



PERSPECTIVAS
REVISTA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

VOL. 8, Nº 1, 2023, P. 105-140
ISSN: 2448-2390

Possíveis contribuições da filosofia dos aspectos modais de Herman Dooyeweerd para a crítica do reducionismo da química à física

Possible contribution's philosophy of modal aspects of Herman Dooyeweerd's to the critique of reductionism from chemistry to physics

DOI: 10.20873/rpv8n1-62

David Monteiro de Souza Junior

Orcid: 0000-0003-1219-7130
Email: davd.prof.quimica@gmail.com

Wellington Pereira de Queiros

Orcid: 0000-0002-9734-7136
Email: wellington_fis@yahoo.com.br

Resumo

A Química é uma disciplina autônoma e distinta da Física, porém, do ponto de vista metafísico e ontológico suas entidades, teorias e leis podem ser distinguíveis? Metodologicamente, a Física pode ser usada para compreender a Química? E do ponto de vista epistemológico, as explicações em Química são redutivas à Física? O ponto central é saber se a Química é redutível “em princípio” à Física. Sobre essas questões, muito tem se escrito, porém, gostaríamos de refletir sobre elas, a partir da perspectiva da filosofia dos aspectos modais de Herman Dooyeweerd, a fim de verificar se sua visão filosófica-ontológica pode oferecer uma contribuição na discussão, minimamente satisfatória, ao problema do reducionismo da Química à Física.

Palavras-chave

Química, Física, Redução, Irredutibilidade, Herman Dooyeweerd.

Abstract

Chemistry is an autonomous and distinct discipline from Physics, however, from the metaphysical and ontological point of view, can its entities, theories and laws be distinguished? Methodologically, can Physics be used to understand Chemistry? And from an epistemological point of view, are the orientations in Chemistry reductive to Physics? The central point is whether Chemistry is reducible “in principle” to Physics. Much has been written about these issues, however, I would like to reflect on them, from the perspective of the philosophy of the modal aspects of Herman Dooyeweerd, in order to verify if his philosophical-ontological view can offer a contribution to the discussion, minimally satisfactory, to the problem of reductionism from Chemistry to Physics.

Keywords

Chemistry; Physics; Reduction; Irreducibility; Herman Dooyeweerd.

1. A Emergência da Ciência Química e da Filosofia da Química

A Química é um campo de conhecimento de caráter tecnocientífico, em que existe a sobreposição entre construção de conhecimento científico teórico e o desenvolvimento de técnicas e tecnologias operacionais; enfim Ciência e tecnologia encontram lugar comum na Química. (VINCENT; MOCELLIN, 2021, p. 363-371). A história da Química é particularmente fascinante, já que as raízes do seu desenvolvimento intelectual estendem-se desde o conhecimento técnico e prático de civilizações antigas, (egípcios e gregos), passando pelas formulações teóricas de alquimistas medievais (mulçumanos e europeus), construção tecno-instrumental e o acúmulo de informações, da antiga metalurgia e medicina, até o início da era científica no século XIX; e, também, pela revolução científica dos séculos XVII e XVIII, e seu posterior desenvolvimento nos séculos XX e XXI. A Química desenvolveu-se, simultaneamente, com o crescimento de uma cultura material, tecnológica que impactou tanto a agricultura, a metalurgia e medicina (IHDE, 1984, p. 1-31)

Filósofos da ciência e profissionais negligenciaram a Química, durante muitos anos. Schummer (2003), aponta duas razões para isso: a primeira é o interesse pela Física, que eclodiu, no início do século XX – Mecânica Quântica e Teoria Relativística; segunda é a visão reducionista, majoritariamente difundida entre os cientistas, que via a Química como uma subárea da Física. Entretanto, existiram químicos filósofos neste período, como: Michael Polanyi (1891 – 1976), com sua epistemologia da atividade laboratorial; Ilya Prigogine (1917 – 2003), prêmio Nobel, que se preocupou com as questões relacionadas à termodinâmica, caos e ordem dos processos químicos. E Gaston Bachelard (1884 – 1962), cujos interesses vão da história da ciência à construção de uma epistemologia do espírito científico (SCHUMMER, 2003. p. 37-41).

O trabalho experimental associado à reflexão teórica é, como argumenta Valero e Mori (2023, p. 5), uma especificidade da química. “Na química”, como argumentam, “o experimento químico, volta-se primordialmente para a síntese e a análise, e não ao escrutínio de teorias, como na física; além disso, ao isolar e identificar objetos, a química também produz novos objetos”. Desta maneira, o debate sobre a prática experimental contribui com as discussões sobre o reducionismo da Química à Física e a (im)possibilidade de a Química se reduzir à Física, apresentando-se como um campo específico desta, por meio da construção de suas metodologias específicas.

A falta de “grandes questões” em Química, seu caráter tecnológico, pragmatismo e desinteresse em questões metafísicas próprias dos químicos, aliado a uma visão reducionista da Química à Física, e, também, ao interesse pela Mecânica Quântica e Teoria Relativística, foram obstáculos legítimos para o desenvolvimento tardio de uma filosofia nesta área.

Nesse sentido, a indústria e os pesquisadores acadêmicos uniram-se no intuito de oferecer uma resposta para tratar da imagem negativa da Química frente ao público mais amplo e, então, na década de 1990, emerge a filosofia da química, uma ciência plenamente estabelecida, com projetos de pesquisa, metodologia própria e autonomia epistemológica (SCHUMMER, J., 2003. p. 37-41).

Existe na Química um elemento de centralidade entre as ciências, como a Biologia e a Física. Seu papel é explicar as propriedades das espécies materiais e explicitar a complexidade dos processos de interações físico-químicas entre seus componentes (HARDWICK, 1965, p. 8). Sabemos que átomos, moléculas, substâncias simples ou compostas e misturas formam toda a matéria que nos circunda e as reações químicas, ou seja, os processos de transformação da matéria, são responsáveis pela sustentação da vida em nível biótico e pela síntese de novos materiais. A existência e o conforto da vida moderna são dependentes tanto dos resultados das pesquisas em Química em instituições acadêmicas, quanto das inovações industriais. Ciência, economia e cultura possuem uma relação mais íntima, quando olhamos o mundo, a partir das lentes da Química contemporânea (BIRCH, 2018 p 5).

Outro aspecto importante em relação a Química é a manifestação do seu modo de construção de entendimento. Em linhas gerais, como argumenta Gilbert e Treagust (2009, p. 1-8), o conhecimento químico é construído por meio da relação entre seus três níveis de entendimento: macroscópico, submicroscópicos e simbólico-matemático. É na relação, como argumenta Johnstone (2010, p. 22-29) entre a composição dos constituintes internos da matéria com as propriedades físico-químicas percebidas a nível observável ou por meio de instrumentos de análise, que os químicos constroem a sua linguagem, seus modos de representação e quantificação das entidades químicas reais expressas simbolicamente.

É razoável pensar que, devido a intrínseca relação, anteriormente citada, é justo nos preocuparmos com a imagem pública da Química e seus reflexos na educação e mídia. E, em consequência disso, a relação da Química com outras ciências. Neste trabalho, iremos explorar as possíveis contribuições da filosofia dos aspectos modais do filósofo holandês, Herman Dooyeweerd, para a discussão do problema do reducionismo epistemológico da Física à Química.

2. Uma Breve Exposição da Filosofia dos Aspectos Modais de Herman Dooyeweerd

Herman Dooyeweerd nasceu em 7 de outubro de 1894, em Amsterdã. Filho do contador Hermen Dooijeweerd e da filha de missionários cristãos, Maria C. Spaling, teve cinco irmãs. Recebeu do pai, adepto do reformador Abraham Kuyper, a herança intelectual do neocalvinismo. Segundo Carvalho (2010): “O neocalvinismo foi um movimento protestante de reforma cultural e religiosa, na Holanda, que procurou interpretar a visão reformada calvinista do mundo e da vida em um contexto moderno e de reestruturação nacional, frente às pressões ideológicas da revolução francesa e do imperialismo bonapartista. Iniciado por Guillaume Groen Van Prinsterer (1801-1876), aristocrata e historiador, arquivista da casa de Orange-Nassau, o movimento chegou a dominar a vida cultural e política da Holanda, no final do século XIX e início do século XX, por meio de Abraham Kuyper, teólogo, jornalista, educador, político, e primeiro-ministro de 1901 a 1905”.

Kuyper foi um dos principais nome do neocalvinismo, bem como a inspiração de um grande movimento de renovação cultural holandesa, com desdobramentos na educação, na

academia, na política e na igreja. Dooyeweerd incorporou a herança que recebeu do pai e do movimento Kuiperiano e, tornou-se o protótipo do acadêmico neocalvinista (CARVALHO, 2010. p. 8).

Entre 1900 e 1912, Dooyeweerd estudou em escolas cristãs de Amsterdã, inspiradas pelo movimento Kuiperiano, e realizou seus estudos universitários (1912-1917) na Vrije Universiteit Amsterdam (Universidade Livre de Amsterdã), fundada por Abraham Kuiper, em 1880. Escolheu o direito, simplesmente, por ser uma carreira mais promissora, tornando-se jurista, e dedicou sua vida ao progresso do neocalvinismo no campo acadêmico.

Doutorou-se, em direito constitucional e trabalhou em instituições públicas até assumir, no final de 1921, a posição de diretor assistente da Fundação Dr. Abraham Kuiper, em Haia, onde permaneceu até 1926. Neste período, Dooyeweerd, desenvolve seus *insights* e lança as bases da sua teoria filosófica, que ele atribuiria o nome de filosofia reformacional.

Em 1926, Dooyeweerd deu início à sua longa e frutífera carreira acadêmica, tornando-se professor de Filosofia, História e Enciclopédia do Direito na Universidade Livre de Amsterdã (onde viria a se aposentar em 1965). Entre 1935-1936, lança a opus Magnum da filosofia reformacional, “De Wijsbegeerte der Wetsidee,” em português, a filosofia da ideia de lei ou Filosofia da Ideia Cosmonômica. Sua filosofia constrói-se com base no diálogo com diversas escolas e os mais diversos campos do conhecimento – da filosofia em geral e teologia, passando pelo direito, sociologia, história até chegar à filosofia da matemática, filosofia da ciência, física, biologia, psicologia, teoria da arte, história da religião, ética e linguagem.

Segundo Carvalho (2010), Dooyeweerd fundou um estilo de pensamento que influenciou uma gama de intelectuais na filosofia da ciência, filosofia da física e da biologia, bem como na sociologia da ciência, por meio dos seguintes nomes: Daniel F. M. Strauss, (filosofia da ciência e da sociologia); Jitse M. van der Meer (filosofia da ciência); Marinus Dirk Stafleu, (filosofia da física); J. Duyvené de Wit, (filosofia da biologia). Seu pensamento tem crescido também em meio a filosofia da tecnologia, com Egbert Schuurman e Riessen, na Holanda. Andrew Basden, (filosofia da tecnologia da informação) e Maarten J. Verkerk, Jan Hoogland, Jan voe der Stoep e Marc J. de Vries.

Faremos uma breve exposição da filosofia dos aspectos modais de Herman Dooyeweerd para fundamentar nossa discussão sobre o problema do reducionismo da química a física. E para isso, apresentaremos as ideias do filósofo, a partir de sua obra, *No Crepúsculo do Pensamento Ocidental: estudos sobre a pretensa autonomia do pensamento filosófico* (DOOYEWEERD, 2010, p. 301), e seu comentador L. Kalsbeek (2015) e de autores brasileiros que tem divulgado seu pensamento, como Carvalho (2010) bem como aplicado sua filosofia ao ensino de ciências, Santos e Cunha (2018, 2020).

Para Herman Dooyeweerd, o ser humano, de um ponto de vista epistemológico, experimenta a realidade em sua integralidade, o que chama de experiência ordinária (experiência pré-teórica), nela experimentamos a complexidade do real e a partir daí, origina-se o pensamento abstrato teórico, caracterizado por ser a raiz da atividade científica (experiência teórica). Em sua concepção, o pensamento teórico, seja ciência ou filosofia, possui tanto uma natureza, quanto uma estrutura interna.

A atitude teórica, que é o ato de compreender a realidade por meio das construções intelectuais, “apresenta uma estrutura antitética na qual o aspecto lógico de nosso pensamento opõe-se aos aspectos não lógicos de nossa experiência temporal”. A antítese entre a experiência pré-teórica e experiência teórica caracteriza a atitude epistêmica do ato de conhecer, em Dooyeweerd, e para compreender a relação antitética é necessário ter em mente que “nosso pensamento teórico é limitado pelo horizonte temporal da experiência humana e se move dentro deste horizonte (DOOYEWEERD, 2010 p. 54).

Carvalho (2010), comenta que, o projeto, de Dooyeweerd oferece-nos “uma análise da estrutura da experiência humana identificando os seus diversos aspectos ou modalidades”, em seguida, faz um “exame do próprio pensamento teórico em relação a essa estrutura. Nesse exame, ele demonstra primeiramente que o pensamento teórico reflete uma função ou aspecto particular da vida humana, o qual perde todo o sentido se deixa ser compreendido em seu contexto humano integral”, o ego (ou *self*) humano por meio de uma estrutura biopsíquica, capaz de transcender as experiências imediatas da realidade temporal no mundo.

A ontologia, para Dooyeweerd, possui duas dimensões, uma de significado, chamada de Lado Lei e a outra transcendental, chamada de Lado Sujeito. O Lado Lei possui os aspectos modais (modos de ser), distinguidos em níveis de realidade não hierárquicos, com sentidos próprios e irreduzíveis entre si reconhecidos na experiência teórica por um ato de abstração. O Lado Sujeito é dado pelo sujeito em sua idionomia (estrutura de individualidade), que constitui assim, um complexo subjetivo, descrevendo coisas ou eventos como eles se nos apresentam na experiência ordinária pré-teórica (SANTOS, 2020, p. 85). Dooyeweerd (2010, p. 54 – 55) faz uma análise da atitude teórica, a partir do modo como experimentamos a realidade em suas múltiplas formas no tempo.

Na ordem temporal, essa experiência apresenta grande diversidade de aspectos modais fundamentais, ou modalidades, os quais são, em primeiro lugar, aspectos do próprio tempo. Estes aspectos não se referem, como tais, a um concreto *que*, isto é, a coisas ou eventos concretos, mas apenas a um *como*, i. e., o modo particular e fundamental, ou a maneira pela qual os experimentamos. Portanto, falamos dos aspectos modais de uma experiência para sublinhar que eles são apenas modos fundamentais desta. Não poderiam ser identificados com os fenômenos concretos da realidade empírica, os quais funcionam, em princípio, em todos esses aspectos.

A realidade, na visão Dooyeweerdiana, é estratificada em níveis (aspectos modais) com sentido próprio (momento nuclear) e caráter irreduzível entre si, na experiência temporal. A irreduzibilidade, de um aspecto modal, expressa-se pela incapacidade de redução teórica, que significa, segundo Wolters (2010, p. 283), que o pensamento teórico, as construções intelectuais, devem respeitar “a singularidade das coisas que encontramos na criação”. Cada aspecto modal, cada entidade ou objeto no mundo criado, tem “sua natureza e caráter peculiar, como criatura de Deus, ela não pode ser compreendida em termos de categorias estranhas a si mesma”. Dooyeweerd, denominou de aspectos modais, os modos de experiência da realidade vivenciada de maneiras distintas pelo mesmo ser (ego ou self), em sua complexidade existencial (DOOYEWEERD, 2010, p. 55-56). Santos e Cunha (2018, p. 4570), argumenta que “No tempo, a realidade possui significados irreduzíveis em níveis de sentido que são os aspectos modais, ou modo de ser como as coisas no tempo podem se apresentar”.

A atitude reducionista do pensamento teórico é o ato de dar uma explicação teórica de algo em termos de uma segunda coisa. Como por exemplo, o ato de explicar a moralidade como

algo “*nada mais que*” psiquismo ou como “*meramente*” como resultado de fatores bioquímicos. Como argumenta Wolters (2010, p. 291), a constante “ênfase de Dooyeweerd na irreduzibilidade dos aspectos modais e seu uso do conceito Kuyperiano de soberania das esferas expressou sua incansável oposição ao reducionismo hoje dominante e constitui um apelo ao reconhecimento teórico da riqueza e diversidade da realidade criada”. A questão do reducionismo também está presente no modo como entendemos a relação entre Química e Física, enquanto ciências e a modo como experienciamos o aspecto modal Físico-Químico.

Todo *ser* (portador de significado), possui o que Dooyeweerd denomina de estrutura de individualidade, como aponta e exemplifica Santos e Cunha (2018), “cada ser possui sua estrutura de individualidade, que pode estar entrelaçada na função *encáptica* com outras estruturas de individualidade. Os tipos função são: tipo fundante irreversível (organismo com células, formando tecido, ou tecido formando órgãos), tipo simbiótico (organismos em mútua troca), tipo sujeito-objeto (uso de um ativo ao passivo, caranguejo e concha, ou um habitat) e tipo correlativo (complexo, como pensamento e linguagem)” (SANTOS, CUNHA, 2018, p. 4572). A função encáptica indica o entrelaçamento estrutural entre objetos, plantas, animais e estruturas sociais (WOLTERS, 2010, p. 273).

Como argumenta Santos (2020, p. 85-89), a experiência humana ordinária (ou senso comum) é uma percepção, análoga, ao “ser-no-mundo”, onde o ego intencional, (orientado culturalmente) está experimentando a realidade em todos os aspectos modais de forma sistemática, formando o pensamento ordinário (sintético) e inserido em uma estrutura de horizonte da experiência humana (história cultural individual). Santos e Cunha (2018) expõem da seguinte maneira o caráter concêntrico do eu (ego ou self), na totalidade de horizonte da nossa experiência temporal, “O ser humano interage com a realidade como portador de um ego que transcende a realidade temporal e sua experiência no mundo. Ele, a partir da sua estrutura biopsíquica, constrói, na função sujeito, o seu Horizonte da Experiência Humana com a sua Estrutura *a priori* do significado cósmico baseado no motivo-base adotado como *Arqué* pelo seu ego; a sua experiência perpassa uma variedade de estruturas modais e incide na dimensão plástica da experiência do indivíduo (flexível) de viver, formando a sua Estrutura de Perspectiva do

Horizonte da Experiência. Por isso, cada aspecto é experimentado de forma única e idiossincrática e, em vista disso, a estrutura *a priori* é denominada de idionomia” (SANTOS, CUNHA, 2018, p. 4572).

Epistemologicamente, o pensamento teórico (abstrato/científico) deriva da experiência ordinária (senso comum) sobre os aspectos modais da realidade. É em um meio de ação antitética analítica que a função lógica (ação da intuição teórica) se opõe a experiência não lógica, tornando uma síntese, um *insight* intuitivo (teórico), uma abstração da realidade (SANTOS, 2020, p. 85-89).

Considerando a diversidade dos aspectos no tempo, como argumenta o filósofo holandês, “toda essa diversidade de aspectos modais em nossa experiência tem significado apenas na ordem do tempo” (DOOYEWEERD, 2010, p. 55). A nossa experiência da realidade, em Dooyeweerd, refere-se a uma “unidade central supra temporal”, o ego humano. Assim, para Dooyeweerd (2010, p. 56):

A plenitude de sentido em nosso mundo experiencial, a qual é refretada na ordem do tempo em uma rica diversidade de *modi*, ou modalidades de sentido, exatamente como a luz do sol é refratada por um prisma em uma rica diversidade de cores.

Dooyeweerd propõe uma imagem como analogia para compreendermos sua ontologia e a nossa experiência com o real. Ao defender que a “realidade criada apresenta uma grande variedade de aspectos ou modos de ser na ordem temporal”. Esses aspectos são divididos em unidades básicas, espirituais e religiosas na criação, numa riqueza de cores, “do mesmo modo que a luz é refratada nos matizes do arco-íris quando passa por um prisma. Número, espaço, movimento, vida orgânica, sentimento emocional, distinção lógica, valor econômico, harmonia estética, lei, avaliação moral e certeza de fé compreendem os aspectos da realidade.” O autor, dos Países Baixos, defende que esses aspectos são o fundamento dos campos de investigação das diversas ciências especiais modernas, tal como a matemática, as ciências naturais (física e química), a biologia (como a ciência da vida orgânica), a psicologia, a lógica, a história, a linguística, a sociologia, a economia, a estética, a teoria do direito, a ética ou ciência moral e a teologia, que estuda a revelação divina na fé cristã. Cada ciência especial, conclui Dooyeweerd, “considera a

realidade em apenas um e seus aspectos” (DOOYEWEERD, 2015, p. 55 – 56). Abaixo apresentamos uma tabela com os aspectos modais classificados por Dooyeweerd.

Tabela 1: Relação dos aspectos modais da realidade com seu respectivo momento nuclear e sua ciência especial.

ASPECTO MODAL	MOMENTO NUCLEAR	CIÊNCIA ESPECIAL
Número	Quantidade discreta	Aritmética, estatística
Espacial	Extensão contínua	Geometria, trigonometria
Cinemático	Movimento	Cinemática, mecânica
Físico-Químico	Matéria e energia	Quântica, física, química
Biótico	Funções da vida	Biologia, fisiologia
Sensitivo-psíquico	Sensação e sentimentos	Psicologia, psiquiatria
Lógico-analítico	Distinção analítica	Lógica, análise
Histórico	Poder de formação cultural	História, tecnologia
Linguístico	Significação	Linguística, semiótica
Social	Intercurso social	Sociologia
Econômico	Alocação frugal	Economia, administração
Estético	Harmonia	Beleza, artes do belo
Jurídico	Retribuição, juízo	Ciências jurídicas, política
Ético	Amor/ caridade sacrificial	Ética, filosofia moral
Pístico/fé	Confiança/crença	Teologia, antropologia

Fonte: Extraído e adaptado de BASDEN, A. *Foundations and Practice of Research: Adventures with Dooyeweerd's Philosophy*. Routledge, 2019. p. 49.

Na ordem do tempo, a vida humana, sua existência e experiência apresentam uma grande diversidade de aspectos modais, que está relacionada à unidade do ego humano, que

por sua vez, ultrapassa toda a diversidade modal de nossa existência temporal. De acordo com Dooyeweerd (2010, p. 56):

Na ordem do tempo, a lei divina para a criação apresenta uma grande diversidade de modalidades, mas toda essa diversidade modal de leis está relacionada à unidade central da lei divina, ou seja, o mandamento de amar a Deus e ao próximo.

Segundo Dooyeweerd, a atitude teórica do pensamento, o processo de construção do conhecimento, caracterizam-se como um processo antético de oposição entre experiência ordinária do senso comum e os aspectos lógicos do raciocínio e intelecção. A relação entre os aspectos modais e as ciências especiais ocorre pela delimitação do objeto de estudo das ciências, a partir da estrutura e natureza dos aspectos modais, que possuem sua esfera de lei própria, que determina seu modo de ser e a maneira como experimentamos este aspecto no tempo. Assim, de acordo com Dooyeweerd (2010, p. 56):

Na atitude teórica do pensamento, opomos os aspectos lógico de nosso pensamento e experiência às modalidades não lógicas a fim de adquirir um insight analítico em relação a essas últimas. Esses aspectos não lógicos, entretanto, oferecem resistência às nossas tentativas de captá-los em conceitos lógicos, e essa resistência da origem aos problemas teóricos

Problemas filosóficos que se referem aos *modi* ou a modalidade são caracterizados por conhecer a natureza e a estrutura dos aspectos modais: Qual o sentido modal do número? O sentido do espaço? Da vida orgânica? Economia? Lei? E fé? Os modos fundamentais da experiência humana estão nos fundamentos da totalidade de nossa experiência concreta da diversidade nas coisas e nos eventos. Para Dooyeweerd, (2010, p. 57):

Em princípio, os diferentes aspectos modais delimitam também os pontos de vista especiais sob os quais os diferentes ramos da ciência empírica examinam o mundo empírico. Isso apenas reforça nossa visão concernente à diversidade modal de nosso horizonte experiencial e nossa visão do pensamento teórico em geral.

As ciências especiais não direcionam sua atenção sobre a natureza interna e a estrutura dos aspectos modais, mas se preocupam com os fenômenos variáveis que funcionam neles de uma maneira especial. A natureza interna e a estrutura dos aspectos modais particulares são

pressupostos necessários e anteriores na atitude teórica do pensamento científico. Ambas, natureza interna e sua estrutura, nos aspectos modais, são os fatores que delimitam o campo de pesquisa e sua metodologia de trabalho, ou seja, a filosofia e o pensamento teórico nos aspectos modais. Segundo Dooyeweerd (2010, p. 57), só a filosofia faz dos aspectos modais estudados pelas ciências naturais um problema filosófico de natureza ontológica:

É impossível conceber o sentido especial e a estrutura interna de um aspecto modal sem possuir um *insight* filosófico sobre a coerência temporal total de todos os aspectos modais em nosso horizonte de experiência temporal. Isso ocorre porque cada aspecto pode revelar seu sentido modal próprio somente nessa coerência total que se expressa no interior de sua própria estrutura interna.

Uma estrutura modal apresenta sua diversidade de componentes, ou momentos, apenas quando expõe ou revela o sentido modal do aspecto em questão, em sua coerência total. Todo aspecto modal possui um momento nucleal, que garante seu sentido especial e, portanto, sua irreduzibilidade. Entretanto, o momento nucleal de sentido expressa-se apenas em uma série de momentos analógicos, pois se referem ao núcleo de sentido de todos os outros aspectos da nossa experiência, que precedem ou sucedem, respectivamente, o aspecto na ordem temporal. Os momentos analógicos podem possuir uma direção particular entre momentos retrospectivos ou antecipatórios como exposto por Dooyeweerd (2010, p. 58, p. 59 - 60):

Observados em si mesmos, esses momentos analógicos são multívocos na medida em que ocorrem também nos outros aspectos da experiência, nos quais, entretanto, apresentam sentidos distintos. Seu sentido modal próprio é determinado apenas pelo núcleo modal do aspecto em cuja estrutura ele funciona. Entretanto, eles mantêm sua coerência com os aspectos aos quais se referem.

A estrutura modal reflete toda a sua coerência dos diferentes aspectos de nossa experiência em um sentido modal especial. E o mesmo vale para cada aspecto singular [...] esse fenômeno pode ser denominado como a universidade de cada aspecto da experiência em sua própria esfera modal.

A atitude epistêmica no âmbito do pensamento teórico resulta da experiência intencional do ego em relação à realidade, a partir da sua idionomia (estruturas de individualidade), experiência ordinária, em que todos os aspectos modais estão reunidos e dados. Essa experiência, como argumenta Santos e Cunha (2018), passa pelo processo *sistasis*, onde “experimenta com intuição na sua totalidade, semelhantemente ao que se entende na fenomenologia,

chamando-se de experiência *enstand*. Para o pensamento teórico (científico), foca-se ou se extrai parte da experiência ordinária num aspecto modal da realidade e, por meio da ação antitética analítica de opor a função lógica (por meio da intuição teórica) a experiência não lógica, tornando a experiência uma síntese, um *insight* intuitivo (teórico), uma abstração da realidade – esse processo é denominado *gegenstand*” (SANTOS, CUNHA, 2018, p. 4572 - 4573).

Nessa perspectiva, na atitude teórica do pensamento, no processo de abstração modal da realidade, a intuição pré-teórica é aprofundada em uma intuição teórica (*insight*). Dooyeweerd sustenta a existência de uma personalidade ativa, plena, manifesta na totalidade do ato de conhecer. Essa personalidade ativa nunca é neutra. O ego está ativo no ato de conhecer. Esse ego tem um vínculo com um *Arché*, ou motivos-base da construção filosófica absolutos, que Dooyeweerd chama de compromissos religiosos (fiduciário, crença ou segurança) e são os pressupostos sobre a realidade, que o ego (personalidade) aceita e vive sobre eles. Eles trazem certa disposição de pensamento que exerce sua influência sobre a atitude teórica de pensamento e é anterior ao pensamento teórico, constituindo assim sua cosmovisão. L. Kalsbeek (2015), argumenta que devesse, sobre este ponto, fazer uma distinção entre a atividade do cientista e a filosofia sobre a natureza das ciências naturais, que determinados cientistas aceitam: “Cientistas naturais procedem do que se pode verificado por toda pessoa: ‘uma experiência pública’ [...] As diferenças se tornam aparentes, no entanto, assim que os cientistas começam a filosofar sobre a natureza das ciências naturais” (KALSBECK, 2015, p.147).

As entidades materiais, a partir da discussão Dooyeweerdiana, funcionam dentro dos aspectos: aritméticos, espaciais ou cinemáticos (aspectos pré-físicos), porém, são sempre qualificados pelo aspecto físico-químico. Consideremos por um momento a multifacetada existência de um átomo, cujo número de partículas elementares dentro da estrutura interna caracteriza uma típica estrutura espacial e cinemática, isto é, a ordem de órbitas eletrônicas que configuram o átomo como um indivíduo físico-químico.

A configuração especial que se manifesta dentro do arranjo interno das partes de um átomo reflete a típica função dos átomos. Van Melsen destaca esses dois extremos: “Nas teorias modernas, as estruturas atômicas e moleculares são caracterizadas como associações de muitas

entidades em interação que perdem suas próprias identidades. O agregado resultante se origina das contribuições convergentes de todos os componentes. No entanto, ele forma uma nova entidade, que por sua vez controla o comportamento de seus componentes” (VAN MELSEN, 1975, 349).

Strauss (2010, p. 53-80), argumenta que quando “a esfera interna de operação de entidades entrelaçadas é mantida”, numa relação de *enkapsis* (encapsulamento), “um tipo de entidade é fundamental para outro tipo de entidade, a situação é capturada falando de uma relação fundamental *enkaptica* unilateral. No âmbito das entidades fisicamente qualificadas, encontramos diferentes genótipos. Átomos são, por exemplo, genótipos dentro do tipo radical (reino) de material das coisas, que dentro de diferentes ligações, que apresenta vários tipos de variabilidade. Quando um átomo se envolve em ligação química, uma totalidade encáptica característica emerge: (i) além da esfera interna de atuação de uma entidade existe (ii) uma esfera de operação encáptica externa, na qual a entidade *enkapticamente* ligada serve a totalidade encáptica abrangente (STRAUSS, 2010, p. 53).

A função encáptica externa dos átomos de oxigênio e hidrogênio na água indica o funcionamento dos átomos dentro da molécula como uma totalidade, via o papel intermediário da ligação química, que apresenta uma tripla distinção, já que devemos identificar a esfera de ação interna do átomo. Encontramos a ligação química que deixa o núcleo do átomo inalterado, porque afeta apenas as camadas externas de elétrons, de modo que não podem de forma alguma fazer parte da ligação química. Logo, encontramos o todo estrutural encáptico da molécula de água que abrange encápticamente os núcleos e ligações atômicas e atribui a cada um seu lugar típico dentro do todo encáptico.

A partir de Dooyeweerd, ao compreendermos a realidade como significado de aspectos modais irreduzíveis, passamos a perceber o valor da realidade ordinária (sintética) como fonte de experiência e reconhecemos que o pensamento teórico se fundamenta nas nossas experiências ordinárias da realidade, e por essa razão, não pode ser descartada. E entendemos como o ego (em sua idionomia) dá sentido ao mundo.

Um aposto que nos interessa da filosofia dos aspectos modais de Dooyeweerd, é que a partir de seu complexo aparato epistêmico, a atitude reducionista é um ato de pensamento questionável, como exemplifica Santos e Cunha (2018), “por exemplo, ao pensar sobre as plantas, fara *insight* no aspecto modal biótico da estrutura de individualidade vegetal. Fortalece o não reducionismo do pensamento teórico de um aspecto modal em outro, como não pensar a biologia em termos fisicalista, mas respeitando o que esse aspecto contribuiu com outros aspectos, como a estética e a cultura, ou mesmo o que não o reduz, se for o caso.” Vamos a seguir, fazer uma exposição do problema do reducionismo da química a física, para depois tratá-lo sob a análise categórica da filosofia dos aspectos modais Dooyeweerdianos.

3. O Problema do Reduccionismo da Química a Física

A visão reducionista (ou projeto reducionista) da Química a Física parte do pressuposto de que a Química é uma ciência exploratória, destituída de interesse filosófico próprio, e por esta razão, é ontologicamente dependente da Física. Entretanto, como argumenta Bejarano (2008), em *Reduccionismo e a Filosofia da Química*, a Física hoje possui três vertentes de estudos, com certa autonomia entre si: a Relatividade Especial, a Mecânica Quântica e Física Espaço-Temporal. Com base nisso, o autor argumenta que poderíamos perguntar “sob qual domínio da física a química estaria reduzida?” (BEJARANO, 2008, p. 2). Esse é o conhecido problema do reducionismo.

Existem duas escolas de abordagem ao projeto reducionista da Química a Física, em especial, a Mecânica Quântica. A primeira ataca o reducionismo onto-epistemológico, enquanto a segunda crítica o reducionismo metodológico. Existem várias formas de atitude reducionista que são abordadas neste debate, no decurso do texto, faremos breves inserções explicativas.

A ideia de que as leis físicas são capazes de explicar sistemas químicos e suas partes, e que uma propriedade química confere poderes causais genuínos, tem relação com as propriedades sob o governo de Leis Físicas (HENDRY, 2012. p. 367-386). A estreita interação histórica entre as duas disciplinas começou no século XIX, onde métodos físicos de investigação, como a espectroscopia, foram aceitos com métodos analíticos em química. A relação foi cimentada pelo

aparecimento de modelos de átomos, com precisão pela Física, no início do século XX, e sua consequente explicação por meio da mecânica quântica (IHDE, 1924, p. 563-570).

Schummer, (2006, p. 19-39), em um de seus textos introdutórios à filosofia da química, apresenta a questão do reducionismo da Química a Física como uma questão relevante. Ele apresenta três pontos sobre os quais a questão do reducionismo ainda não está fechada: o primeiro é que o limite das abordagens da mecânica quântica à química define áreas independentes para a filosofia da química. Argumenta que a abordagem via mecânica quântica não apresenta uma explicação satisfatória para a configuração eletrônica exata dos átomos. Isto implicaria que a redução da periodicidade química a mecânica quântica também é posta em xeque, extrapolando, assim, o problema do reducionismo à questão da estrutura molecular. Em consequência, o segundo ponto deriva do primeiro, se não é possível reduzir a química à mecânica quântica em termos de explicação. Logo, o micro-reducionismo da química em nível metafísico, epistemológico ou metodológico é também questionável (Voltaremos a esta questão mais a diante).

Por fim, no decurso histórico, o reducionismo perdeu sua credibilidade na tentativa de garantir a unidade das ciências. Surgiram novas relações entre as ciências autônomas, semelhanças estruturais e interdisciplinaridade e algumas questões se colocam quando discutimos a interface entre a química e física. A Química, do ponto de vista prático e histórico é uma disciplina distinta e autônoma da Física, porém do ponto de vista metafísico e ontológico, suas entidades, teorias e leis podem ser distinguíveis? Metodologicamente, a física pode ser usada para compreender a química? E do ponto de vista epistemológico as explicações em química são redutivas a física? O ponto central é saber se a química é redutível “em princípio” à física.

O reducionismo da Química à Física é um tema fundante na filosofia da química e tem sido interesse de filósofos como Scerri, Schummer, Lombardi, Labarca e Laszlo. Desde o avivamento da nova disciplina entre o final de 1970 e a sua emergência completa no começo da década de 1990, diversos trabalhos sobre a interface da química com a física foram publicados, principalmente, no que diz respeito a redução da Química à Mecânica Quântica e seu contorno em termos de compreensões epistemológicas e ontológicas (BEJARANO, et al., 2012, p. 9).

Como argumenta Lombardi e Labarca (2005, p. 125-148), as distinções ajudam a demarcar o debate com relação a redução, da emergência ou da superveniência entre as ciências, em especial entre a Química e Física. A tendência majoritária entre os filósofos da química é argumentar em defesa da autonomia ontológica da Química e a sua irreduzibilidade a Física, em particular, à Mecânica Quântica. Como argumenta Ribeiro (2017) a visão reducionista sobre a relação entre Química e Física, que é amplamente difundida entre químicos e físicos, é uma herança da visão de Paul Dirac, (RIBEIRO, 2017, p. 26-29 *apud* DIRAC, 1929, p. 714-733).

as leis básicas necessárias para a teoria matemática de uma grande parte da física e de toda a química são, portanto, completamente conhecidos, e a dificuldade é apenas que as aplicações exatas dessas leis levam a equações que são demasiadamente complicadas para ser solúvel.

Comenta Ribeiro (2017, p. 26-19) que quando Paul Dirac observa que sua fórmula explicava a maior parte da Física e de toda a Química, é claro que ele estava exagerando. Em princípio, um físico teórico que utiliza QED [*Quantum electrodynamics* (QED) ou Eletrodinâmica quântica (EDQ)], que é a [teoria quântica de campos](#) do [eletromagnetismo](#) – grifo nosso], pode calcular o comportamento de qualquer sistema químico, cuja estrutura interna pormenorizada dos núcleos atômicos não seja importante. Além disso, pode apresentar ao debate uma aproximação entre a Química e a Física, como níveis independentes de realidade estratificada, o que é “melhor compreendida pela ontologia de níveis onde os conceitos de níveis, emergência e contextos passam a ter centralidade. É neste ponto que a filosofia da química encontra a filosofia do emergentismo, que é, amplamente, citada na construção de seus princípios e argumentos. Broad (1925, p. 5-6) coloca que:

não há necessidade de haver qualquer componente particular que está presente em todas as coisas que se comportam de uma determinada maneira. O comportamento característico do conjunto não pode, mesmo, em teoria, ser deduzida a partir do conhecimento mais completo do comportamento dos seus componentes tomados separadamente ou em outras combinações, e de suas proporções e disposições deste conjunto.

Segundo o argumento de Broad, apresentado por Ribeiro, a Química enquanto ciência, parece apresentar um comportamento emergente na sua construção, histórica ou fenomenológica. Em outro artigo, Ribeiro (2016), apresenta a visão de Van Brakel (1999), para a razão da

negligência filosófica da química pela filosofia da ciência, que é a predominante percepção fisicista do século XX, a falta de uma teoria científica de relevo (como a gravitação ou a evolução na biologia) na Química e ausência de uma pergunta filosófica fundadora.

Nesse sentido, a visão de Schummer apresenta a história disciplinar da filosofia e sua relação com a matemática e o legado kantiano, que se inspirou na mecânica como modelo de ciência e que continua a ser referência tanto da filosofia, enquanto disciplina, como da filosofia da ciência (SCHUMMER, 2006, p. 1-22). Posteriormente, argumenta Ribeiro, com a profissionalização da filosofia da ciência, iniciada na década de 1930, sob influência da física teórica (particularmente das questões da mecânica quântica e da relatividade), a filosofia da física veio a ser o modelo da própria filosofia da ciência, relegando às outras ciências à categoria de Ciências Especiais.

Segundo Bejarano (2008) existem duas posições na filosofia da química com relação ao programa reducionista. A posição defendida por Van Brakel que não há necessidade de falar de Mecânica Quântica, já que o relevante para a Química é o que os químicos fazem - a singularidade do seu trabalho prático. E a posição de Scerri, com ponto de partida diametralmente oposto, indo aos meandros da própria quântica para verificar suas fragilidades e as rachaduras no programa reducionista. Esses são dois caminhos possíveis, um que parte da atividade e prática do químico e outro em nível explicativo e epistemológico.

A Química do século XXI é a Química da síntese de novos materiais, a explicação dada ,para as reações químicas, pelo programa reducionista da Química a Mecânica Quântica, como Bejarano (2012) expõe, “de maneira geral, os reducionistas argumentam que uma reação Química, por exemplo, pode ser entendida como a interação de um número imenso de moléculas de diferentes tipos, e que o comportamento observável dessa reação é a soma dos comportamentos de cada molécula e de suas interações microscópicas. Essa redução da Química macroscópica à Química molecular e atômica pode ser levada adiante, segundo os reducionistas, considerando que o comportamento dos átomos é descrito de maneira bastante precisa por meio da física quântica. Nesse sentido, uma reação química ‘nada mais é’ que um grande e complexo

sistema de átomos interagindo segundo as leis da física quântica. Este seria um exemplo de ‘redução ontológica’” (BEJARANO, 2012, p. 393-395).

A Mecânica Quântica enfatiza o comportamento individual dos átomos, enquanto a química opera sob o modo como eles se comportam, quando estão organizados e relacionados uns aos outros, na constituição molecular e na emergência das propriedades dos aglomerados moleculares. O arranjo dos átomos nas moléculas influencia suas propriedades, como no caso dos isômeros; isto comprova, então, que aspectos dinâmicos e complexos do sistema molecular, em reações químicas, não podem ser explicados olhando-se para cada átomo isoladamente (MAINZER, 1997 p. 29-49).

Eric R. Scerri (2007), crítico do projeto reducionista, em seu artigo “The Ambiguity of Reduction”, aponta as ambiguidades na atitude reducionista da Química à Mecânica Quântica e expõe vários aspectos multifacetados do que geralmente se supõe. E defende que a Química pode ou não se apresentar redutiva a Mecânica Quântica, já que a mesma apresenta questões conceituais ambíguas.

Bejarano (2008, p. 6-7), a partir da argumentação de Scerri, explica que a ambiguidade deriva dos avanços da Química computacional e das sobreposições entre modelagem em química teórica e as práticas laboratoriais de operações experimentais, “é inegável o grande crescimento do método quantitativo dentro das várias áreas da Química. O uso de programas de computador como ferramenta faz parte do dia a dia dos químicos orgânicos experimentais, por exemplo, para fazerem simulações mesmo que não tenham o domínio completo do conhecimento da Mecânica Quântica ou da química teórica.” (BEJARANO, 2008, p. 6-8).

Uma atitude anti-reducionista é característica em filósofos químicos, que junto a rejeição ao projeto reducionista também rejeitam o Positivismo Lógico de uma filosofia da ciência tradicionalista. Continua Bejarano (2008), “O argumento da ambiguidade é a tensão entre o fato de que o reducionismo estaria tradicionalmente ligado ao Positivismo Lógico, mas que ao mesmo tempo esta filosofia tendia a não atribuir realidade para entidades não-observáveis, como átomos. Há que se considerar também técnicas iniciadas com Einstein e Perrin, no início do século XX, e que tiveram prosseguimento com outras técnicas, que permitiam que os átomos

fossem ‘vistos’.” [...] “Hoje os reducionistas são plenamente crentes na Teoria Atômica e utilizam então os argumentos que eram negados pelos velhos reducionistas. Mais do que isso, são entusiastas do sucesso da Teoria Atômica, ou seja, da explicação do mundo macro a partir do componente micro” (BEJARANO, 2008, p. 7).

Três outros filósofos, além de Eric Scerri, apresentam-se de modo mais radical, contra o projeto reducionista: Schummer, Psarros e Van Brakel. A tônica desses autores, como apresenta Bejarano (2008) não está na relação entre a Mecânica Quântica e os conceitos de ligação química ou no funcionamento da tabela periódica em Química, mas na ênfase dada a atividade dos químicos, apresentando a Química como a “ciência das substâncias”. Deste modo, explicações redutivas falham ao não conseguir descrever as substâncias de maneira que interessem aos químicos e aos filósofos. Bejarano (2008), apresenta a seguinte citação de Van Brakel e destaca que Scerri a considera fundamental na defesa da irreduzibilidade da Química à Física, ou a Mecânica Quântica. De acordo com Van Brakel (2000, p. 132):

Com respeito à Química a questão que pode ser levantada: onde está havendo o ataque? Nas evidências ou na imagem científica? Muitos filósofos e químicos responderiam sem pestanejar: na imagem científica. O argumento desse texto é trazer, dúvidas para essa auto-evidência. Ele argumenta que primariamente a Química é a ciência da substância manifestas, embora a discussão “micro”, ou “sub-micro”, seja importante cientificamente, útil e que traz informações relevantes, nada muda o que é a matéria, ou seja, propriedades das substâncias manifestas. Essas substâncias manifestas, suas propriedades e usos não podem ser reduzidas para moléculas ou soluções da equação de Schrödinger. Se a equação de Schrödinger estiver errada isso não muda nada o conhecimento o nível micro do conhecimento químicos das moléculas. Se a Química molecular estiver errada isso não desqualifica o conhecimento de dizer que a o valor da viscosidade da H₂O num nível macro, nem a pré ou proto-científica nível manifesto (por exemplo, gelo é água congelada).

Dando continuidade ao debate, Eric Scerri, como argumenta Bejarano (2008), discute o programa reducionista sob outra ótica, a partir dos aspectos teóricos da Mecânica Quântica. Por exemplo, no sistema periódico, a redução da lei periódica, não é completa, já que os elementos químicos não podem ser descritos pela mecânica quântica. Scerri não é anti-reducionista, antes busca entender o programa de redução, pois ele percebe a ambiguidade tanto no programa quanto na própria Mecânica Quântica. A proximidade entre a Química e a Mecânica Quântica, no contexto da redução, é entendida em termos naturalísticos, mais do que de modo axiomático,

vendo a redução epistemológica da Química, como uma relação entre propriedades químicas e as equações da mecânica quântica e não como a construção de uma lógica formal entre teorias axiomatizadas da Química e Mecânica Quântica. Isso, porque, segundo Scerri, as teorias químicas não se prestam a axiomatização.

O sucesso do programa de redução, porém, seria tributário do próprio desenvolvimento das ciências exatas. O reducionismo explicativo é uma atitude desde Galileo, Newton, Dalton, Maxwell, Boltzmann e outros, uma vez que se usa a análise matemática da natureza em termos do componente microscópico fundamental e estabelece condições ideais de contorno, o que dá certo, em termos puramente práticos, porque explica os fenômenos que estão ocorrendo e faz previsões de eventos futuros. Entretanto, o quanto essa atitude ajuda a se aproximar dos problemas de maneira correta?

Um aliado do programa reducionista é o uso os programas de computadores na realização de cálculos e aproximações. Com o uso da mecânica quântica e dos supercomputadores, os químicos podem gerar uma montanha de dados, como valores quantitativos para ângulos de ligação, força de ligação ou momentos dipolo, embora os cálculos não substituam o jargão usado pelos químicos no seu dia a dia, os conceitos comuns: estruturas de Lewis, teoria da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência, dentre outros.

O problema do reducionismo da Química à Física é ainda uma questão aberta ao debate acadêmico, pois como vimos a relação entre Química e Física apresenta ambiguidades. Existe uma tendência entre os químicos a aderirem ao programa reducionista de maneira irrefletida e sem o necessário domínio dos conceitos da Mecânica Quântica.

Mas será a Química uma ciência autônoma em relação a Física? Para Bejarano (2012), um dos pontos nevrálgicos é a questão, “o reducionismo ontológico põe em xeque a *autonomia* da ciência química frente a outras ciências da natureza, especialmente frente à mecânica quântica?” Em outras palavras, “os objetos da química são antes objetos da mecânica quântica?” O reducionismo ontológico significa dizer que as relações e Leis na Química podem ser governadas pelas Leis na Mecânica Quântica.

Para alguns (reducionismo ontológico forte), não existem objetos químicos apenas físicos, logo não podemos falar de leis ou princípios químicos. Outros (reducionistas ontológicos fracos), reformulam a discussão do reducionismo em termos semânticos, aplicando uma teoria do significado, onde termos como “substância química” nada mais é do que representações de microestruturas descritas pela Mecânica Quântica. Ou seja, não existem entidades químicas reais apenas palavras em uma linguagem química. A autonomia da Química enquanto ciência também afeta a autonomia da filosofia da química, como uma área importante da investigação filosófica da ciência (BEJARANO, et al., 2012, p. 395)

A base para a defesa da autonomia da Química está na falha do reducionismo epistemológico onde nem todos os conceitos químicos e leis podem ser derivados da física. O reducionismo epistemológico (ou teórico ou interteórico), significa dizer que, todas as Teorias, Leis e Princípios básicos e conceitos da Química podem ser derivados do primeiro princípio da Mecânica Quântica, como o mais básico e a teoria mais abrangente. Bejarano (2012), traz a definição de Ernest Nagel (1961), em que a redução do tipo teórica é concebida em termos de relação lógica entre teorias. E a teoria reduzida é uma consequência lógica da teoria redutora, desde que se apresente definições que liguem os termos da teoria reduzida aos da teoria redutora. Os filósofos da química, Lombardi e Labarca (2005), argumentam que as noções Químicas imprescindíveis para uma explicação Química do mundo material, tais como: ligação química, quiralidade, estrutura molecular e orbital, entre outros, não são deriváveis com rigor e exatidão, a partir da mecânica quântica.

Além dessa falha na redução epistemológica, pode-se também atacar a redução metodológica. O reducionismo metodológico busca aplicar aos problemas da Química os métodos da Mecânica Quântica como melhor abordagem (gerando um reducionismo aproximado) e como comentamos acima, em relação ao uso da computação e programas de cálculos quânticos como aliados do programa reducionista. Porém, o reducionismo metodológico esbarra na natureza experimental da Química e construção de suas metodologias em bancada, como é o caso do trabalho, eminentemente, experimental e artesanal dos químicos orgânicos sintéticos em laboratório. A experimentação é uma barreira ao reducionismo metodológico da química a física.

Para os filósofos Lombardi e Labarca, a conquista da autonomia total da química em relação à Física só será alcançada quando as ontologias da Química e da Mecânica Quântica puderem co-existir, sem que a ontologia quântica seja considerada como hierarquicamente superior (LOMBARDI, LABARCA, 2005, p. 125-148).

Lemes e Porto (2013) em seu artigo de revisão, *“Introdução à filosofia da química: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química”*, apresentam o problema do reducionismo como uma das questões fundamentais em filosofia da química e com implicações profundas para o ensino de química. Eles argumentam, “uma discussão, que reúne questões sobre as características da química e sobre o realismo, é a que trata da redução (ontológica ou epistemológica) da química à física”, delimitando o escopo da discussão ao concerne o submicroscópico, “particularmente no que tange às entidades e à natureza dos fenômenos que, à primeira vista, parecem ser compartilhados pelas duas ciências. No entanto, a maioria das opiniões se inclina em direção à não redução da química à física” (LEMES e PORTO, 2013, p. 129-132). Abaixo seguem a classificação das razões pelas quais a Química seria uma ciência não reduzida a Física, segundo Lemes e Porto (2013):

1. Química é uma ciência que possui sua metodologia própria, onde o conhecimento é construído de forma relacional.
2. A Química faz uso de modelos pictóricos, além de representações teóricas e interpretações das leis, elas auxiliam na compreensão visual por meio de desenhos e modelos estruturais.
3. Como consequência do ponto 2, a Química faz uso da visualização de conceitos. Um exemplo é o conceito de orbital, em Química, eles são compreendidos como densidade eletrônica, o que atribui propriedades visuais.
4. Linguagem química é, por sua vez, simbólica específica para representá-la, por meio de modelos as propriedades tridimensionais da estereoquímica molecular.
5. Existe a defesa de um “pluralismo ontológico”. A atividade Química pressuporia ontologias específicas para cada ciência. Com isso, os orbitais ganham, em química, atributos ontológicos como entidades reais.

6. A Química não seria reduzida a Física porque, em uma abordagem metafísica, os grupos de elementos químicos em si, seriam portadores de propriedades que os conferem materialidade e, portanto, existência real.
7. A Química não seria redutível a física, em nível epistemológico, porque em Física, as previsões teóricas se fundamentam em modelos matemáticos, enquanto a Química se fundamenta em classificações qualitativas da matéria.
8. A experimentação é a principal distinção ontológica da Química em relação a física. A química constrói, por meio da experimentação, seus objetos por meio da síntese molecular de espécies químicas conhecidas ou inéditas.

A Química é uma ciência que está em contato com outras, e também possui caráter tecnológico bem acentuado. A interdisciplinaridade da Química com outras ciências e as interfaces que se constroem a partir daí, dão a ela, certo ar ambíguo. Eric R. Scerri (2007), como já comentamos anteriormente, percebe essa dinâmica de ambiguidade. E justamente ela, faz a riqueza da Química como uma área de estudo instigante em nosso tempo.

A discussão sobre o projeto reducionista toca em outro aspecto: o realismo das entidades químicas a nível quântico. Conforme vimos anteriormente a química moderna, do ponto de vista reducionista, em todos os níveis, seria subscrita pela Mecânica Quântica. Um exemplo disso na prática da química diária é o apelo explicativo dos orbitais atômicos e moleculares. Se para os químicos teóricos essas entidades são vistas como meras construções matemáticas, destituídas de significado físico, por outro lado, para diversos outros profissionais da Química, sejam pesquisadores, químicos industriais e professores, a tendência é adotar uma postura de atribuição de existência física aos orbitais, devido ao uso do recurso visual, imagens que atribuem realidade a essas construções matemáticas e erroneamente, esse realismo ingênuo, onde o modelo é confundido como a realidade, é divulgado e difundido em ambientes como salas de aula, mídias e no processo de profissionalização. Os desdobramentos do debate sobre a redutibilidade apontam para a necessária emancipação conceitual da filosofia da química em relação a filosofia da física, já que a Química como ciência autônoma, possui seus próprios

fundamentos (BEJARANO et al., 2012, p. 10). O tema do realismo é suficientemente amplo para ser tratado de maneira particular em outro artigo. Por hora, nos concentremos no tema da redução.

Feita a exposição acima, em relação ao problema do reducionismo, ou o projeto reducionista, da Química a Física (em especial a Mecânica Quântica), vamos nos voltar para a apresentação e discussão da filosofia dos aspectos modais de Herman Dooyeweerd. Como especificado anteriormente, neste trabalho iremos abordar a relação da Química com a Física a partir do reducionismo, cujo objetivo é buscar oferecer uma visão que pretenda ser alternativa dentro da filosofia da Química, a partir da crítica reducionista e proposta de irreducibilidade dentro da filosofia de Dooyeweerdiana.

4. Possíveis Elementos Para Uma Crítica Dooyeweerdiana Ao Problema do Reduccionismo da Química a Física

Experimentamos o aspecto Físico-Químico intuitiva e diretamente ligado a dimensão da força, energia e matéria tanto em nível microscópico, humano ou macroscópico. Os fenômenos significativamente considerados no aspecto físico incluem: o material (sólido, líquido, gás), eletricidade, atrito, pressão, calor, corrente, potência, vibração, dissolução, difusão, atividade química e assim por diante e as ciências fundamentadas no aspecto Físico-Químico, incluem não apenas os vários ramos da Física, mas também química, ciência dos materiais e mecânica dos fluidos. A discussão de Dooyeweerdiana sobre o aspecto Físico-Químico é breve, principalmente, dentro de sua discussão sobre a cinemática para diferenciá-los, o que a torna um campo promissor de investigação filosófica, a partir de suas categorias e metodologia de análise (DOOYEWEERD, 1969, p. 95,99,100,101).

O aspecto Físico-Químico, na discussão Dooyeweerdiana, introduz na realidade temporal dimensões como a irreversibilidade, a persistência e a causalidade. Ao responder às leis do aspecto Físico-Químico, a realidade temporal é transformada continuamente de um estado para o próximo de uma forma que persiste e não pode (geralmente) ser desfeita ou revertida como é possível sob o aspecto cinemático. Por causa disso, é com o aspecto Físico-Químico que

experimentamos pela primeira vez o tempo como passado-presente-futuro. Nos períodos humano e macroscópico, a causalidade física tem tendência determinística (e, portanto, previsível a partir das condições iniciais), embora no intervalo microscópico da Física quântica possa ter caráter mais estatístico e menos determinista.

Quanto a questão do reducionismo, a Física e Química são tradicionalmente vistas como duas ciências separadas, sendo uma terceira a biologia, que está ligada ao aspecto biótico separado e a Física e Química estão ligadas ao mesmo aspecto, o aspecto Físico-Químico?

A resposta é que as leis da química, segundo a posição Dooyeweerdiana, defendida por Strauss (2010), são deriváveis em princípio das Leis Físicas, enquanto as leis da biologia não são. Ou seja, podemos derivar leis da química meramente por muitos cálculos usando as leis sobre níveis de energia, massas, momentos, etc. de todos os átomos e moléculas envolvidos. Mas não podemos, afirma Dooyeweerd, reduzir as leis das ciências da vida à física/química dessa maneira, uma vez que os processos vitais são regidos por leis além daquelas que regem os processos químicos. Uma posição que encontra pontos de contatos

O Emergentismo é uma posição filosófica que se refere as propriedades de sistemas complexos como resultado de interações de suas partes e o comportamento resultante deles, porém, não podem ser explicadas ou previstas a partir dessas interações. As propriedades bióticas ou processos como a digestão são exemplos de emergência que derivam processos químicos e físicos complexos. A própria vida é pensada por muitos como produto emergente das interações físico-químicas. O tema da emergência está intimamente ligado aos do reducionismo, superveniência, níveis, teoria da hierarquia e teoria dos sistemas. Segundo Basden (2019, p. 54), “superveniência e emergência podem ser entendidas em termos de dependência antecipatória e fundante” onde as “propriedades significativas no aspecto posterior sobrevêm (emergem) daquelas do aspecto anteriores”.

A partir de agora, vamos pensar neste e em outros elementos da filosofia Dooyeweerdiana que podem contribuir para construir uma visão crítica ao projeto reducionista da Química a Física ou que possam dialogar com as críticas já existentes. Em nosso estudo, quatro elementos da filosofia dos aspectos modais se destacam como elementos potenciais para o nosso

objetivo: a diversidade de aspectos modais, a irredutibilidade dos aspectos modais, a emergência das estruturas de individualidade e o processo de abertura histórico-cultural, que acreditamos que possam contribuir na discussão do problema do reducionismo epistemológico e ontológico da Química à Física.

A. A diversidade dos aspectos modais

A filosofia de Dooyeweerd assume, como vimos anteriormente, uma realidade complexa e multifacetada, com uma diversidade de aspectos modais (DOYEWEERD, 2010, p. 53-73). Ela está em confluência com o químico e teólogo Irlandês, Alister McGrath (2015 b), inserido na tradição do realismo crítico de Roy Bhaskar, ao assumir que vivemos em um universo complexo e com múltiplas camadas. McGrath defende uma visão da realidade estratificada em níveis de complexidade, onde “cada nível precisa ser incluído em nossa análise. A física, a química, a biologia e a epistemologia [...] ocupam-se de diferentes níveis de realidade e oferecem explicações apropriadas para cada um desses níveis.” As ciências não são individualmente completas em suas tentativas de explicar o mundo, uma explicação abrangente tem de reconciliar os diferentes níveis de realidade. Um exemplo óbvio, a explicação que a Física oferece em relação ao comportamento do elétron não confronte contraditoriamente a sua contraparte na Química (MCGRATH, 2015 b, p. 71).

Mas de que maneira a diversidade de aspectos modais em Dooyeweerd e a noção de realidade estratificada de McGrath podem nos oferecer resposta com relação ao problema do reducionismo da Química a Física? Cada um desses aspectos modais (ou nível de realidade estratificada), forma um campo de pesquisa de uma ciência em especial. É a natureza do objeto que determina a forma de pesquisa de sua própria ciência. Para Dooyeweerd, cada aspecto modal possui sua esfera de lei (suas normas particulares), determinadas pelo modo de ser do seu aspecto correspondente. Logo, existirá uma esfera de soberania específica que define a identidade para cada modalidade – ou aspecto modal (KALSBECK, 2015, p. 141).

Para McGrath, na tradição de Roy Bhaskar, cada ciência deve corresponder de forma apropriada (*kata physin*), à sua natureza específica, ou seja, cada ciência deve lidar

individualmente com um nível diferente da realidade. Isso implica que, como nenhum pesquisador, seja químico ou físico, toma a totalidade da realidade temporal em suas pesquisas, a ele é necessário elaborar e utilizar métodos investigativos adaptados e adequados ao seu nível específico de conhecimento científico. (McGRATH, 2015 a, p 159-160). A aceitação da diversidade e complexidade de níveis ou aspectos da realidade implica em um pluralismo metodológico antirredutivo, o que significaria a irredutibilidade da química a física, porque elas correspondem a níveis diferentes da realidade. Logo, demandariam metodologias específicas de investigação.

Assim, do ponto de vista ontológico, os aspectos modais, como por exemplo, o físico-químico, adquirem em essência a natureza própria quando se discute, por exemplo, os processos de matéria e energia, que ao longo do tempo em sua construção representa uma realidade estratificada, que adquiriu um sentido próprio de caráter irredutível e que, de certa maneira, não se localiza em uma ciência única, a Física ou a Química. No entanto, torna-se reduzida epistemologicamente, quando se faz releituras no estabelecimento de fronteiras pelos agentes que as estudam em uma análise de determinado contexto Histórico-filosófico de seus fatos ao longo do tempo, ou, na produção do conhecimento, bem como na sua divulgação e seu ensino.

O importante é compreender, a partir de Dooyeweerd que sua natureza ontológica não se reduz nem à Física e nem à Química, o que mostra a sua capacidade de retratar a realidade para além dos reducionismos epistemológicos. O desafio trata-se dos filósofos, historiadores, divulgadores da ciência, educadores e cientistas das várias áreas, entre elas a Física e a Química, buscar abordar a Físico-Química em sua totalidade para além dos reducionismos epistemológicos impostos por suas respectivas áreas, assumindo do ponto de vista ontológicos seus aspectos modais encápticos.

B. A irredutibilidade dos aspectos modais

O aspecto físico-químico está, junto com os aspectos cinemático e biótico, no nível material da experiência humana temporal. Como vimos, cada aspecto modal possui sua esfera de lei (suas normas particulares), determinadas pelo modo de ser do seu aspecto correspondente. Isso implica que Significado e Ser coincidem completamente. Logo, cada aspecto modal possui

uma esfera de soberania específica que define sua identidade ou núcleo de sentido ou significado, também chamado de momento nuclear. Vimos também, que o aspecto modal é a maneira *como* experienciamos um ente concreto ou ações e eventos ou até mesmo processos *que* estão manifestos na realidade.

Os entes concretos dos quais experimentamos seus aspectos modais possuem uma estrutura de individualidade própria, que pressupõem a interação com outras estruturas de individualidade, em uma dinâmica do significado (KALSBECK, 2015, p. 73). O que podemos concluir daí é que, a irreduzibilidade dos aspectos modais é um pressuposto fundamental na filosofia dos aspectos modais de Dooyeweerd.

L. Kalsbeek, argumenta que, “é necessário reconhecermos que os aspectos de sentido da realidade são mutuamente irreduzíveis, considerando que tenham sido corretamente distinguidos uns dos outros na ordem de lei cósmica”, e conclui dizendo que caso um aspecto possa ser reduzido a outro, “teríamos que concluir que este é uma variação daquele, tendo de ser eliminado da lista de modalidades irreduzíveis” (KALSBECK, 2015, p. 75).

Assumir a irreduzibilidade do aspecto físico-químico, implica em assumir que ele possui núcleo de significado próprio, que não pode ser expresso por outro aspecto anterior. Todo aspecto é experimentado *como* um modo de um ente *que* existe na realidade. Esse ente (ou entidade) possui uma identidade ou individualidade determinada por sua estrutura de individualidade (WOLTERS, 2010. p. 274-276). Se o fenômeno manifesto, experimentado no aspecto físico-químico, for um fenômeno de natureza Química ou Física, decorrentes das interações de suas respectivas entidades químicas e físicas, teríamos um entrelaçamento na função *encáptica* do tipo correlativo – complexo, como pensamento (de construção teórica) e/ou linguagem (SANTOS, CUNHA, 2018 p. 4572).

A *encapse*, é o entrelaçamento estrutural entre as entidades, que por sua vez, possui seu próprio princípio estrutural interno e funções qualificadoras independentes. (WOLTERS, 2010, p. 273). Compreender o aspecto físico-químico como objeto de estudo da Química e da Física, no pensamento de Dooyeweerd, implicará, reconhecer as relações convergentes e divergentes entre ambas e buscar assumir e respeitá-las no sentido ontológico encáptico proposto pelo

referido autor. Ao que parece, a posição que poderíamos assumir, a partir da filosofia dos aspectos modais seria uma posição emergentista como resposta ao problema do reducionismo da Química à Física.

C. A emergência de estruturas de individualidade modal*

Os aspectos modais propostos por Dooyeweerd estão em íntima relação com os aspectos do próprio homem, que experimenta a realidade como um todo estrutural no tempo. E como citado anteriormente, aspecto modal é a maneira *como* experienciamos um ente concreto ou ações e eventos ou, até mesmo, processos *que* estão manifestos na realidade. Os entes concretos, dos quais experimentamos seus aspectos modais, possuem uma estrutura de individualidade própria, que pressupõem a interação com outras estruturas de individualidade, em uma dinâmica do significado (KALSBEEK, 2015, p. 31-38).

Os aspectos da experiência humana, segundo Dooyeweerd, estão em relação íntima com os aspectos das entidades concretos. A estrutura das “coisas”, não pode ser isolada da experiência humana. Esta estrutura está sintonizada ao homem, relacionada com o homem. “A visibilidade das coisas, sua analisabilidade, sua capacidade de ser cultivada, beleza ou feiura, sua capacidade de funcionar como um objeto em uma ciência – todos esses são aspectos intrínsecos da estrutura de individualidades” (KALSBEEK, 2015, p. 105). Nas relações entre as estruturas de individualidade existe o potencial de desenvolvimento de novas entidades com estrutura de individualidade. Dooyeweerd (1960, p. 138 apud KALSBEEK, 2015, p. 79), não nega que exista um desenvolvimento, ele assume um processo cósmico de vir-a-ser, como argumenta a seguir:

O desenvolvimento significativo de nosso mundo no grande processo cósmico de vir-a-ser, no qual os aspectos, em resposta a própria Palavra divina para a criação, são sucessivamente desvelados em sempre novas estruturas de individualidade, nas quais a relação central da realidade temporal com o ego humano se dá, torna-se evidente apenas com a aparição do homem sobre a terra.

É no entrelaçamento *encáptico*, ou *encapse*, entre as entidades, com seu próprio princípio estrutural interno e funções qualificadoras independentes, que emergem novas estruturas de individualidade no tempo. A emergência dessas novas estruturas de individualidade, gera

no tempo, novas entidades com propriedades específicas, o que qualifica novos princípios estruturais próprios.

No íntimo da irredutibilidade dos aspectos modais, nas relações das estruturas de individualidades e nos entrelaçamentos encápticos, encontramos razões para pensar que a partir da filosofia dos aspectos modais de Herman Dooyeweerd, podemos vislumbrar uma perspectiva emergentista para entender a relação entre Química e Física, em oposição a perspectiva reducionista. Perspectiva emergentista, que entende ontologicamente a individualidade de cada uma dessas ciências; haja vista que a realidade da natureza está além dos meros reducionismos epistemológicos, como por exemplo, os entrelaçamentos encápticos da relação matéria e energia nos processos físico-químicos.

D. Processo de abertura histórico cultural intermodal

Na medida em que uma sociedade se desenvolve, novas instituições surgem para desempenhar funções distintas. Dooyeweerd (1963, p. 76f. *apud* KALSBECK, 2015, p. 110-111). faz uso de uma analogia biológica para explicar como, num processo histórico, uma sociedade cresce e se desenvolve até um ponto de maior complexificação, onde cada instituição, que representa uma esfera da sociedade, tem a sua própria função e estrutura. Ele escreve:

Este processo de vir-a-ser em todos os seus aspectos revela um desenvolvimento orientado por leis de uma fase indiferenciada para uma diferenciada. O desenvolvimento orgânico da vida tem início na célula germinativa ainda indiferenciada a partir da qual, gradualmente, os órgãos se diferenciam separadamente. A vida física de uma criança recém-nascida é ainda completamente indiferenciada e, gradualmente, floresce em uma diferenciação de sentido sensorio, sentimento lógico, sentimento pela linguagem, arte, justiça, etc. O curso do desenvolvimento social humano é similar. Aqui também há formas indiferenciadas que, no tempo, em um longo processo de desenvolvimento histórico, vêm a se diferenciar nas variadas estruturas sociais. Em seu aspecto histórico essa diferenciação se dá por uma “ramificação” cultural em direção às esferas de poder individualmente caracterizadas da ciência, arte, Estado, iniciativa econômica, escolas, organizações voluntárias, etc.

O movimento de desenvolvimento de uma sociedade mais primitiva, portanto, menos complexa, para a sociedade moderna – com níveis de complexidade maiores – é denominado processo de abertura. Ele ocorre em meio aos relacionamentos sociais, porém, não está restrito

a apenas eles. L. Kalsbeek, argumenta, “Toda a realidade temporal, incluindo a natureza orgânica e inorgânica, é sujeita a esse processo. E na medida em que o homem puder influenciar esse processo, ele pode nunca chegar ao fim” (KALSBECK, 2015, 110-111). O processo de abertura ocorre pela antecipação modal latente (potenciais emergentes em uma sociedade ou área de conhecimento), que são “abertas” ou atualizadas e existe um aprofundamento o significado modal. O desenvolvimento de uma cultura ocorre na dinâmica da coerência temporal histórico-cultural (WOLTERS, 2010. p. 290).

A dinâmica do processo de abertura cultural nos ajuda a entender a formação histórica da química como um campo de estudo autônomo, a luz do desenvolvimento histórico-cultural. A partir da filosofia dos aspectos modais de Herman Dooyeweerd, o processo de interações intermodal, relações enkaptica, faz emergir um enriquecimento da visão ampla de mundo por meio de um processo de abertura cultural. O que possibilita a mudança da percepção ordinária do *self* por meio da diferenciação da prática social (SANTOS, 2020, p. 85-89).

Assim, essa categoria histórico-cultural a partir de Herman Dooyeweerd abre espaço para discussões futuras da experiência temporal dos elementos ontológicos, que constituem a ciência Física e a Química. Essa perspectiva aponta para pesquisas no campo da História da Ciência aliada a filosofia da ciência, como por exemplo, o próprio Dooyeweerd, em que podemos compreender as várias estratificações, como por exemplo, da físico-química dos seus elementos ontológicos em estudos futuros, para compreendermos melhor o não reducionismo da Química à Física.

5. Considerações finais

De acordo com a visão Dooyeweerdiana, a ontologia precede a epistemologia, assim sendo, a ciência é uma prática investigativa sobre os fenômenos naturais. Através da ciência reducionista, podemos abstrair uma única parte da realidade, analisá-la e sintetizar uma explicação sobre esse fenômeno. A ontologia, como vimos, é “significado” e a realidade se apresenta estratificada em níveis com sentido próprio e caráter irreduzível entre si na experiência temporal. Os aspectos modais, Dooyeweerdianos, são os modos como experienciamos a realidade

(multifacetada) e vivenciada de maneiras distintas pelo mesmo ser (ego ou *self*), em sua complexidade existencial. Todo *ser* possui estrutura de individualidade e esta pode estar entrelaçada na função *encáptica* com outras estruturas de individualidade.

A atitude epistêmica no âmbito do pensamento teórico resulta da experiência intencional ego em relação à realidade, a partir da sua idionomia (estruturas de individualidade). O pensamento teórico (científico) foca-se ao se abstrair parte da experiência ordinária num aspecto modal da realidade e, por meio da ação antitética analítica de opor a função lógica (intuição teórica) a experiência não lógica, tornando-a uma síntese, um *insight* intuitivo (teórico), uma abstração da realidade – esse processo é denominado *gegenstand*.

As ciências especiais direcionam sua atenção aos fenômenos variáveis manifestos em um aspecto modal. A natureza e a estrutura internas dos aspectos modais particulares que lhe delimitam o campo de pesquisa é uma pressuposição de toda ciência especial. Fundamentado na perspectiva da filosofia dos aspectos modais de Herman Dooyeweerd, encontramos quatro fundamentos que podem auxiliar na construção de uma crítica ao projeto de redução da Química a Física.

- A “*diversidade dos aspectos modais*” e a “*irreducibilidade dos aspectos modais*” seriam fundamentos para a construção de uma crítica ao reducionismo ontológico.
- A “*atitude teórica*” frente a experiência da realidade e a emergência de “*estruturas de individualidade*” modal dá robustez a crítica ao reducionismo epistemológico e metodológico.
- O “*processo de abertura histórico-cultural*” intermodal, a partir das relações histórico-institucionais entre química e física contribui com a crítica histórica ao projeto de redução.

Considerando a visão Dooyeweerdiana, entendemos que sua filosofia é um potencial para investigar do ponto de vista histórico-filosófico a problemática do reducionismo epistemológico da Química à Física. Isso é notável por meio do reconhecimento da complexidade das relações estabelecidas entre as entidades químicas, as propriedades emergentes que surgem de suas dinâmicas relacionais e o corpo experimental, metodológico e operacional distintivo da física. Além das relações histórico-culturais que podem contribuir para destrincharmos, ao

longo do tempo, as diversas estratificações ontológicas, que nos permitem entender e combater este reducionismo epistemológico. O que sinaliza como perspectiva futura desse trabalho em fazer investigações Histórico-filosóficas no campo da Física e da Química a fim de tornar emergentes os elementos ontológicos que permitem construir e entender a individualidade de cada uma dessas ciências nos seus aspectos modais ontológicos.

Referências

- BASDEN, A. *Foundations and Practice of Research: Adventures with Dooyeweerd's Philosophy*. Routledge, 2019. p. 379.
- BEJARANO, N. R. R.; Reduccionismo e a Filosofia da Química. 2008. p.12
- BEJARANO, N. R. R.; A Química é redutível à Mecânica Quântica? In: Teorias Quânticas: Estudos Históricos e implicações culturais, *Caderno de resumos e programa do Teorias Quânticas: Estudos Históricos e implicações culturais*, Campina Grande, 2008. p. 53-57.
- BEJARANO, N. R. R. et al. Filosofia da Química: uma disciplina nascente no âmbito da Filosofia da Ciência. *Filosofia e História de la Ciencia Del Con Sur*, p. 9-14. 2012.
- BEJARANO, N. R. R.; O exame de duas formas mais brandas de realismo no debate da redução da química à mecânica quântica. In: Cibelle Celestino e Luis Salvatico (editores). (Org.). *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul - Seleção de Trabalhos do 7º Encontro*. Porto Alegre: Entrementes Editorial, v. 01, 1 ed., 2012, p. 393-400.
- BIRCH, H. *50 ideias de química que você precisa conhecer*. São Paulo: Editora Planeta do Brasil, 2018.
- DE ALMEIDA OLIVEIRA, F. Philosophando Coram Deo: uma apresentação panorâmica da vida, pensamento e antecedentes intelectuais de Herman Dooyeweerd. *Fides reformata*, v. 11, n. 2, 2006, p. 73-100.
- CARVALHO, G. V. R. de. Introdução editorial: *Herman Dooyeweerd, reformador da razão*. In: DOOYEWEERD, H. (Ed.). *Crepúsculo do pensamento ocidental*. São Paulo: Hagnos, 2010.
- DOOYEWEERD, H. *No Crepúsculo do Pensamento Ocidental: estudos sobre a pretensa autonomia do pensamento filosófico*. São Paulo: Hagnos, 2010.
- _____. *Estado e soberania: ensaios sobre cristianismo e política*. São Paulo: Vida Nova, 2014.
- _____. *Raízes da Cultura Ocidental: As opções pagã, secular e cristã uma cuidadosa avaliação das forças motrizes religiosas mais profundas por trás de todo o desenvolvimento cultural e espiritual do ocidente*. São Paulo: Cultura Cristã, 2015.
- _____. *A New Critique of Theoretical Thought*. Deel 2. The General Theory of the Modal Spheres (vert. H. de Jongste en David H. Freeman). The Presbyterian and Reformed Publishing Company, z.p. 1969 (2de druk)
- GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. F. Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. In: *Multiple representations in chemical education*. Springer, Dordrecht, 2009. p. 1-8.
- HARDWICK, E. R.; *Química*. São Paulo: Edgar Blucher, 1965.

- HENDRY, R. F.; Reduction, emergence and physicalism. Presente no texto, GABBAY, Dov M. et al. *Philosophy of chemistry*. Elsevier, 2012, p. 367-386.
- IHDE, A. J.; *The Development of Modern Chemistry*. New York: Harper & Row, 1970.
- JOHNSTONE, A. H.; You can't get there from here. *Journal of chemical education*, v. 87, n. 1, 2010, p. 22-29.
- KALSBECK, L. *Contornos da filosofia cristã: a melhor e mais sucinta introdução a filosofia reformada de Herman Dooyeweerd*. São Paulo: Cultura Crista, 2015.
- LEMES, A. F. G.; PORTO, P. A., Introdução à filosofia da química: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química. *Revista Brasileira de pesquisa em educação em Ciências*, v. 13, n. 3, 2013, p. 121-147.
- LOMBARDI, O.; LABARCA, M.; The ontological autonomy of the chemical world. *Foundations of Chemistry*, v. 7, n. 2, 2005, p. 125-148.
- McGRATH, A. E. *A Ciência de Deus: Uma introdução à teologia científica*. Viçosa, MG: Ultimato, 2015 (a).
_____. *Surpreendido pelo sentido: ciência, fé e o sentido das coisas*. São Paulo: Hagnos, 2015 (b).
- MAINZER, K. Symmetry and Complexity-Fundamental Concepts of Research in Chemistry. *HYLE*. v. 3, 1997, p. 29-49.
- RIBEIRO, M. A. P. A emergência da Filosofia da Química como campo disciplinar. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 16, n. 2, 2016, p. 215-236.
- RIBEIRO, M. A. P. Panorama histórico da relação entre Filosofia e Química. *Educação Química em Ponto de Vista*, v. 1, n. 2, 2017, p. 21-41.
- SANTOS, S. C. S., CUNHA, M. B. Contribuições da filosofia da ideia cosmonômica para a aprendizagem informal científica em biologia. *Anais do VII ENEBIO – I EREBIO Norte.*, 2018, p. 4568-4578.
- SANTOS, S. C. S. Uma Reflexão Sobre O Uso De Analogias No Ensino De Ciências E O Desdobramento Multimodal Da Realidade: o exemplo de tópicos da teoria da evolução biológica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 25, n. 2, 2020, p. 80-97.
- SCERRI, E. R. The ambiguity of reduction. *HYLE: International Journal for Philosophy of Chemistry*, v. 13, 2007, p. 67-81.
- SCHUMMER, J. The philosophy of chemistry. Vol.27 No.1, *Endeavour*, 2003. p. 37-41.
_____. The philosophy of chemistry. In: *Philosophy Of Chemistry*. Springer, Dordrecht, 2006. p. 19-39.
_____. The philosophy of chemistry: From infancy towards maturity. *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline (Boston Studies in the Philosophy of Science series)*, Dordrecht (Kluwer), 2006, p. 1-22.
- STRAUSS, D. F. M. The Significance of a Non-Reductionist Ontology for the Discipline of Physics: A Historical and Systematic Analysis. *Axiomathes*, v. 20, n. 1, 2010, p. 53-80.
- VALEROA, R.; MORIB, R. C.; MASSIC, L. A química na literatura de Primo Levi: aspectos filosóficos sobre experimentação, matéria e ofício químico. *Química Nova*, Vol. XY, No. 00, 2023, p. 1-9.
- VAN BRAKEL, J. On the neglect of the philosophy of chemistry. *Foundations of Chemistry*, v. 1, n. 2, 1999, p. 111-174.
- VAN BRAKEL, J., *Philosophy of Chemistry – Between the Manifest and the Scientific Image*. Leuven: Leuven University Press, 2000, p. 132-142.
- VAN MELSEN A. G. M., *Atomism.*, vol 2, 15th edn. London, in: *Encyclopedia Britannica*, 1975, p. 346-351

VINCENT, B. B.; MOCELLIN, R. C., Filosofia da química e dos materiais: entrevista com Bernadette Bensaude-Vincent. *Em Construção: arquivos de epistemologia histórica e estudos de ciência*, n. 10, 2021, p. 363-371.

WOLTERS, A., Glossário de termos técnicos e neologismos de Dooyeweerd. In: DOOYEWEERD, H. (Ed.). *Crepúsculo do pensamento ocidental*. São Paulo: Hagnos, 2010.

Recebido em: 09/07/2022

Aprovado em: 23/02/2023

David Monteiro de Souza Junior

Doutorando em Química no InQui UFMS.

Wellington Pereira de Queiros

Doutor em Educação para a ciência (Ensino de Física) pela Universidade Estadual Paulista (UNESP-Bauru) com estágio Sanduíche no Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Física na linha de biofísica pela Universidade Federal de Goiás (2005), graduação em Bacharelado em Física pela Universidade Federal de Goiás (2002), graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Federal de Goiás (2005). Atua como professor Adjunto 3 do Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, além disso atua como docente e orientador no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Suas principais linhas de pesquisa são: Formação de Professores, História, Filosofia e Sociologia da Ciência na Educação em Ciências e Tecnologia; Relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) na Educação em Ciências e Tecnologia; Formação de Professores na Educação em Ciências e Física. Trabalhou na educação básica como professor de Física, Matemática, Ciências e Filosofia. Atua também na Educação a Distância (EAD). Foi representante da região Centro Oeste na Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) nos biênios 2018-2019 e 2020-2021.