâncias nos mostra uma visão empobrecida de nossa contemporaneidade. Somos híbridos, produtos sociais, culturais e tecnológicos. Não há dissociação. Pensem em um embrião gerado em um processo de fertilização in vitro, para uns pode ser considerado um objeto, para outros um sujeito. Cada vez mais a ciência nos mostra esses híbridos e nos apresenta que estamos envolvidos em uma mesma rede.” P32

Em acordo à visão apresentada pelo(a) cientista P32, Latour (2005) afirma que a era industrial marcou o pensamento moderno, criando mistos entre o sujeito e o objeto. Nesse sentido, a natureza e a ciência se misturam de tal forma que não é possível estabelecer suas fronteiras, criando um sistema (corpo) híbrido, que é considerado a um só tempo: natureza, acontecimentos, técnicas, ciências, histórias, inconscientes e discursos, entre tantas outras variáveis. Isto significa negar todas as tentativas de separar e purificar as categorias natureza e cultura. Diz o autor:

Os saberes e os poderes modernos não são diferentes porque escapam à tirania do social, mas porque acrescentam muito mais híbridos a fim de recompor o laço social e de aumentar ainda mais sua escala. Não apenas a bomba de vácuo, mas também os micróbios, a eletricidade, os átomos, as estrelas, as equações de segundo grau, os autômatos e os robôs, os moinhos e os pistões, o inconsciente e os neurotransmissores. A cada vez, uma nova tradução de quase-objetos reinicia a redefinição do corpo social, tanto dos sujeitos quanto dos objetos (2005, p. 106-107).

O processo de considerar natureza e cultura elementos híbridos nestas categorias demonstram como a subjetividade se faz, pois, ainda segundo Latour, nós “misturamos, sem o menor pudor, nossos desejos com as coisas, o sentido com o social, o coletivo com as narrativas”. Desta forma, podemos considerar que a subjetividade é inerente aos seres humanos e influencia diretamente o processo de produção da ciência e o trabalho dos cientistas.

Nesse sentido, Cachapuz (2005) alerta seus leitores para o fato que, apesar da divulgação (através das mídias e até mesmo de professores, no cenário escolar), e da transmissão de uma visão de ciência descontextualizada, socialmente neutra, que não considera as interferências sociais, os interesses e influências da sociedade no desenvolvimento da ciência; não podemos ignorar o seguinte fato: da mesma forma que os cientistas estudam os problemas enfrentados pela humanidade e encontram soluções para inúmeros problemas, os cientistas, em conjunto com os economistas, políticos, e empresários, têm produzido compostos que estão destruindo a camada de ozônio, provocando o aumento

da concentração dos gases estufa na atmosfera, e, causando prejuízos irreparáveis ao meio ambiente. Com isso é possível concluir que os cientistas são influenciados por diversos fatores externos às suas práticas científicas de acordo com seus interesses particulares.

Segundo Lederman (2006), a subjetividade do cientista torna-se negativa e prejudicial quando esta é tão forte que o faz ignorar evidências contrárias à sua expectativa, de forma que o cientista passa a induzir e manipular os resultados de suas pesquisas.

Em nossa pesquisa alguns cientistas apresentaram oposição à visão internalista e aderência à visão externalista da ciência, na qual o conhecimento científico não é neutro, para justificarem o fato de que a ciência não é imune a influências externas. Como mostra o exemplo a seguir:

“De um modo geral, podemos considerar a existência de duas grandes correntes relacionadas com as concepções de sociedade que foram desenvolvidas. Uma que faz abstração dos fenômenos sociais, econômicos e políticos e que vê a ciência como neutra e com características idênticas para qualquer sociedade. Para esta, a ciência é produzida pelo acúmulo de conhecimentos, faz ênfase em distinguir a ciência como um conhecimento unitário consolidado em grandes blocos de informação que são válidos para todos, em geral. Outra forma de conceber o problema da ciência é considerá-la como produto de uma prática comprometida, que reflete contradições e conflitos, e está em íntima relação com a ideologia dominante, e que não se constrói pela continuidade natural do fato biológico, mas por ruptura, por erupção ou por oposição à explicação existente do fenômeno. Isto é, a ciência é um fato social e histórico que progride pela luta, oposição, ruptura ou erupção frente à conceptualização existente. Esta é a nossa posição, que é o problema da ideologia. Ciência e ideologia, mais que sistemas antagônicos, são sistemas conceituais complementares na produção do conhecimento; e em razão desta relação que o cientista escolhe determinados problemas; os aborda de uma certa forma, desconsidera alguns aspectos do mesmo, etc. A relação entre ciência e ideologia é estreita. A ciência não é neutra.” P16

Segundo Magalhães e Salateo (2015), o internalismo é a visão de que a ciência é isolada das circunstâncias externas a ela, como se o objeto de sua prática (o conhecimento científico), mantivesse os cientistas praticamente imunes ao seu contexto social. O externalismo, ao contrário, considera que as circunstâncias sociais, culturais e econômicas afetam a busca do conhecimento científico.

Em acordo à visão apresentada pelo(a) cientista P16, Oliveira (2008) aponta uma distinção clara entre as abordagens internalista e externalista da ciência. Segundo o autor,

Kuhn define a História da Ciência como uma história que se interessa pelos fatores socioeconômicos no desenvolvimento científico, o que o caracteriza como um seguidor da abordagem externalista. Nesta visão, os interesses políticos e as estruturas sociais são de extrema importância para os resultados científicos, dando aos cientistas um papel secundário. Em outras palavras, é possível afirmar que a corrente externalista subordinou o desenvolvimento científico aos interesses sociais e às demandas econômicas.

Segundo Pastore (2014), fatores extrínsecos à ciência, tais como: guerras mundiais, crises econômicas, entre outros, fizeram com que alguns historiadores da ciência, como filósofos, sociólogos e antropólogos procurassem um novo modo de observá-la. Devido a estes fatores, a interpretação positivista das ciências começa a perder espaço para novos estudos que consideram-na produtos da História, do meio social, político, econômico e cultural. Desta forma, os cientistas deixam de ser vistos como reprodutores de uma realidade já existente para se tornarem inventores de realidades. Nesse sentido, o(a) cientista P16 e Pastore apresentam visões semelhantes, ao considerarem que a ciência não é neutra.

As justificativas apontadas pelos(a) cientistas para a categoria ‘a ciência é universal e neutra’ também foram sistematizadas na tabela 8.

Tabela 8. Justificativas apresentadas pelo(a)s cientistas para a categoria ‘a ciência é universal e neutra’.

Categoria	Justificativas	%
A ciência é universal e neutra	A ciência é baseada em um método científico e dessa forma não varia de um lugar para o outro e obtêm-se os mesmos resultados	33,3
	Um verdadeiro cientista relata apenas os resultados de sua pesquisa e não se deixa influenciar por questões externas	33,3

Nesta categoria, 44,4% do(a)s cientistas afirmaram que a ciência é neutra, porém, não apresentaram uma justificativa que fundamentasse esta afirmativa.

Uma das justificativas apresentadas pelo(a)s cientistas para defender a visão de que a ciência é universal e neutra consiste no fato de que a ciência é baseada no método científico, e dessa forma, não varia de um lugar para outro, obtendo-se sempre os mesmos resultados. Como mostra a seguir:

“A ciência, sendo um método, não pode mudar de lugar para lugar, não satisfazendo assim o mínimo necessário para se replicar resultados. Outro caso é se os cientistas como pessoas podem ser corruptores ou corrompidos por interesses alheios e assim não "mudar" a ciência mas mais corrompê-la. Quanto aos valores, tampouco acredito que mudem a ciência, no mais talham a gama de objetos de pesquisa (como o cientista que é contra pesquisa com células-tronco).” P4

De acordo com a visão apresentada pelo(a) cientista P4, sendo a ciência um método, esta não pode sofrer variações de um lugar para outro, e desta forma, ela deve ser universal, no sentido de possibilitar a replicação dos resultados, independentemente do local em que esteja sendo produzida, os mesmos resultados devem ser alcançados.

Um fato interessante levantado pelo(a) cientista P4 é que apesar dos pesquisadores estarem sujeitos a corrupção, podendo ser corruptores ou corrompidos diante de seus interesses, essa relação de valores e interesses não alteram o produto da ciência, podendo apenas restringir os objetos de pesquisa (como exemplo, é citado o fato de muitos cientistas serem contra os estudos com células-tronco).

Outra justificativa apontada por 33,3% do(a)s cientistas para esta categoria indica que um verdadeiro cientista relata apenas os resultados de sua pesquisa, e não se deixa influenciar por questões externas. Como mostra a seguir:

“A ciência é universal e neutra e, portanto, independe das fronteiras filosóficas. O exemplo mais claro para essa afirmação é o posicionamento de Galileu Galilei sobre o sistema heliocêntrico. Mesmo sabendo das consequências de seu ato, isto é, de ser considerado um herege pela Igreja Católica, manteve sua convicção e deu publicidade às suas descobertas científicas sobre o tema, contrariando as posições da Igreja sobre tal. Entendo que esse deve ser o comportamento de um verdadeiro cientista, de relatar apenas os resultados de sua pesquisa, não se deixando influenciar por posições externas.” P21

Para justificar a afirmativa de que a ciência é universal e neutra, o(a) cientista P21 utiliza o exemplo do posicionamento do filósofo Galileu Galilei ao defender o modelo heliocêntrico, no qual o Sol gira em torno da Terra, e por este motivo ter sido condenado pela Santa Inquisição, por heresia contra a Igreja católica.

Conforme apontado pelo(a) cientista P21, Galileu deu publicidade às suas descobertas científicas, mesmo sabendo das consequências que lhe seriam atribuídas. E nesse sentido, considera sua atitude a de um verdadeiro cientista pelo fato de não ter se deixado influenciar por nenhum tipo de influência (seja pela Igreja ou pelo pensamento adotado naquela época), Galileu simplesmente apresentou os fatos diante dos resultados obtidos a partir de seus estudos.

Nesse sentido, Zylbersztajn (1998), relata que Feyerabend também admirava a postura do filósofo Galileu, sobretudo, por ter publicado diversos trabalhos para tentar comprovar a teoria heliocêntrica, apesar de ter sido fortemente criticado pela Igreja e por ir contra às primícias de sua época.

5.2 Análise geral das respostas fornecidas pelo(a)s cientistas pesquisado(a)s ao longo do questionário

Com base na análise do conjunto das respostas obtidas para cada sujeito, não foi possível realizar uma categorização única das visões de ciência dos participantes da pesquisa ao longo do questionário. Pois, de uma forma geral, muitos daqueles que apresentaram uma visão fortemente ligada ao indutivismo, têm a visão de que a ciência é influenciada por fatores externos à sua própria produção, e que as teorias podem ser modificadas por tais aspectos. Desta forma, não houve uma consistência no conjunto das respostas que nos possibilitasse afirmar que esses sujeitos apresentam uma única visão de ciência.

Por este motivo, chegamos à conclusão de que as visões de ciência apresentadas pela maioria dos sujeitos pesquisados não podem ser classificadas totalmente como indutivistas, na medida em que apesar de considerarem, por exemplo, que a ciência pode ser definida e o método científico é adequado para caracterizar a prática científica, muitos destes também consideram que a ciência não é neutra. Nesse sentido, julgamos conflituoso classificar alguns sujeitos como consistentemente indutivistas, porque como o próprio Chalmers (1993) coloca, achar alguém que seja indutivista clássico é raro, talvez porque como destacado por P23, isto não exista na prática real, apenas idealizado nos livros didáticos e na escrita do trabalho científico em seções definidas em que se descreve a pesquisa de uma forma ordenada por etapas, mas nem sempre condizentes com o trabalho prático.

O que nos cabe afirmar neste tópico do trabalho é que talvez algum(ma)s do(a)s cientistas pesquisado(a)s apresentam um resquício de pensar no método científico e na

“ciência natural” como modo de produção do conhecimento científico por estarem imersos nesse Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, pelo tipo de pesquisa que realizam e as suas áreas de formação (parte destes cientistas possuem especialização e pesquisam nas áreas de química estrutural e inorgânica, analítica com aplicações ambientais, orgânica e físico-química, física de materiais, engenharia de sistemas e computação, ecologia, microbiologia ambiental e ciência da computação).

O(A) cientista P7, com formação e linhas de pesquisa nas áreas acima citadas, por exemplo, delimita sua definição de ciência ao método científico (vide exemplo de resposta).

“Ciência é um conceito que possui definição. Em primeiro lugar, é preciso se definir o método científico, ou seja, uma maneira bastante padronizada e rigorosa para se estruturar os procedimentos (pesquisas, experimentos, pensamento, etc) que comprovem as hipóteses levantadas sobre qualquer assunto. Assim, ciência é o conhecimento obtido e transmitido conforme um método muito bem pré-estabelecido. Todo conhecimento científico deve ser obtido de acordo com uma metodologia baseada no "método científico".” P7

De maneira semelhante, o(a) cientista P21 (com formação similar ao cientista anteriormente citado) defende que o método científico é adequado para caracterizar a prática científica e afirma que o método se aplica à pesquisa que desenvolve (vide exemplo).

“Sim, acredito que esse método é adequado para caracterizar a prática científica e ele se aplica à pesquisa que desenvolvo. O método científico é baseado na experimentação, então nada mais natural do que aplicá-lo.” P21

Por outro lado, a maioria do(a)s cientistas que se negaram a definir ciência, defenderam a inexistência de um único método capaz de caracterizar a prática científica, dado o seu caráter multifacetado e complexo e, acreditam nas influências de fatores externos sobre o desenvolvimento da ciência. Tais cientistas possuem especialização nas áreas de química (teórica, orgânica, analítica, inorgânica, e medicinal), matemática e educação matemática, ciências pedagógicas e educação (ensino de ciências, ensino de física, divulgação científica, ensino e aprendizagem). Chama-nos atenção o fato de que nesse universo de cientistas que apresentaram uma visão consistente internamente com aquelas apontadas por Lederman e seus colaboradores sobre os elementos chave não controversos da ciência, maioria são aqueles que possuem pós-graduação na área de educação e afins.

Com base nos dois parágrafos anteriores, nós podemos inferir que as concepções sobre NdC apresentadas pelo(a)s cientistas pesquisados podem sofrer influência das áreas de formação, especialização e pesquisa, à medida que ao longo de suas respostas, tornou-se evidente um padrão diferenciado de respostas. Por exemplo, o(a)s cientistas P17 e P23 (com formação em pós-graduação na área de ciências humanas) afirmaram que não é possível definir ciência, devido às suas características variadas e peculiaridades, ou seja, ao seu caráter multifacetado. Como mostram os exemplos de resposta a seguir:

“Uma "boa" definição de ciência não me parece possível. Qualquer definição deixaria alguma parte da ciência de fora ou incluiria muita coisa que não é considerada ciência, hoje.” P17

“Definição que delimite estritamente "ciência", isolada de suas contextualizações históricas, sociais, econômicas e até mesmo dos objetos específicos de cada área, em associação a seus métodos, práticas e procedimentos, não. Podemos encontrar tentativas, de ponto de vista epistemológicos, sociológicos ou até antropológicos, de se pensar a ciência em geral. Porém, consenso e delimitação estrita da ciência em si, entendo não ser possível”. P23

Isto pode ser um indício de que há na área de Educação e afins (caracterizada como ciências humanas) uma reflexão sobre o tema NdC, ao contrário do que, geralmente, observa-se nos programas de pós-graduação das áreas duras (ciências naturais, matemática, computação, entre outras). Além disso, por ser uma área de humanas o tipo de pesquisa é diferente em termos metodológicos, em termos de objetos de interesse, entre outros aspectos, o que pode contribuir para uma visão diferenciada de ciência.

É importante destacarmos que o(a)s cientistas tanto lecionam nos cursos de Bacharelado e Licenciatura da universidade e/ou atuam nos Programas de Pós-Graduação (mestrado e/ou doutorado). Desta forma, discutiremos no tópico a seguir, algumas possíveis implicações deste contexto para o ensino.

6. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Retomando os objetivos propostos – avaliar as concepções dos cientistas do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas de uma universidade sobre NdC –, os resultados mostraram, em relação a definição de ciência, que 45% dos sujeitos pesquisados apresentaram uma definição restrita de ciência (vide Gráfico 1). Desta parcela, 72,2% associaram a definição de ciência e o modo de produção do conhecimento ao clássico método científico. Foi possível concluir, de acordo com as informações obtidas para a primeira questão, que uma significativa parcela do(a)s cientistas pesquisado(a)s referem-se ao método científico como uma sequência de etapas bem definidas que orientam a prática científica, enquanto apenas 27,5% do(a)s pesquisado(a)s não restringiram sua definição de ciência a este método, considerando sobretudo suas diferentes áreas e complexidades.

Nesse sentido, as análises da segunda e quarta questões corroboram que a visão restrita de ciência de boa parcela dos pesquisados está atrelada a experimentação e ao método científico como sendo as razões que delimitam o que é ciência. Na segunda pergunta, foi questionado aos cientistas a importância da experimentação na ciência. 60% do(a)s pesquisado(a)s consideram a experimentação essencial, à medida que esta permite a comprovação das hipóteses e teorias elaboradas. Nesse sentido, um estudo realizado por Lederman e Schwartz (2008), no qual 24 cientistas foram entrevistados afim de investigar quais as concepções desses sujeitos sobre NdC, constatou-se que 46% destes cientistas demonstraram considerar que todo conhecimento científico é inerentemente experimental. E ainda, na pesquisa citada, 17 cientistas, o que corresponde a uma taxa de 70,8%, indicaram que o conhecimento requer uma base empírica, no entanto, estes ressaltaram que o que constitui o caráter empírico pode diferir de uma ciência para outra. Ainda, nessa pesquisa, nove dos 24 cientistas defenderam que as alegações feitas através de métodos experimentais eram mais válidas do que alegações feitas através de métodos não experimentais. Os autores afirmam que houve concordância entre a maioria dos cientistas sobre a importância dos dados empíricos no desenvolvimento e justificação do conhecimento científico. Estes resultados também são consistentes com relatos de outros estudos (BELL, 2000; GLASSON; BENTLEY, 2000). Como afirmam Lederman e seus colaboradores, é consensual o fato de que a ciência seja empiricamente fundamentada, o que não implica dizer que seja apenas baseada na experimentação fundamentada no método científico, na ciência natural. Os dados obtidos em nossa investigação mostram um alinhamento com outras que detectaram que

cientistas têm forte crença nos dados e experimentos para comprovar o conhecimento. Não negamos tal importância, ou seja, o conhecimento é empiricamente fundamentado, todavia julgamos que mais importante do que se ter apenas dados é o tratamento a ser dado a eles, o que vai perpassar a esfera argumentativa, isto é, o que vai contar como evidência para uma afirmativa do conhecimento (LATOURET, 1994). Assim, não cremos que dados falam diretamente por si, pois dependem fundamentalmente das lentes do pesquisador, ou seja, das interpretações teóricas e dos diálogos com outras pesquisas (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010).

Nesse sentido, julgamos que no ensino de ciências é amplamente importante que o professor deixe claro para seus estudantes a relação entre dados e teorias, pois de acordo com a maneira que a experimentação é conduzida pode-se passar a impressão de que os dados falam por si só e que há uma hierarquia entre as diferentes áreas do conhecimento em função do tipo de experimentação conduzida. Desta forma, em acordo com Hodson (1988), acreditamos que:

Pode ser mais sensato para os professores de ciência encorajar os alunos a considerarem a teoria e o experimento como tendo um relacionamento interativo e de interdependência: os experimentos auxiliam a construção da teoria; e a teoria, em troca, determina os tipos de experimentos que podem e devem ser conduzidos. Na elaboração de uma teoria, a experimentação tem dois significados. Primeiro, o de testar a adequação empírica da teoria em desenvolvimento e prover evidências retrospectivas para as proposições teóricas. Segundo, o de guiar o desenvolvimento contínuo da teoria na direção da coerência e da completude. Por exemplo, os experimentos auxiliam o refinamento dos conceitos e a quantificação das relações conceituais, e estabelecem os limites da aplicabilidade da teoria. Assim, o experimento é visto como parte integral do processo de tomada de decisões para a construção da teoria. Por sua vez, a teoria também tem um duplo papel na experimentação. Primeiro, na geração de questões a serem investigadas e de problemas que requerem elucidação e explicação teóricas. Segundo, como um guia no projeto preciso de experimentos que respondam a tais questões e resolvam tais problemas (pode haver outras teorias envolvidas, também). Esta visão holística e interativa da relação experimento-teoria fornece um modelo frutífero para o desenvolvimento de conceitos pelos indivíduos (1998, p. 58).

Portanto, os professores de ciências devem discutir com os estudantes sobre a relação entre a teoria e a experimentação na ciência, com o intuito de esclarecer a visão deles sobre experimentação e desconstruir a visão ingênua de ciência atrelada à concepção de que a experimentação é apenas verificacional ou desprovida de teorias. Isto porque consideramos que falar sobre natureza da ciência é um dos produtos educacionais, logo tão importante quanto a discussão dos conceitos científicos.

Além disto, uma outra implicação para o ensino de ciências, a qual gostaríamos de destacar, refere-se à influência da visão dos professores sobre a visão de ciência de seus alunos, à medida que as concepções inadequadas sobre ciência apresentadas pelo professor são refletidas diretamente sobre a compreensão de ciência do estudante ao longo de sua formação.

Com relação à quarta pergunta do questionário, que visava investigar se o(a)s cientistas consideram o método científico adequado ou não para caracterizar a prática científica, foi possível concluir que 60% do(a)s pesquisado(a)s consideram o método científico adequado e referem-se a este método como uma sequência de etapas bem definidas, em que as observações e a experimentação desempenham um papel fundamental, contribuindo para a exatidão e objetividade dos resultados obtidos. Desta forma, com base nos resultados obtidos para as três questões anteriormente citadas, foi possível notar uma forte visão indutivista dos pesquisados sobre estes aspectos.

Em relação à terceira pergunta do questionário, que abordava a possibilidade das teorias científicas sofrerem alterações, 90% do(a)s cientistas acreditam que as teorias científicas podem ser alteradas ao longo dos anos. Nesta perspectiva, Lederman e Schwartz (2008) apontam que, no geral, os participantes do estudo realizado por eles afirmaram que o conhecimento está sujeito à mudanças, e reconheceram que existem áreas da ciência que lidam com mais certezas do que outras. Portanto, para este aspecto de NdC, foi possível notar que as concepções do(a)s cientistas pesquisado(a)s assemelham-se ao aspecto de provisoriidade do conhecimento científico adotado por Lederman e seus colaboradores. Pois, muitos dos pesquisados justificaram a possibilidade das teorias científicas sofrerem alterações com base no fato dos avanços tecnológicos permitirem uma melhor explicação dos fenômenos, na medida em que surgem evidências mais fundamentadas. Além disto, alguns pesquisados consideraram que a partir das novas ferramentas disponíveis para a realização dos experimentos, torna-se possível o surgimento de novos dados. Desta forma, pode-se afirmar que tais cientistas não consideram que o conhecimento científico seja estático, mas sim dinâmico e provisório. Contudo, vale destacar para esta questão que apesar do elevado índice de resposta satisfatória, tivemos muitas justificativas vagas.

Com relação à quinta pergunta, que tinha como objetivo investigar se os pesquisados consideram possível que os cientistas cheguem a diferentes conclusões a partir de um mesmo conjunto de dados, 72,5% dos sujeitos pesquisados acreditam que é possível. Nesse sentido, os dados levantados por outro estudo, desenvolvido pelos autores Wong e Hodson (2008),

visando identificar as concepções sobre NdC de outros 14 cientistas, apontam para o fato de que nenhum desses cientistas afirmou que há apenas uma representação concebível do mundo, mas que, por outro lado, isso não significa que o mundo é apenas uma representação da mente humana e que os indivíduos são livres para fazer interpretações; ou seja, o mundo limita o escopo das especulações teóricas dos cientistas.

Portanto, as questões cinco e seis do questionário corroboram alguns aspectos sobre NdC que apresentaram-se como consensuais entre o(a)s cientistas pesquisado(a)s. Foi possível notar que a maioria desses sujeitos consideram que as interpretações dos dados podem variar de acordo com critérios racionais, interesses sociais, culturais, econômicos e emocionais dos cientistas, e por este motivo, é possível que cientistas cheguem a diferentes conclusões a partir de um mesmo conjunto de dados.

Com relação à sexta pergunta, que questionava o(a)s pesquisado(a)s se a ciência se desenvolve de maneira neutra, ou se esta é sujeita a influências externas, 75% dos cientistas defendem que a ciência não é neutra. Com base nos estudos desenvolvidos por Lederman e Schwartz (2008), a maioria dos cientistas destacou a importância do financiamento e a influência das pressões políticas e sociais sobre a direção e continuação das pesquisas científicas. Desta forma, o conhecimento científico é visto como um produto social e culturalmente imbricado. Nesse sentido, 15 dos 24 cientistas (62,5%), indicaram uma visão de subjetividade na ciência que foi além das diferenças pessoais. Estes cientistas sugeriram que suas bagagens teóricas orientam seus questionamentos, suas investigações e suas interpretações dos dados. Portanto, nota-se mais uma vez, que para este aspecto de NdC a maioria dos cientistas de nossa pesquisa e do estudo apresentado, consideram que a ciência está sujeita a vários tipos de influências. Muitos do(a)s pesquisado(a)s para este estudo justificaram esta afirmativa com base no fato de que a ciência é uma atividade humana e os cientistas carregam suas particularidades e idiosincrasias para as suas pesquisas. E ainda, em acordo à posição dos cientistas apresentada pelo estudo realizado por Lederman e Schwartz, alguns sujeitos apontaram que a influência do financiamento das pesquisas afeta diretamente o desenvolvimento da ciência e do conhecimento científico.

Após as análises dos dados obtidos para as questões cinco e seis, constatamos que os enunciados destas questões podem constituir em uma visão imparcial das pesquisadoras sobre os aspectos de NdC investigados. Além disto, consideramos que houve uma inadequação no comando das questões, tendo em vista o fato de que tais questões apresentaram um alto índice, de respectivamente, 40% e 20% de respostas em que os sujeitos pesquisados não

forneceram justificativas para as perguntas. Desta forma, julgamos que tais questões constituem uma limitação do instrumento de coleta de dados utilizado na pesquisa, pois, apesar de nós não conhecermos o real motivo deste alto índice de respostas sem justificativas e até mesmo de ausência de respostas para estas questões, consideramos que o problema partiu da elaboração dos enunciados das perguntas.

Ainda sobre as questões cinco e seis, podemos afirmar que as justificativas apresentadas pelos cientistas seriam interessantes de ser discutidas com alunos de graduação e pós-graduação, uma vez que se torna importante que estudantes que podem vir a seguir a carreira científica compreendam que a prática científica é influenciada por fatores externos, tais como o financiamento, o status do cientista ou grupo de pesquisa, o fato do conhecimento científico não ser neutro e sim carregado de valores, a subjetividade inerente à pesquisa e os métodos utilizados para diminuí-la, entre outros. Isto os capacitaria a entender melhor as complexas relações existentes internamente na ciência (como cobrança para publicação e aprovação de projetos de pesquisa por órgãos públicos, o problema da privatização da universidade e a mercantilização e comercialização do conhecimento entre outros) e da ciência com tecnologia e sociedade (visto que as pesquisas podem impactar e são impactadas por diversos interesses de diversos segmentos).

A partir dos dados obtidos pelo estudo desenvolvido por Lederman e Schwartz (2008), os autores concluíram que as visões de NdC dos cientistas participantes da pesquisa são complexas e multifacetadas. Os resultados demonstram conexões entre os contextos científicos individuais desses sujeitos com suas visões sobre NdC. Desta forma, seus pontos de vista não são necessariamente consistentes com qualquer posição filosófica particular, e, suas opiniões são claramente contextualizadas dentro de suas práticas científicas. Os autores ainda apontam que a variabilidade dentro e entre as disciplinas científicas, ou as diferentes áreas da ciência, tornou-se evidente na pesquisa, o que justifica o fato das investigações científicas, e a ciência de uma maneira geral, ser dinâmica e diversificada.

De forma semelhante, a amostra que compõe o cerne da nossa pesquisa não permitiu-nos generalizar quais as concepções sobre NdC expressas neste trabalho, ou seja, não é possível categorizá-las em uma única posição filosófica, mas permite inferir que uma boa parte dos cientistas do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas têm um resquício da visão empírica indutivista da ciência. A partir disto, surgem alguns questionamentos importantes a serem pensados. Por exemplo, será que isso implica em se trabalhar com essa concepção ao ensinar? Em outras palavras, de que modo determinadas concepções sobre NdC implicam na

forma de ensinar? As práticas de laboratório ministradas por esses sujeitos seguirão esse método, que guarda pouca relação da teoria com os dados em um experimento?

Frente a estas questões, ainda é possível pensar em outros estudos que caracterizariam uma nova pesquisa acerca desta temática, incluindo, por exemplo, entrevistas com uma amostra específica do(a)s cientistas que apresentaram uma visão empírico indutivista da ciência e o acompanhamento das aulas práticas desses sujeitos. Nesta perspectiva, acreditamos que seria interessante acompanhar as aulas destes cientistas e avaliar quais as implicações dessas concepções sobre NdC em seus modos de ensinar. Também julgamos relevante pensar em propostas de grupos colaborativos para auxiliar no modo como cientistas trabalham com natureza da ciência (seja por ação ou reflexão) em suas aulas de graduação e pós-graduação.

Também de forma similar a pesquisa de Lederman e Schwartz (2008), em nossa pesquisa percebemos que as respostas estavam bastante atreladas às práticas científicas dos cientistas. A reflexão sobre os aspectos levantados e discutidos neste tópico do trabalho, relacionados às principais características atribuídas à ciência pelos sujeitos pesquisados, dado as respectivas áreas de especialização e atuação, apontam para a necessidade de se promover discussões sobre ciência ao longo da formação dos estudantes dos diversos cursos de graduação e pós-graduação. Para isso, seria indispensável que os coordenadores dos cursos da universidade, inclusive os dos programas de Pós-Graduação, responsáveis pelas grades curriculares, reconhecessem e discutissem a importância de se propiciar aos futuros professores da educação básica e das universidades, e aos futuros cientistas de nosso país, tais discussões no currículo. Por que, afinal de contas, tendo em vista os cursos que se concentram nesse Instituto (Física, Química, Biologia, Matemática e Engenharias), independentemente se os indivíduos estão formando bachareis ou licenciados, eles irão trabalhar com ciência e/ou atuar como professores de Ciências.

Sob estas perspectivas, evidencia-se a relevância dos momentos de reflexão sobre ciência, no sentido de se criar disciplinas específicas que proporcionem tais discussões, as quais poderiam favorecer a formação de sujeitos com concepções mais esclarecidas sobre ciência e mais aptos a utilizá-las com toda a sua potencialidade em suas respectivas áreas de atuação, principalmente, no ensino. Todavia, é importante se pensar em que tipo de proposta seria válida para os diferentes cursos da Universidade. Cursos de filosofia da ciência gerais para os cursos ou mais específicos para as distintas áreas do saber (como ocorre em algumas

licenciaturas)? São questionamentos importantes para reflexão e inclusive que poderiam ser discutidos com auxílio dos profissionais da filosofia da ciência das universidades.

De forma particular, pessoalmente, essa pesquisa me auxiliou a compreender sobre a importância das discussões sobre NdC e o trabalho dos cientistas realizadas ao longo da minha graduação, nas disciplinas de Práticas de Ensino de Química e nos Estágios. Considero que o desenvolvimento da pesquisa também contribuiu bastante para a minha formação, visto que pude pesquisar, conhecer e compreender diferentes visões de ciência dos filósofos da ciência e também dos pesquisadores do Ensino de Ciências, o que foi além das discussões realizadas nas disciplinas da graduação.

Desta forma, acredito que saber sobre ciência irá influenciar sobretudo na minha vida profissional, enquanto professora da educação básica ou pesquisadora da área de Química. Pois, futuramente, tanto ao discutir com os alunos de uma turma sobre os aspectos inerentes à ciência e a produção do conhecimento científico, quanto ao desenvolver pesquisas em bancadas de laboratório de química, ligadas à atividade prática dos cientistas, haverá uma reflexão crítica sobre a forma de enxergar a ciência, não no sentido de defini-la, mas de considerar todas as suas idiossincrasias como constituintes relevantes para esse processo e, quando necessário, tomar decisões conscientes e argumentar de forma mais fundamentada quando o assunto envolver NdC.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.
- AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão Sistemática de Trabalhos sobre Concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. 2, p. 579-619, 2017.
- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Lisboa, Portugal; Edições 70, LDA, 2009.
- BACON, F. *Novum Organum*. Translated and edited by P. Urbach and J. Gibson. Chicago, Open Court, 1994.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília: MEC/Semtec, v. 4, 1999.
- CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. Superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia: um requisito essencial para a renovação da educação científica. In: CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez, p. 37-70, 2005.
- CHAER, G.; DINIZ, P. R. R; RIBEIRO, A. E. A técnica do questionário na pesquisa educacional. *Evidência*, v. 7, n. 7, p. 251-266, 2011.
- CHALMERS, A. F. *O que é ciência afinal?* Tradução Raul Fiker. São Paulo: Editora Brasiliense, p. 123-137, 225, 1993.
- COSTA, C. F. Reconsiderando o verificacionismo. *Princípios: Revista de Filosofia (UFRN)*. Natal, v. 18, n. 29, p. 299-300, 2011.
- DRIVER, R; LEACH, J; MILLAR, R; SCOTT, P. *Young people's images of Science*. Lancaster: Open University Press, p. 23, 1996.
- FERNANDES, G. L. *Portfólio e avaliação da aprendizagem sobre natureza da ciência de uma licencianda em um curso de formação inicial*. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

- FEYERABEND, P. K. *Against Method: Outline of an Anarchist Theory of Knowledge*. Londres: New Left Books, 1975.
- FORATO, T. C. M. *A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da histórica da luz*. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.
- GIL, C. A. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- GUERRA-RAMOS, M. T. Teacher's ideas about the nature of science: A critical analysis of research approaches and their contribution to pedagogical practice. *Science & Education*, v. 21, n. 5, p 631-655, 2012.
- HANSON. R. N. *Patterns of Discovery*. Cambridge University Press, Cambridge, 1958.
- HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 197-211, 1999.
- HODSON, D. Experimentos na ciência e no ensino de ciências. *Educational Philosophy and Theory*, Tradução Paulo Porto, p. 53-66, 1988.
- HODSON, D. “Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different Goals, Demand Different Learning Methods.” *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 15, p. 2534–2553, 2014.
- IRZIK, G; NOLA, R. A family resemblance approach to the Nature of Science for science education. *Science & Education*, v. 20, p. 591-607, 2011.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; PUIG MAURIZ, B. Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia [Argumentation and assessing causal explanation in science: the case of intelligence]. *Alambique*, v. 63, p. 11-18, 2010.
- KANT, I. *Crítica da Razão Pura*. 5. ed. Lisboa: Edição da Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.
- KOMINSKY, L., GIORDAN, M. Visões de ciência e sobre cientistas entre estudantes de ensino médio. *Química Nova na Escola*, v.15, n. 3, p.11-18, 2002.
- LACEY, H. A imparcialidade da ciência e as responsabilidades dos cientistas. *Scientiae Studia*, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 487-500, 2011.

LAKATOS, I. *O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica*. In: Lakatos, I. e Musgrave, A. (org.) *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.

LATOURET, B. *Jamais fomos modernos: ensaio de antropologia simétrica*. Tradução de Carlos Irineu da Costa. 2. ed. Rio de Janeiro: 34 ed. p. 106-107, 152, 1994. (Coleção TRANS).

LATOURET, B. *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo: Editora Unesp, 1999.

LEDERMAN, N. G., O'MALLEY, M. Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science & Education*, v. 74, n. 2, p. 225-239, 1990.

LEDERMAN, N. G. "Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research." *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F., RANDY L. B; Schwartz, Renée S. "Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science." *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LEDERMAN, N.G. Syntax of Nature of Science Within Inquiry and Science instruction. In: L.B. Flick; N.G. Lederman, *Scientific Inquiry and nature of Science: implications for teaching, learning and Teacher educations*. p. 301-317, 2006.

LORENZANO, P. *Filosofia de la ciencia*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes, 2004.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 6ª Ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MATTHEWS, M. R. "History, Philosophy, and Science Teaching: The Present Rapprochement." *Science & Education*, v. 1, p. 11-47, 1992.

MESQUITA, N. A. S; SOARES, M. H. B. F. Visões de ciência em desenhos animados: uma alternativa para o debate sobre o conhecimento científico em sala de aula. *Ciência & Educação*, v. 14, n. 3, p. 417-429, 2008.

MILLAR, R.; OSBORNE, J. F. (Eds.). *Beyond 2000: Science Education for the Future*. London: King's College London, 1998.

NESKE, L. A. D; SALZER, E; ROJO, A. C. Aquecimento global: Análise dos vieses em cenários estratégicos divergentes. VI Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. *V Encontro Luso-Brasileiro de Estratégia. Anais do VI SINGEP*, São Paulo, 2017.

NIELSEN, K. H. “Scientific Communication and the Nature of Science.” *Science & Education*, 2012.

Nuffield Physical Science, *Introduction Guide*. Penguin, 1968.

Nuffield Physics, *Teacher’s Guide I*. Longmans/Penguin, 1968.

SMIL, V. *Enriching the Earth*, MIT Press: Cambridge, Massachusetts, 2000.

OLIVEIRA, J. C. P. Sobre a gênese (e justificação) da “nova historiografia”. In: MARTINS, R. A.; SILVA, C. C.; FERREIRA, J. M. H.; MARTINS, L. A. P. (Orgs). *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul*. Seleção de trabalhos do 5º encontro. Campinas: AFHIC. p. 272-277, 645, 2008.

PASTORE, G, G. Debate internalismo e externalismo: as ciências segundo, John Desmond Bernal. *Revista Transdisciplinar Logos e Veritas*, v. 1, n. 1, p. 12-18, 2014.

PESSOAR JR, O. Filosofia e Sociologia da Ciência. *Aula ministrada na disciplina de HG-022, Epistemologia das Ciências Sociais, do curso de Ciências Sociais da Unicamp*. Campinas, 1993. Disponível em: <<http://www.fflch.usp.br/df/opessoa/Soc1.pdf>>

PORRA, C. A.; SALES, L. L. N.; SILVA, C. C. Concepções de natureza da ciência: adaptação de um instrumento para alicação em alunos de licenciatura de universidades públicas brasileiras. *VIII Enpec, Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Campinas, 2011.

POPPER, K, R. *Conjectures and Refutations*. Londres: Routledge and Kegan Paul. p. 231, 1969.

RAZUK, P. C. Metodologia Científica. *Apostila do Curso de pós-graduação da UNESP, Campus de Botucatu*, cap. 2, p. 15-16,1981.

RIBEIRO, N. L. M; ANDRADE, T. H. N. A questão política das mudanças climáticas. *Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade*, v. 2, n. 1, p. 211-225, 2011.

RIBEIRO, E. A perspectiva da entrevista na investigação qualitativa. In: *Evidência, olhares e pesquisas em saberes educacionais*. Centro Universitário do Planalto de Araxá, Araxá, n. 4, maio de 2008.

WONG, S. L.; HODSON, D. “From the Horse’s Mouth: What Scientists Say About Scientific Investigation and Scientific Knowledge.” *Science & Education*, n. 93, p. 109–130, 2009.

ZYLBERSZTAJN, A. Galileu – Um cientista e várias versões. *Cad. Cat. Fís.*, Florianópolis, v. 5, (número especial), p. 36-38, 1998.

8. ANEXOS

Proposta de Questionário para os professores do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da UFOP.

Questionário: Concepções dos cientistas sobre ciência.

Olá!

Meu nome é Lohayne Ligya, sou aluna do curso de Química Licenciatura da UFOP. Estou desenvolvendo um projeto de pesquisa sob orientação da Profa. Dra. Paula Mendonça (DEQUI), coordenadora do grupo de pesquisa: Práticas Científicas e Educação em Ciências.

A proposta deste trabalho é pesquisar as concepções dos cientistas da UFOP sobre o tema natureza da ciência com base nos trabalhos já desenvolvidos por Wong e Hodson (2014). Para isso será utilizado um conjunto de perguntas adaptadas do questionário VNOS (Views of Nature of Science) elaborado por Lederman, N.G. (1998).

Saliento que todas as declarações serão tratadas de forma confidencial, portanto, a apresentação dos resultados será realizada de maneira a não permitir a identificação dos envolvidos.

Agradeço pela valiosa atenção e colaboração.

Conto com o preenchimento e envio do questionário até o dia 23/12/2017

Perfil do entrevistado

As perguntas a seguir são de extrema importância para o processo de análise de dados.

- 1) a) Qual seu curso de graduação? b) Quando o concluiu? c) Em qual universidade?
- 2) a) Em que área realizou seu mestrado/ doutorado? b) Qual o período de conclusão do mestrado/ doutorado? c) Em qual(is) universidade(s)?
- 3) Qual a linha de pesquisa em que atua?
- 4) Há quanto tempo atua como docente na UFOP?
- 5) Para qual(is) curso(s) de graduação leciona?
- 6) Atua em curso(s) de pós graduação? Qual(is)?

Perguntas:

- 1) Atualmente podemos dizer que vivemos em uma sociedade que valoriza muito a cultura científica, afinal você já deve ter visto produtos que possuem em seu rótulo a expressão “cientificamente comprovado”. 1a) Em sua opinião, é possível definir ciência? Em caso afirmativo, qual seria a sua definição? Em caso negativo, por que não é possível defini-la? 1b) É comum encontrarmos produtos comerciais que possuem em seu rótulo a expressão “cientificamente comprovado”. De acordo com o seu ponto de vista, o que torna um conhecimento “cientificamente comprovado”? E na visão popular, o que significa a expressão “cientificamente comprovado”?
- 2) Você já deve ter lido sobre os trabalhos experimentais de Newton com os prismas, assim como os trabalhos teóricos de Albert Einstein sobre a teoria da relatividade. 2a) Pense nos exemplos citados e em outros que você conheça, e diga se, em sua opinião, o uso de experimentos na ciência é essencial. Justifique sua resposta. 2b) Para o tipo de pesquisa que desenvolve, a experimentação é essencial?
- 3) Teorias científicas desenvolvidas por cientistas podem ser modificadas? Se você acredita que as teorias permanecem inalteradas ao longo dos anos, justifique sua resposta com alguns exemplos. Se você acredita que as teorias científicas são modificadas, explique por que isso acontece.
- 4) É comum a divulgação do método científico composto pelas seguintes etapas; observação de fenômenos naturais, formulação de hipóteses, teste da hipótese através de experimentos, modificação da hipótese em caso de falhas nos testes, ou em caso de validação desta, a elaboração de uma teoria. 4a) Você julga que esse método é adequado para caracterizar a prática científica? 4b) O método descrito acima se aplica ao tipo de pesquisa que desenvolve? Justifique.
- 5) Um tema muito discutido atualmente é o aquecimento global. Apesar de muitas mudanças no clima já serem observadas, ainda não existe um consenso entre os cientistas sobre as causas dessas mudanças. Um grupo defende que tais mudanças são consequências da interferência do homem na natureza e outro grupo acredita que este é um processo natural e que aconteceria independente da interferência humana. Em sua opinião, é possível que cientistas cheguem a conclusões diferentes a partir de um mesmo conjunto de informações? Justifique sua resposta com algum exemplo.

- 6) Algumas pessoas afirmam que a ciência é impregnada por valores sociais e culturais, por exemplo, a regimes políticos, a contextos sociais, a tradições religiosas. Isto é, a ciência não é imune às influências externas. Outras pessoas afirmam que a ciência é universal e neutra, ou seja, independe das fronteiras nacionais e culturais e não é afetada por valores sociais, políticos e filosóficos. Qual das visões você acredita ser mais adequada para caracterizar a ciência? Cite exemplos para justificar sua resposta, em qualquer um dos casos.