

Os alicerces científicos de Linus Pauling em sua história

Pauling's scientific foundations in history

Leonardo Lessa Pacheco¹, Ivoni Freitas-Reis²

RESUMO: A História da Ciência ao longo do tempo vem sendo explanada como uma importante ferramenta para a compreensão dos estudantes àqueles assuntos considerados intrincados e abstratos e que fazem parte do currículo escolar, tanto para área das ciências Matemáticas, quanto para as áreas que compõe as ciências da natureza como Física, Biologia e Química. Algumas estratégias que podem ser utilizadas nesse percurso são a contextualização e humanização da imagem dos cientistas, responsáveis diretos pela origem do conhecimento debatido em sala de aula entre professores e educandos, frente as disciplinas anteriormente esclarecidas. Nessa perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo, por meio de um estudo historiográfico sobre a vida de Linus Carl Pauling (1901-1994) em uma metodologia de pesquisa qualitativa de cunho documental, através de uma atenta seleção e separação de fontes primárias e secundárias, apontar às situações que o aproximaram das ciências em geral, da química e mais especificamente do desenvolvimento de sua proposta sobre a natureza da ligação química. Ao longo desse estudo foi possível perceber que a edificação por parte do pai, amigos, professores e orientadores de Pauling, foi relevante para seu avanço nas ciências e na química como um todo. Desse modo, buscou-se esclarecer a influência do contexto de Pauling em sua produção científica, ampliando o entendimento da ligação química por meio da análise dos trabalhos de alguns de seus contemporâneos o que nos levou a concluir que uma metodologia de pesquisa em História da Ciência, além de favorecer a compreensão de discentes e docentes da Educação Básica ao Ensino Superior, sobre o entendimento químico da natureza, aponta para o coletivo da produção dos cientistas.

PALAVRAS-CHAVE: História da Ciência, Linus Pauling, Ligação Química.

ABSTRACT: The History of Science over time has been explained as an important tool for students' understanding of those subjects considered intricate and abstract and that is part of the school curriculum, both for the area of Mathematical Sciences and for the areas that make up the Sciences of Science. nature such as Physics, Biology, and Chemistry. Some strategies that can be used in this path are the contextualization and humanization of the image of scientists, who are directly responsible for the origin of the knowledge discussed in the classroom between teachers and students, given the previously clarified disciplines. In this perspective, the present work aims, through a historiographical study on the life of Linus Carl Pauling (1901-1994) in a methodology of

¹Universidade Federal de Juiz de Fora – Departamento de Química; Discente de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Química – Juiz de Fora – Minas Gerais - Brasil – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8464-7714> - leoprofessordequimica@gmail.com

² Universidade Federal de Juiz de Fora – Departamento de Química; Docente do Programa de Pós-Graduação em Química - Juiz de Fora – Minas Gerais – Brasil – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3469-2952> - ivonireis@gmail.com

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

qualitative research of documentary nature, through a careful selection and separation of primary and secondary sources, point to the situations that brought him closer to the sciences in general, to chemistry and more specifically to the development of his proposal on the nature of the chemical bond. Throughout this study, it was possible to perceive that the edification by Pauling's father, friends, teachers, and advisors was relevant to his advancement in science and chemistry as a whole. In this way, we sought to clarify the influence of Pauling's context on his scientific production, expanding the understanding of the chemical bond through the analysis of the works of some of his contemporaries, which led us to conclude that a research methodology in the History of Science, in addition to favoring the understanding of students and teachers from Basic Education to Higher Education, on the chemical understanding of nature, points to the collective production of scientists.

KEYWORDS: History of Chemistry; Linus Pauling; Chemistry teaching.

INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo a História da Ciência tem sido considerada uma ferramenta de grande importância para o aprendizado nas ciências independentemente do nível de ensino, ou seja, se na educação básica ou no ensino superior. Tal aproximação deve-se as inúmeras perspectivas que a abordagem da História da Ciência no ensino, pode trazer como recurso de aprendizagem dos conceitos, oferecendo reflexões sobre a natureza e a vida dos cientistas, bem como as técnicas por eles desenvolvidas e toda a conjuntura de sua produção, no qual, pode favorecer a correta interpretação dos fenômenos naturais (BELTRAN, SAITO e TRINDADE, 2014). Dentre as razões para a inclusão da História da Ciência no ensino, vale destacar a importância de uma abordagem do professor em sala de aula mais contextualizada e com uma maior potencialidade para despertar reflexões que permitam ao estudante, ponderar sobre a construção dos fundamentos científicos trazidos durante sua vivência escolar (OKI e MORADILLO, 2008).

Sem contar que a História da Ciência pode ser uma importante ferramenta de divulgação científica e esta estratégia, possibilita ao estudante um melhor julgamento diante do conteúdo abordado em sala de aula, além de torná-lo mais erudito e autônomo, possibilitando ao educando decisões mais coerentes em sua jornada, além de favorecer ativamente o seu processo de formação escolar (CORRÊA e MALAQUIAS, 2022). Desse modo, um desafio vivenciado em sala de aula seria a construção de interfaces que possibilitam a professores e estudantes de ciências, dialogar entre campos interdisciplinares de História da Ciência e o Ensino de Ciências, de modo a facilitar o aprendizado dos conceitos abordados em sala de aula (BELTRAN, 2013).

Com o objetivo de diminuir a distância entre esses campos interdisciplinares, o presente trabalho pretende, ao analisar o contexto familiar, social e estudantil de Linus Carl Pauling (1901-1994), descobrir possíveis situações ou contextos que poderiam tê-lo influenciado diretamente na sua caminhada acadêmica e lhe permitiram construir as bases para o entendimento da natureza da

ligação química, o que viabilizaria ainda mais a utilização da História da Ciência, como incentivadora no processo de aprendizagem dos estudantes e professores, nos mais diversos níveis acadêmicos.

Estudos como o de Serafini (1991), Hager (1995), Dunitz (1997), Coffey (2008) e Gonçalves-Maia (2016) trouxeram algumas reflexões importantes sobre o caminho percorrido por Linus Pauling em sua produção científica. O presente artigo então, buscou analisar a vida de Pauling por meio do viés apresentado por esses biógrafos e somado à sua produção acadêmica e aos trabalhos de alguns de seus contemporâneos, justificar sua aproximação às ciências, à Química e à sua produção em relação a Natureza da Ligação Química. Desse modo, ao olharmos para a pesquisa de Linus, foi possível extrapolarmos a visão individual do conhecimento por ele produzido e enxergarmos o contexto coletivo de suas contribuições, seja pelas influências familiares e de amigos em sua juventude, seja pelas influências de professores e de outros colegas pesquisadores.

Sendo assim o caminho metodológico por nós trilhado, contemplou aspectos de uma pesquisa documental qualitativa, que visou extrair as informações pertinentes, por meio de uma seleção rigorosa de fontes primárias, material de época escrito pelo próprio Linus Pauling, a exemplo dos artigos por ele publicados e as fontes secundárias, que conceituam “obras de apoio” (MARTINS, 2005, p. 310), a exemplo das biografias escritas e publicadas sobre o pesquisado. Desse modo foi possível analisar os documentos com mais rigor, tendo um cuidado maior aos aspectos externos ligados à história do cientista e a elaboração e transmissão dos conceitos científicos relacionados à ligação química, na tentativa de envolver estudos epistemológicos, historiográficos e contextuais que influenciaram a jornada de Pauling (BELTRAN, SAITO e TRINDADE, 2014).

DESENVOLVIMENTO

INFÂNCIA DE LINUS PAULING E INFLUÊNCIA NA ESCOLHA PELA PROFISSÃO

Nascido em 28 de fevereiro de 1901 em Portland, no estado de Oregon nos Estados Unidos, vivenciou sua humilde infância com o pai, Herman Henry William Pauling (1876-1910), filho de emigrantes alemães (DUNITZ, 1997) cuja atividade profissional, concentrava-se em vender produtos farmacêuticos (GONÇALVES-MAIA, 2016). Aos 22 anos de idade o pai, Herman, em 1899 chegou a cidade de Condon a convite de investidores da cidade para abrir uma drogaria, pois como havia sido empregado de uma grande firma farmacêutica em Portland, possuía uma boa reputação de “farmacêutico bem treinado, trabalhador, brilhante e solidário” (HAGER, 1995, p. 20).

Foi nesse período que conheceu sua esposa, Lucy Isabelle Darling (1881-1926), casando-se em 1900 e algumas semanas depois, os investidores da sua farmácia venderam tudo e o Herman não conseguiu se estabelecer mais na cidade, levando-o novamente a regressar a Portland junto de sua esposa, para um trabalho de balconista em uma farmácia (HAGER, 1995). Em Portland além de Linus Pauling, nasceram mais duas irmãs entre os anos de 1902 a 1904. Tal situação potencializou a dedicação do pai no trabalho, tendo que se deslocar mais e mais para conseguir vender seus produtos farmacêuticos. Em 1905 Herman retornou a Condon, cidade de Lucy mãe de Pauling, para montar sua própria drogaria. Muitas vezes mesmo cansado de um dia de trabalho, Herman pegava Linus Pauling e o conduzia para a sala de manipulações que ficava atrás da loja em Condon. Durante esse tempo, além de observar o pai e manipular pequenas receitas, Linus ainda criança tinha contato com muitos conhecimentos químicos, o que possibilitou vislumbrar os mistérios escondidos por trás das vidrarias, soluções, venenos, raízes, remédios e receitas (HAGER, 1995).

“Herman queria que cada um de seus filhos se tornasse, como ele chamou, ‘um trunfo para a raça humana’ e ele acreditava que o processo exigia modelos adequados” (HAGER, 1995, p. 29). A citação anterior justificou então a conduta do pai em apresentar seu trabalho ao menino. Somado a isso, temos que destacar a experiência de ter Herman como idealizador do próprio local de trabalho e dos medicamentos preparados cuidadosamente. Isto posto, além de todo o afeto demonstrado entre pai e filho, temos uma justificativa para a aproximação de Linus Pauling às ciências. Em uma entrevista produzida por John Heilbron em Pasadena – Califórnia - no ano de 1964, idealizada pelo projeto *Archive for the History of Quantum Physics*, que inclui fitas e transcrições de história oral com cerca de 100 físico atômicos e quânticos, Pauling esclareceu seu interesse pelas ciências desde sua infância. Por outro lado, ele negou qualquer aproximação inicial em química, que foi surgir apenas em sua adolescência depois da morte de seu pai, por volta dos 13 anos de idade (PAULING, 1964³).

Embora não traga como referência direta o tempo que passou junto com o pai no fundo da loja em Condon, não podemos deixar de inferir sobre a grande importância desses momentos para o garoto. Segundo Oliveira *et al.* (2020) a família “garante à criança pequena a apropriação de hábitos” (p. 01) e ao longo de sua história, Pauling foi um importante investigador científico, não medindo esforços para compreender a área da química a qual se encontrava seu interesse. Então, desde pequeno Linus demonstrou interesse pelas ciências. Segundo Dunitz (1997) o menino também se sentiu atraído pela história de civilizações antigas e sua inteligência aguda, levou o pai Herman, a escrever para o jornal da cidade e pedir recomendações de leitura para o filho, já que Linus havia lido a Bíblia e a teoria completa de Darwin até os 09 anos. O pai de Pauling, por carta,

³ Pauling em entrevista a John Heilbron no dia 27 de março de 1964, pelo projeto: *Archive for the History of Quantum Physics*, para o *American Institute of Physics*

escreveu ao editor do jornal local, *The Oregon*, para uma orientação sobre o que deveria oferecer a seu filho como leitura.

Sou pai e tenho um único filho de 9 anos na quinta série, grande leitor e profundamente interessado em história antiga. Em meu desejo de encorajá-lo e auxiliá-lo em suas inclinações prematuramente desenvolvidas, peço a alguns dos leitores interessados do *Oregonian* que me aconselhem sobre as obras adequadas ou, pelo menos, as mais abrangentes a serem adquiridas para ele. Obtive livros públicos e de ensino médio usados em nossas escolas, além de inúmeras outras publicações relacionadas a esse assunto, mas todos parecem mais ou menos incompletos. A fim de evitar a possibilidade, ou melhor, a probabilidade de alguém me aconselhar a ler a Bíblia, direi que foi por meio dessa leitura e da teoria da evolução de Darwin que meu filho se interessou tanto pela história quanto pelas ciências naturais⁴.

Aqui é possível distinguir a preocupação do pai à educação do filho, ambientada pelo nível de interesse de Pauling a leitura e da aproximação do menino pelas ciências, conforme destacado no final da citação. Este acompanhamento foi vital para potencializar o interesse de Pauling para com as ciências. Segundo Firman *et al.* (2015) que publicaram um estudo que comprova a relevância da relação família-escola no desenvolvimento educacional das crianças, os autores destacaram: “os pais que acompanham a aprendizagem de seus filhos possibilitam melhor o desenvolvimento das crianças” e essa interferência do pai de Linus à leitura do filho é um fator importante para a aproximação do filho aos estudos, favorecendo-o em sua dedicação futura as ciências.

Pouco tempo depois da carta enviada ao jornal, Pauling perdeu seu pai, resultado de uma úlcera estomacal (DUNITZ, 1997) e como era o irmão mais velho de duas meninas ainda pequenas, tendo a mãe que cuidar da casa e de três filhos pequenos, o menino viu-se forçado a começar a trabalhar (VOS, 2007). Portanto, Pauling ainda criança sentiu a responsabilidade do provimento familiar, o que poderia ter interferido diretamente na sua jornada acadêmica. Entretanto, conforme veremos posteriormente, o sofrimento pela perda do pai e as necessidades familiares não foram suficientes para retirar Pauling da vida universitária.

Com a morte de Hermann, a esposa, que segundo os relatos biográficos não incentivava o estudo do menino, tornou-se uma dificultadora no desenvolvimento acadêmico do filho. Sua mãe exigia do menino a responsabilidade em contribuir com a manutenção financeira de sua família (HAGER, 1995). Mas ele não desistiu. Linus Pauling recordou o marco em sua adolescência que o levou a Química, vejamos:

Então, quando eu tinha 13 anos, estava voltando do ensino médio para casa com um colega chamado Lloyd Alexander Jeffress que perguntou se eu gostaria de ver

⁴ Link para visualização da página do jornal com o respectivo pedido de Herman: <https://oregonnews.uoregon.edu/lccn/sn83025138/1910-05-13/ed-1/seq-10.pdf>. Acessado no dia 17 de setembro de 2022.

um experimento químico ou dois. Eu disse sim. [...]Parei em sua casa e fui com ele ao seu quarto, onde ele fez alguns experimentos; misturou clorato de potássio e açúcar, colocando sobre ele uma gota de ácido sulfúrico que iniciou a reação liberando água e produzindo carbono. Muito excitante. [...]Ele fez alguns outros experimentos e eu me tornei um químico então (PAULING, 1964, p. 01)⁵.

Repare que a citação esclareceu a nossa pergunta sobre as influências que contribuíram para a aproximação de Pauling à Química. Além da história e convivência curta com pai, que conforme vimos foi de grande importância para seu interesse em ciências, foi um amigo que lhe apresentou por meio de um laboratório caseiro, a Química. Podemos afirmar então que a Química o atraiu nesse momento e Pauling não se imaginava sem ela, conforme entrevista no parágrafo anterior, “eu me tornei um químico então” e mais, essa experiência na casa de seu amigo, o convenceu sobre o que ele seria no futuro.

GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO DE LINUS PAULING

Aos 16 anos matriculou-se no *Oregon Agricultural College* em Corvallis, para cursar Engenharia Química e após o segundo ano de faculdade, sua mãe pediu ao filho que largasse seus estudos para dedicar-se inteiramente ao sustento da casa. Linus Pauling insistiu em seguir a graduação e durante os períodos de férias, trabalhava para poder contribuir financeiramente com sua família e manter seus compromissos financeiros com a Universidade (HAGER, 1995; GONÇALVES-MAIA, 2016). Os esforços de Linus Pauling começaram a ser recompensados quando, por influência de um professor em sua graduação, adquiriu uma bolsa que permitiu ao estudante lecionar na instituição, de modo a não necessitar se manter num trabalho paralelo que lhe pudesse afastar da academia (GONÇALVES-MAIA, 2016; DUNITZ, 1997).

O salário de Pauling seria de US\$ 100,00 por mês. Um estudante de graduação sendo oferecido um cargo de professor em uma grande instituição de ensino superior? É verdade que naqueles tempos, havia realmente uma escassez de instrutores, muitos jovens que partiram para a guerra já haviam retornado, já que a Primeira Guerra Mundial estava terminando. As salas de aula estavam superlotadas e os professores sobrecarregados. Mesmo assim, era praticamente inédito para um estudante de graduação, ocupar o pódio das palestras (SERAFINI, 1989, p. 16-17).

Conforme se encontra na citação, Pauling não precisou mais trabalhar em um segundo emprego em virtude do salário que recebia da Universidade (DUNITZ, 1997). Entretanto, segundo Serafini (1989), chamá-lo de professor talvez fosse um exagero. Pauling talvez tenha colaborado com algumas exposições ou ter corrigido algumas provas, mas não era um professor, recebia pelo

⁵ Entrevista de Linus Pauling a John Heilbron no dia 27 de março de 1964, pelo projeto já descrito no texto: *Archive for the History of Quantum Physics*, para o *American Institute of Physics*

trabalho que colaborava: “trabalhávamos com pagamento por hora de estudante e nunca fomos listados como instrutores assistentes” (SERAFINI, 1989, p. 17), disse um dos colegas de graduação de Pauling.

No verão, antes do primeiro ano, sua mãe confiscou os fundos que ele havia economizado, deixando-o incapaz de pagar suas mensalidades. A faculdade viu a promessa que ele era e lhe ofereceu uma posição como instrutor de química analítica quantitativa com um escritório ao lado da biblioteca, onde leu os artigos sobre ligação química de Irving Langmuir e Gilbert Lewis (COFFEY, 2008, p. 260).

A citação confirma sobre a tenção do jovem no início de sua graduação. Este trabalho na Universidade retomou a atenção de Pauling aos estudos, à vida acadêmica. A bolsa ou salário recebido, o desligou das horas trabalhadas fora da Universidade e lhe permitiu fornecer dinheiro para a manutenção da sua família. Outro ponto de destaque nessa citação, é a dedicação do jovem professor a compreender a ligação química, recorrendo ao trabalho produzido por Gilbert Lewis em 1916 e os consequentes trabalhos produzidos por Irving Langmuir (GONÇALVES-MAIA, 2016; PATTERSON, 2018; PACHECO e FREITAS-REIS, 2020).

Mas o jovem Pauling havia entrado para o curso de Engenharia Química. Todavia, dedicou-se em sua história acadêmica à Química. Gonçalves-Maia (2016) e o próprio Pauling (1964) afirmaram que, quando ele era jovem conversou com sua avó paterna sobre sua graduação no curso de Engenharia e sobre seu futuro. A avó o teria corrigido afirmando que ele iria se tornar professor de química e não um engenheiro, vejamos:

Eu recebi meu diploma de bacharel em engenharia química porque minhas circunstâncias eram tais que a única carreira que eu conhecia associada à química era a de engenharia química; no entanto, alguns anos depois, lembrei-me de minha avó [perguntando] o que eu ia fazer - talvez eu tivesse dezesseis anos na época e talvez, estava meu primeiro ano na faculdade - e disse que ia ser engenheiro químico. Lloyd Jeffress disse: “Não, ele está errado ao dizer isso. Ele vai ser professor”. (PAULING, 1964, p. 01)

Vimos duas situações importantes nessa citação: a primeira nos esclareceu sobre o motivo de ter feito a engenharia e não química, a segunda foi um indício sobre o futuro de sua carreira como professor, a qual foi considerada por Gonçalves-Maia (2016) como uma profecia de sua avó para o destino do jovem estudante. Amparados pelo interesse de Pauling pela química, agora buscamos ampliar essa perspectiva, na tentativa de justificar o interesse de Pauling pelo entendimento das estruturas químicas, ressaltando ao longo da nossa investigação, pontos importantes que aproximam Pauling da natureza da ligação química em sua história, em suas produções científicas e nas produções de alguns de seus contemporâneos.

Ao trabalhar como instrutor em química analítica, Pauling teve contato com os artigos de Lewis e de Langmuir sobre a ligação química. Entretanto, o estudante desejava saber: “como os átomos são unidos, a que distância eles estão quando ocorre a ligação química e muitas outras coisas sobre os átomos” (WHITE, 1980, p. 30), o que corrobora com o interesse inicial de Pauling pela compreensão das ligações químicas. Necessariamente, a ligação química estabeleceu a relevância da Química de um modo mais amplo. Freitas *et al.* (2022) ponderaram que a compreensão da ligação química é que permite o entendimento da maioria das mudanças na matéria, além da grande quantidade de conceitos fundamentais e metafísicos necessários à sua compreensão. Essas questões, associadas ao que Pauling desejou aprender, o conduziram após sua formatura no Instituto de Oregon, a enviar cartas para *Berkeley*, onde Lewis era chefe de departamento e para o *California Institute of Technology-CalTech* com o intuito de seguir seus estudos de pós-graduação. No entanto, sua carta a *Berkeley* foi extraviada (COFFEY, 2008).

Mas sua carta ao *CalTech* chegou nas mãos de Arthur Noyes (1866-1936), antigo chefe de Lewis no *Massachusetts Institute of Technology-MIT* e agora, chefe do *CalTech*. Noyes não teve dúvidas e direcionou Pauling a Dickinson, primeiro doutor do *CalTech* sob a direção de Noyes, o qual chefiava o laboratório de cristalografia dos raios X (COFFEY, 2008). Na época o *CalTech* possuía nove professores e apenas sete alunos de pós-graduação. Esse pequeno número de estudantes e professores, tornou o ambiente mais pessoal para o desenvolvimento dos trabalhos e deu a “oportunidade de alunos e professores se conhecerem melhor. Eles se encontravam com frequência, dentro e fora da sala de aula.” (WHITE, 1980, p. 30)

Dickinson foi designado a Pauling, pela sua grande experiência na identificação estrutural de cristais pela técnica de difração dos raios X. A aproximação de Dickinson a cristalografia teve início quando foi direcionado à Europa por Noyes, ainda no período que estudava no MIT. Arthur Noyes ao observar tudo o que estava sendo desenvolvido por Max von Laue (1879-1960), William Henry Bragg (1862-1942) e seu filho William Lawrence Bragg (1890-1971), enviou o estudante para aprender tudo o que podia sobre essa técnica. Ao retornar, Noyes o levou para o *CalTech* e construíram um equipamento melhor do que aquele experimentado em seu aprendizado na Europa, o primeiro da América (HAGER, 1995). Dickinson construiu nesse instituto, uma linha de pesquisa com os raios X, que se tornou “a fonte de quinze artigos dos primeiros vinte artigos publicados pela divisão de química” (HAGER, 1995, p. 88) comandada por Noyes.

Pauling então chegou no *CalTech* sendo a promessa para desenvolver, sob orientação de Dickinson, “um dos gênios consumados da cristalografia de raios X” (SERAFINI, 1989, p. 29), ainda mais essa área. Não foi fácil inicialmente, foram mais de dois meses trabalhando sem nenhum resultado, mas à medida que o tempo foi passando, demonstrou sua afinidade e facilidade no entendimento estrutural das moléculas (HAGER, 1995). Afim de elucidar no que consistia a

difração dos raios X por um cristal, o desenvolvimento dessa técnica prometia obter do cristal, o arranjo dos átomos e aproximava Pauling das questões por de trás da ligação química (GONÇALVES-MAIA, 2016; COFFEY, 2008). Vejamos:

Os raios X são ondas de luz com comprimentos de onda muito curtos – aproximadamente da distância entre os átomos no cristal. Se os raios X fossem direcionados a um cristal de diferentes direções, os padrões de difração das ondas [...] poderiam fornecer informações sobre as distâncias e ângulos entre os átomos. [...] Pauling causou impacto imediato no CalTech, mas provocou algumas arestas. Após sua primeira tentativa de determinar estruturas cristalinas, falhou e Dickinson sugeriu que tentasse um cristal específico [...] e funcionou lindamente (COFFEY, 2008, p. 261-262).

A citação comprova a importância dos estudos de Pauling para a determinação estrutural de cristais por meio dos raios X e potencializa o seu interesse pela natureza da ligação química, à medida que evidencia sobre as informações que poderiam ser extraídas da técnica de difração dos raios X. Segundo Linus Pauling, Dickinson desenvolveu suas habilidades em cristalografia de raios X, em uma época em que essa ferramenta, além de custosa, constituía um equipamento difícil de produzir resultados nítidos que favorecessem o estudo de uma estrutura cristalina (PAULING, 1945). Foi com Dickinson que Pauling aprendeu a técnica de extrair informações confiáveis dos raios X. Dickinson determinou a estrutura cristalina de vários complexos de zinco, mercúrio, platina, paládio e se consagrou por ter sido o primeiro a determinar a estrutura de um composto orgânico por raios X (DICKINSON e RAYMOND, 1923).

Dickinson realizava suas análises com muito cuidado e produziu resultados bastante confiáveis, o que permitiu o avanço de Pauling na técnica de raio X (PAULING, 1945). Entretanto, Pauling não se prendeu a técnica, mas amparado pelo seu conhecimento químico, resultado talvez do grande interesse pela obra de Gilbert Lewis (1916 e 1923) sobre as ligações químicas, modificou a forma como realizava sua análise e não esperava o resultado obtido da difração dos raios X para propor a estrutura de um cristal (SERAFINI, 1989). Pela sua formação em Engenharia Química e pelo estudo da valência de cada elemento, pôde prever a organização dos átomos no espaço. Nos arriscamos em afirmar que essa mudança no método de análise, propondo uma estrutura cristalina antes daquela obtida por meio da interpretação da técnica de raios X, somente foi possível porque ele Pauling, além de conhecer os trabalhos de Lewis e Langmuir sobre a ligação química, teve sua formação em Engenharia Química e não apenas em Química.

Serafini (1989) em sua biografia afirmou que Pauling,

Adivinhava como a estrutura poderia ser e então, a organizaria para se encaixar nos outros dados. [...] Ele começava com um conjunto de suposições teóricas e depois as testaria contra seu conhecimento de química... Então, se ele estivesse fazendo

um sulfato, ele colocava um enxofre com quatro átomos de oxigênio ao redor sob um tetraedro e isso por si só, já restringiria muito as possibilidades (SERAFINI, 1989, p. 29-30).

Segundo a citação, Pauling possuía uma intuição química bastante perspicaz. Reforçamos que essa intuição foi desenvolvida pela base de estudos sobre os artigos de Lewis e Langmuir e por sua graduação em engenharia. O que nos direciona nesse momento para o interesse de Pauling na ligação química. Após os estudos de doutorado de Pauling, ele se viu envolvido em grandes questões relativas ao entendimento sobre o que permitiria a ocorrência da ligação química e viu na mecânica quântica uma possibilidade para desenvolver suas ideias. Iniciou-se então o processo via *CalTech* para uma bolsa de estudos na Europa e pediu a Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld (1868-1951) orientação para desenvolver seus estudos de pós-doutorado, buscando aplicar à nova física a interpretação do enlace químico entre os átomos. Após quase dois anos na Europa, retomou ao *CalTech* onde remodelou o estudo da química e definiu a natureza da ligação química (GONÇALVES-MAIA, 2016).

Na Europa teve contato com outros pesquisadores que refletiam sobre o átomo, a exemplo de seu próprio orientador em Munique. Embora tenha passado a maior parte do seu tempo junto de Sommerfeld, sua bolsa lhe permitiu ir a Copenhague no Instituto de Böhr e em Zurique, no laboratório de Erwin Schrödinger (1887-1961), sem ter encontrado com ele pessoalmente (GONÇALVES-MAIA, 2016). Munique era uma cidade da Alemanha propícia ao desenvolvimento da física teórica e da matemática, em virtude das possibilidades de diálogos permeadas pelo próprio Sommerfeld. Ele dialogava com todos aqueles grandes nomes da física teórica e com isso:

o fluxo incessante de informações através de Munique fez dela um centro nervoso para o campo em desenvolvimento. [...] Munique foi considerada um dos três centros mundiais para o estudo da física quântica, juntamente com o instituto de Böhr em Copenhague e o instituto de Born em Göttingen (HAGER, 1995, p. 112-113).

A citação fez referência também a importância das contribuições produzidas pelo instituto de Böhr no desenvolvimento da física quântica. Embora o trabalho de Niels Böhr não tenha influenciado diretamente nos estudos de Pauling, devido a relevância da produção do cientista e conforme influência das contribuições de Böhr e de seu instituto para o desenvolvimento dos estudos em relação a mecânica quântica, a seguir, vamos analisar uma parte da sequência de três artigos publicados por Niels Böhr no ano de 1913, realizando algumas ponderações importantes do terceiro trabalho de Böhr sobre o átomo, o qual, examinou também a molécula. Essa terceira abordagem nos interessa porque antes do trabalho de 1916 de Lewis, Niels Böhr foi mais adiante da estrutura atômica e avaliou a formação da molécula. Não abordaremos todo o artigo de Böhr,

apenas o início, o qual ele lançou as bases de como a ligação química deveria ser interpretada em sua nova perspectiva sobre o átomo.

Nessa terceira parte Böhr (1913) iniciou resumindo a principal contribuição dos seus contemporâneos a respeito do átomo e da molécula e colocou em pauta a influência dos elétrons para o vínculo entre os átomos. Vale ressaltar de antemão que, Heitler e London (1927) para a molécula de Hidrogênio, atribuíram a união dos átomos de Hidrogênio à energia de ligação, quando os elétrons pertencem simultaneamente aos dois Hidrogênios, movimentando-se constantemente entre eles.

Vejamos o ponto ressaltado por Böhr (1913):

A ideia principal usada nos artigos anteriores era que os átomos eram formados através da ligação sucessiva entre o núcleo e um número de elétrons, quase em repouso, inicialmente. Tal concepção, entretanto, não pode ser utilizada ao se considerar a formação de um sistema contendo mais de um núcleo; pois neste último caso, não haverá nada para manter os núcleos juntos durante a ligação dos elétrons. A esse respeito, pode-se notar que enquanto um único núcleo carregando uma grande carga positiva é capaz de ligar um pequeno número de elétrons, ao contrário, dois núcleos altamente carregados, obviamente, não podem ser mantidos juntos com a ajuda de alguns elétrons (BÖHR, 1913, p. 858.)

Com essa citação inicial do artigo, Böhr em 1913, possuía a concepção que a ligação química ocorria pela influência dos elétrons e que de algum modo, eram eles que prendiam os dois núcleos. Reconhecendo a importância do elétron para o enlace dos átomos, Böhr apontou para uma possível revolução do pensamento químico da ligação entre os átomos. Embora o artigo de Niels Böhr não tenha influenciado diretamente nos estudos de Linus Pauling, o contexto por ele abordado, alicerça o interesse pela compreensão da ligação química, justificando de certo modo, o trabalho posterior de Gilbert Lewis sobre a ligação química em 1916. Esse movimento, destaca a importância da viagem de Pauling para a Europa, berço do surgimento dessa reflexão. O contato de Pauling com essa nova realidade teórica foi de extrema importância para o entendimento da ligação química e permitiu que ele extrapolasse as ideias obtidas por meio das contribuições da nova física.

A sua base de esclarecimento residia nos trabalhos de dois físicos teóricos alemães Walter Heinrich Heitler (1904-1981) e Fritz London (1900-1954) sobre a ligação na molécula de hidrogênio, no âmbito da mecânica quântica. Pauling conheceu ambos e com eles discutira as novas ideias sobre ligação química, durante a sua estada em Zurique (GONÇAVES-MAIA, 2016, p. 28).

Ou seja, a citação assinalou que o conhecimento químico sobre a ligação entre os átomos, já estava sendo produzido por físicos na Europa. Heitler e London (1927), conforme veremos posteriormente dedicaram-se a molécula de hidrogênio, a entender o par de elétrons da molécula de hidrogênio e incorporaram nessa trajetória, a perspectiva da produção de Werner Heisenberg

(1901-1976) relacionada a troca de energia à medida que os elétrons se deslocam continuamente entre dois núcleos atômicos, na ligação química.

LINUS PAULING E AS POSSÍVEIS INFLUÊNCIAS DE SEUS CONTEMPORÂNEOS EM TORNO DA TEMÁTICA SOBRE AS LIGAÇÕES QUÍMICAS

A pesquisa de Pauling buscou então, ressignificar o que estava sendo produzido em termos da nova mecânica para o entendimento químico e desse modo, o trabalho de Heitler e London em 1927, que construíram a base para as propostas posteriores de Pauling, não pode ser deixado de lado. Destacamos aqui dois cientistas que trabalharam diretamente com Pauling, e as ideias por eles levantadas, possuíram grande influência sobre o trabalho posterior de Pauling sobre a natureza da ligação química.

Segundo Wilson (1977), foi o artigo de Heitler e London (1927) o ponto de partida para que, por meio da interpretação física do conhecimento atômico, Pauling em seus estudos sobre a nova mecânica acompanhado por Sommerfeld, pudesse associá-la à química. Davenport (1996) trouxe inclusive uma pequena citação que corrobora com a citação anterior. O autor destacou um fato que ocorreu com Pauling ao receber um artigo para avaliação. Ao receber o trabalho, foi questionado sobre a produção de Heitler e London a respeito da relevância do spin do elétron. O texto diz assim: “Tom Lippincott⁶ certa vez lhe enviou um papel para poder avaliar e questionava se, em 1927, Heitler e London estavam cientes do significado do spin do elétron. ‘Eles certamente estavam’, respondeu Pauling, ‘por acaso, na época eu estava lá.’” (DAVENPORT, 1996, p. 02)

Veja que a fala de Pauling corrobora com a importância dos seus estudos na Europa, que o colocou em contato direto com muitos físicos importantes⁷. Inclusive, “era o único químico do instituto de Sommerfeld e viu imediatamente que a nova física estava destinada a fornecer a base teórica para a compreensão da estrutura e do comportamento das moléculas” (DUNITZ, 1997, p. 226). Quando Pauling dirigiu-se a Zurique no último ano de sua bolsa, foram Heitler e London que o orientaram e na época trabalhavam com seu modelo quântico para a molécula de hidrogênio. Por meio da troca de lugares dos elétrons, permitiram a reinterpretção do “conceito de ressonância que Pauling logo exploraria com tanto sucesso”. (DUNITZ, 1997, p. 226)

⁶Tom Lippincott foi o editor chefe do Journal of Chemical Education entre os anos de 1966-1979.

⁷ Segundo Pacheco e Freitas-Reis (2020) independente da orientação que receberia em seus estudos, se capacitar na Alemanha em físico-química, poderia representar uma garantia de sucesso. Motivada pelo desenvolvimento industrial e químico, a Alemanha havia fechado o século XIX conquistando o mercado de corantes com a descoberta das novas técnicas de sínteses de compostos orgânicos. Pelo incentivo à formação de trabalhadores capacitados, as Universidades abriram suas portas ao financiamento privado permitindo que se desenvolvessem como grandes centros mundiais para o desenvolvimento da química, atraindo muitos jovens de várias nações (HAGER, 1995).

Heitler e London (1927) aplicaram um tratamento teórico (matemático) para uma molécula de hidrogênio “homopolar” (p. 455) com o objetivo de descrever, por meio da mecânica quântica, a formação da ligação química. O problema levava em consideração a ligação de dois átomos neutros de hidrogênio, ou seja, um sistema com dois núcleos e dois elétrons e buscavam soluções que evidenciavam o par compartilhado, descartando em seus cálculos as condições de ionização. Os autores chegaram à conclusão que há uma “probabilidade finita de o elétron de a [de um dos átomos de hidrogênio] pertencer ao átomo de b [o segundo átomo de hidrogênio da molécula H₂]” (HEITLER e LONDON, 1927, p. 461). Veja bem que o entendimento dessa probabilidade remete diretamente ao par compartilhado de Lewis, por intermédio da mecânica quântica.

Ou seja, agora, devido a importância dos aspectos da energia para a formação de uma molécula, temos a justificativa pautada nessa nova mecânica, para a proposta do compartilhamento eletrônico, proveniente das ideias intuitivas de Lewis que surgiram de um modelo de certo modo simples, em torno do átomo cúbico (LEWIS, 1916; LEWIS, 1923). Outro detalhe foi que os autores obtiveram uma expressão matemática que indicava a “frequência com que os dois elétrons são trocados em média [entre os dois átomos de hidrogênio]” (HEITLER e LONDON, 1927, p. 461) e evidenciaram que à medida que os átomos se distanciam, essa frequência de troca dos elétrons entre os núcleos diminui, ao que eles chamaram de “ressonância da mecânica quântica” (p. 461).

Segundo esse trabalho a ligação química entre os dois átomos é dependente da ressonância, da troca das posições dos elétrons entre os núcleos atômicos. Aqui nós temos um ponto principal para compreender a natureza da ligação química, pois a energia da ligação depende diretamente da ressonância do par entre os átomos ligados, ou seja, elétrons com a mesma energia “trocam suas posições”. (HEITLER e LONDON, 1927, p. 461)

Segundo Zhao *et al.* (2019), uma novidade que Heitler e London apresentaram em seu trabalho era que os elétrons na ligação poderiam interagir de dois modos específicos, em “combinações de fases” (p. 38) das funções de ondas eletrônicas sob forma de um efeito quântico favorável à ligação e uma segunda forma, antiligação, ao que ele chamou de “soluções antissimétricas⁸” (HEITLER e LONDON, 1927, p. 462). Esse desenvolvimento de Heitler e London permitiu que justificassem, com base nessas soluções antissimétricas, a não formação de uma molécula diatômica de um gás nobre: “Na interação de dois átomos de gases nobres no estado fundamental, a solução [para a função de onda] que corresponderia à formação de uma molécula, é na quântica, teoricamente proibida” (HEITLER e LONDON, 1927, p. 463).

⁸ Veja bem que isso foi apresentado porque Heitler e London evidenciaram em seus cálculos a sobreposição das funções de onda eletrônicas, ou seja, consideraram que os átomos de hidrogênio na molécula interagem a partir da combinação das fases das funções de onda, pela simetria delas e pela não simetria delas (Zhao *et al.*, 2019).

E necessariamente, de acordo com pesquisas anteriores como a de Böhr (1913) a estabilidade para a formação de um composto é atrelada ao abaixamento da energia total do sistema e segundo Heitler e London (1927), esse abaixamento ocorre pela troca de posição continuamente dos elétrons entre os átomos de hidrogênio. Os autores sugeriram que esse valor do abaixamento da energia potencial, é o responsável pela combinação que origina a molécula, justificando para isso que o valor da energia potencial envolvida no deslocamento simultâneo dos dois elétrons entre os átomos de hidrogênio, correspondia a energia da ligação. (HEITLER e LONDON, 1927; PAULING, 1928a)

À medida que testaram configurações de átomos de hidrogênios excitados numa investigação mais ampla, concluíram que a ligação homopolar entre os hidrogênios permite o maior abaixamento da energia: “Seria de esperar, encontrar com maior probabilidade uma molécula com dois átomos neutros” (HEITLER e LONDON, 1927, p. 471). Uma das conclusões que Heitler e London (1927) chegaram era que, as autofunções simétricas que justificavam a ligação química, só eram possíveis para o átomo de hidrogênio se os elétrons estiverem desemparelhados em seus respectivos átomos. Além de verificar também o spin dos elétrons na ligação, indicando que devem ser opostos.

Isto é, fora da ligação não há uma restrição do spin dos elétrons nos átomos de hidrogênio, porém para a ligação química “os dois elétrons devem, portanto, ter spins diferentes” (HEITLER e LONDON, 1927, p. 466). Em outras palavras, os autores, consideraram um sistema clássico de dois átomos de hidrogênio separados, sem vínculo, vibrando a uma frequência ν e posteriormente ao se associarem, se comparam “a dois sistemas clássicos, ambos vibrando com a mesma frequência ν , por exemplo, dois pêndulos”. (DUNITZ, 1997, p. 234)

Assim dizendo, a essa combinação em fase dos dois pêndulos, foi dada o nome de ressonância e como a frequência de vibração pode ir de um máximo a um mínimo quando eles se encontram ligados, essa variação de frequência de vibração foi interpretada como a “troca de direções de spin” (DUNITZ, 1997, p. 233). Por consequência, abordando a ligação química os autores afirmaram que, quando os elétrons da ligação para o hidrogênio possuem o mesmo spin, “não pode, portanto, levar à formação de moléculas [...], por assim dizer, vemos uma repulsão considerável que impede qualquer aproximação”. (HEITLER e LONDON, 1927, p. 467)

Por causa disso, temos o grande problema da proposta de Lewis para a ligação e podemos então, justificar o interesse de Pauling pela natureza da ligação química. Na proposta de Lewis há uma barreira teórica intransponível para a justificativa da formação da ligação do par compartilhado ou, conforme termo criado por Langmuir, da “ligação covalente” (LANGMUIR, 1920, p. 275), que era o entendimento da energia da ligação. Não basta ter deficiência de elétrons no último nível

quântico para a ligação ocorrer, mas no emparelhamento, além de um abaixamento de energia, deve ocorrer uma mudança nos spin dos elétrons para o favorecimento do vínculo entre os átomos.

Segundo o trabalho de Wilson (1977) “o tratamento [de Heitler e London] forneceu basicamente uma justificativa muito necessária para a descrição da ligação covalente de Lewis” (p. 17) e permitiu construir a base para as contribuições de Pauling. Para Pauling (1928b), Heitler e London em sua investigação teórica, alcançaram resultados “equivalentes” (f.01) à proposta de Lewis.

Em relação as contribuições de Linus Pauling para o entendimento da ligação química, embora nosso artigo não possua o objetivo de esclarecer suas ponderações para justificar o vínculo entre os átomos na ligação química, serão apresentados as principais contribuições publicadas numa série de sete artigos de nome *The Nature of the Chemical Bond* entre os anos de 1931 a 1933. A análise apresentada buscou obedecer a cronologia das publicações de Linus em relação ao entendimento da ligação química.

Pauling (1931a) em seus artigos estipulou regras que explicavam as ligações químicas sem apresentar as provas matemáticas que o conduziram em suas explicações. Além disso esclareceu sobre o que posteriormente seria chamado de orbital, bem como suas possíveis combinações para a estabilidade do Carbono em suas quatro ligações. Explicou os ângulos e geometrias destes compostos, esclareceu sobre a formação e o deslocamento espacial de ligantes em alguns complexos metálicos e apresentou uma análise geral sobre o magnetismo de algumas moléculas.

Pauling (1931b), segundo artigo publicado da série de sete artigos, dedicou-se a explicar a ligação química que poderia ocorrer com um único elétron ou com três elétrons, possibilidades plausíveis decorrentes da interpretação algébrica proveniente da mecânica quântica. Em sua discussão, Linus assumiu que para a molécula de H_2^+ o único elétron, possibilitava a união dos dois núcleos de mesma carga de H a partir de sua deslocalização constante entre os dois núcleos, chamada de “ressonância” (PAULING, 1931b, p. 3225). Algo análogo, foi considerado para a molécula formada pela união de três elétrons, no qual a ligação química seria o resultado da união de dois núcleos “idênticos ou quase idênticos” (PAULING, 1931b, p. 3229) e atribuiu a justificativa para o magnetismo encontrado na molécula de O_2 , por meio desse tipo de ligação.

No terceiro artigo de Pauling (1932a), ele buscou esclarecer pela mecânica quântica, a transição entre um sistema de ligação iônica, para outro de ligação covalente. Os passos de Pauling foi definir num primeiro momento a ligação puramente iônica e a ligação do par de elétrons, para a partir desses conceitos concluir que essa mudança dependia do arranjo espacial, das energias de ligação e da eletronegatividade. Concluiu que a transição ocorria por meio de estados ressonantes de energia das ligações e alguns desses estados favoreciam mais uma ligação do que outra. Em

seu quarto artigo, Pauling (1932b) apresentou o conceito e uma escala de eletronegatividade que influenciava diretamente no vínculo entre os átomos na ligação química, levando a interpretação da natureza da ligação química, se iônica ou covalente, para muitos compostos. A eletronegatividade era definida por Pauling pela “adição de um termo iônico na função de onda da ligação covalente” (PAULING, 1932b, p. 3571), quando dois átomos diferentes, um mais eletronegativo que o outro, estavam ligados. Isso levou à compreensão da eletronegatividade como a probabilidade que um átomo possui de atrair o par de elétrons da ligação covalente.

Os próximos três artigos sobre a Natureza da ligação química foram escritos em coautoria com outros pesquisadores. No quinto artigo de Pauling (1933a) os autores aplicaram a teoria de ressonância para o entendimento das possíveis formas espaciais do benzeno e naftaleno. Em seus modelos para o benzeno, Pauling afirmou: “pode-se dizer que todas as estruturas baseadas em um arranjo plano hexagonal dos átomos [...] desempenham um papel [...]. É a ressonância entre essas estruturas que confere à molécula suas propriedades aromáticas peculiares” (PAULING, 1933a, p. 365). Para o naftaleno, aplicou a mesma matemática e seus conhecimentos da mecânica quântica e concluiu que a estrutura do naftaleno também estava em ressonância entre todas as conformações possíveis calculadas.

No sexto artigo de Pauling (1933b) foram utilizados dados termoquímicos sobre a energia da ligação e sua compreensão da ressonância para explicar a estrutura de muitos compostos. Dividiu os compostos em dois grupos: aqueles que as estruturas relacionadas as ligações de valência, coincidiam com as previsões calculadas e aqueles que as estruturas coincidiam com as previsões em termos da teoria de ressonância. No último artigo da série Pauling (1933c), foi aplicado o aporte teórico desenvolvido pela mecânica quântica a outras moléculas ainda não evidenciadas nos trabalhos anteriores. A novidade que podemos afirmar desse último trabalho de Linus, foi o cálculo da energia de ressonância em sistemas conjugados⁹ o que comprovou a estabilidade das moléculas que possuíam essa característica em decorrência das suas ligações de valência.

Com o intuito apenas de situar o leitor sobre o trabalho de Lewis (1916), ele determinou que os elétrons em um átomo localizavam-se nos vértices de conchas cúbicas, nas quais, por meio do emparelhamento eletrônico, estabilizavam-se, alcançando como resultado, o preenchimento dos oito vértices do cubo. Nessa perspectiva Lewis observou que o “grupo dos oito” (LEWIS, 1916, p. 768) apontava para a estabilidade dos elementos, à medida que os gases nobres se encontravam livres, sem combinações com oito elétrons na concha cúbica mais externa. Além disso mostrou que a unidade fundamental para a estabilidade atômica era a formação do par de elétrons compartilhado

⁹ Em um sistema conjugado, os elétrons estão livres para se deslocarem. Para que ocorra devemos encontrar na molécula a distância de “uma ligação simples entre as ligações duplas ou triplas” (MARTINS, SUCUPIRA e SUAREZ, 2015, p. 1515)

entre dois átomos: “as moléculas são mantidas unidas apenas pelos pares de elétrons que são mantidos juntos pelos átomos componentes” (LEWIS, 1916, p. 781).

Aqui vale mais uma contribuição de Heitler e London (1927) nesse sentido, segundo eles “às forças atrativas que levam à formação das moléculas homopolares, cessam assim que a valência química existente, é saturada” (p. 468). Em outras palavras, o que Heitler e London escreveram foi que, à medida que ocorre o preenchimento do número de elétrons máximos nos átomos, não há mais formação de ligações entre eles. Essa citação corrobora em muito com a previsão de Lewis apresentada, porque a saturação escrita por Heitler e London, pode ser a formação do par de elétrons compartilhado. Lewis com seu “átomo cúbico” (LEWIS, 1916, p. 767) apresentou um modelo para o átomo com o qual se localizavam os elétrons da camada de valência nos vértices de cada cubo. Daí por diante, há o emparelhamento de um elétron, dois e no máximo três elétrons que realizariam três ligações independentes e a ligação corresponderia ao par de elétrons (LEWIS, 1916; PACHECO e FREITAS-REIS, 2020). Após essa publicação, Lewis parou de pesquisar a ligação química devido a sua ocupação na Primeira Guerra, conforme o trabalho do Pacheco e Freitas-Reis (2020).

A partir dessas ideias Pacheco e Freitas-Reis (2021) refletiram sobre o desdobramento da teoria do par de elétrons de Lewis, na produção de Pauling. Os autores confirmaram a dependência da proposta de Pauling, ainda que este, tenha utilizado um grande aporte matemático para esclarecer a teoria do par de elétrons de Gilbert Lewis. Nos arriscamos a afirmar que independente da teoria abordada, a interpretação da ligação como o par de elétrons pode até ter suas exceções, mas em Pauling por meio de seus estudos decorrentes do seu pós-doutorado, será apenas confirmada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto ao longo do nosso artigo, destacamos a importância do contexto familiar, como justificativa para a aproximação de Pauling às ciências. Vimos a relevância da influência do pai, Hermann, para o desenvolvimento estudantil do menino, à medida que Linus teve contato com a produção farmacêutica de seu pai na loja que pertencia a família. Destacamos ainda o desejo de Pauling, ainda menino, pela leitura e a importância que Hermann dava a isso, conforme carta escrita por ele ao jornal local, pedindo sugestões e orientações de livros para saciar o hábito de ler do filho.

Quando adolescente, chamamos atenção para a visita a casa de um amigo para conhecer o laboratório caseiro que havia construído. Em concordância com o próprio Pauling, esse contato fez o garoto tornar-se um químico desde então. Como na região que morava a faculdade oferecida pelo

Oregon Institute era a faculdade de engenharia química, o jovem matriculou-se no curso e seguiu sua caminhada acadêmica tendo que trabalhar para manter sua casa e seus estudos.

Nessa trajetória, merece destaque um professor da faculdade que conseguiu para o jovem estudante uma bolsa de estudos, que tornou Pauling assistente da disciplina de química analítica. Ou seja, por influência de um docente, Pauling conseguiu se manter em sua caminhada estudantil. Não podemos deixar de lado também que, nesse período, o estudante conheceu sua futura esposa, a qual foi sua companheira por toda a vida e sempre esteve ao seu lado, tanto em sua graduação, como em sua pós-graduação, dentro dos Estados Unidos e fora dele, na Alemanha.

Ainda nessa perspectiva, trilhando o caminho sem volta de Pauling às ciências química, merece valia a influência dos trabalhos de Lewis e Langmuir para que o jovem estudante pudesse se aproximar das questões por trás da ligação química, como a distância entre os átomos e a energia necessária para o vínculo criado entre eles. Isto lhe fez, por acaso do destino, ser aceito no CalTech, sob orientação de um grande cristalógrafo americano, Roscoe Dickinson, o qual o ensinou a arte de identificação da estrutura de cristais, o que fomentou ainda mais o interesse do estudante para o entendimento da natureza da ligação química.

Por fim, ao se mudar para a Alemanha, sob orientação em grande parte de Sommerfield, Pauling compreendeu a nova mecânica que o abasteceu de informações e capacitou o aprendiz para se aprofundar no entendimento da ligação química. Nesse contexto, conheceu de perto dois pesquisadores que potencializaram seus estudos a citar o contato com Heitler e London que trabalhavam na época com a interpretação da ligação química que ocorria na formação da molécula de hidrogênio.

Ao longo do texto, isso foi comprovado por uma carta que reforçou as contribuições anteriores de Lewis sobre a ligação. Vale destacar que segundo a produção de Gilbert Lewis, a ligação química era consequência de uma quantidade inferior de elétrons que todos os átomos, com exceção dos gases nobres, possuíam e segundo a interpretação de Pauling, a base sustentada pela mecânica quântica relacionava-se a energia do sistema após a ligação química e essa, não necessariamente dependia do par de elétrons.

Outro ponto que merece destaque, é que o coletivo teve grande influência na vida do grande pesquisador Linus Pauling. Desde seu pai, toda a problemática que envolvia o sustento de sua casa e a dependência de sua mãe, um amigo, um professor em sua graduação, o trabalho de Lewis e Langmuir, a orientação de Dickinson e o tempo que passou na Alemanha para aprender a nova física e aplicá-la a química, sendo talvez, o primeiro químico da sua época que, com êxito, conseguiu relacionar as duas ciências, a física quântica e a química para a compreensão da ligação entre dois átomos.

Visto a importância do entendimento das ligações químicas para a compreensão da Química, sugere-se mais pesquisas que retomem a construção coletiva desse conhecimento e recordem a concepção dos cientistas anteriores ao século XIX, bem como os contextos que os motivaram apesar de todas as diversidades que possam ter surgido em suas jornadas. Tais pesquisas podem potencializar o entendimento sobre a natureza e contribuir para a compreensão de teorias e regras fundamentais das ciências.

REFERÊNCIAS

- BELTRAN, M. H. R. História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares. **Abakós**, PUC Minas, v. 1, n. 2, p. 67-77, 2013.
- BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F. e TRINDADE, L. S. P. **História da Ciência para Formação de Professores**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- BÖHR, N. On the Constitution of Atoms and Molecules. Part. III – Systems containing several nuclei. **Philos. Mag.**, Londres, v. 26, n. 151, p. 857-875, 1913.
- CORRÊA, S. F. e MALAQUIAS, I. História da Ciência e ensino de física através de uma oficina em história em quadrinhos. **Research, Society and Development**, Universidade Federal de Itajubá, v. 11, n. 13, p. 1-12, 2022.
- COFFEY, P. **Cathedrals of Science – the personalities and rivalries that made modern chemistry**. New York: Oxford University Press, 2008.
- DAVENPORT, D. A. A Tribute to Linus Carl Pauling. **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 73, n. 01, p. 2, 1996.
- DICKINSON, R. G. e RAYMOND, A. L. The Crystal Structure of Hexamethylene-Tetramine. **J. Am. Chem. Soc.**, Washington DC, v. 45, n. 1, p. 22-29, 1923.
- DUNITZ, J. D. **Linus Carl Pauling: 1901-1994**. Washington D.C.: National Academy of Sciences, 1997.
- FIRMAN, J. A. A.; SANTANA, S. C. R. e RAMOS, M. L. A Importância da Família Junto à Escola no Aprendizado Formal das Crianças. **Colloquium Humanarum**, Universidade do Oeste Paulista, v. 12, n. 03, p. 123-133, 2015.
- FREITAS, H. W. S.; SAMPAIO, C. G. e BARROSO, M. C. S. Metodologias para o ensino de ligações químicas na educação básica: uma revisão sistemática de literatura. **Research, Society and Development**, Universidade Federal de Itajubá, v. 11, n. 08, p. 1-9, 2022.
- GONÇALVES-MAIA, R. **Pauling**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.
- HAGER, T. **Force of Nature: the life of Linus Pauling**. New York: Simon & Schuster, 1995.
- HEITLER, W. e LONDON, F. Wechselwirkung neutraler atome und homöopolare bindung nach der quantenmechanik. **Zeitschrift für Physik**, Berlin, v. 44, n. 06, p. 455-472, 1927.

LANGMUIR, I. The octet theory of valence and its applications with special reference to organic nitrogen compounds. **Journal of the American Chemical Society**, Washington DC, v. 42, n. 2, p. 274-292, 1920.

LEWIS, G. N. The Atom and the Molecule. **J. Am. Chem. Soc.**, Washington DC, v. 38, n. 04, p. 762-785, 1916.

LEWIS, G. N. **Valence and the Structure of Atoms and Molecules**. New York: American Chemical Monograph Series, 1923.

MACHADO, A. C.; FERNANDES, C. D. M. ; PEREIRA, A. M. P.; SOUZA, E. S.; RUFINO, M. V. M. e OLIVEIRA, E. N. S. Avaliação de Aprendizagem no Ensino Superior. **Research, Society and Development**, Universidade Federal de Itajubá, v. 10, n. 06, p. 1-13, 2021.

MARTINS, L. AC. P. M. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. **Ciência & Educação**, Unesp, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, G. B. C.; SUCUPIRA, R. R.; SUAREZ, P. A. Z. A Química e as Cores. **Revista Virtual de Química**, Universidade de São Paulo, v. 7, n. 4, p. 1508-1534, 2015.

OKI, M. C. M. e MORADILLO, E. F. O Ensino de História da Química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência & Educação**, Unesp, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

OLIVEIRA, D. E. S. D.; SUZUKI, A. C.; PAVINATO, G. A. e SANTOS, J. V. L. A Importância da Família para o Desenvolvimento Infantil e para o Desenvolvimento da Aprendizagem: um estudo teórico. **Intr@ciência Revista Científica**, Faculdade do Guarujá, ed. 19, p. 1-8, 2020.

PACHECO, L. L. e FREITAS-REIS, I. **A Delicada Tessitura da Teoria do Par Compartilhado**. Curitiba: Editora Brazil Publishing, 2020.

PACHECO, L. L. e FREITAS-REIS, I. Influência do átomo cúbico e do par compartilhado de lewis para a proposta de pauling a respeito da ligação química... *In*: Anais do 20º Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ Pernambuco). **Anais...Recife(PE) UFRPE/UFPE**, 2020. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/ENEQPE2020/245460-INFLUENCIA-DO-ATOMO-CUBICO-E-DO-PAR-COMPARTILHADO-DE-LEWIS-PARA-A-PROPOSTA-DE-PAULING-A-RESPEITO-DA-LIGACAO-QUIMI>. Acesso em: 08 abr. 2023.

PATTERSON, G. **Preceptors in Chemistry**. Washington, DC: American Chemical Society, 2018.

PAULING, L. C. The Shared-Electron Chemical Bond. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, Oxford University, v. 14, p. 359-362, 1928a.

PAULING, L. C. [**Correspondência**] 07 de março de 1928b, Pasadena, Califórnia [para] LEWIS, G.N. Berkeley, Califórnia, 1f. Sobre recentes e futuros trabalhos, bem como de suas principais ideias. Disponível em: <http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/bond/corr/corr216.1-lp-lewis-19280307.html>. Acesso em: 18 nov. 2022.

PAULING, L. C. The Nature of the Chemical Bond. Applications of Results Obtained from the Quantum Mechanics and from a Theory of Paramagnetic Susceptibility to the Structure of Molecules. **Journal of the American Chemical Society**, Washington DC, v. 53, p. 1367-1400, 1931a.

PAULING, L. C. The Nature of the Chemical Bond. II. The One-Electron Bond and the Three-electron Bond. **Journal of the American Chemical Society**, Washington DC, v. 53, p. 3225-3237, 1931b.

PAULING, L. C. The Nature of the Chemical Bond. III. The Transition From One Extreme Bond Type to Another **Journal of the American Chemical Society**, Washington DC, v. 54, p. 988-1003, 1932a.

PAULING, L. C. The Nature of the Chemical Bond. IV. The Energy of Single Bonds and the Relative Electronegativity of Atoms. **Journal of the American Chemical Society**, Washington DC, v. 54, n. 9, p. 3570-3582, 1932b.

PAULING, L. C. The Nature of the Chemical Bond. V. The Quantum-Mechanical Calculation of the Resonance Energy of benzene and Naphthalene and the Hydrocarbon Free Radicals. **Journal of Chemical Physics**, v. 1, p. 362-374, 1933a.

PAULING, L. C. The Nature of the Chemical Bond. VI. The Calculation from Thermochemical Data of the Energy of Resonance of Molecules Among Several Electronic Structures. **Journal of Chemical Physics**, v. 1, p. 606-617, 1933b.

PAULING, L. C. The Nature of the Chemical Bond. VII. The Calculation of Resonance Energy in Conjugated Systems. **Journal of Chemical Physics**, v. 1, n. 10, p. 679-686, 1933c.

PAULING, L. C. Roscoe Gilkey Dickinson 1894-1945. **Science**, Washington DC, v. 102, n. 2644, p. 216, 1945.

PAULING, L. C. Entrevista de Linus Pauling [Entrevista concedida a] JOHN HEILBRON. **Niels Bohr Library & Archives - American Institute of Physics**, College Park, 1964. Disponível em: www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/3448. Acesso em: 10 nov. 2022.

SERAFINI, A. **Linus Pauling: a man and his science**. New York: Paragon House, 1989.

VOS, S. Linus Pauling American Hero. **ChemMatters**, Washington DC, p. 07-10, 2007. Disponível em: <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/resources/highschool/chemmatters/articlesbytopic/bonding/chemmatters-oct2007-linus-pauling.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

WHITE, F. M. **Linus Pauling, scientist and crusader**. New York: Walker and Company, 1980. Disponível em: <https://archive.org/details/linus-pauling-scientist-and-crusader-by-florence-meiman-white-z-lib.org>. Acesso em: 10 nov. 2022.

WILSON, E. B. Impact of the Heitler-London hydrogen molecule paper on chemistry. **International Journal of Quantum Chemistry**, New York, v. 12, s. 11, p. 17-28, 1977.

ZHAO, L.; SCHWARZ, W. H. E. e FRENKING, G. The Lewis Electron-Pair Bonding Model: the physical background one century later. **Nature Reviews: Chemistry**, London, v. 3, p. 34-47, 2019.