

Ciência e Religião: possibilidades para o Ensino de Física com um viés Histórico e Epistemológico em um contexto de Introdução de Física Quântica no Ensino Médio^{+*}

*André Felipe Hoernig*¹

Instituto de Física – UFRGS

Mestre do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – UFRGS

*Neusa Teresinha Massoni*¹

Instituto de Física – UFRGS

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

*Dimiter Hadjimichef*¹

Instituto de Física – UFRGS

Programa de Pós-Graduação em Física

Porto Alegre – RS

Resumo

Com o presente texto trazemos alguns resultados empíricos sobre percepções de estudantes de Ensino Médio sobre a relação entre Ciência e Religião, bem como alguns indícios de viabilidade de atividades que foram conduzidas em uma pesquisa mais ampla, em nível de mestrado em Ensino de Física, para tratar desta relação em sala de aula. O objetivo do presente artigo é apresentar possibilidades para o Ensino de Física com viés Histórico e Epistemológico que trate da relação Ciência e Religião. Para tal, apresentamos dados coletados com estudantes de Ensino Médio sobre como estes alunos relacionam Ciência e Religião, antes de uma intervenção didática (Estudo 1, N=291) e após uma intervenção didática que abordasse o tema de forma secundária, uma vez que a ênfase foi a introdução de Física Quântica com um viés histórico (Estudo 2, N=34). Observamos se os alunos acreditavam que os cientistas (quaisquer cientistas para o Estudo 1 e os principais cientistas por trás do desenvolvimento da Quântica para o Estudo 2)

⁺ Science and Religion: Possibilities for Teaching Physics with a Historical and Epistemological Bias in a Context of Introduction of Quantum Physics in High School

^{*} Recebido: 7 de julho de 2021.

Aceito: 9 de março de 2022.

¹ E-mails: andre.hoernig@gmail.com; neusa.massoni@ufrgs.br; dimihadj@gmail.com

poderiam expressar alguma religiosidade e categorizamos as respostas, observando que estas podem ser relacionadas com categorias identificadas na literatura. Com a execução de um Módulo Didático de Física Quântica com um viés histórico, em que uma das propostas era tratar como a religiosidade dos cientistas não embarça a atividade acadêmica destes, foi possível obter indícios de aprendizagem do conteúdo físico e um encaminhamento dos alunos que compuseram o Módulo para um discurso de diálogo entre Ciência e Religiosidade.

Palavras-chave: *Ciência e Religião; Ensino de Física; Religiosidade; Ensino de Física Quântica.*

Abstract

With this text we bring some empirical results about opinions of high school students about the relationship between science and religion, as well as some activities that were conducted in a Master's degree research in Physics Teaching, to address this relationship in the classroom. The purpose of this article is to present possibilities for the Teaching of Physics with a Historical and Epistemological bias that deals with the relationship between Science and Religion. To this end, it is showed data collected from high school students, about how they relate science and religion, before a didactic intervention (Study 1, N=291) and after a didactic intervention that approached the subject in a secondary way, which emphasis was on the introduction of Quantum Physics with a historical bias (Study 2, N=34). We look at whether students believe scientists (any scientists for Study 1 and scientists behind the development of Quantum for Study 2) could express some faith, and we categorize the answers, noting that these answers can be related to categories identified in literature. With the execution of a Quantum Physics Didactic Module with a historical bias, in which one of the proposals was to deal with how the religiosity of scientists does not disturb their academic activity, it was possible to observe that there was indication of learning of the physical content and an approximation of the students with a dialogue perspective between science and religiosity.

Keywords: *Science and Religion; Physics Teaching; Religiosity; Quantum Physics Teaching.*

I. Introdução

Apesar da preocupação destacada com o Ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC), particularmente o de Física Quântica, são poucos os trabalhos que tratam deste com um viés que permita articular essa inserção com discussões sobre História e Epistemologia da Ciência (HEC). Entendemos que a prática educativa precisa ser, além de instigante do ponto de vista científico e didático, capaz de preparar o estudante para a vida em sociedade mais consciente e reflexiva, onde há o convívio com tantas formas distintas de pensamento, como, por exemplo, a Religião. Para isso, defendemos que o Ensino precisa apresentar, em algum grau, um viés mais humanista, que mostre a Ciência como uma construção feita por pessoas com grande aptidão para a resolução de problemas empíricos, matemáticos e conceituais (LAUDAN, 2011), mas com certas peculiaridades e crenças como qualquer pessoa.

Identificamos que as atividades didáticas de Física geralmente não abordam os nomes de cientistas e pesquisadores que contribuíram de forma relevante para o desenvolvimento científico (BILLINGSLEY; NASSAJI, 2019), cientistas que têm crenças e idiossincrasias, o que classificamos como uma grande perda de potencial da prática didática, podendo passar uma imagem distorcida da Ciência, de que talvez a atividade científica não seja para todos (CARVALHO, 2015). Ao longo de nossa pesquisa foram consideradas diferentes maneiras que pudessem mitigar essa limitação identificada, com um apelo à abordagem Histórica e Epistemológica. Ao abordarmos aspectos históricos do desenvolvimento da Física Quântica, foco de nosso Módulo Didático (MD), era natural que fossem abordados aspectos da natureza da Ciência e do fazer científico, uma vez que como Imre Lakatos, importante Filósofo da Ciência, parafraseando Kant, afirma: “a filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega” (LAKATOS, 1983, p. 107).

Além disso, são diversas as formas de tratar da Epistemologia da Ciência em atividades didáticas. Uma delas, a qual empregamos em nossa investigação, é a utilização de aspectos da religiosidade dos cientistas que pode ser articulada cuidadosamente em uma atividade didática de introdução de Física Quântica. A relação religiosidade versus Ciência foi abordada para mostrar como as crenças dos cientistas influenciaram o seu trabalho de maneira positiva, ou seja, sem causar embaraços ou limitações. É importante destacar que tomamos como pressuposto que a religiosidade influencia a atividade científica sempre de maneira positiva, apenas quando entendemos Religião segundo a perspectiva de Willian James, que assume Religião como tudo aquilo que um indivíduo acredita e que provoca devoções solenes (JAMES, 2017), afastando-se, nesta perspectiva, da Religião institucionalizada, esta sim, em diversas situações ao longo da história, pode ter influenciado de maneira negativa a atividade científica. A discussão acerca da religiosidade, além dessa relação com a Epistemologia, mostra-se relevante em nosso contexto social atual, dado que vivemos em uma sociedade em que a Religião constitui um dos aspectos relevantes da vida cotidiana de muitas pessoas, ainda mais no contexto brasileiro. A Religião, contudo, pode acabar se tornando um empecilho para

a aprendizagem científica, se não for tratada de maneira adequada (BEAUCHAMP; RIOS, 2019).

Nesse sentido, tem-se por exemplo o trabalho de Montañez (2018), que aborda a negação da Ciência frente a crenças religiosas e políticas, a qual pode parecer intratável e estudos sobre o assunto raramente apontam saídas. A autora afirma que, conforme ilustrado na Fig. 1, quando as pessoas formam suas opiniões sobre tópicos contenciosos, como mudança climática ou evolução (para o contexto da Física poderia se mencionar a teoria do *Big Bang*, por exemplo), valores políticos ou religiosos influenciam o conhecimento conceitual e científico, sendo este um desafio que pesquisadores de ensino de ciências devem enfrentar.

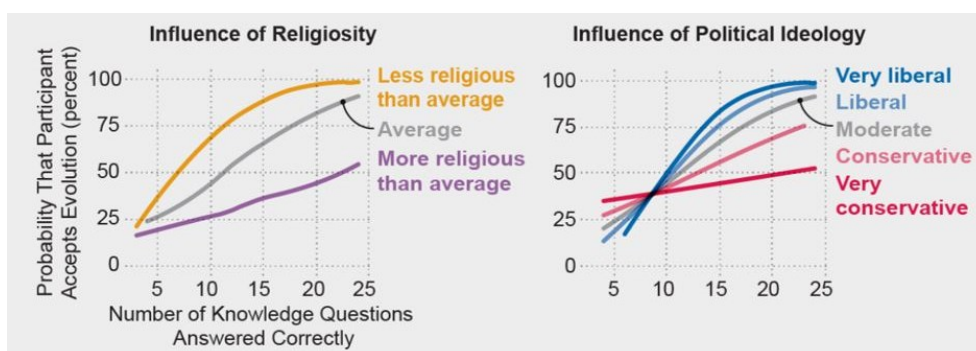


Fig. 1 – A influência da Religiosidade e da ideologia política na aprendizagem (MONTAÑEZ, 2018, p. 24).

A ideia de ignorar a religiosidade dos estudantes na educação científica no Ensino Médio é algo que não se alinha a algumas visões de epistemólogos contemporâneos. Toulmin (1977) afirma que as crenças fazem parte da ecologia conceitual. Posner *et al.* (1982) já haviam mostrado, em situação diferente, que não é possível remover os conceitos e crenças enraizadas, mas o que se pode fazer é revê-los. Então, se é estabelecido um discurso contra as crenças, Posner, conforme Toulmin, indica que a tendência é de o estudante se fechar e não aceitar o argumento científico. Possivelmente alguns alunos aceitem o argumento, mas ao preço de alguns se fecharem cada vez mais para a Ciência.

Não pretendemos aqui ir em defesa da Religião ou tornar os estudantes religiosos. O objetivo primeiro de toda aula de Física continua sendo o ensinar Física. A questão é mostrar que, no processo de ensino-aprendizagem de ciências escolar na sala de aula, todas as pessoas são convidadas a participar do fazer científico, não importando qual seja a sua crença, seu grau de religiosidade. Sendo cristão, o aluno é convidado ao fazer científico. Como um exemplo importante e relevante para a Quântica, tomamos a figura de Planck que, conforme Feyereabend (2011) e Heisenberg (1996) discutiram, era um cristão ortodoxo. Se o aluno for judeu, é também convidado ao fazer científico e um exemplo histórico marcante é a figura de Einstein. Se for ateu, é igualmente convidado, e aqui tomamos o exemplo de Dirac

(HEISENBERG, 1996). Dessa forma, ao abordarmos as importantes contribuições de Planck, Einstein, Dirac ou outros, em uma atividade didática, podemos realizar um trabalho identificado na literatura como trabalho de fronteira (SORREL; ECKLUND, 2018), em que há um interesse primeiro pela apresentação do conteúdo físico, mas com uma constante preocupação em evidenciar os contextos extra-acadêmicos, em nosso caso, ligados à religiosidade, pela qual a Física Quântica esteve relacionada.

Agir de forma preconceituosa com a religiosidade dos estudantes apenas serve para que se estabeleça um distanciamento cada vez maior para com a Ciência, o que pode trazer algumas consequências nefastas, como o advento, ramificação e popularização de pseudociências. Defendemos que um viés histórico e epistemológico cuidadoso é de grande importância para que, assim, os jovens estudantes consigam elaborar uma noção mínima sobre os nomes e contextos por trás dos desenvolvimentos da Física.

Ainda é interessante notar que, para discutir as relações entre Ciência e Religião e suas implicações para o ensino, identifica-se na literatura que há maneiras distintas de abordar essas relações. Bagdonas e Silva (2015) apontam que há quatro diferentes teses, elucidadas em pesquisas anteriores como por Barbour (1990), de como pode acontecer essa interação, a saber: Conflito, Independência, Integração e Diálogo. Estas quatro teses ou perspectivas às vezes estão claras na literatura, conforme elucidado em Hoernig (2020), algumas vezes estão implícitas, ou ainda podem receber outros nomes quanto à maneira de interação (STEWART; MCCONNEL; DICKERSON, 2016), como tese ou modelo de conflito (*warfare model*), domínios separados (*separate realms*), modelo de acomodação (*accommodation model*) e modelo de compromisso (*engagement model*). Como a menção, direta ou indireta, a pelo menos uma dessas quatro teses é recorrente na literatura, entendemos necessário fazer uma breve descrição:

- Tese de Conflito ou Modelo de Conflito: define Ciência e Religião como estando em total desacordo, em que há uma escolha ou pela Religião ou pela ciência como única fonte de verdade. Diversos autores (SORREL; ECKLUND, 2018; JOHNSO; ECKLUND; MATTHEWS, 2016; BAGDONAS; SILVA, 2015 e CARVALHO, 2015) identificam que proeminentes cientistas se empenharam na defesa desta tese, como Carl Sagan e Richard Dawkins, defendendo a ciência contra seus “inimigos”, argumentando que o ateísmo é a única posição racional, e buscando eliminar qualquer resquício de autoridade religiosa, ao menos dentro da ciência. Stewart, McConnel e Dickerson (2016) estipularam que apenas cerca de 20% da população dos Estados Unidos concorda com a declaração de que Ciência e Religião são incompatíveis.

- Tese da Independência ou de Domínios Separados: considera Ciência e Religião como sendo incomensuráveis, tomadas como assuntos completamente distintos, sendo que aqueles que adotam essa perspectiva não veem a necessidade de estabelecer qualquer relação entre eles ou tratar dos supostos conflitos. Sorrel e Ecklund (2018) identificaram que boa parte dos cientistas do Reino Unido (cerca de 90% de 115 entrevistados) se aproximam de

uma defesa desta tese. Destacam também que há a percepção de que uma articulação entre Ciência e Religião não é necessária ou importante, já há um posicionamento implícito em favor da tese da independência. Esta tese, entretanto, não tem se mostrado comum entre alunos da escola básica (FRANCIS; ASTLEY; MCKENNA, 2019), que acabam se encaminhando para as outras três, principalmente a primeira.

- Tese de Integração ou Modelo de Acomodação: defende que Religião e Ciência são suficientemente semelhantes em seus aspectos epistemológicos. Portanto, nessa perspectiva, o pensamento religioso muda e é influenciado pelo conhecimento científico, de forma que ambas as formas de conhecimento são relacionadas entre si em uma busca interdisciplinar por conhecimento. Essa visão é comum entre cientistas e teólogos religiosos, bem como em escolas e universidades confessionais, pelo interesse em alinhar o conhecimento científico às questões religiosas (KAUL; HARDIN; BEAUJEAN, 2017 e BAGDONAS; SILVA, 2015).

- Tese do Diálogo ou Modelo de Compromisso: admite uma relativa independência da Ciência e da Religião, contudo não ignora as ricas possibilidades de conversação entre as duas, o que pode ser construtivo para cientistas, educadores e teólogos em seus contextos de pesquisa. Bagdonas e Silva (2015) destacam que o filósofo da ciência Hugh Lacey se mostrou como um grande defensor deste modelo, defendendo a existência de tensões construtivas entre Ciência e Religião. Alguns autores também utilizam a figura de um cientista destacado, Francis Collins, como defensor desta tese e forte opositor de Richard Dawkins (BEAUCHAMP; RIOS, 2019 e SCHEITL; JOHNSON; ECKLUND, 2018).

A escolha por uma dessas teses tem um impacto significativo nos contextos de educação e entendimento público da ciência, como procuramos indicar nos dados concernentes ao Estudo 1. Em nossa atividade de pesquisa durante o Módulo Didático (MD), Estudo 2, procuramos adotar um tom mais conciliatório, em um encaminhamento com a Tese de Diálogo ou Modelo de Compromisso. Veremos qual foi o parecer dos alunos frente ao nosso posicionamento, se foi de concordância ou de negação de nossa defesa e, brevemente, como se desenvolveu a aprendizagem do conteúdo físico².

II. Metodologia

II.1 Estudo 1: Coleta de dados inicial

Em um primeiro momento, na primeira etapa de pesquisa do mestrado do primeiro autor, almejávamos ter um mapeamento mais geral de alunos de Ensino Médio de diferentes

² Destaca-se, portanto, que o presente artigo é apenas um recorte de um estudo mais abrangente, a saber, uma pesquisa conduzida na dissertação de mestrado do primeiro autor (HOERNIG, 2020), com coorientação do segundo e do terceiro autor do presente texto. Na dissertação pode ser encontrado um maior detalhamento sobre todas as atividades conduzidas e uma discussão mais extensa e profunda sobre o tema da religiosidade e como, exatamente, essa discussão se encaixava com o Módulo Didático conduzido.

escolas de Porto Alegre e região metropolitana, sobre o pensamento dos estudantes a respeito da relação entre Ciência e Religião. Para isso, elaboramos um pequeno questionário com três questões, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Questões guiadoras do Estudo 1.

Questão	Enunciado
1	<i>Escreva todas as palavras ou expressões que te vem à mente quando ouves a palavra “Quântica”.</i>
2	<i>Liste o/a (os/as) cientista(s) de maior renome que você lembra (em qualquer área do conhecimento).</i>
3	<i>Você acredita que esse(s) cientista(s) tenha(m)/tivesse(m) alguma crença religiosa ou acredita que seja(m)/era(m) ateu(s)?</i>

A primeira questão, apesar de não ser tratada neste artigo, é apresentada uma vez que há relação com os gráficos de categorização construídos ao final da análise, conforme será apresentado na discussão dos resultados. Refere-se a uma técnica utilizada em estudos de psicologia social (LO MONACO; PIERMATTEÓ; RATEAU; TAVANI, 2017) denominada Técnica de Associação Livre de Palavras (TALP). Em síntese, solicitávamos aos alunos que respondessem todas as palavras ou expressões que viessem à mente ao ouvirem o termo “Quântica” e, analisando as respostas, procuramos estudar como poderia ter se formado a Representação Social (MOSCOVICI, 2015) dos estudantes sobre o tema. As outras duas questões se relacionam mais claramente com o objetivo do presente texto, sobre a relação entre Ciência e Religião.

Com essas questões procuramos mapear o nível de conhecimento histórico dos alunos sobre a Ciência em geral e como os alunos imaginavam que Ciência e Religião se relacionavam na vida dos cientistas por eles lembrados. Este pequeno questionário foi aplicado em três escolas públicas estaduais da região metropolitana de Porto Alegre (as quais denominamos E1, E2 e E3, sendo E2 uma escola do município de Gravataí, enquanto E1 e E3 são escolas da cidade de Porto Alegre). Responderam às questões um número de 291 alunos destes três colégios. Para classificar e analisar as respostas, uma listagem simples e posterior confecção de histogramas foi realizada com o *software* IBM SPSS *Statistics*³. Os dados obtidos foram relacionados com a literatura da área e influenciaram a posterior coleta de dados, como é característico em trabalhos que seguem a Teoria Fundamentada (CORBIN; STRAUSS, 2015), importante referencial metodológico explicitado a seguir.

³ Este *software* não é livre, mas pode ser feito o download de uma versão de teste, disponível em: <<https://www.ibm.com/products/spss-statistics>>. Acesso em: mar. 2022.

II. 2 Estudo 2: Considerações sobre a preparação e execução do Módulo Didático (MD)

Para colocar em prática as pesquisas do mestrado, conduzimos um Módulo Didático (MD) em um dos colégios que compuseram o Estudo 1, a saber, o que denominamos por E2, em Gravataí, com uma turma de 34 alunos. Durante o MD várias atividades distintas foram conduzidas na tentativa de tratar de HEC com intuito de propiciar uma aprendizagem conceitual. Algumas considerações podem ser encontradas em um já publicado artigo sobre ensino de Física Quântica (HOERNIG; MASSONI; HADJIMICHEF, 2021), além de que todas as aulas foram descritas em detalhe, com transcrição de áudio das aulas que foram gravadas e coleta de informações com diário de bordo, na dissertação de mestrado do primeiro autor (HOERNIG, 2020). Diversas obras foram consultadas para subsidiar a construção do MD, de forma que se torna inviável a apresentação detalhada de cada uma no presente artigo. Contudo, apresentamos um quadro síntese das principais obras consultadas que influenciaram nossas discussões sobre a relação entre Ciência e Religiosidade, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Relação de obras consultadas e como influenciaram a pesquisa.

Obra Consultada	Autor (ano) e breve descrição	Finalidade
As variedades da Experiência Religiosa: um estudo sobre a natureza humana.	William James (2017). Tido como o precursor da Filosofia pragmática.	Entendimento de Religião como algo pessoal (religiosidade), permitindo uma articulação com a Tese do Diálogo acerca das crenças dos cientistas mencionados ao longo do MD.
Contra o Método	Paul Feyerabend (2011). Tomado como referencial epistemológico para a pesquisa conduzida na dissertação.	Permite uma articulação da Tese do Diálogo e aborda a religiosidade de alguns cientistas como Planck e Einstein.
Max Planck: autobiografia científica e outros ensaios.	Max Planck (2009). Foi considerado durante as aulas, juntamente com Einstein, como o pai da Física Quântica.	Planck escreve de próprio punho quais eram suas crenças e adota um discurso de conciliação entre Ciência e Religião.
Einstein: sua vida, seu universo	Walter Isaacson (2007). Isaacson faz uma biografia completa da vida de Einstein, com trechos que foram citados no Módulo Didático de forma recorrente.	Aborda as crenças de Einstein, com comentários do próprio Einstein sobre, por exemplo, o cristianismo e sobre o panteísmo de Espinoza.

Einstein e a Religião	Max Jammer (2000). Jammer foi um físico alemão, reitor da universidade de Bar-Illan em Israel e colega de Einstein em Princeton, o que possibilitou a coleta de informações para o livro aqui utilizado.	Aborda em detalhe a vida religiosa de Einstein desde a juventude até a idade adulta: mostra como ideias ligadas à Religião influenciaram seu trabalho, abordando o debate determinismo vs. indeterminismo. Aborda também o panteísmo de Espinoza.
Ética	Baruch Espinoza (2017). Importante filósofo holandês que defendia a noção de panteísmo.	Permitiu trabalhar com os alunos, durante o MD, o que constitui o panteísmo de Espinoza, admirado por Einstein e outros cientistas como Schroedinger.
A Parte e o Todo	Werner Heisenberg (1996). A obra do importante físico alemão traz considerações sobre diversos temas, inclusive Religião.	Aborda alguns posicionamentos de Heisenberg sobre a Religião. Menciona a religiosidade de outros cientistas, como Dirac e Pauli (ateu e cristão, respectivamente).
<i>The Pleasure of finding things out: the best short works of Richard P. Feynman</i>	Richard Feynman (1999). A obra do físico nova iorquino é uma coleção de palestras e entrevistas sobre diversos temas relacionados à Física, inclusive Religião.	Aborda alguns posicionamentos de Feynman sobre a Religião, em que ele se encaminha para uma vertente agnóstica.

Com base nas considerações dessas obras, que permearam constantes discussões e comentários em todas as aulas que foram ministradas entre setembro e outubro de 2019, destaca-se uma atividade que denominamos de “Quem eu sou?”, para tratar de forma mais explícita a relação entre Ciência e Religiosidade. Esta atividade foi planejada para ser realizada nas últimas aulas do MD em conjunto com o professor de Filosofia do colégio em que conduzimos o Estudo 2, a escola E2 em Gravataí. Infelizmente o professor de Filosofia foi acometido por uma tragédia familiar naquela semana e a atividade foi conduzida apenas pelo professor de Física pesquisador, primeiro autor deste texto. A atividade consistiu em apresentar algumas pequenas cartas aos alunos (tamanho de meia folha de ofício) com diversas características dos cientistas que abordamos ao longo das aulas do MD, são eles: Planck, Einstein, Bohr, Dirac, Schroedinger, De Broglie, Feynman e Doutor Manhattan (esse sendo um personagem da ficção, da série *Watchmen*, que foi mencionado algumas vezes em aula, como por exemplo ao mencionarmos o projeto Manhattan, conduzido por Oppenheimer e com participação de Feynman). As fichas entregues aos alunos indicavam características destes cientistas (cidade e ano de nascimento, contribuição para a Física Quântica, crenças religiosas e curiosidades) mas não continha o nome dos cientistas. Como exemplo tem-se uma ficha entregue aos alunos que se referia a Richard Feynman, conforme apresentado ao final do texto, em anexo. Os alunos deveriam ler, em duplas ou trios e, sem acessar a internet, deveriam tentar descobrir a quem as cartas estavam se referindo. Depois de discutirem nos

pequenos grupos deveriam discutir com o grande grupo. Conceitos que não ficaram claros dessas cartilhas, como o panteísmo de Espinoza, foram depois apresentados pelo professor pesquisador.

II. 3 Estudo 2: Coleta de dados após a execução do MD

Após as aulas terem sido ministradas, apresentou-se aos alunos mais um questionário, com novas questões mais elaboradas, mas que tinham propósito semelhante ao questionário anterior: mapear se os alunos ainda poderiam conceber Ciência e Religião como em conflito, além de também observarmos de forma resumida se os alunos conseguiram compreender alguns conceitos do conteúdo abordado. O questionário continha 11 questões, conforme o Quadro 3, apresentado a seguir.

Quadro 3: Questionário aplicado ao final do Módulo Didático. No presente artigo, concentramos nossa análise sobre as questões que se referem à relação Ciência e Religiosidade.

Questão	Enunciado	Propósito
1	Escreva todas as palavras que lhe vêm à mente quanto você ouviu/lê a palavra “Quântica”:	Avaliar a Representação Social do Grupo sobre “Quântica”
2	Assinale todos os meios onde você ouviu falar ou se informou sobre “Quântica”: (Internet – redes sociais, YouTube, etc. – Televisão – Jornais e Revistas – Livros Científicos – Escola)	Avaliar a Representação Social do Grupo sobre “Quântica”
Escala <i>Likert</i> (1 – discordo fortemente e 10 concordo fortemente)		
3	Os cientistas, que fazem da Ciência sua carreira profissional, não podem ter qualquer religiosidade, sob pena desta interferir em sua produção.	Avaliar o entendimento dos alunos sobre a relação Ciência e Religiosidade.
4	Religiosidade e Ciência são incompatíveis.	Avaliar o entendimento dos alunos sobre a relação Ciência e Religiosidade.
5	Alguns cientistas (Einstein, Planck) que fizeram grandes contribuições à Física tinham, ao mesmo tempo, religiosidade; podendo, inclusive, suas crenças terem contribuído com inspirações criativas.	Avaliar o entendimento dos alunos sobre a relação Ciência e Religiosidade.
6	A Teoria mais aceita hoje na comunidade científica sobre a origem do Universo – a <i>Teoria do Big Bang</i> – exclui a possibilidade de existência de qualquer divindade.	Avaliar o entendimento dos alunos sobre a relação Ciência e Religiosidade.
7	O efeito Fotoelétrico mostra que a luz é constituída de partículas.	Avaliar o entendimento dos alunos sobre os tópicos de Física abordados durante o

		MD.
8	A explicação da radiação de corpo negro marca o início do princípio básico da Física Quântica – a quantização da energia.	Avaliar o entendimento dos alunos sobre os tópicos de Física abordados durante o MD.
9	A difração de elétrons vista no laboratório da UFRGS e discutida em aula mostra o comportamento ondulatório dos elétrons.	Avaliar o entendimento dos alunos sobre os tópicos de Física abordados durante o MD.
10	O misticismo quântico é amplamente aceito pela comunidade científica (pois trata de aplicações da Física Quântica no cotidiano das pessoas), uma vez que a comunidade científica almeja aproximar a Ciência do público em geral.	Avaliar o entendimento dos alunos sobre o Misticismo Quântico, mencionado durante as aulas.
Dissertativa		
11	Escreva sua opinião, críticas, sugestões etc. sobre a sequência de ensino que foi aplicada na sua turma para estudar os princípios da Física Quântica.	Obter <i>feedback</i> dos alunos.

Conforme apresentado no Quadro 3, portanto, a primeira questão sendo, novamente, uma TALP simples, para estudarmos evocações de palavras e inferirmos se a Representação Social dos alunos poderia ter se modificado após o MD. A questão de número 10 se referia à concepção dos alunos sobre misticismo quântico, portanto, não sendo objeto de análise no presente texto. Três questões tratam do conteúdo de Física que foi trabalhado e quatro questões estão relacionadas com a Religiosidade dos cientistas. O questionário consistiu em apresentarmos as afirmações, que poderiam ser corretas ou erradas e os alunos deveriam marcar uma opção que ia desde “Discordo Fortemente” até “Concordo Fortemente”, em uma escala *Likert* de 1 a 10, 1 sendo total discordância com a proposição e 10 sendo total concordância. O questionário também está disponível integralmente na dissertação de mestrado do primeiro autor (HOERNIG, 2020), tendo sido aplicado de forma *online* com utilização da ferramenta *Google Forms*, que permite a construção e execução de questionários⁴.

Os dados desses questionários permitiram a construção de histogramas simples através do *Google Forms*, mas, além disso, foram analisados com auxílio da Teoria Fundamentada de Corbin e Strauss (2015). A Teoria Fundamentada é utilizada em pesquisas qualitativa-interpretativas e permite elaborar uma teoria com base em dados empírico-

⁴ O questionário final precisou ser aplicado de forma *online* devido a uma greve dos professores da rede pública estadual de ensino na região metropolitana de Porto Alegre nos meses de novembro e dezembro de 2019, o que impossibilitou qualquer atividade presencial. Não foi feita nenhuma imposição sobre a forma com os alunos responderiam o questionário, sendo liberada a consulta e o contato entre alunos, se eles assim desejassem fazê-lo.

qualitativos, como em nossa situação, de forma a construir uma teoria derivada de dados sistematicamente reunidos e analisados por meio de processos de pesquisa.

Em nossa atividade, seguindo os pressupostos desta teoria metodológica, entende-se que o pesquisador não começa com uma lista de conceitos pré-identificados, mas ao contrário, os conceitos são derivados dos dados durante a análise (BOARO; MASSONI, 2018). Esses conceitos, derivados da análise inicial, “guiam a coleta de dados subsequentes. Cada coleção de dados é seguida por análise.” (CORBIN; STRAUSS, 2015, p. 36, tradução nossa). Em nossa pesquisa procuramos seguir esse princípio, na medida em que os dados coletados no Estudo 1 guiaram a execução do MD e a coleta de dados durante a execução deste, de forma que a coleta de dados mediante o primeiro estudo revelaria a percepção dos alunos acerca da relação entre Ciência e Religião e, com base nas respostas dos alunos, ajudou-nos a preparar o MD. Por exemplo, caso percebêssemos que no Estudo 1 houvesse uma tendência dos alunos em taxar Ciência e Religião como em total desacordo, deveríamos conduzir o MD de modo a discutir essa questão, numa defesa da Tese de Diálogo. Se o Estudo 1 não revelasse essa tendência, apenas breves comentários poderiam ser feitos, de forma menos aprofundada.

Após analisar as respostas com a procura de conceitos mediante a técnica de microanálise (CORBIN; STRAUSS, 2015), é recomendado agrupar certos conceitos que se revelam dos dados qualitativos sob um conceito mais abstrato e mais representativo (MASSONI; MOREIRA, 2017). Para isso faz-se um agrupamento em categorias, sendo que são ditas categorias os eventos, acontecimentos, objetos, ações, interações consideradas conceitualmente similares em natureza ou relacionadas em significados (CORBIN; STRAUSS, 2015). À medida que avançamos no processo de identificação de conceitos, passa-se a outra etapa muito importante da Teoria Fundamentada, a codificação axial. A codificação axial é o processo de construção de relações entre categorias de conceitos, é dita axial porque ocorre em torno de um eixo de uma categoria, em geral a categoria que tende a responder à questão de pesquisa. Segundo esse processo, a teoria explicativa pode começar a se materializar, pois permitirá a construção de diagramas ou grafos. Os diagramas construídos com base na Teoria Fundamentada neste trabalho foram construídos com o uso do programa *AutoCAD*, versão 2019⁵.

Em nossa pesquisa, as relações entre categorias, provenientes da microanálise que geraram as categorias iniciais a partir dos questionários do Estudo 1 e análise de áudios das aulas, quando reanalisadas com a codificação seletiva, deram origem a categorias axiais. Tais categorias axiais relacionam-se com o domínio da relação entre Ciência e Religiosidade e com o domínio histórico e epistemológico, relacionando as categorias que abrangiam conceitos referentes ao tema da Religião com a acurácia do ponto de vista histórico e epistemológico destes conceitos. Em certa medida, essas categorias também podem se relacionar com o que

⁵ O programa não é gratuito, contudo, pode ser obtida uma versão do estudante, esta sim gratuita, se o usuário estiver ligado a uma instituição de ensino reconhecida. Esta versão do estudante está disponível em: <<https://www.autodesk.com/education/free-software/autocad>>. Acesso em: mar. 2022.

denominamos de domínio da Representação Social (MOSCOVICI, 2015), no sentido de elucidar categorias que se aproximem de uma Representação Social reificada. Para fins desse artigo, em resumo significa dizer se os alunos, com a TALP, responderam termos que são entendidos como pertencentes, de fato, ao domínio da Física Quântica (por exemplo, termos como difração, interferência, entre outros). Tais termos são entendidos, conforme a Teoria das Representações Sociais de Moscovici (2015), como influenciando a Representação Social (RS) do grupo de análise para que se aproxime de uma RS reificada, isto é, mais correta e adequada cientificamente, indicando indiretamente certo grau de alfabetização científica. Termos evocados na questão de TALP que não são corretos do ponto de vista do conteúdo científico, ou termos pobres que apresentam pouco nexos, muitas vezes próximos de um senso comum, são entendidas como aproximando a RS do grupo de uma Representação Social consensual.

Apresentamos, ao final da análise dos dados, diagramas nos quais buscamos associar conceitos principais (categorias axiais) com os conceitos mais gerais (categorias), de forma a representar esquematicamente como as categorias se relacionam para melhor compreender como, na educação científica, a religiosidade do pesquisador não embaraça, tampouco impossibilita seu fazer científico, e como isso pode ser relevante para promover uma RS adequada da Ciência, no contexto da Física Quântica, alinhada com o saber científico atual, sintetizando os resultados principais da pesquisa conduzida no mestrado do primeiro autor (HOERNIG, 2020). Na Fig. 2, com fito de sintetizar os diversos passos seguidos durante o percurso metodológico, apresenta-se um breve esquema que resume a metodologia adotada durante a pesquisa.

III. Resultados e Discussões

Para a análise das respostas sobre quais cientistas de renome os estudantes conhecem, no que se refere à primeira questão da pesquisa, conforme questionário inicial aplicado no Estudo 1, procedemos com a separação dos 291 alunos respondentes em grupos. Dividimos os alunos em três grupos, relacionados às três escolas onde o questionário foi aplicado. Todos os alunos responderam a esta questão, de forma que respostas como “não sei” ou “não lembro” também foram contabilizadas, por serem também relevantes, uma vez que isto indicou que há um número considerável de alunos que não recordam o nome de um único cientista sequer (1 aluno entre 100 para a escola E1, 5 entre 97 alunos para E2 e 3 entre 94 alunos para E3). Esta situação pode ser tomada sob distintas possibilidades, todas muito preocupantes: 1) mostra um completo desconhecimento ou desinteresse pela Física e pela Ciência por parte de alunos da educação básica de maneira geral; 2) revela um ensino de ciências que não é minimamente baseado em História da Ciência, não discute o trabalho dos cientistas, o contexto de construção das teorias mais bem fundamentadas e a contribuição de cientistas e/ou grupos nesse processo; 3) indica um distanciamento da comunidade científica com relação à

sociedade, uma falta de investimento em divulgação da ciência produzida no País. Nesse sentido, um estudo recente (CGEE, 2019) mostra que apenas 12% dos entrevistados (jovens) conseguem citar o nome de uma instituição dedicada à pesquisa no Brasil e que nem as Universidades, que correspondem a uma grande parcela da produção científica no nosso País, foram lembradas; que 51% pensam que o Brasil está atrasado cientificamente e tecnologicamente. Para reverter esta situação, pensamos que a educação científica ocupa uma posição central.

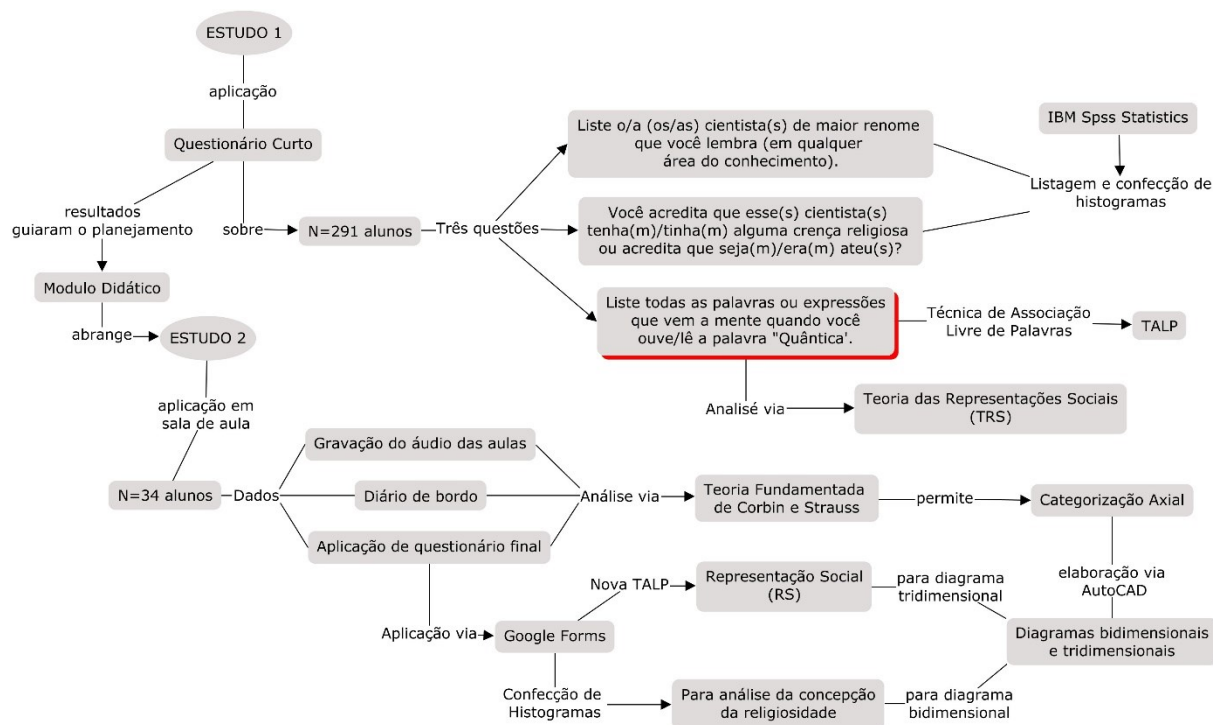


Fig. 2 – Síntese do percurso Metodológico adotado. Com destaque em vermelho é apontada uma das questões de pesquisa que influencia a análise sobre a aprendizagem do conteúdo trabalhado em sala de aula, relacionando-se indiretamente com a questão da religiosidade, que é foco do presente estudo (elaborado pelo primeiro autor, 2022).

Assim, contabilizamos as 291 respostas com os diversos nomes de cientistas e procedemos com uma listagem simples, elaborando histogramas com o programa IBM SPSS *Statistics*. O histograma inicial apresentado na Fig. 3 mostra os nomes de trinta e cinco cientistas recordados pelos alunos da escola E1 e a quantidade de vezes que o nome foi citado. A quantidade de alunos que não se recordava de nenhum cientista foi colocada ao final da listagem no gráfico.

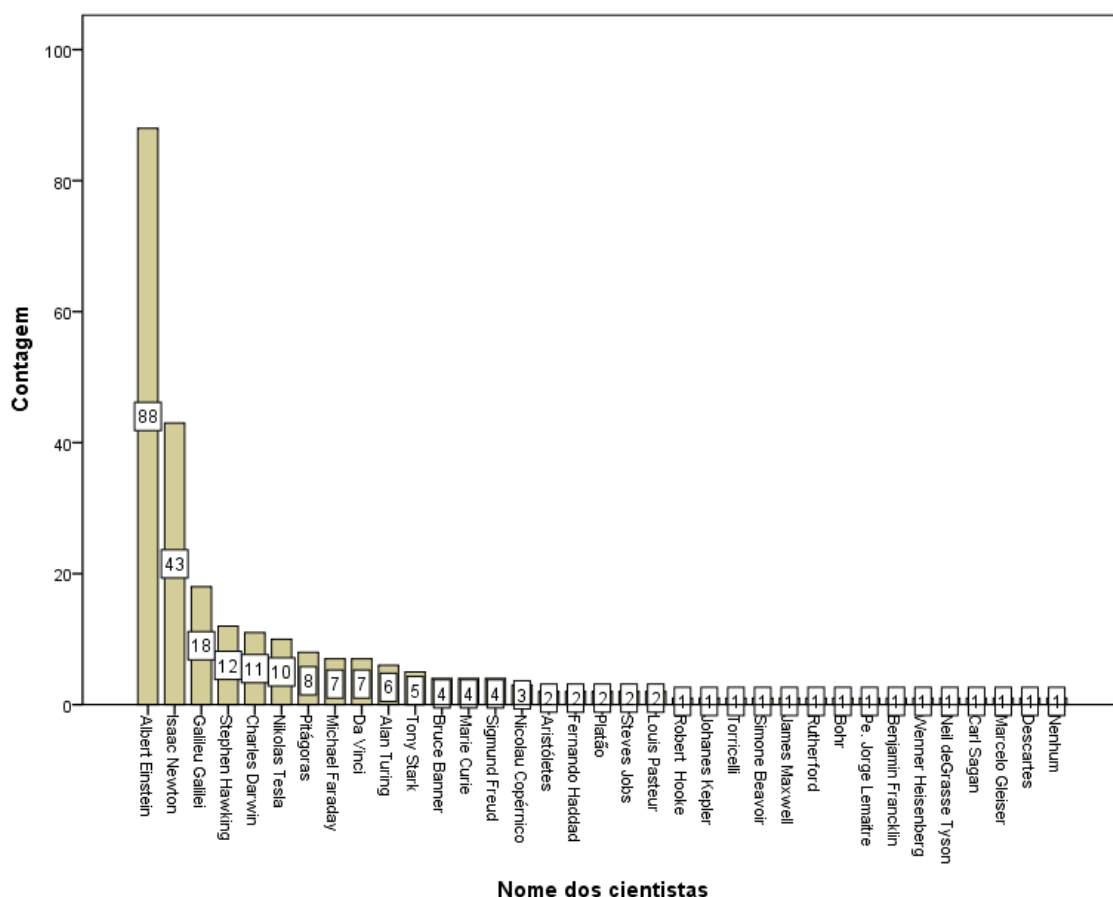


Fig. 3 – Distribuição de frequência dos cientistas mencionados pelos alunos em E1.

Note-se a grande manifestação de Einstein, como era esperado e já é indicado na literatura (GURGEL; PIETROCOLA; WATANABE, 2014), o que pode estar indicando que, quando se pretende utilizar um viés histórico associado à Física Quântica, estudar em maior detalhe a vida e a contribuição científica de Einstein é uma proposta razoável e que pode ser proveitosa, pois se estará abordando uma figura conhecida dos educandos. O nome de Einstein aparece como mais lembrado (oitenta e oito menções), seguido do de Newton (citado quarenta e três vezes), Galileu Galilei (dezoito vezes) e Stephen Hawking (doze vezes).

Observamos também a presença de duas cientistas, Marie Curie, lembrada quatro vezes e Simone Beauvoir, lembrada uma vez. Houve lembranças de nomes da ficção, como Tony Stark, lembrado por cinco alunos, e Bruce Banner, lembrado por quatro alunos. Estes nomes indicam que esses personagens e histórias estão no cotidiano dos alunos, pelo menos em termos de produções cinematográficas muito visualizadas, de modo que estes nomes podem ser proveitosamente explorados por professores de Física. Um nome também inesperado foi o de Fernando Haddad, mencionado duas vezes, dado que o questionário foi aplicado em época de eleições, em novembro de 2018. Comparando estes resultados com o das outras escolas, construímos uma tabela que engloba as respostas mais comuns dos alunos das três escolas, conforme apresentado na Tabela 1. Não apresentamos os histogramas das

demais escolas, semelhantes à Fig. 3, pois o padrão foi essencialmente o mesmo e para não tornar o texto do artigo ainda maior, contudo, os demais histogramas podem ser visualizados na seção de dados e análises na dissertação de mestrado do primeiro autor (HOERNIG, 2020).

Tabela 1: Listagem dos sete nomes de cientistas mais mencionados pelos alunos de cada escola.

	E1	E2	E3
Albert Einstein	88 (33,5%)	66 (33,3%)	67 (31,6%)
Isaac Newton	43 (16,3%)	30 (15,2%)	59 (27,8%)
Stephen Hawking	12 (5,6%)	22 (11,1%)	15 (7,1%)
Charles Darwin	11 (4,2%)	18 (9,1%)	8 (3,8%)
Galileu Galilei	18 (6,8%)	4 (2,0%)	7 (3,3%)
Nikola Tesla	10 (3,8%)	4 (2,0%)	4 (1,9%)
Pitágoras	8 (3,0%)	2 (1,0%)	6 (2,8%)

Para a seguinte questão, dada a influência do filósofo William James (2017) sobre a percepção de Religião, com o esforço de aproximação entre Religião e vida cotidiana conduzindo ao conceito de religiosidade, procuramos mapear a concepção dos alunos sobre Ciência e religiosidade tomando como base o que os alunos acreditam sobre a religiosidade dos cientistas que haviam mencionado na questão precedente. Os alunos que não lembraram nenhum nome responderam que não sabiam ou deixaram esta questão em branco. Aqui também os 291 alunos respondentes foram separados em três grupos conforme sua vinculação às três escolas, contudo, agrupados em um mesmo histograma, também elaborado com o uso do programa IBM SPSS *Statistics*.

A maioria das respostas foram classificadas por nós como sendo abertas, contendo termos como “acho”, “acredito” e “penso”. Não tendem a ser respostas problemáticas, pois não classificam todos os cientistas dentro de uma mesma categoria, como ateus, ou religiosos. Nove respostas, sendo três de cada colégio, foram selecionadas para ilustrar esse grupo de respostas classificadas como abertas. Os alunos 1 a 100 são da escola E1; os alunos 101 a 194, da escola E2⁶, escola pública estadual do município de Gravataí, onde seria aplicado o

⁶ Vale destacar que nessa escola, no dia de aplicação, tivemos um questionamento de uma aluna que, não conseguindo lembrar do nome de nenhum cientista, perguntou ao pesquisador qual era o nome do cientista que criou as três leis de Newton.

MD futuramente; e alunos 195 a 291, da escola E3. Frases típicas para análise são as que seguem:

Aluno 01: Acredito que inicialmente talvez todos tivessem Religião, com o tempo, com a ciência, desacreditavam na fé.

Aluno 69: A maioria deles acredito que não, pois os homens da ciência são em geral ateus.

Aluno 84: Acredito que alguns tinham sim alguma crença, mas a maioria dava razão a ciência, no caso eram ateus.

Aluno 106: Acredito que sim, pois apenas trabalhavam com fatos científicos e não com relatos contados.

Aluno 151: Acho que eram na maioria ateus.

Aluno 164: Olha, pelo que eu estudei, não falava sobre isso então eu acho que não.

Aluno 197: Acredito que professavam uma fé, pela época, católica.

Aluno 201: Penso que, no momento em que eles viviam/época, a Religião era muito importante, então possivelmente, em algum momento eles tiveram alguma crença, mas como cientistas, colocaram suas crenças de lado.

Aluno 276: Acredito que sim, mas eles não queriam que os outros soubessem.

Estes são alguns exemplos que consideramos emblemáticos do conjunto das respostas que foram classificadas na categoria “respostas abertas”, pois são respostas que não são enfáticas, o que é evidenciado por termos como “eu acho”, “penso” e “acredito”. A categoria “respostas abertas” agrupa a maioria dos alunos, 204 de 291. Contudo, entre estes 204, notamos que as respostas variam entre uma gama diversificada, desde aqueles que acreditam que os cientistas possuem algum grau de religiosidade, até aqueles que acreditam que os cientistas não possuem nenhuma crença, ou que são todos ateus. Sendo assim, notamos como pertinente a divisão desta categoria em duas, a categoria “respostas abertas positivas” e “respostas abertas negativas”, que englobam, respectivamente, alunos que acreditam que os cientistas possam ter religiosidade, e aqueles que acreditam que os cientistas são ateus. Ainda assim, nem todas as respostas que contêm as palavras-chave “acho”, “acredito” e “penso” classificam as respostas como necessariamente pertencentes a estas duas categorias. Uma análise cuidadosa, linha a linha, deve ser empregada para revelar achados mais acurados. Respostas como:

Aluno 20: Acho que não, nada a ver com Religião.

Aluno 177: Acredito que eram ateus, pois a física vai contra a Religião.

Aluno 187: Acredito que eram ateus, porque estudar ciência não envolve Deus.

São do tipo que contém os itens chave destacados, mas que mostram que o aluno percebe a Ciência e a Religião como antagônicas, em conflito, com uma aproximação com a tese de conflito (BAGDONAS; SILVA, 2015; STEWARTA; MCCONNEL; DICKERSON, 2016). Assim, estas respostas foram organizadas em outra categoria, denominada de “certeza da não religiosidade”. Nessa categoria, foram agrupadas respostas que carregam um viés que defende que os cientistas não podem ter um conjunto de crenças, ou que cientistas são necessariamente ateus. As repostas apresentadas a seguir são exemplos típicos desta categoria, com o Aluno 134, por exemplo, que relaciona Religião com mitologia grega, não associando outras formas de Religião.

Aluno 16: Não. Todos acreditavam na ciência.

Aluno 40: Todos ateus porque a ciência em geral prova os “milagres” de Deus.

Aluno 134: Obviamente ateus, pois os gregos divinos não têm explicação científica.

Aluno 185: Acreditavam em suas teorias e eram ateus.

Aluno 269: Ateus, pois a ciência contraria as crenças religiosas.

Aluno 279: Eles acreditavam mais na ciência do que na Religião.

Esta categoria é entendida como a que necessitaria uma atenção especial em uma intervenção didática, uma vez que a associação entre Ciência e ateísmo é tida, na literatura, como prejudicial, pois pode minar a confiança da sociedade na Ciência e nos cientistas (SIMPSON; RIOS, 2019; HARARI, 2016). Nessa categoria também se mostrou comum a ideia de que cientistas acreditam na teoria do *Big Bang* e por esta razão não podem acreditar em uma divindade (ou em Deus), o que, juntamente com a teoria da Evolução, se mostra comumente como assunto no qual os estudantes percebem um maior conflito entre Ciência e Religião (BILLINGSLEY; ABEDIN; NASSAJI, 2019). Ilustramos esta situação com as respostas dos alunos 143 e 272:

Aluno 143: Acredito que seja [se referindo ao cientista que lembrou, Stephen Hawking] ateu, pois acreditava e reforçava a ideia do Big Bang.

Aluno 272: Ateus porque a maioria dos cientistas acreditam na teoria do Big Bang.

Isto mostra que alguns alunos percebem uma incomensurabilidade ou incompatibilidade inexistente, neste caso específico dado a origem da teoria do *Big Bang* que teria sido proposta originalmente por um padre católico. Não obstante, outro erro histórico é a ideia bastante comum de que Einstein e até mesmo Newton eram ateus, como relatam os alunos 111, 139, 217, 246 e 271, selecionados como exemplos de respostas, que neste caso se repetem algumas vezes nos questionários.

Aluno 111: Albert Einstein ateu.

Aluno 139: [Newton] um ateu.

Aluno 217: Newton ateu.

Aluno 246: Acredito que [Einstein] fosse ateu.

Aluno 271: Eles [Newton e Einstein] eram ateus.

Isto é um ponto interessante para se discutir em sala de aula, em nosso entendimento, dada a discussão sobre a religiosidade de Einstein em Jammer (2000), além de o nome de Einstein ser o mais citado entre os alunos investigados. Isto indica que uma discussão sobre esse cientista pode ser proveitosa e relevante para tornar os alunos mais reflexivos, de forma a enfatizar nossa abordagem sobre História e Epistemologia. Além dessas respostas englobadas nestas três categorias, também observamos algumas afirmações, em menor número, que apontam que os cientistas têm todos uma Religião ou conjunto de crenças, ou pelo menos que os cientistas mencionados seriam com certeza religiosos. Os alunos 67, 99, 282 e 288 são exemplos desta classe de respostas.

Aluno 67: Para mim eles tinham alguma Religião.

Aluno 99: Sim, acho que eram católicos.

Aluno 282: Newton era religioso.

Aluno 288: Tinham crenças religiosas.

Assim, dado que estes alunos mostram acreditar de maneira mais clara na religiosidade dos cientistas, agrupamos estas respostas em uma categoria semelhante a anterior, agora denominada “certeza da religiosidade”, na qual obtivemos vinte quatro respostas entre as três escolas que puderam ser assim classificadas. Desta maneira, a maior parte das respostas foram contempladas em alguma dessas quatro categorias, com exceção de um pequeno número de alunos que não soube responder à questão, ou deixaram a alternativa em branco. Estes foram agrupados na categoria “incerto (não sabe)”. As categorias são então representadas em um histograma, mostrado na Fig. 4, em que optamos pela divisão dos alunos em escolas, para melhor visualizar se haveria algum grupo que estaria em maior número em uma das categorias, de acordo com a escola a qual pertencesse.

Observa-se uma tendência na categoria resposta aberta positiva, sobretudo para alunos da escola E1. Entendemos que em geral os alunos desta escola apresentam uma visão mais adequada, segundo nossa interpretação, de que Ciência e Religião não são necessariamente conflitantes. A resposta aberta negativa também se encaminha para esta conclusão, embora de forma não tão direta e com uma pequena tendência à visão de conflito. Com isso, entendemos que uma intervenção didática que abordasse a relação entre Ciência e Religiosidade, se fosse conduzida nessa escola, E1, poderia ser muito breve dada à boa percepção dos alunos sobre o tema. Contudo, conduzimos a atividade didática no colégio E2 no ano seguinte, 2019, onde as categorias resposta aberta positiva e negativa são exatamente iguais em quantidade de respondentes e a diferença para a categoria certeza da não

religiosidade não é tão acentuada como para os outros colégios. Assim, para os alunos do colégio E2, identificamos um maior número de ideias e percepções que expressavam conflito entre Ciência e Religião, de forma que julgamos ser necessário maior atenção ao tema nessa escola.

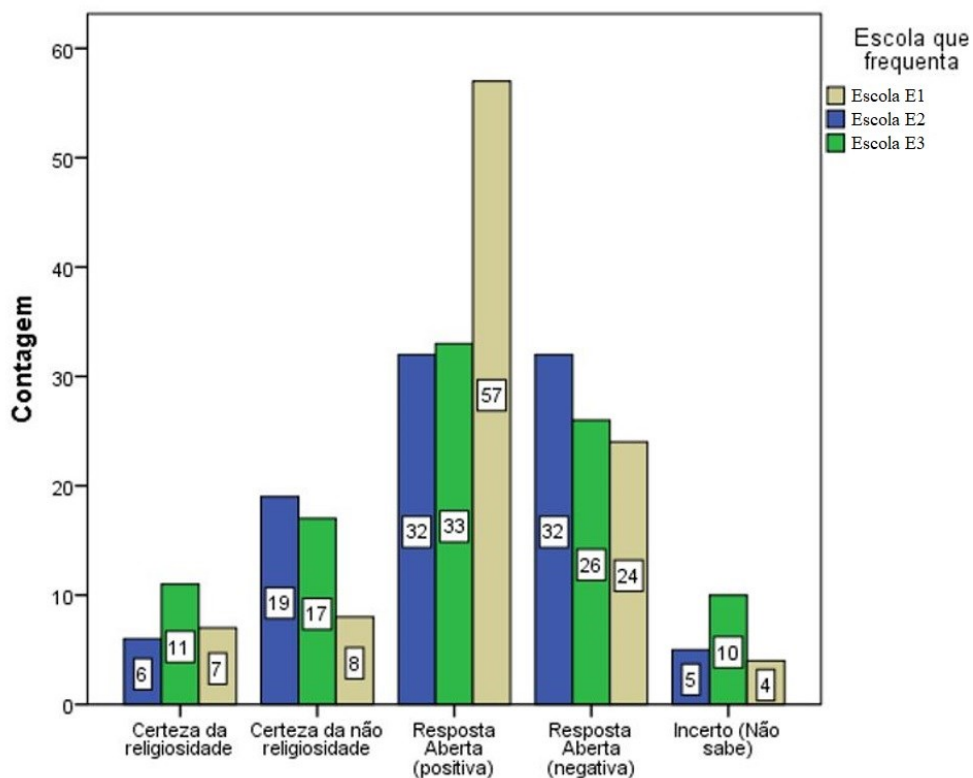


Fig. 4 – Distribuição das frequências de menção por escola em cada categoria na questão 3 do questionário preliminar.

Não obstante, dada a classificação identificada na literatura sobre as formas de relacionar Ciência e Religião (BAGDONAS; SILVA, 2015; STEWART; MCCONNELL; DICKERSON, 2016), podemos renomear nossas categorias iniciais (com base nas nomenclaturas estabelecidas por esses autores supracitados), na busca da definição de nossas categorias finais, como ilustrado no Quadro 4. Essa nova classificação nada mais é do que renomear as categorias iniciais com base em nossa revisão de literatura (HOERNIG, 2020). Isto não foi feito imediatamente, já no Estudo 1 por exemplo, porque almejávamos descobrir se o MD poderia revelar novas categorias, após análise linha por linha da teoria de Corbin e Strauss (2015) sobre as transcrições de áudios ou diário de bordo. Assim, como novas categorias não foram identificadas com base em análises das discussões em sala de aula, trabalhamos e nos aprofundamos com as categorias que já possuíamos.

Quadro 4: Categorias Iniciais e a nova classificação com base na literatura da área.

Categorias Iniciais	Novas Categorias
Certeza da religiosidade	Categoria de Acomodação (CA)
Certeza da não religiosidade	Categoria de Conflito (CC)
Resposta aberta positiva	Categoria de Diálogo (CD)
Resposta aberta negativa	Categoria de Domínios Separados (CDS)
Incerto	Categoria Incerto (CI)

Dessa forma, renomeamos as *categorias iniciais* construindo um conjunto de *Categorias* para o qual guiamos nossa análise acerca da religiosidade de acordo com nomenclaturas encontradas na literatura. A última categoria, *Categoria Incerto*, continua com a mesma denominação, dado que não há formas claras de categorizar a forma como esses alunos pensam. Em nosso MD, como já indicado, procuramos guiar a discussão em torno de uma defesa da *Tese do Diálogo* (BAGDONAS; SILVA, 2015) ou *Modelo de Compromisso* (STEWART; MCCONNEL; DICKERSON, 2016) através da defesa da ética da coexistência (CARVALHO, 2015). Almejamos identificar se, após a execução do MD, houve alguma modificação entre as categorias, com uma tendência esperada na direção da *Categoria de Diálogo*. Uma forma de trabalhar em defesa da ética de coexistência entre Ciência e Religião, como menciona Carvalho (2015), é através do que é indicado como trabalho de fronteira (SORREL; ECKLUND, 2018), em que se dá maior atenção para a apresentação do conteúdo físico, os tópicos de quântica em nossa situação, mas com comentários pontuais sobre os temas que se deseja abordar, como a religiosidade. Para isso conduzimos a já abordada atividade “Quem eu sou?”. A atividade, por si, não forneceu nenhum dado relevante para a pesquisa para ser aqui mencionado. Porém, com ela foi possível, de forma mais direta, mostrar como Religião e Ciência se relacionaram, ao menos para abordar as crenças dos cientistas mais importantes para a Quântica, mostrando como as crenças pessoais, portanto sua religiosidade (JAMES, 2017), não embaraçaram, isto é, não trouxeram consequências negativas nem precisaram ser deixadas de lado para que os físicos abordados pudessem realizar trabalhos de excelência. Essa foi a mensagem que queríamos trazer aos alunos. Após a execução desta atividade e demais aulas do MD, que se encerrou em outubro, aplicamos em novembro de 2019 um novo questionário com os alunos (Quadro 3). As questões relacionadas à escala *Likert*, com a distribuição das respostas, são apresentadas na Tabela 2, a seguir. Na Fig. 5 é apresentada, como exemplo, uma das perguntas do questionário sobre o tema da religiosidade e como é avaliada no *Google Forms*.

Tabela 2: Questões com escala *Likert* apresentadas no Questionário Final.

<i>Likert</i> Questã o	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	22	0	1	1	0	0	0	0	0	3
4	12	3	4	3	1	3	0	0	0	1
5	1	0	0	0	5	1	4	2	3	11
6	10	0	2	2	4	0	2	4	1	2
7	2	0	0	0	2	1	3	2	1	16
8	1	0	0	2	1	0	1	4	3	15
9	0	0	1	0	1	1	2	5	1	15
10	3	0	1	1	4	3	3	3	2	6

4. Religiosidade e Ciência são incompatíveis.

27 respostas

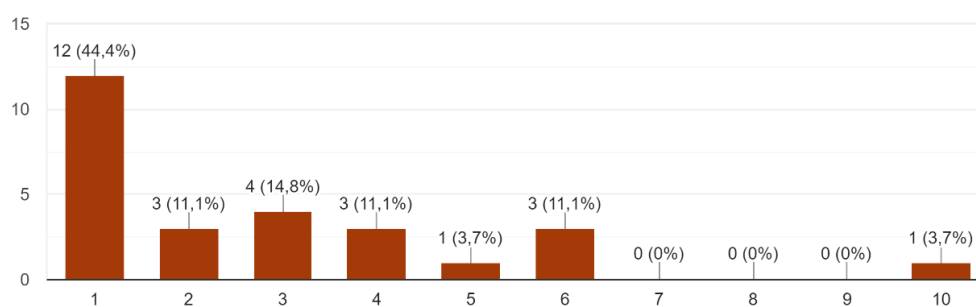


Fig. 5 – Quarta questão do questionário, sobre Religiosidade.

Com isso, em uma primeira análise, podemos observar com esses resultados que os alunos em geral se mostraram contrários à ideia de que Ciência e Religiosidade são incompatíveis, uma aproximação com a Categoria de Diálogo. Entretanto, ainda se nota alguns alunos que pareceram se mostrar contrários à ideia de conciliação entre Ciência e Religiosidade, se encaminhando para a Categoria de Conflito. De todas essas questões, pode-se observar que há sempre pelo menos uma resposta que coloca a Religião como sendo incompatível com a Ciência e que os cientistas não podem ter nenhuma religiosidade. Analisando individualmente as respostas a partir da plataforma *Google Forms*, foi possível identificar que estas respostas correspondiam a um mesmo aluno. Portanto, um aluno desse grupo pôde ser enquadrado na denominada *Categoria de Conflito*. Mesmo diante da preocupação que mantivemos em defender a ética da coexistência em nosso MD, não foi possível modificar a crença desse estudante, mostrando, uma vez mais, que crenças muito

enraizadas não são fáceis de remover e que sua modificação demandaria muito mais tempo do que o período do MD (que foi de pouco mais de um mês).

Contudo, houve uma tendência visível nas respostas à *Categoria de Diálogo* (em torno de 85% dos respondentes). Aqueles estudantes que marcaram mais de uma vez que concordavam na compatibilidade entre Ciência e Religiosidade, fortemente ou próximo, foram considerados como alunos que poderiam ser classificados na *Categoria de Diálogo*. Não identificamos com a aplicação do questionário final estudantes que compusessem a *Categoria de Acomodação* e, uma vez que o número de alunos que compunha a *categoria inicial* que agora corresponde a esta Categoria era baixo, este se mostra como um resultado esperado.

Para a *Categoria de Domínios Separados*, identificamos um estudante, que apresentou uma leve tendência para a incompatibilidade entre Ciência e Religião (uma vez que, por exemplo na Questão 3 assinala a opção 4 e na Questão 4 assinala a opção 6). Dois respondentes foram considerados na *Categoria Incerto*, uma vez que suas respostas não foram coerentes, marcando, ora que concordavam fortemente que Ciência e Religião são incompatíveis, ora que os cientistas podem ter religiosidade. Talvez estes estudantes não tenham entendido plenamente as questões (ou apenas tenham se atrapalhado ao marcar as opções), de forma que os classificamos nesta categoria. Do ponto de vista de aprendizagem, contudo, acreditamos que estes alunos, da categoria Incerto, tenham entendido o conteúdo, uma vez que para as demais questões do questionário que apresentavam episódios históricos da Física Quântica ou questões conceituais sobre os tópicos estudados, se saíram bem. Assim, do ponto de vista da História e da Epistemologia da Física, acreditamos que o aprendizado destes adquiriu significado. Em geral, esta inferência também é válida para os alunos das demais categorias.

Assim, chegamos a um ponto importante da discussão com base na Teoria Fundamentada, que nos serviu de referencial metodológico. Identificamos que estas categorias emergentes dos nossos dados guardam relação com a compatibilidade entre Ciência e Religião, de modo que as categorias por nós construídas podem ser reunidas em torno de uma *categoria mais geral*, que permitirá fazer uma codificação axial. Como essas categorias (Quadro 4) se referem à percepção dos estudantes sobre a relação Ciência e Religiosidade, definimos que as cinco categorias se relacionam a uma categoria mais ampla que denominamos *Ciência e Religiosidade*, que pode variar entre “compatível” (quando a Categoria do Diálogo se situa perto deste extremo) e “incompatível” (quando a Categoria do Conflito está mais próxima deste extremo).

Observamos também que tais categorias podem guardar importante relação com a História e a Epistemologia da Ciência, uma vez que os diversos autores estudados (HOERNIG, 2020) indicam que as crenças que estão na base das categorias levantadas podem variar entre “acuradas” e “não acuradas”, do ponto de vista histórico e da compreensão da natureza da Ciência. A Tese do Conflito, defendida por cientistas de renome, como Dawkins e

Carl Sagan (SORREL; ECKLUND, 2018; JOHNSON; ECKLUND; MATTHEWS, 2018; BAGDONAS; SILVA, 2015; CARVALHO, 2015) é indicada como não sendo a mais adequada e correta do ponto de vista histórico e epistemológico, sobretudo do ponto de vista histórico, dado o profundo sentimento religioso em diferentes graus (JAMES, 2017) que é inferido a partir das falas e atitudes de diversos cientistas ao longo do desenvolvimento da ciência, sobretudo, para nosso estudo, de Planck e de Einstein, a partir das obras destacas no Quadro 2.

Como sublinham Corbin e Strauss (2015), durante a etapa de codificação axial, pode ser relevante a construção de diagramas, não para concluir uma análise, mas para auxiliá-la, permitindo uma visualização de categorias e possíveis relações entre elas. Assim, dado a identificação de cinco categorias principais, *Categoria de Diálogo (CD)*, *Categoria de Domínios Separados (CDS)*, *Categoria de Conflito (CC)*, *Categoria de Acomodação (CA)* e, por fim, *Categoria Incerta (CI)*, e, uma vez estabelecida a possível relação destas com duas *categorias mais abrangentes*, que chamamos de categoria *Ciência e Religiosidade* e categoria *História e Epistemologia*, construímos um diagrama, apresentado na Figura 7, para relacionar as distintas categorias, como tentativa inicial de construir uma teoria explicativa do fenômeno estudado, fundamentada em nossos dados. Na Fig. 6, as *Categorias Axiais* nominam os dois eixos dispostos em um plano cartesiano e as cinco *Categorias* são representadas por barras desenhadas com linhas vermelhas, nas quais aparecem os respectivos códigos nas extremidades.

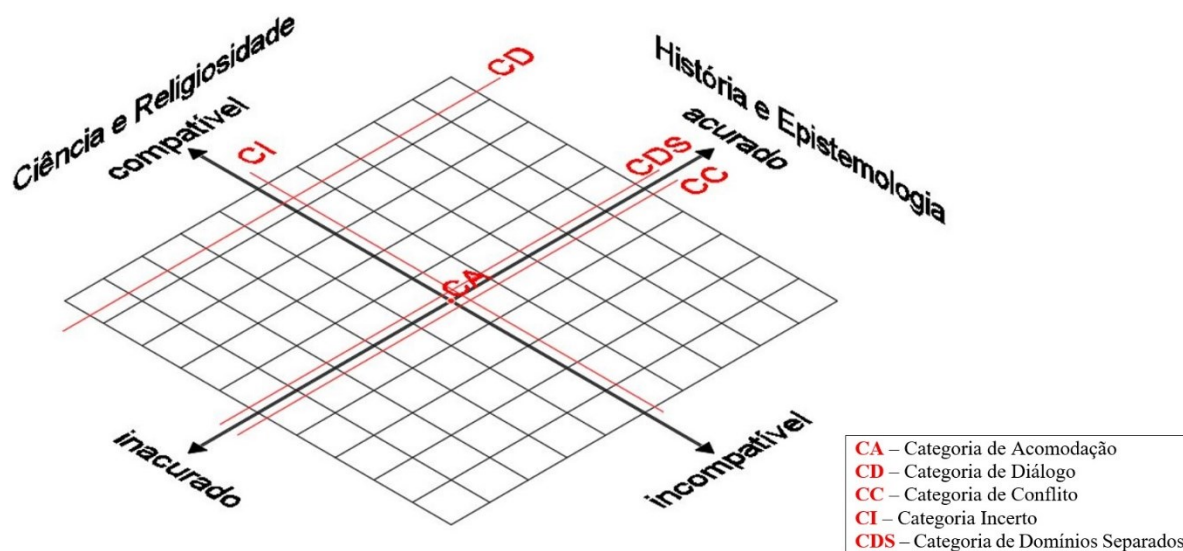


Fig. 6 – Diagrama da relação bidimensional entre as categorias *Ciência e Religiosidade* com *História e Epistemologia* e as cinco categorias construídas.

A literatura sobre teoria fundamentada indica que as categorias podem ser construídas como linhas paralelas a um dos eixos da categoria principal/axial, para diagramas em duas dimensões. Observa-se em primeiro lugar, a Categoria de Acomodação (CA), apesar de estar sempre presente em nossos estudos iniciais, após a aplicação do MD nenhum estudante foi identificado nesta categoria, de forma que a representamos como um ponto, ao centro do diagrama, para evidenciar que ela existe (ou existia na categorização inicial), contudo não foi identificada nessa etapa da pesquisa. Cada pequeno quadrado que pode ser visto neste plano, indica uma quantidade de estudantes com base na quantidade de sujeitos de pesquisa que compõem as categorias. Dado que, dos 34 alunos da turma, tivemos vinte e sete respondentes no questionário final, representamos cada quadrado correspondendo a cinco sujeitos.

A Categoria CD, Categoria de Diálogo, apresentou o maior número de alunos, um total de vinte e três respondentes. Dado que esta categoria agrupa alunos que mostraram entender que a Ciência e Religião não são necessariamente incompatíveis, localizamos a categoria como constante do ponto de vista da *Ciência e Religião* (todos os alunos em maior ou menor grau indicam compartilhar do pensamento de compatibilidade entre Ciência e Religião, por isso constante em relação a esse eixo e em direção à compatibilidade), e representamos esta categoria no diagrama como uma reta perpendicular à categoria axial *Ciência e Religiosidade*, numa região de *compatibilidade*, colocando-a no quinto bloco afastado da origem. Isto se deve a que a categoria agrupa vinte e três estudantes (cada bloco correspondendo à cinco, como dito). Apesar de defendermos que esta categoria apresenta uma tendência a ser mais acurada do ponto de vista da História e da Epistemologia, isto ainda não ficou evidente nesse primeiro diagrama, o que ocorreu no segundo diagrama, apresentado na sequência (Fig. 7).

A Categoria CC, *Categoria de Conflito*, corresponde os alunos quem tendem a ver a Ciência e a Religião com alto grau de “incompatibilidade”. Mesmo com as discussões incitadas no MD, ainda observamos um aluno(a) que poderia ser classificado nesta categoria, pois nas respostas do questionário, foi aquele que sempre se mostrou oposto à ideia de compatibilidade entre Ciência e Religião. Por ser uma categoria com apenas um sujeito, deve ficar no primeiro bloco a partir da origem, tendendo à “incompatibilidade”.

Outra categoria que também se aproxima da incompatibilidade, mas de forma mais suave, é a categoria CDS, *Categoria de Domínios Separados*. Identificamos nessa categoria, novamente um aluno, de forma que no diagrama esta categoria ainda deve estar no primeiro bloco a partir da origem, mas colocada no sentido da “compatibilidade”, por CDS ser mais amena que CC.

Por fim, temos a categoria CI, *Categoria Incerto*, que corresponde a dois alunos que, ou respondiam nas questões valores mais centrais, sem se comprometer nos aspectos sobre religiosidade, ou que marcaram alternativas que se contradiziam, como já destacado. Como é difícil afirmar no que estes alunos acreditam, de fato, sobre a compatibilidade entre Ciência e

Religião, optamos por traçar esta categoria como paralela à categoria principal Ciência e Religiosidade. Contudo, nas demais questões estes alunos aparentaram ter um bom entendimento dos aspectos históricos e, em menor medida, epistemológicos que abordamos ao longo do MD, então traçamos esta categoria como tendendo ao lado acurado do ponto de vista histórico e epistemológico em nosso diagrama, ainda no primeiro bloco, por ser uma categoria com menos de cinco alunos.

Em continuação, analisamos ainda se existe alguma relação entre estas categorias e a Representação Social (RS) observada para o grupo por intermédio da TALP, como descrito na metodologia. Para tal, fizemos uma análise individual das respostas dos estudantes. Obtivemos que treze dos vinte e três alunos da categoria CD contribuíram fortemente para que a RS do grupo se mostrasse como mais próxima do universo reificado imaginado por nós, como tendo havido algum grau de aprendizagem de conceitos da Física Quântica, uma vez que nesta categoria se encontram os alunos que responderam termos mais próprios do universo reificado (termos como Difração, Interferência, Efeito Fotoelétrico, entre outros). Esse padrão não foi observado para os alunos das demais categorias, que não responderam termos corretos ou ligados aos assuntos estudados em aula. Assim, se acrescentarmos em nosso diagrama uma terceira categoria axial, que chamamos de *Representação Social*, a qual pode variar de uma RS que “se aproxima” ou do *universo reificado* ou do *universo consensual*, acreditamos ser possível melhorar a construção do nosso diagrama, como mostrado na Fig. 7.

Nota-se neste diagrama, com o acréscimo de uma categoria axial referente à RS, cujo eixo varia de “reificado” a “consensual”, ou seja, a RS pode se aproximar do universo reificado (aprendizagem desejável) ou do universo consensual (sujeito permanece com suas crenças iniciais sobre o conteúdo bem enraizadas), indicando que pode ter ocorrido uma modificação relevante para a Categoria de Diálogo, CD. Como destacamos, observamos que treze dos vinte e três sujeitos que compõem esta categoria, além de mostrarem nas alternativas escolhidas uma compatibilidade na percepção entre Ciência e Religiosidade, mostraram também serem os mais relevantes para a aproximação da RS do grupo do que entendemos como *RS reificada*, uma vez que, entre estes treze alunos, foi observado que eram evocados três ou mais termos, sendo estes termos do universo reificado.

Um exemplo típico que ilustra esta situação é referente ao vigésimo segundo (22º) estudante que, ao responder o questionário marcou na questão 3 a alternativa 1, na questão 5 a alternativa 10 e na questão 4 (Fig. 5) a alternativa 3, portanto sendo claramente pertencente à categoria CD. Além disso, este estudante evocou os seguintes termos: Max Planck, nanômetro, dualidade, Fóton, Elétron, Pequeno, Efeito Fotoelétrico, corpo negro, Einstein, Interferência e Difração. Outros doze alunos também apresentaram este padrão, de forma menos acentuada (sobretudo com menos termos evocados). Assim, em nosso diagrama da Figura 8, apresentamos os dois últimos blocos desta categoria e uma pequena parcela do

segundo bloco (representando os treze alunos), com uma pequena elevação no eixo de Representação Social, no sentido de uma aproximação com o universo reificado.

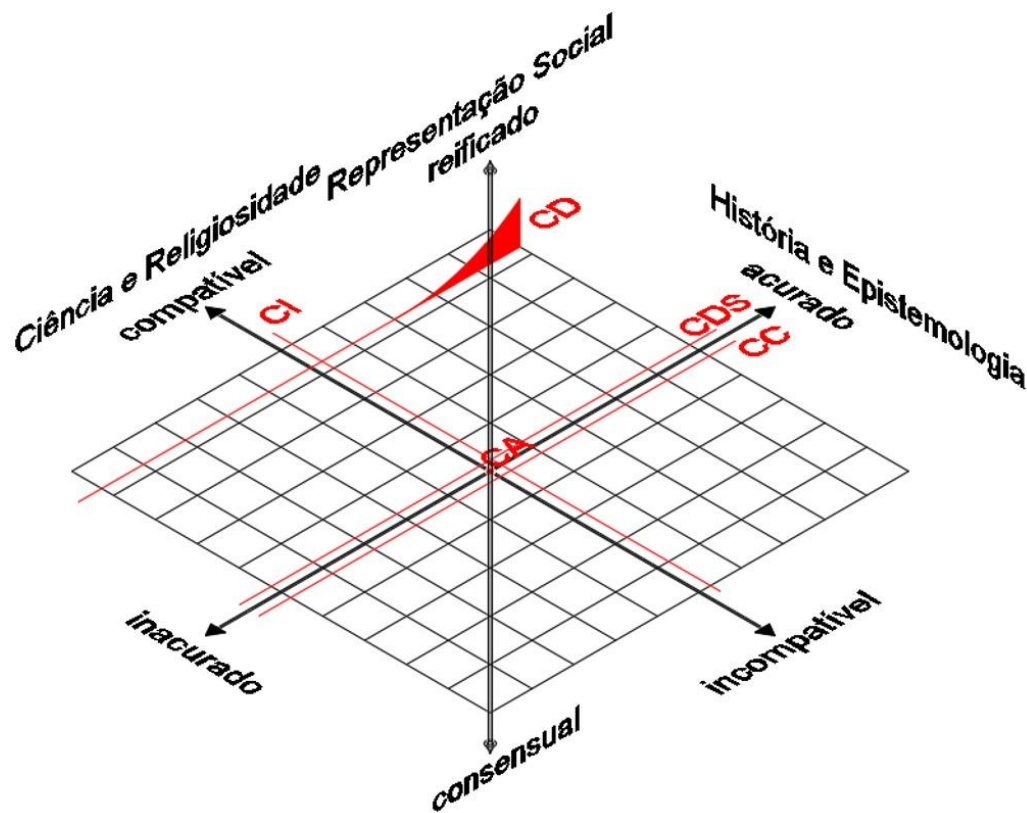


Fig. 7 – Diagrama final da relação entre as categorias Ciência e Religiosidade e História e Epistemologia com uma possível terceira dimensão da relação com a Representação Social do grupo.

Destacamos que esta elevação é feita próxima do sentido de *História e Epistemologia* mais “acurada” para elucidar que a *Tese do Diálogo* é tida como a mais adequada do ponto de vista da Epistemologia. Assim, em nosso estudo, após a execução do MD, foi possível observar um aumento da categoria denominada *Categoria de Diálogo*, com os alunos agrupados nesta categoria sendo os mais participativos no estabelecimento de uma RS que se aproxima do universo reificado. De qualquer forma, nosso objetivo de propiciar um ensino de Física com viés histórico e epistemológico que promovesse uma RS alinhada à Ciência, sob a óptica da Física Quântica, isto é, com o saber científico, foi alcançada em boa medida, mesmo que observemos que alguns alunos ainda se mantiveram nas demais categorias, como a Categoria de Conflito.

Adotar nas aulas discussões de cunho epistemológico e histórico, discutindo a religiosidade na perspectiva do Diálogo foi uma tarefa viável e, em certa medida, bem-sucedida, uma vez que um bom aprendizado dos alunos foi identificado, como pode ser melhor observado nos resultados detalhados na dissertação do autor (HOERNIG, 2020). Não

obstante, foi possível inferir que a RS do grupo mostrou uma evolução minimamente satisfatória, mais próxima do universo reificado do que a RS inicial, de forma que uma melhora foi alcançada⁷.

IV. Conclusão

Apresentamos com este estudo possibilidades acerca de uma forma de discutir História e Epistemologia da Ciência (HEC) no Ensino de Física: abordando de forma secundária a religiosidade dos cientistas, em que o objetivo principal se mantém ainda como a apresentação do conteúdo físico, em nosso estudo, um importante tema de Física Moderna e Contemporânea (FMC): a Física Quântica (FQ). A abordagem baseada em desenvolvimento matemático é essencial e importante para alunos de graduação ou para aqueles que estão se preparando para adentrar em um curso da área de ciências exatas na universidade, mas essa não é a realidade da maioria dos alunos da escola básica, sobretudo em escolas da rede pública, como foi em nosso caso no colégio em que foi conduzido o Módulo Didático (MD), de forma que defendemos que uma perspectiva conceitual, histórica e epistemológica pode ser adequada para a introdução do tema no Ensino Médio. Trabalhamos desta forma e abordamos um tema relevante para a sociedade: a Religião e sua relação com a Ciência, explorando a religiosidade dos cientistas no que é chamado trabalho de fronteira entre Ciência e Religião. Muitos alunos nunca terão outro lugar para este tipo de discussão, se não na escola, que deve não apenas preparar o aluno para o mercado de trabalho, mas formar um cidadão integral, que viverá em uma sociedade complexa.

Assim, em nosso estudo, após a execução do Módulo Didático (MD), foi possível observar um aumento da presença de sujeitos na categoria denominada *Categoria de Diálogo* (CD), que no Estudo 1 já era presente e se intensificou após a execução do MD, com os alunos agrupados nesta categoria sendo os mais relevantes e participativos no estabelecimento de uma Representação Social (RS) que se aproxima do universo reificado. De qualquer forma, nosso objetivo de propiciar um ensino de Física com viés histórico e epistemológico que promova uma RS alinhada a uma temática da FMC, sob a óptica da FQ, isto é, alinhada com o saber científico, foi alcançada em boa medida, mesmo que observemos que alguns alunos ainda se mantiveram nas demais categorias, como a Categoria de Conflito (CC), por exemplo.

Destacamos, por fim, que a tendência observada nesta investigação não pode ser generalizada para outros grupos. É possível que a adoção de uma postura de defesa de outras perspectivas na relação entre Ciência e Religião em uma intervenção didática que trabalha Física Quântica no Ensino Médio, levasse a uma valorização das outras categorias, sem, contudo, deixar de ensinar adequadamente os tópicos de Física Quântica, de forma que se

⁷ Enfatizamos que uma discussão com maior detalhamento, tanto sobre o tema da religiosidade, como da Representação Social e a teoria que a abrange (a saber, a Teoria das Representações Sociais de Serge Moscovici), pode ser encontrada na dissertação de mestrado do primeiro autor (HOERNIG, 2020).

tenha termos evocados adequados e que aproximem a RS de um universo reificado. Para o grupo de estudantes com os quais trabalhamos no Estudo 2, observamos que a forte presença da CD foi acompanhada de uma melhor RS de FQ, no sentido de estar mais próxima do universo reificado, indicando que as características do MD e a defesa explícita assumida pelo pesquisador da Tese do Diálogo na relação Ciência e Religiosidade pode contribuir para uma flexibilização do pensamento e uma possível aproximação dos estudantes da FMC, abordando de forma satisfatória a HEC.

Referências bibliográficas

BAGDONAS, A.; SILVA, C. C. Enhancing Teachers' Awareness About Relations Between Science and Religion: The Debate Between Steady State and Big Bang Theories. **Science & Education**, v. 24, p. 1173-1199, 2015.

BARBOUR, I. **Religion in an age of science**: The Gifford Lectures 1989-1991. San Francisco: Harper Collins, v. 1, 1990. Disponível em: <<https://www.openhorizons.org/four-ways-of-relating-religion-and-science-8203conflict-independence-dialogue-and-integration.html>>. Acesso em: fev. 2022.

BILLINGSLEY, B.; ABEDIN, M.; NASSAJI, M. Primary school students' perspectives on questions that bridge science and religion: Findings from a survey study in England. **British Educational Research Journal**, v. 46, n. 1, p. 177-204, 2019.

BILLINGSLEY, B.; NASSAJI, M. Exploring Secondary School Students' Stances on the Predictive and Explanatory Power of Science. **Science & Education**, v. 28, p. 87-107, 2019.

BOARO, D. A.; MASSONI, N. T. O uso de elementos da História e Filosofia da Ciência (HFC) em aulas de Física em uma disciplina de Estágio Supervisionado: alguns resultados de pesquisa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 3, p. 110-144, 2018.

CARVALHO, R. Science initial teacher education and superdiversity: educating science teachers for a multi-religious and globalised science classroom. **Cultural Studies of Science Education**, v. 11, p. 253-272, 2016.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. Percepção Pública da C&T no Brasil – 2019. **Resumo Executivo**. Brasília, DF: 2019. 24p.

CORBIN, J.; STRAUSS, A. **Basics of Qualitative Research**: Technics and Procedures for Developing Grounded Theory. 4. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2015.

ESPINOZA, B. **Ética**. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2017.

FEYERABEND, P. K. **Contra o Método**. 2. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2011.

FEYNMAN, R. P.; ROBBINS, J. **The Pleasure of Finding Things Out: The Best Short Works of Richard P. Feynman**. Cambridge, Mass.: Perseus Books, 1999.

FRANCIS, L. J.; ASTLEY, J.; MCKENNA, U. Science disproves the biblical account of creation: exploring the predictors of perceived conflict between science and religion among 13- to 15-year-old students in the UK, **British Journal of Religious Education**, v. 41, n. 2, p. 188-201, 2019.

GURGEL I.; PIETROCOLA, M.; WATANABE, G. The role of cultural identity as a learning factor in physics: a discussion through the role of science in Brazil. **Cultural Studies of Science Education**, v. 11, p. 349-370, 2014.

HARARI, Y. N. **Homo Deus: uma breve história do amanhã**. 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

HEISENBERG, W. **A parte e o todo: encontros e conversas sobre física, filosofia, religião e política**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

HOERNIG, A. F.; MASSONI, N. T.; HADJIMICHEF, D. Física Quântica na Escola Básica: investigações para a promoção de uma aprendizagem conceitual, histórica e epistemológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20210044-1-e.20210044-18, 2021.

HOERNIG, A. F. **Física Quântica e História e Filosofia da Ciência: Conceitos, Vida, Crenças e Religiosidade como Motivadores na Aprendizagem de Física**. 2020. 300f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre.

ISAACSON, W. **Einstein: sua vida, seu universo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

JAMES, W. **As Variedades da Experiência Religiosa: um estudo sobre a natureza humana**. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 2017.

JAMMER, M. **Einstein e a Religião**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2000.

JOHNSON, D. R.; ECKLUND, E. H.; MATTHEWS, K. R.W. Responding to Richard: Celebrity and (mis)representation of science. **Public Understanding of Science**, v. 25, n. 5, p. 535-549, 2018.

KAUL, C. R.; HARDIN, K. A.; BEAUJEAN, A. A. Predicting Faculty Integration of Faith and Learning, **Christian Higher Education**, v.16, n. 3, p.172-187, 2017.

LAKATOS, I. History of science and its rational reconstructions. In: HACKING, I. (Org.) **Scientific revolutions**. Hong-Kong: Oxford University, 1983.

LAUDAN, L. **O Progresso e seus Problemas**: rumo a uma teoria do crescimento científico. São Paulo: Editora Unesp, 2011.

LO MONACO, G.; PIERMATTÉO, A.; RATEAU, P.; TAVANI, J. L. Methods for Studying the Structure of Social Representations: A Critical Review and Agenda for Future Research. **Journal for the Theory of Social Behavior**, v. 47, p. 306-331, 2017.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M.A. **Pesquisa Qualitativa em educação em ciências: projetos, entrevistas, questionários, teoria fundamentada, redação científica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

MONTAÑEZ, A. View of Evolution Shaped by Knowledge. **Scientific American**, v. 24, 2018. Disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/people-who-understand-evolution-are-more-likely-to-accept-it1/>>. Acesso em: fev. 2022.

MOSCOVICI, S. **Representações Sociais**: investigações em Psicologia Social. Petrópolis: Vozes, 2015.

PLANCK, M. **Autobiografía Científica e Outros Ensaio**s. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. **Science Education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

SCHEITL, C. P.; JOHNSON, D. R.; ECKLUND, E. H.; Scientists and religious leaders compete for cultural authority of science. **Public Understanding of Science**, v. 27, n. 1, p. 59-75, 2018.

SIMPSON, A.; RIOS, K. Is science for atheists? Perceived threat to religious cultural authority explains U.S. Christians' distrust in secularized science. **Public Understanding of Science**, v. 28, n. 7, p. 740-758, 2019.

STAKE, R. E. **Investigación con estudio de casos**. Madrid: Morata, 1998.

STEWART, C. O.; MCCONNELL, J. R.; DICKERSON, D. L. Socioscientific and epistemic dimensions of support for science: associations with science education and religiosity. **International Journal of Science Education, Part B**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2016.

SORRELL, K.; ECKLUND, E. H. How UK Scientists Legitimize Religion and Science Through Boundary Work. **Sociology of Religion: A Quarterly Review**, v. 80, n. 3, p. 350-371, 2018.

TOULMIN, S. **Human Understanding: The Collective Use and Evolution of Concepts**. Oxford: Oxford University Press, 1977.

Anexo A

QUEM EU SOU?

1. Nasci em 1918 na cidade de Nova Iorque. Minha mãe era empregada doméstica e meu pai era um gerente de vendas. Meu pai sempre me encorajou a fazer perguntas para desafiar o pensamento ortodoxo. Isso foi importante para eu me tornar um grande cientista.
2. Fui o cientista mais novo a trabalhar no projeto Manhattan, em Los Alamos. O projeto foi liderado pelo físico Openheimer e o resultado foi a criação das primeiras bombas atômicas, que foram lançadas no Japão. Ganhei o prêmio Nobel em Física alguns anos depois do projeto Manhattan.
3. Apreendi português para minha visita ao Brasil. No Brasil fui professor por alguns meses no Rio de Janeiro. Me apaixonei pelo samba e pelo povo brasileiro.
4. Eu sempre fui um ateu declarado, porém eu não acredito que a ciência possa refutar a existência de Deus. Na verdade, acho que isso é impossível. E já que é impossível, a crença em alguma divindade é algo totalmente consistente. Não há nada de errado em querer acreditar nisso, mas com certeza é errado pensar num Deus comum da religião.
5. Algumas pessoas me conhecem por uma frase que disse: "Se você acha que entendeu a física quântica, é porque você não entendeu".
6. Eu trabalhei no CALTECH, instituto científico onde se passa a série de televisão "The Big Bang Theory".

Fig. 8 – Uma das fichas entregue aos alunos na atividade “Quem eu sou?” (HOERNIG, 2020).



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).