



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

**ANÁLISE DA COMPREENSÃO DE ESTUDANTES SOBRE ELEMENTO QUÍMICO
A PARTIR DE RELAÇÕES IDENTIFICADAS COM ZONAS DO PERFIL
CONCEITUAL DE ÁTOMO**

KLEBSON NELSON DA SILVA

RECIFE
MAIO/2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

**ANÁLISE DA COMPREENSÃO DE ESTUDANTES SOBRE ELEMENTO QUÍMICO
A PARTIR DE RELAÇÕES IDENTIFICADAS COM ZONAS DO PERFIL
CONCEITUAL DE ÁTOMO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências na Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

KLEBSON NELSON DA SILVA

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Edenia Maria Ribeiro do Amaral

RECIFE

MAIO/2024

Dados Internacionais de Catalogação
na Publicação Universidade
Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos
pelo(a) autor(a)

S586a Silva, Klebson Nelson da
ANÁLISE DA COMPREENSÃO DE ESTUDANTES SOBRE ELEMENTO QUÍMICO A PARTIR
DE RELAÇÕES IDENTIFICADAS COM ZONAS DO PERFIL CONCEITUAL DE ÁTOMO / Klebson
Nelson da Silva. - 2024.
119 f. : il.

Orientadora: Edenia Maria
Ribeiro do Amaral. Inclui
referências, apêndice(s) e
anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, , Recife, 2024.

1. Átomo. 2. Elemento químico. 3. Perfil conceitual. 4. Relação entre conceitos. I. Amaral, Edenia
Maria Ribeiro do, orient. II. Título

CDD

KLEBSON NELSON DA SILVA

**ANÁLISE DA COMPREENSÃO DE ESTUDANTES SOBRE ELEMENTO QUÍMICO
A PARTIR DE RELAÇÕES IDENTIFICADAS COM ZONAS DO PERFIL
CONCEITUAL DE ÁTOMO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências na Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Prof^a. Dr^a. Edenia Maria Ribeiro do Amaral (Orientadora)

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Roberto Ratis Tenório da Silva (Membro Externo)

Prof^a. Dr^a. Ruth do Nascimento Firme (Membro Interno)

Resultado: _____

Data: ____/____/____

A Esperança de tempos promissores para as crianças;

Miguel, meu sobrinho do coração;

Cristiano e Pietro meus sobrinhos.

AGRADECIMENTOS

Eu quero falar palavras de agradecimento,
Primeiro a Deus, meu fortalecimento,
A nossa senhora, o amparo e contentamento,
Durante as dúvidas sobre o conhecimento.

Com muito sentimento, agradeço a interiorização,
Que proporciona mudança do Agreste ao Sertão,
Fenômeno de alegria, a tal democratização,
Que espalha as boas marcas da educação.

Presidente Lula, agradeço ao senhor,
Que centros universitários fundô,
E permitiu família de agricultor, com ensino superior,
Querendo ser mestre e até mesmo Doutor.

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), ampliada para o Centro do Agreste em 2006. Local que cursei minha graduação em Química-Licenciatura durante 2015 a 2021, sendo minha turma a primeira que completou o quantitativo de vagas, pela facilitação do processo de ingresso pelo SISU, durante o governo golpeado da presidenta Dilma Rousseff.

Um grande agradecimento aos cientistas e pesquisadores que marcaram o início do período de esperança perante a grande turbulência enfrentada pela humanidade na pandemia por Covid-19. Em especial, a cientista Jaqueline Goes de Jesus que integra o grupo responsável pelo sequenciamento do vírus da covid-19, viabilizando a vacina e possibilitando os encontros presenciais com mais segurança.

Mediante essas condições não posso esquecer de agradecer aqueles que tornaram o processo de estudo menos turbulento, aos amigens lights, neutrers, veganers, webercelebers, softers, bebês abafantes, barbarizadores, apocalípticos que o PPGEC me proporcionou: Adriana, Geany, Jailson, Marcelo baiano, Manoel Neto e a nossa matriarca Simone, por criamos uma rede de

apoio com muita razão e pouca emoção, afinal evitamos nos envolver em polêmicas (piada interna).

Agradecimento especial à Tais e Carla Andreane, que me levaram a realizar as primeiras produções acadêmicas como também com minhas irmãs Kilma e Camilla, em maravilhosas parcerias levando-me a imersão no conhecimento do campo da pesquisa acadêmica. Uma forte lembrança a Isabela, nossa voz braba da razão.

Às pessoas do mundo acadêmico: Edenia S2 por sua imensa bondade e cuidados, João Tenório pela parceria de sempre, aos professores incríveis do PPGEC representados na pessoa do profa. Ruth que compuseram a banca de defesa dessa dissertação. A Kassielly pela importante ajuda nas questões do comitê de ética.

Agradeço aos grupos de pesquisa fundamentais nas discussões e reflexões sobre os saberes e sabores da academia: NUPEDICC da UFRPE, na pessoa de Edenia Maria Ribeiro do Amaral; NUPACC da UFPE na pessoa de João Roberto Ratis Tenório da Silva.

Aos demais amigos e colegas pela força.

Aos familiares pelos momentos partilhados de sempre.

Ao Cabo de Santo Agostinho, colegas e amigos das escolas que trabalhei durante esse período. Atualmente como representantes Paulo, Joyce, Cibele e Ivanildo.

Agradeço à instituição de fomento FACEPE pelo subsídio para melhores condições financeiras para cursar o mestrado.

A CAPES pela organização dos programas de pós-graduação, ao CNPQ e ao PPGEC.

P.S. é possível ter esquecido alguém, mas o sentimento é de gratidão S2.

*“O passado é história, o futuro é mistério, o
agora é uma dádiva e por isso se chama
presente”*

(Filme – Kung Fu Panda).

RESUMO

Historicamente, os conceitos de átomo e elemento químico apresentam uma relação de sentidos e significados mediante as teorias dos elementos primordiais/princípios e a atomista. Mesmo sabendo que “elemento” tinha um significado diferente do que compreendemos atualmente, essas discussões ajudaram e ajudam a compreender aspectos da matéria na atualidade. Somente no século XVIII, Lavoisier apresentou uma distinção entre esse conceito e o de substância simples, uma confusão recorrente até mesmo nos dias atuais. Desse modo, o trabalho tem como objetivo: Analisar a compreensão de licenciandos em química sobre elemento químico, a partir da relação entre as diferentes formas de pensar e modos de falar o conceito de átomo, quando estão engajados com diferentes instrumentos de pesquisa. Este objetivo principal se desdobra em outras intenções de pesquisa, tais como: identificar significados e sentidos atribuídos ao conceito átomo por licenciandos da disciplina de História da Química; identificar significados e sentidos atribuído ao conceito de elemento químico por licenciandos da disciplina de História da Química; relacionar compromissos implicados nos modos de pensar elemento químico com as zonas do perfil conceitual de átomo ao longo das interações com diferentes instrumentos de pesquisa.. Para isso, foram considerados pressupostos da Teoria dos Perfis Conceituais e relações entre sentidos e significados estabelecidas nos diálogos em sala de aula, com estudantes da licenciatura em química na disciplina de história da química, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, a partir de diversos recursos de pesquisa, que proporcionaram componentes constitutivos no processo de análise. Desse modo, foi adotada uma metodologia qualitativa que proporciona uma análise na ampliação dos conceitos, daí para registro dos dados foi utilizada a audiogravação e registros escritos em questionários, durante a sequência didática desenvolvida em três momentos. Com isso, as gravações dos áudios com as interações discursivas, foram transcritas para análise em turnos as respostas dadas aos questionários digitalizadas para um melhor entendimento, assim esse conjunto de informações forneceram a base de dados coletados. Com o intuito de analisar as convergências e dissonâncias dos diferentes modos de pensar sobre elemento químico e átomo, bem como a importância para o processo de aprendizagem dos participantes, usamos as categorias “interações e intervenções do professor” da ferramenta analítica proposta por Scott e Mortimer (2012), para explicitar a dinâmica dos dados coletados. Os resultados demonstram uma relação entre os conceitos de átomo e elemento químico em três percepções diferentes, a primeira intitulada “Átomo e o elemento químico são a mesma entidade química” em que há o mesmo entendimento intuitivo para os conceitos, a segunda nomeada como “Átomo e elemento químico são uma representação” quando tratam essas ideias ligadas a noção de substância química e a terceira organização denominada “Átomo e elemento químico em uma mudança ontológica” quando são compreendidos de forma abstrata. Demonstrando diferentes visões de mundo apresentadas pelos licenciandos que já fizeram parte de discussões históricas, bem como questões conceituais mais atuais, que forma possíveis porque ocorreram em meio a um ambiente acadêmico com estudantes da graduação, demonstrando uma necessidade de melhor ampliação da abordagem dos conceitos estruturantes ainda na educação básica.

Palavras chaves: Átomo. Elemento químico. Perfil conceitual. Relação entre conceitos.

ABSTRACT

Historically, the concepts of atom and chemical element present a relationship of senses and meanings through the theories of primordial elements/principles and the atomist. Even knowing that "element" had a different meaning from what we understand today, these discussions have helped to understand aspects of the matter anytime. In the eighteenth century, Lavoisier presented a distinction between the element and simple substance concepts, a recurring confusion even in nowadays. Thus, this work aims to: Analyze the understanding of preservice teachers of chemistry about chemical element, from the relationship between the different ways of thinking and ways of speaking the concept of atom, when they are engaged in different activities, in chemistry lessons. This main objective unfolds into other research intentions, such as: to identify meanings and senses attributed to the concept atom by undergraduate students of the History of Chemistry module; to identify meanings and senses attributed to the concept of chemical element by undergraduate students of the History of Chemistry module; To relate the commitments implied in the ways of thinking about the chemical element with the zones of the conceptual profile of the atom throughout the interactions with different research instruments. For this, assumptions from the Theory of Conceptual Profiles and relations between senses and meanings expressed by preservice teachers of chemistry in classroom dialogues in a module of the course for formation of chemistry teachers, at Federal Rural University of Pernambuco were considered, based on various research resources, which provided constitutive components in the analysis process. Thus, a qualitative methodology was adopted that provides an analysis in the expansion of the concepts, hence for data recording was used the audio recording and written records in questionnaires, during the didactic sequence developed in three moments. The audio recordings with the discursive interactions were transcribed for analysis, and answers given to the questionnaires were organized for a better understanding and analysis, thus this set of information provided the collected database. To analyze the convergences and dissonances of the different ways of thinking about the chemical element and the atom, as well as the importance for the learning process of the participants, we used the categories "teachers' intentions" and "teachers' interventions" from the analytical tool proposed by Scott and Mortimer (2012), to explain the dynamics of the discursive interactions in classroom. The results demonstrate a relationship between the concepts of atom and chemical element in three different perceptions, the first entitled "Atom and the chemical element are the same chemical entity" in which there is the same intuitive understanding for the concepts, the second named "Atom and chemical element are a representation" when they deal with these ideas linked to the notion of chemical substance and the third conception called "Atom and chemical element related to ontological change" when they are understood in an abstract way. Demonstrating different worldviews presented by the undergraduates who have already been part of historical discussions, as well as more current conceptual issues, which were possible because they occurred during an academic environment with undergraduate students, demonstrating a need for a better expansion of the approach to structuring concepts still in basic education.

Keywords: Atom. Chemical element. Conceptual profile. Conceptual relations.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
OBJETIVOS.....	15
OBJETIVO GERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
1.1 ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE A ESTRUTURA DA MATÉRIA	17
1.1.1 Estrutura da matéria: breve histórico sobre o desenvolvimento do conceito de átomo	18
1.1.2 Estrutura da matéria: breve histórico sobre o desenvolvimento do conceito de elemento químico	25
1.2 TEORIA DOS PERFIS CONCEITUAIS.....	29
1.2.1 Perfil conceitual de átomo	33
2 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	42
2.1 NATUREZA DA PESQUISA.....	42
2.2 CONTEXTO E PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	42
2.3 ETAPAS, PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....	43
2.3.1 Instrumentos de pesquisa	44
2.4 ANÁLISE DOS DADOS DE PESQUISA	47
2.5 CUIDADOS ÉTICOS NA PESQUISA.....	51
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
3.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO 01 (AULA 01)	53
3.1.1 Análise de respostas dos licenciandos sobre átomo a partir de zonas do perfil conceitual de átomo	54
3.1.2 Sentidos e significados para elemento químico identificados nas respostas dos graduandos ao questionário 01	61
3.1.3 Relação entre os sentidos e significados para o conceito de elemento químico e zonas do perfil conceitual de átomo a partir do questionário 01	65
3.2 ANÁLISES DE INTERAÇÕES DISCURSIVAS EM SALA DE AULA (AULA 02). 70	
3.3 ANÁLISES DE INTERAÇÕES DISCURSIVAS EM SALA DE AULA (AULA 03). 80	
3.3.1 Relação entre os sentidos e significados para o conceito de elemento químico e zonas do perfil conceitual de átomo a partir do questionário 02	85
3.3.2 Relações entre os conceitos de átomo e elemento químico	90
4 REFLEXÕES CONCLUSIVAS DA PESQUISA.....	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXOS	101

APÊNDICES	108
-----------------	-----

INTRODUÇÃO

O ensino de química é frequentemente associado com fórmulas, respectivas resoluções, experimentações para comprovação de leis distintas, tendo como principal característica aulas somente expositivas sem ampla exploração aos estímulos de desenvolvimento do conhecimento científico. Com isso, os conceitos científicos ensinados nessas abordagens, apresentam limitações em sua compreensão, por não serem explorados de maneiras ampla em suas formas de falar e modos de pensar.

Nesse sentido, Freitas (2018) identificou que as abordagens didáticas mais utilizadas, para estudos que envolvem o conceito de elemento químico, estão sempre associadas com a tabela periódica e suas propriedades. Mas, quando se fala em isótopos é feita uma relação com a energia nuclear ou radioatividade e quando se estuda átomos a relação é direta com percepção evolutiva/linear dos modelos atômicos.

Essa situação presente em aulas de química, pode demonstrar aspectos relevantes sobre a aprendizagem de conceitos científicos, possibilitando uma percepção limitada sobre a natureza dos conteúdos discutidos em aula. Isso tudo pode advir de reflexos dos modelos de ensino adotados na formação inicial dos professores de química, uma vez que os diversos conceitos da natureza da ciência são trabalhos (ou deveriam ser) durante todo o curso. Essa questão pode ser refletiva mediante a evolução das licenciaturas, que ainda apresentam muitos dos problemas desde sua elaboração (Vianna; Aydos; Siqueira, 1996).

Mesmo avançando em muitas questões, ainda persistem problemas relacionados a remuneração dos profissionais, a segurança, infraestrutura e salubridade do ambiente de trabalho. O que acaba sendo refletido nas concepções epistemológicas do “ser” docente, por existir possíveis influências das ideias dos professores formadores, no aprendizado dos professores em formação (Silva, W.; Carneiro, 2021).

O interesse pelo objeto de pesquisa surge com estudos realizados durante o período que cursei a graduação de química-licenciatura, na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE - Centro Acadêmico do Agreste). Mediante inquietações ao tentar compreender aspectos da natureza da ciência química, implicados nos conceitos científicos, para ajudar-me em uma aprendizagem mais ampla sobre os conteúdos das disciplinas. Com isso, foi proporcionado estudos sobre os aspectos da história e filosofia da ciência, no grupo de pesquisa NUPACC (Núcleo de pesquisa e aprendizagem de conceitos científicos), em paralelo com o curso superior.

Escolhendo o conceito de elemento químico, para especificar os estudos, resultando em um resumo expandido para o XIX Encontro Nacional de Ensino de Química (Silva, K.; Santos

e Silva, J., 2018), que ocorreu na cidade de Rio Branco – Acre. Posteriormente, uma pesquisa do tipo estado do conhecimento, (Silva, K.; Silva, J., 2019), para V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales evento que ocorreu na cidade de La Plata – Argentina.

O que proporcionou o interesse de realizar uma sequência de ensino e aprendizagem para categorizar os diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de elemento químico, implicados em compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos para o trabalho de conclusão da graduação. Mas, não ocorreu devido o cenário catastrófico da pandemia por covid-19, que impossibilitou a interação social, além das diversas situações que as instituições escolares precisaram enfrentar nesse período.

Daí foi realizado um questionário online, para identificar compromissos epistemológicos nas respostas de estudantes de um curso de graduação em química-licenciatura, como Trabalho de Conclusão de Curso (Silva, K., 2021; Silva, K.; Silva, J., 2023). Todo esse desenvolvimento encaminhou ideias para o projeto de dissertação, buscando na teoria dos perfis conceituais uma maneira de relacionar o conceito de elemento químico com outros aspectos científicos e as relações com o conceito de átomo.

A teoria dos perfis conceituais, está baseada na organização de ideias sobre determinado conceito, o que possibilita a identificação das diversas formas de falar, mediante o que é exposto nos aspectos da linguagem e ajuda a compreender o pensamento em seus diferentes modos. Os conceitos são “parte da linguagem natural ou de sistemas de conhecimento” (Mortimer; Scott; El-Hani, 2011, p. 11). Por serem mais utilizados em determinada área do conhecimento, em nosso caso no ensino de química, por apresentarem significados distintos demonstrando aprendizagem em sua compreensão.

Dentre diversas abordagens que envolvem: aspectos tecnológicos da informação e comunicação; ensino por experimentação; contextos da história e filosofia da ciência, entre outros. Que têm proporcionado novas experiências exitosas em sala de aula, para uma aprendizagem mais ampla da natureza da ciência, a teoria dos perfis conceituais foi escolhida para esse estudo por ser um modelo de heterogeneidade do pensamento no ensino de ciências. Além de contribuir para o planejamento de tarefas didáticas, como também na atividade de sequências de ensino e aprendizagem (Silva, J.; Amaral, 2021).

Com isso, a organização das ideias sobre um conceito ajuda a entender o processo de ensino-aprendizagem, que permeia as diversas visões de mundo. Desde aspectos voltados para o senso comum com questões que surgem no campo social, como reverberações históricas no

seu desenvolvimento que podem ser mediados pela cultura em interação com a sociedade (Veronezi; Damasceno; Fernandes, 2005).

Nessa direção, foram escolhidos átomo e elemento químico, que de acordo com Gagliardi (1986), esses conceitos podem ser classificados como fundamentais, por ajudarem na compreensão de outros como substância química, ligações químicas, reações químicas, radioatividade, entre outros. Além de ampliarem as relações da natureza da ciência, por meio de novos instrumentos, técnicas que impulsionam o avanço da ciência (Gagliardi, 1988).

Os conceitos de átomo e elemento químico como diversos outros da química, apresentam dificuldade na aprendizagem em seu processo de ensino. Muitas causas podem ser associadas, com a tradução dos livros didáticos que apresentam ambiguidade no sentido da palavra “elemento”, por ser utilizada para designar tanto elemento químico como substância simples, como exemplo “Um elemento é uma substância simples, fundamental e elementar [...]” (Russel, 1994 *apud* Oki, 2002, p. 21).

Somado a isso, abordagens que distanciam a compreensão da natureza da ciência, como a utilização exacerbada de analogias com o intuito de explicar fenômenos subatômicos, como uma casa sendo comparada com o comportamento dos elétrons “[...] cada casa [...] o número quântico principal ou nível de energia; cada andar [...] o número quântico secundário ou subnível; e cada cômodo [...] o número quântico terciário ou orbital” (Garofalo, 1997 *apud* Melo; Lima Neto, 2013, p. 115).

Partindo do princípio de que “os conceitos que aprendemos são estabilizados quando os aplicamos várias vezes diante de situações diversas” (Sabino; Amaral, 2018, p. 246). Foi pensado uma sequência de interação com diversos instrumentos de pesquisa, que possibilitou discussão dos conceitos de átomo e elemento químico em diferentes situações, levando os participantes a apresentarem suas ideias e reverberações em cada situação proposta. Para análise dos dados, foi tomado como suporte a ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002), que contribui para entender as ações realizadas nas intervenções e intenções em salas de aula de ciências.

Mediante o exposto acima, o problema de pesquisa está em saber: quais diferentes compromissos são expressados por licenciandos em química sobre elemento químico e que relações essas ideias apresentam com as zonas do perfil conceitual de átomo? Acredita-se que as diversas formas de falar e múltiplos modos de pensar um conceito estão ligados aos variados cenários em que podem emergir sentidos e significados que constituem as relações entre os conceitos científicos de átomo e elemento químico. Por isso, a interação com diferentes

instrumentos de pesquisa possibilitará uma ampla análise das diferentes visões de mundo dos licenciandos, assim apresento os objetivos de pesquisa, a saber:

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Analisar a compreensão de licenciandos em química sobre elemento químico, a partir da relação entre as diferentes formas de pensar e modos de falar o conceito de átomo, quando estão engajados com diferentes instrumentos de pesquisa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar significados e sentidos atribuídos ao conceito átomo por licenciandos da disciplina de História da Química;

Identificar significados e sentidos atribuído ao conceito de elemento químico por licenciandos da disciplina de História da Química;

Relacionar compromissos implicados nos modos de pensar elemento químico com as zonas do perfil conceitual de átomo ao longo das interações com diferentes instrumentos de pesquisa.

Por isso, para alcançar esses objetivos foi desenvolvida uma sequência de interações com instrumentos de pesquisa que possibilitem uma ampliação do diálogo, acerca das diversas formas de compreensão de átomo e elemento químico que emergem na em sala de aula, por acreditar que podem aumentar as possibilidades de aprofundamentos sobre o pensamento químico da natureza da matéria com os licenciandos com base nas zonas do perfil conceitual de átomo e compromissos mobilizados para o conceito de elemento químico.

Com isso, a dissertação foi organizada em 4 capítulos, sendo o primeiro a fundamentação teórica que discute sobre os aspectos históricos sobre a estrutura da matéria, fazendo um breve histórico sobre o desenvolvimento do conceito de átomo e elemento químico. Na segunda metade, aportes sobre a teoria dos perfis conceituais com destaque para o perfil conceitual de átomo e os compromissos para elemento químico, finalizando com uma revisão de literatura para o conceito de elemento químico.

O segundo capítulo discute sobre os aspectos metodológicos da pesquisa, que tratam da natureza, contexto, participantes, etapas, procedimentos e instrumentos de pesquisa, análise dos dados e cuidados éticos na pesquisa.

O terceiro capítulo, versa pelos resultados e discussão em é feita a análise das respostas ao questionário 01, sobre átomo a partir de zonas do perfil conceitual e acerca dos compromissos para elemento químico. O que implica em uma demonstração da relação entre esses conceitos, nas análises de interações discursivas em sala de aula nas aulas 02 e 03, como também nas inferências a partir do questionário 02, finalizando o item com a sistematização das relações entre os conceitos de átomo e elemento químico.

Portando, as reflexões conclusivas da pesquisa ocorrem no capítulo final desse texto destacando a importância da identificação de significados e sentidos atribuídos aos conceitos de átomo e elemento químico, por estudantes da disciplina de História da Química que permitiram demonstrar diversas relações com outros conceitos, principalmente com o de substância química.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nenhum conceito, ideia ou teoria é sagrado e inquestionável (Harari, 2018, p. 274).

A primeira parte desse capítulo aborda “aspectos históricos”, mediante uma breve descrição de alguns momentos importantes para o desenvolvimento dos conceitos de átomo e elemento químico, porque considero que são centrais para a compreensão de conhecimentos da química. Pois possibilitam a elaboração de explicações que podem contribuir para entendimento de outras ideias e demais propriedades da matéria, o que justifica essa discussão histórica, até porque muitas dessas ideias convivem nos pensamentos dos indivíduos contemporâneos. Mesmo sabendo que ambas as ideias foram confundidas e desenvolvidas quase simultaneamente, esse capítulo foi organizado em tópicos para cada conceito, com o intuito de tornar a discussão mais didática.

A segunda parte desse capítulo de fundamentação, vai discorrer sobre a teoria dos perfis conceituais, que trata da organização de ideias sobre conceitos, reverberando em diversos aspectos no contexto educacional e o valor que essas perspectivas possuem em ambientes diversos.

1.1 ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE A ESTRUTURA DA MATÉRIA

A história da ciência mostra que nem sempre ocorreu uma distinção clara entre as partículas que compõem a matéria foram necessários muitos anos de rupturas e novas descobertas para se chegar à uma compreensão cada vez mais ampla. Além disso, a utilização de processos químicos esteve presente na humanidade desde o advento do fogo, que possibilitou novas maneiras de consumir os alimentos, fabricar cerâmicas e manusear metais para diversos fins (Partington, 1957).

Sendo a utilização do fogo, possivelmente, ocorrida ainda no início do período paleolítico (cerca de 400 000 a. C.), o que foi extremamente importante para evolução da humanidade, possibilitando uma fonte de luz e calor, que contribuía para transformação dos materiais, principalmente os alimentos (Vidal, 1986).

Esses conhecimentos foram utilizados para produção de equipamentos, utensílios domésticos, armas de guerra entre outros, o que marcou épocas históricas do desenvolvimento das atividades sociais, classificadas de acordo com a técnica que dominavam para modificar a matéria prima (Vidal, 1986). Sendo um marco importante na história da química, compreender os aspectos químicos em que o fogo aborda, afinal é,

A manifestação tangível de uma reação química. Há reação de oxidação (combustão) entre o oxigênio do ar e o material que se utiliza. Uma parte da energia contida nas moléculas constitutivas da matéria que tarde aparece sob a forma de calor. Os produtos da reação gasosos e quentes, menos densos que o ar circundante, têm tendência a elevar-se. Certas moléculas, frações de moléculas ou átomos, podem momentaneamente conter energias superiores às dos seus estados estáveis, energias essas que são eventualmente dissipadas sob a forma de luz (Vidal, p.10).

Seguindo mais adiante na história, diversas civilizações apresentaram importantes discussões para o desenvolvimento da química e estudos sobre a estrutura da matéria, como a teoria dos elementos (primordiais); a teoria dos (elementos) princípios e a atomística (Vidal, 1986). Cada sociedade, apresentando suas particularidades, mas em geral, destaca-se as duas primeiras filosofias como importantes contribuições para a compreensão do conceito de elemento químico e a última para discussão do conceito de átomos, da matéria, na verdade. É importante ressaltar que esses vernáculos nas denominações são mais atuais, os pensadores utilizavam outras palavras, que em uma análise da gênese da palavra nos direcionam para as que estão sendo utilizadas nesse texto.

Nos próximos tópicos são apresentados itens dessa primeira parte da fundamentação teórica, breves históricos sobre o desenvolvimento dos conceitos de átomo e elemento químico, descritos separadamente para evitar algumas confusões e tornar mais didático o percurso da história para cada ideia.

1.1.1 Estrutura da matéria: breve histórico sobre o desenvolvimento do conceito de átomo

Na **Idade Antiga** (3500 a. C. – 476 d. C.) os pensadores gregos apresentaram algumas dessas concepções fundamentais acerca da matéria, o que pode ter dado início, juntamente com outras civilizações, a grandes discussões sobre os conceitos científicos, mediante a utilização da razão, já que consideravam atividades que envolvessem trabalho manual somente para pessoas de classe inferior.

Nesse contexto, quase historicamente paralelo, que a **Teoria atômica** (ou atomística) surge. A partir das reflexões e estudos apresentados por Leucipo de Mileto (460-370 a. C.), acerca do seu entendimento de que matéria não seria contínua (Peduzzi, 2008). Compreendendo que a matéria pode ser dividida em cheios e vazios, sendo as primeiras denominadas de “átomos”: pequenas partes que contemplam todo um universo (Vidal, 1986). Essas ideias foram desenvolvidas, mais claramente, por seu aluno Demócrito de Abdera (470-380 a. C.), que não acreditava ser possível encontrar uma forma única para representar os átomos, mas que esses

“diferem em tamanho, forma, movimentos e arranjos geométricos, sendo a diversidade de todas as coisas explicadas por essas diferenças” (Peduzzi, 2008, p. 16).

O Budismo também discutia sobre o átomo, ao descreverem como “flashes momentâneos de existência” (Partington, 1957, p. 31). Na filosofia Vaisesika essa ideia foi atribuída a Kanada (500 a. C.?), diferenciando dos gregos por acreditar que haveriam cheiro, cor e gosto.

Entretanto, a teoria atômica não obteve reconhecimento na época, porque a teoria dos elementos (primordiais) e dos (elementos) princípios retomavam ideias que estavam ligadas às divindades. Logo, para um período em que o homem tinha um espírito muito mais ligado ao desejo da salvação religiosa, seria inaceitável aceitar uma teoria que estivesse em confronto com essas ideias. Além das diversas explicações que eram dadas para os problemas da sociedade do período.

Vale destacar que o surgimento de práticas relacionadas a química, podem estar associadas a uma era antes do início do cristianismo, com grande foco na cidade de Alexandria fundada por Alexandre o grande da Macedônia (356 a. C. – 323 a. C.), rei do norte da Grécia (Asimov, 1965). Sem muita certeza, mas baseado em alguns dos primeiros tratados que reuniam muitas informações do que se compreende atualmente como química, escritos no Egito antigo graças a Zozimos (300-400 a. C.?), quem organizou diversos trabalhos produzidos no período que,

[...] contém descrições e ilustrações interessantes de aparelhos químicos e experimentos, mas também alguma matéria mística, incluindo algumas notáveis “visões “de interesse psicológico (Partington, 1957, p. 22 – **tradução nossa**).

O que direciona a outras práticas como a alquimia, além de que muitos dos arquivos produzidos se perderam no limbo da história, mediante incêndios ocorridos em uma das importantes bibliotecas que continha aproximadamente 700.000 produções. Com isso, muitos dos trabalhos restantes destacam a grande importância dos estudos de Aristóteles, o que marca uma grande popularização de seus trabalhos que divergiam da teoria atômica, como serão descritos no próximo tópico.

Outro ponto que afastou a teoria atômica por um longo tempo, foi a ideia da impossibilidade da existência do vácuo, que parte do pensamento aristotélico de que “um corpo impulsionado com uma velocidade constante deslocar-se-ia cada vez mais rápido quanto menos denso o meio ambiente” (Rosa, 2012). O que apresentaria uma aceleração infinita no vácuo,

segundo a negação do infinito seria algo impossível, sendo retomada essa discussão e associação com a teoria atômica bem posteriormente.

Somente na renascença em meados do **século XVII**, com a corrente humanista que essa discussão entorno da experimentação, volta a ter valor para humanidade (Vidal, 1986). Nesse período, a física e a química passavam por momentos de resoluções científicas, mediante o avanço das discussões de um conjunto de leis científicas aplicáveis a constituição da matéria, fazia com que a ideia de minúsculas partículas (átomos) ganhasse adeptos principalmente por avanços em outras áreas (astronomia, mecânica, óptica) (Rosa, 2012).

Durante o **século XVII** já eram conhecidos 13 minerais e metais, não como elementos químicos, posteriormente o fósforo foi adicionado ao montante no final do século pelo alquimista alemão Hennig Brand (1630-1692). Sendo de conhecimento o antimônio, arsênio, bismuto, carbono, cobre, ouro, ferro, chumbo, mercúrio, prata, enxofre, estanho e zinco (Rosa, 2012). Mediante esses aspectos foram propostas muitas teorias e ideias sobre a composição da matéria, sendo em sua maioria baseadas nos elementos (primordiais) de Empédocles, bem como a retomada da teoria atomística, partindo das ideias de Demócrito (Rosa, 2012).

Desse modo, Dalton (1766-1844), um químico inglês, apresentava que “os átomos [...] são sempre idênticos entre si para um elemento dado, mas diferem pela sua massa de um elemento para outro. Quando entram em combinação não sofrem nenhuma modificação” (Vidal, 1986, p. 52). Essas informações demonstram que se trata de uma teoria atômica de dados quantitativos, o que possibilitou grande influência no desenvolvimento posterior da química (Viana; Porto, 2007). Mesmo assim, “a recepção da teoria atômica daltoniana entre os cientistas do **século XIX** foi bastante heterogênea” (Oki, 2007, p. 27).

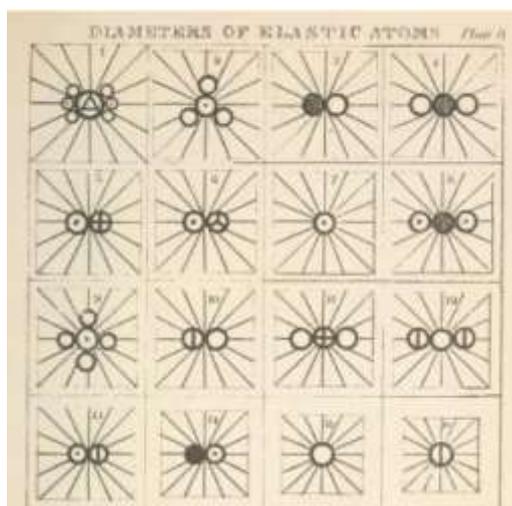
É interessante ressaltar que o pensamento newtoniano, que apresentava uma concepção corpuscular da matéria, influenciou fortemente a obra de Dalton que tinha interesse pessoal inicial voltado à meteorologia (Viana; Porto, 2007). Logo, as propriedades físicas são a grande marca de suas ideias, graças as questões de composição da atmosfera e da solubilidade dos gases em água que ancoraram seus estudos sobre a matéria. Mesmo assim, há diversos outros trabalhos que podem ter influenciado o cientista, mas de acordo com os documentos apresentados influi-se essas colocações (Melzer; Aires, 2015). Em resumo, a teoria de atômica de Dalton, apresenta:

- a) A matéria é composta de partículas, muito pequenas para serem vistas, chamadas átomos.
- b) Os átomos de um elemento são idênticos em todas as suas propriedades, incluindo o peso.
- c) Diferentes elementos são feitos a partir de diferentes átomos.

- d) Os compostos químicos se formam da combinação de átomos de dois ou mais elementos, em um átomo composto.
- e) Os átomos são indivisíveis e conservam as suas características durante as reações químicas.
- f) Em qualquer reação química, os átomos são combinados em proporções numéricas simples. Por exemplo, um átomo de A é combinado com um átomo de B, dois átomos de A com três átomos de B, e assim por diante (Cruz-Garriz; Chamizo; Garriz, 1987 p. 4, **tradução nossa**).

No trabalho que marca sua teoria atômica, publicado em 1810, há marcas bem presentes da influência dos estudos de acerca da física de Isaac Newton (*principia e óptica*) ancorado ao corpuscularismo, além dos seus próprios trabalhos sobre misturas dos gases (1802 e 1805) (Melzer; Aires, 2015). Na figura 01 apresentou imagens que representam moléculas, deixando evidente que cada átomo que as compõe apresenta uma estrutura corpuscular e maciça, raios ou traços que saem das moléculas seriam o calórico (uma das teorias sobre o entendimento do conceito de calor posteriormente).

Figura 1: Representações de moléculas por Dalton



Fonte: Melzer; Aires, 2015

Durante o **século XIX**, a ideia de átomo foi considerada como fundamental na resolução de diversos problemas da química, mesmo tendo maior aceitação na química, não era compreendida como uma teoria nos livros didáticos, por exemplo, apresentavam como “hipótese atômica” (Oki, 2007). Com isso, um evento ocorrido em Karlsruhe na Alemanha, partindo da organização do importante químico alemão August Kekulé Von Stradonitz (1829-1896), reuniu diversos cientistas em busca de maior homogeneização das ideias sobre os conceitos utilizados discriminadamente na química como átomo, molécula, equivalente, entre outros (Oki, 2007).

Além disso, havia distinções entre o átomo na química e o átomo na física, respectivamente, “O átomo era concebido como a unidade mínima de combinação da matéria”, “Os átomos eram imaginados como partículas inelásticas ou pontos inerciais, submetidos a forças atrativas e repulsivas” (Oki, 2007, p. 26). Sendo um dos intuitos dos químicos em defender suas ideias, Canizzaro (1826-1910), apresentou uma distinção entre átomo e molécula, a partir das definições de átomo químico e peso atômico:

“As diferentes quantidades de um mesmo elemento contidas em diferentes moléculas são todas múltiplos inteiros de uma mesma quantidade, que sendo sempre inteira, tem o direito de ser chamada átomo.” “É o menor peso de um elemento descoberto no peso da molécula-grama de seu composto.” (Canizzaro, 1981 *apud* Camel et al., 2009, p. 548).

Desse modo, colocava o átomo subordinado a molécula apresentando também uma concepção de que o elemento químico se trata de um conjunto do primeiro conceito que forma o segundo, o que pode ser entendido como a negação dessa ideia. Mesmo com o intuito de equiparar essas ideias no congresso, o atomismo ainda era uma teoria que enfrentava dificuldades para sua consolidação, “a teoria atômica de John Dalton (1766-1844) teve momentos de grande reconhecimento, entretanto, outras vezes foi muito questionada” (Oki, 2007).

Entre as várias contribuições do congresso de Karlsruhe, está a elaboração e o esclarecimento de conceitos específicos na química, a necessidade de articulação de processos empíricos e outros saberes no desenvolvimento do conhecimento científico, aumento do arcabouço sobre a realidade atômica, novas técnicas e instrumentos de análise que contribuíram para avanços na química e em outras áreas da ciência (Oki, 2007). Marcando o final do século XIX com notórios estudos nas áreas de física e química, com trabalhos nas áreas de radioatividade, raios catódicos, valência, espectroscopia, e posteriores bases para química quântica que deram maior conteúdo para se refletir sobre a teoria atômica (Melzer; Aires, 2015).

Um importante marco de avanço em meados dos séculos XIX e XX, foi a construção e contribuições do laboratório de Cavendish. No início do **século XX**, o físico inglês William Crookes (1832-1919), concebeu um tubo evacuado (tubo de Crookes) facilitando o estudo dos raios catódicos (Asimov, 1965). Utilizando esse equipamento J. J. Thomson (1856-1940), um físico experimental que esteve à frente do laboratório de Cavendish, sendo também responsável por sua popularização internacional (Melzer; Aires, 2015). Demonstrou a existência de um fluxo de partículas, que era repellido de cargas negativas e atraídos por cargas positivas, além

de demonstrar que haviam massa chamando-os de elétrons ampliando as ideias sobre modelo atômico.

Os brilhos característicos desses “raios” instigaram Röntgen (1845-1923), que percebeu em suas experimentações que alguma forma de radiação era manifestada, sendo capaz de penetrar paredes chamando de raios-x. Dando continuidade aos estudos de Becquerel (1852-1908), sobre a fluorescência de alguns compostos, Marie Curie (1867-1934) nomeou esse fenômeno de radioatividade (Asimov, 1965).

O que foi fundamental para Rutherford (1871-1937) ao supervisionar um experimento, que consistia em bombardear vários gases com partículas alfa, percebeu que de vez em quando uma partícula alfa atingia o núcleo de um átomo (Asimov, 1965). Demonstrando que havia espaços nos átomos, pois se fosse uma esfera massiva como demonstravam os postulados de Dalton, só haveria repulsão das partículas. Apresentando um modelo atômico em que os elétrons estariam em torno de um núcleo com partículas positivas. Esse trabalho foi importante para Hantaro Nagaoka (1865-1950), um físico japonês que durante suas viagens fez contato com Rutherford entre outros cientistas do laboratório de Cavendish e em 1904 propôs um modelo atômico nuclear com base nos cálculos de Maxwell dos anéis de saturno, adaptando para uma escala atômica (Melzer; Aires, 2015).

Niels Bohr (1885-1962) ampliou a teoria da estrutura atômica em 1913 depois de ser rejeitado por Thomson como orientando, foi trabalhar no laboratório de Cavendish com Rutherford mostrando que o modelo atômico por ele poderia explicar os espectros dos elementos e também suas posições na tabela periódica por uma aplicação da teoria quântica de Planck (Partington, 1957). O que pode ter sido inspirado nas ideias de Nicholson (1881-1955), astroquímico e estudioso da física das partículas que ao estudar sobre os espectros das coroas solares, supôs que o átomo teria um núcleo maciço e elétrons dispostos em orbitas, possivelmente inspirado nas ideias de Hantaro e Thomson, direcionando para interpretação da configuração eletrônica mediante atribuições das emissões dos espectros (Melzer; Aires, 2015).

Nesse sentido, a partir dos estudos de Bohr era possível compreender que o átomo seria formado por núcleo denso e positivo com elétrons giram em torno do núcleo em orbitas circulares com base nos cálculos da constante de Planck (h), todas essas informações eram postuladas pois havia necessidade de mudança de um paradigma clássico para um quântico na física (Melzer; Aires, 2015).

A teoria de ligações químicas entorno do conceito de valência, podem ter marcado o início da química quântica, sendo estendida por Kekulé a partir das ideias de Frankland (1825-1899), mesmo não reconhecendo essas contribuições anteriores. “Em 1916, o norte-americano

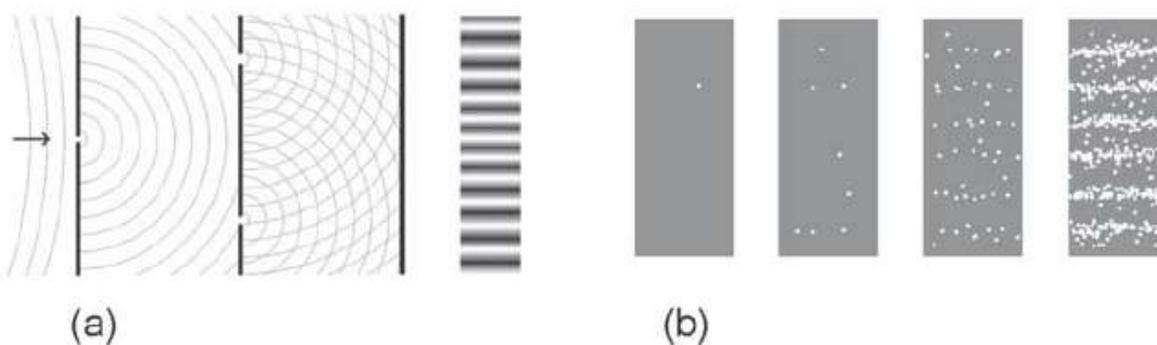
Gilbert Newton Lewis apresentou a teoria eletrônica da valência, que partia da teoria do átomo de Bohr” (Pessoa Jr., 2007, p. 26).

A mecânica quântica foi fundamental para maior explicação dos fenômenos na química, a partir de 1927 com a formulação da teoria quântica da molécula de hidrogênio, por Walter Heitler (1904-1981) e Fritz London (1900-1954) (Pessoa Jr., 2007). Para ampliar a teoria algumas aproximações foram necessárias, para o átomo e para molécula, como fez por Linus Pauling (1901-1994) no método da ligação de valência (Pessoa Jr., 2007). O experimento da dupla fenda para um elétron é uma maneira de apresentar a realidade quântica, mediante a descrição de que esse processo ocorre com,

Um feixe elétrons que passa por um anteparo onde existe duas fendas. A uma distância macroscópica do primeiro anteparo onde existem duas fendas. A uma distância macroscópica do primeiro anteparo há um segundo anteparo sem furos e paralelo ao primeiro; ao longo desse segundo anteparo desloca-se um contador de elétrons (contador de Geiger) paralelamente a linha que liga as duas fendas; a fim de que se proceda a contagem de número de elétrons que chega em cada posição deve-se deixar o contador durante um mesmo tempo fixado (Bastos Filho; Siqueira, 1993, p. 154).

Com isso, Schrödinger (1887-1961) derivou que a partir da “mecânica ondulatória” seria possível compreender de maneira intuitiva a realidade do mundo microscópico, de que a matéria oscila como onda, uma ideia já apresentada por Broglie (1892-1987) (Pessoa Jr., 2007). Na figura 2 é possível verificar uma representação do experimento da dupla fenda, que de acordo com Pessoa Jr. (2007) pode apresentar pelo menos quatro interpretações diferentes a depender do ponto de vista realista ou positivista.

Figura 2: Representação do experimento da dupla fenda



Fonte: Extraído de Pessoa Jr., 2007.

Vale ressaltar que há outras diversas contribuições à química quântica como estudos sobre a “localização” dos elétrons nos átomos, em que Pauli (1900-1958) “afirma que em

qualquer átomo nunca há mais do que um elétron com um dado conjunto de números quânticos n , m , l e s ” o chamado princípio de exclusão de Pauli (Partington, 1957, p. 363, **tradução nossa**). Bem como para teoria atômica, como o átomo vortex de Lord Kelvin, o modelo baseado nos estudos de Faraday dos girostatos que influenciaram J. J. Thomson nos avanços de sua proposta atômica, o átomo ideal de Jeans (1877-1946) que acabava explicando o efeito Zeeman e descrevia as linhas espectrais de Rydberg entre outras (Melzer; Aires, 2015).

Contudo, devido a extensão que esse trabalho poderia ser submetido, optei em deixar as ideias organizadas como estão no texto, bem como as possíveis relações que poderiam surgir descritas nos resultados.

1.1.2 Estrutura da matéria: breve histórico sobre o desenvolvimento do conceito de elemento químico

Iniciando a discussão pela **Teoria dos elementos**, temos que essa advém da ideia de que a matéria seria formada por elementos primordiais ou princípios, que podem ser entendidos como a causa de todas as coisas, em que a interação deles formaria tudo que existe.

Tales de Mileto (624-546 a. C.) acreditava que a água seria a formadora de todas as coisas, sem ela não haveria vida no reino vegetal e animal, além do caráter amorfo e capacidade de adaptação em diversos ambientes (Vidal, 1986). Anaximandro (610-545 a. C.), propôs um elemento amorfo em todos os planos, o *apeiron*, como destaca Peduzzi (2008) “é a partir do *apeiron*, por processos ainda desconhecidos, que a natureza exhibe suas formas e fenômenos (p. 12)”. Segundo Anaxímenes (585-528 a.C.), o elemento primórdio a composição da matéria seria o ar, rearranjado em diversas formas e compactações. Heráclito de Éfeso (560-478 a. C.) sensível à mobilidade e ao devir, vê o fogo como esse elemento único e estruturador de todas as coisas, mediante sua dinamicidade em capacidade imutável, algo próximo ao conceito de energia (Peduzzi, 2008). Xenófanes de Cólofon (570-460 a.C), atribui a terra como o elemento primordial de origem de todas as coisas do universo (Peduzzi, 2008).

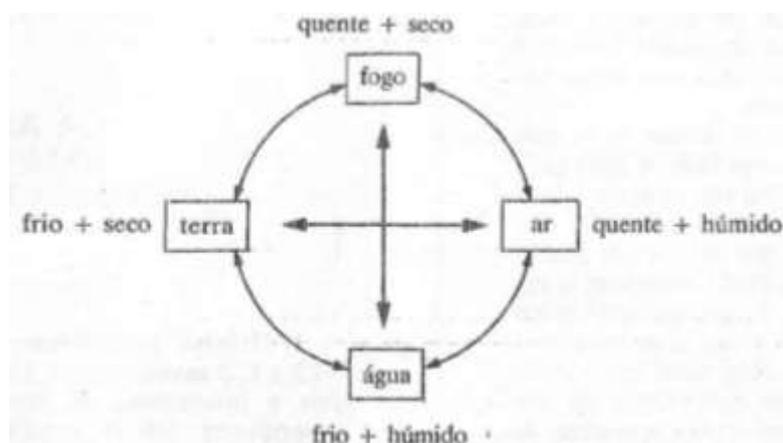
Segundo Vidal (1986), Empédocles de Agrigento (485-425) “admite a pluralidade no princípio do ser (p.14)”, discutindo que a água, a terra o fogo e o ar associados em proporções esféricas mediante forças atrativas, ou proporções dissociadas mediante forças repulsivas (Partington, 1957). Segundo ele, isso ocorre porque a natureza é complexa demais para ser explicada somente pelas transformações de um elemento primordial (Peduzzi, 2008). Pitágoras de Samos (570-497 a.C.), acreditava em um elemento primordial, mas sem especificar qual seria, focando muito mais nas organizações numéricas (Peduzzi, 2008). De forma mais radical, Anaxágoras (480-428 a. C.) admite um número infinito, como sementes *ad infinitum*.

Platão (427-374 a. C.) acreditava que a matéria seria estruturada a partir dos arranjos de números em suas formas geométricas, com isso a água, terra, fogo e o ar adquiriam essas formas. Mediante um volume, ou seja, espaços limitados por uma superfície, além disso foi o primeiro a utilizar o termo elemento (*eloicheid*) (Partington, 1957). Como também o budismo que demonstrava seis elementos: terra, água, fogo, ar, éter e consciência, simbolizados por formas cone (éter), crescente (vento), triângulo (fogo), círculo (água), e quadrado (terra).

Aristóteles (384-322 a. C.) considerava que a matéria seria mais tangível, necessitando de um fundamento básico, que ao interagir entre si realizariam transformações, ao discernir que quando se busca entender o que é o conhecimento, é comum querer saber qual a “causa primeira” desse saber (Aristóteles, 2008). Com isso, para compreensão da matéria não seria diferente, inferindo sobre os “elementos” de Tales de Mileto, que ao se pensar na água questiona se não seria devido a umidade presente coisas.

Com relação a seus antecessores, Aristóteles afirma com relação aqueles que buscaram explicar sobre os princípios e a verdade que “de fato, alguns conceberam o princípio como matéria, quer tenham proposto uma só, quer tenham proposto várias, quer a tenham considerado um corpo, quer a tenham considerado incorpórea [...]” (Aristóteles, 2008, p. 23). Desse modo, princípio seria algo que daria origem, mas de início simples e sem mistura, algo puro que derivariam a matéria. Destacando o que havia proposto Empédocles, por exemplo, seus elementos formariam todas as coisas que compõe a matéria, mas não seriam a gene que chama de essência (*ousia*) “aquilo que a matéria vem a ser” (Aristóteles, 2008, p. 48). Sendo assim, propõe os quatro princípios que fundamentam a gênese da matéria seriam o quente, o úmido, o seco e o frio (Vidal, 1986). Essa relação pode ser expressa, na atualidade, como a **Teoria dos princípios** (figura 01).

Figura 3: transformações a partir dos princípios segundo Aristóteles



Fonte: (Vidal, 1986, p. 16)

Além desses elementos materiais, outro imaterial foi adicionado, anos depois chamado de “quintessência”. Ideias presentes também nas escrituras Hindus, há registros por meio dos Vedas sânscritos (1000 a. C.), em que mencionam cinco elementos (não considerados como constituintes das coisas): terra, água, ar, éter (ou espaço), e luz (Partington, 1957). Além disso, outros sistemas filosóficos apresentavam som, toque, cor, sabor e odor como elementos ou como características desses componentes.

Nos livros dos escritos (*Shu Ching*) da dinastia Chou (722-221 a. C.), há menção de "cinco motores" (*wu Hsing*) como água, fogo, madeira, metal e terra que se transformariam um nos outros, em um processo chamado de *yin* e *yang* (Partington, 1957).

Esse pensamento dos quatro elementos perdurou por séculos tendo grande força até a **idade média** (476-1453), quando a experimentação começou a ter um maior destaque (Vidal, 1986). Na iatroquímica, mais associada a medicina, trouxe grandes contribuições para química, como destaque Paracelso (1493-1541) que acreditava nos quatro elementos, mas que esses eram manifestados na *tríade prima* que compreendia sal, enxofre e mercúrio (Partington, 1957).

Van Helmont (1580-1644), fez grande utilização da balança expressando dados quantitativos e não acreditava que a pedra filosofal era o elixir da vida, como Paracelso supunha (Partington, 1957). Mesmo utilizando o termo átomo, acreditava que haveriam dois princípios fundamentais a água e o ar, que formariam os demais elementos que não seriam decompostos no estado simples.

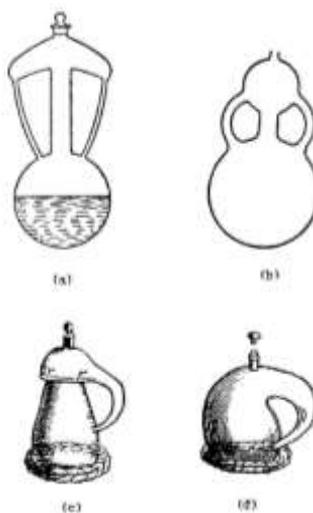
Tendo como grande divisor de águas para distinção entre química e alquimia, Robert Boyle (1627-1691) mesmo que tenha cogitado a existência de mais do que 4 elementos, “é considerado o mais brilhante químico teórico e experimentador do século XVII” (Rosa, 2012, p. 173). O que distanciou as doutrinas dos elementos “princípios” e “primordiais” do pensamento científico, fornecendo maior clareza sobre o conceito de substância simples e composta, inicialmente graças aos estudos sobre a calcinação e combustão demonstrando que os elementos de Aristóteles (água, terra, fogo e ar) e os três princípios dos alquimistas (mercúrio, enxofre e sal), não poderiam ser extraídos dos metais (Partington, 1957).

Apresentava uma visão hierárquica para os componentes da matéria, mediante o atomismo antigo que apresentava a matéria como partículas indivisíveis (átomos) e esses seriam pequenas partes da do todo com suas características, o que influenciou na teoria atômica de Dalton, posteriormente será abordada (Viana; Porto, 2007).

Há destaque para muitos cientistas que apresentaram a predominância dos trabalhos quantitativos na química a partir do **século XVIII**, com o estudo dos gases em grande destaque,

Lavoisier (1734-1794) é referência principal por seus métodos e procedimentos que contribuíram para distinção entre o conceito de elemento químico e substância simples, por exemplo. Nos trabalhos, quase simultâneos de Lavoisier e Scheele um experimento que era realizado com um pelicano um tipo de vidraria (figura 02), havia a crença de que a água seria convertida em terra por meio de uma destilação “eterna” de 101 dias especificamente (Martins, R.; Martins, L., 1993).

Figura 4: Representações da vidraria "pelicano"



Fonte: Martins, R.; Martins, L.; 1993.

Lavoisier mostrou que a “terra” correspondia a perda de vidro do pelicano, Scheele mostrou que a “terra” era vidro saturado que havia precipitado e não uma transformação a partir da água. Nesse período, muitas das substâncias elementares que conhecemos atualmente, como o ferro, o cobre, o ouro, já eram conhecidas. Porém, Lavoisier compreendia o elemento químico como sendo a própria substância simples, na tabela de substâncias simples do tratado elementar de química coloca como “substancias simples metálicas oxidáveis e acidificáveis”: Ferro, cobre, mercúrio entre outros (Lavoisier, 2007).

Com o **século XIX** vieram grandes avanços, incluindo diversos outros elementos químicos identificados, contribuição da teoria dos tipos, estudo da valência, apresentação das fórmulas estruturais, isômeros ópticos, moléculas em três dimensões, representações da estrutura molecular (Asimov, 1965).

Contribuindo cada vez mais para ampliação do conceito, Mendeliev (1834-1907) apresenta mediante organização periódica das informações os elementos químicos, uma tabela a partir das informações citadas anteriormente, principalmente com base nos pesos atômicos

utilizando da valência para organizar os grupos (Cano, 2005). Posteriormente, o espectro de cores que demonstrava uma série de linhas escuras, a partir da invenção do espectrômetro por Kirchhoff (1824-1887),

“Cada elemento, mostrou Kirchhoff, produziu um padrão característico de linhas brilhantes quando aquecido à incandescência, um padrão diferente do de qualquer outro elemento. Kirchhoff tinha, assim, elaborado um método de "impressão digital" de cada elemento pela luz que produziu quando aquecido. Uma vez que os elementos tinham sido digitais, ele poderia trabalhar para trás e deduzir os elementos em um cristal desconhecido das linhas brilhantes em seu espectro. O dispositivo usado para analisar elementos desta forma foi chamado de espectroscópio (Asimov, 1965, p. 137, **tradução nossa**)”.

Advindos dos estudos da mecânica quântica, para entendimento do conceito de átomo, contribuindo para distinção entre esses, com isso é possível perceber que historicamente os conceitos de átomo e elemento químico sempre tiveram uma relação conceitual, sendo muitas vezes confundidos ou apresentando outros significados pertencentes a distintas estruturas da matéria ou até mesmo representando uma diferente ideia. Por isso, a teoria dos perfis conceituais é utilizada nesse arcabouço, como suporte para organização das ideias desses conceitos como é mostrado na próxima parte da fundamentação teórica.

1.2 TEORIA DOS PERFIS CONCEITUAIS

“Mesmo os conceitos aceitos no presente como científicos devem ser ensinados dentro desse caráter provisório, pois sua superação é também inevitável” (Mortimer, 2000, p. 138).

Em uma sala de aula é comum o surgimento de diversas concepções formais e informais, dentre estas surgem algumas que diferem das que são desenvolvidas e assumidas pela ciência, esse é um contexto complexo por se tratar de um ambiente em que um único professor precisa estar atento a 30-40 estudantes em interação (Mortimer et. al., 2014). Essa situação acaba prejudicando percepções ou direcionamentos que ampliam o desenvolvimento do conhecimento, por acreditar que é importante a emergência das diversas formas de falar e modos de pensar conceitos científicos. Dificultando a aprendizagem de forma ampla, para que o estudante possa tomar consciência e relacionar diferentes visões de mundo em seus amplos contextos de aplicação.

A teoria dos perfis conceituais surge como “noção” a partir dos estudos apresentados por Mortimer (1994, 1995, 1996), em meados dos anos 90, em oposição as ideias de mudança conceitual que se discutia na época. Assim, deu início a estruturação do que se compreende

como Teoria dos Perfis Conceituais como possível modelo para o ensino de ciências e matemática, com o intuito de modelar a heterogeneidade do pensamento acerca dos conceitos científicos, com inspiração do perfil epistemológico de Bachelard (1996):

...para construir perfis conceituais, foram adicionadas à ideia deste filósofo (Bachelard) a investigação do ensino e aprendizagem de ciências, tais como a caracterização dos perfis com base em aspectos ontológicos e epistemológicos, não apenas em termos de escolas filosóficas de pensamento, como na originalidade, ou a atenção dada à consciência dos alunos sobre seus próprios perfis conceituais. Nos anos seguintes, as bases filosóficas da teoria do perfil conceitual se afastaram das ideias de Bachelard (Mortimer et. al., 2014, p. 4, **tradução nossa**).

Destarte, as ideias entendidas como “obstáculos” para o pensamento científico, foram afastadas por compreender que na verdade, ocorre ampliação dos conhecimentos, sem anulação dos já adquiridos. Sendo importante uma problematização que não anula o saber anterior, mas questiona sua validade em determinados contextos, daí amplia as maneiras de pensar para significar sua experiência que é a compreensão do “valor pragmático” (Mortimer et. al., 2014).

Desse modo, faz necessário compreender que conceitos são entendidos como construtos históricos sociais, já que são desenvolvidos pelos indivíduos durante seu convívio histórico com os demais na sociedade gerando um pensamento estabilizado que “é um pré-requisito para uma comunicação eficaz através dos sinais da linguagem (Mortimer et. al., 2014, p. 6, **tradução nossa**)”. Nisso é possível identificar similaridades de pensamento, mesmo cada ser sendo caracterizado por sua individualidade e vivenciar contextos (multi) culturais distintos. Mas, estão em uma comunidade que compartilha de muitos desses sentidos e significados. Com isso, apoiado a outras teorias que dão suporte as pesquisas estão:

[...] a teoria da linguagem do círculo de Bakhtin, como base para a análise de modos de falar; a teoria de Vygotsky do desenvolvimento de funções mentais superiores, como base para a investigação da aprendizagem; e a estrutura de Mortimer e Scott para pesquisa em abordagens comunicativas em sala de aula (Mortimer et. al., 2014).

A partir disso, a teoria sociocultural permite supor que os conceitos e categorias disponíveis em todas as esferas do mundo são mantidos de forma semelhante, por um número de indivíduos dentro da mesma cultura, de forma que permite uma comunicação eficaz. Sendo esse um dos objetivos para utilizações metodológicas com a teoria dos perfis conceituais, juntamente com as investigações sobre as formas de pensar e os modos de falar, em uma determinada população (Bezerra, 2018).

Para entender os níveis de complexidade das muitas formas de falar, a estruturação das diferentes formas de pensar sobre um conceito é feito um rebuscado estudo histórico, acerca do

conceito que se deseja traçar um perfil. Investigando quais compromissos que emergem nos diversos ambientes, e como podem ser apresentados em diferentes zonas, que se relacionam com os diferentes compromissos (Amaral; Mortimer, 2001). Vale destacar que nessa dissertação não há objetivo de proposição de um perfil, mas utilização das diversas reverberações que essa teoria proporciona para ampla análise sobre o desenvolvimento da ciência que os conceitos apresentam.

Devido a isso, quando se estrutura os diferentes modos de pensar, em uma perspectiva a partir da caracterização dos diferentes compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, ocorre a constituição de zonas de um perfil conceitual (Freire; Amaral, 2021). Não há uma ordem na organização da coleta de dados para proposição das zonas, mas compreendendo que as fontes históricas da ciência e tratamentos epistemológicos do conceito, são a partir de documentos encontrados na literatura, em bancos de dados, bibliotecas que apresentam os documentos elaborados durante o período histórico da humanidade. Que podem ser classificados em fontes primárias (a obra original ou traduzida) e secundárias (obra que reúne documentos organizados ou sistematizados por outros autores).

A literatura sobre concepções formais e informais relativas aos conceitos, se refere as produções elaboradas em sequências de ensino, trabalhos realizados no ensino básico ou superior entre outros. Por apresentar uma vasta gama de aplicação e diversas aplicabilidades. Além de envolver dados coletados em questionários e entrevistas com estudantes e/ou trabalhadores. Esses dados fornecem um material em que são explícitos os diversos sentidos e significados para determinado conceito que irão compor ideias sobre um conceito,

Embora cada indivíduo tenha seu próprio perfil conceitual para cada conceito – com diferentes pesos de cada zona no perfil e, se uma zona não tem peso algum em seu pensamento individual, com diferente número de zonas – sociocultural. A teoria permite supor que os conceitos e categorias disponíveis em todas as esferas do mundo são mantidos de forma semelhante por um número de indivíduos dentro de uma mesma cultura de forma a permitir uma comunicação efetiva (Mortimer; El-Hani, 2014, p. 10).

Em resumo, “cada zona de um perfil conceitual oferece uma forma de ver o mundo única e diferente das demais zonas” (Mortimer; El-Hani, 2014). Caracterizando a importância de uma ideia em determinado contexto, estabilizado por compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos subjacentes aos sentidos e significados desses conceitos. Sendo que cada zona, poderá ser diferenciada não só pela epistemológica, mas também por sua ontologia

e/ou axiológica¹ (Mortimer, 2000). Estabelecendo diferentes visões de mundo, por isso a identificação desses compromissos é uma das primeiras etapas para analisar as ideias sobre qualquer conceito.

Os **compromissos epistemológicos** podem ser identificados a partir do modo como os indivíduos compreendem o conhecimento, ou aplicam o mesmo, evidenciando uma visão particular sobre fenômenos e processos de conceituação na elaboração e aquisição do conhecimento. Por exemplo, a partir de compromissos realista, empírico, racionalista, pragmático, entre outros. Tomando como aporte Bachelard (1996) reconhece a pluralidade dos modos de falar. Mas, acredita que o pensamento científico ocorre somente em uma visão racionalista, implicando na ideia de obstáculos, a serem superados para a aprendizagem. O que diverge da teoria dos perfis conceituais, em que os diversos modos de pensar são considerados importantes para estruturação das ideias sobre um conceito, que adiante são chamados de compromissos.

Outra maneira de inferir sobre o conhecimento é quanto à natureza dos conceitos, em uma análise filosófica de ontologia, temos que é o estudo “a ciência do que é, dos tipos e estruturas de objetos, propriedades, eventos, processos e relações em todas as áreas da realidade” (Smith, 2003). Podendo ser identificada em um contexto de compartilhamento de sentidos e significados, como ocorre na sala de aula (Gruber, 2002). Daí Chi (1992) propõe diferentes ontologias nas quais um conceito pode se enquadrar, afirma que uma mudança conceitual é difícil de ser identificada, mas é possível verificar uma “mudança de categoria ontológica” no processo de conceituação vivenciada por indivíduos. Com isso, temos que **compromissos ontológicos** podem ser compreendidos como as propriedades descritas a um determinado conceito, em suas múltiplas formas de existência, contribuindo para o entendimento da natureza dos objetos, a autora propõe três categorias mais abrangentes, classificados em matéria, eventos e abstrações.

Em referência aos valores do conhecimento com a relação afetiva e estudo dos valores associados às coisas, apresentamos uma discussão sobre **compromissos axiológicos**, estão relacionados “aos valores que os indivíduos atribuem às coisas, o que possibilita entender/reconhecer as razões afetivas das escolhas de certas representações dos objetos em determinados contextos “ (Dalri; Mattos, 2007, p. 6). Desse modo, nos próximos tópicos serão descritos as zonas do perfil conceitual de átomo e os compromissos para o conceito de elemento químico.

¹ A ampliação dessa discussão é mais recente na teoria dos perfis conceituais

1.2.1 Perfil conceitual de átomo

Partindo da análise dos resultados disponíveis na literatura, relacionados às concepções dos estudantes sobre atomismo e estados físicos da matéria, Mortimer (2000) propõe categorias para um perfil conceitual para o conceito de átomo e estados físicos da matéria, nesse trabalho focaremos somente nas zonas propostas para o conceito de átomo, a saber: zona sensorialista, zona substancialista, zona noção clássica e zona mecânica quântica. Essas categorias foram ampliadas por outros trabalhos desenvolvidos posteriormente, como Murta, Silva e Araújo (2013), que serão utilizadas para ampliar as discussões propostas por Mortimer (2000) como seguem as descrições abaixo:

A **primeira zona sensorialista (continuidade/descontinuidade)**, relaciona-se a uma concepção contínua da matéria, caracterizada pela negação do conceito de átomo e do vazio entre as partículas, se voltando a ideia da matéria e aspectos sensoriais dos materiais, sem se direcionar as partículas (Mortimer, 2000). Marcando um compromisso ontológico material, por ser necessário a compreensão da existência do vácuo para sua superação, como exemplo identificado por Rodrigues, Santos e Bezerra (2017): “átomo está relacionado ao que compõe a matéria” (p. 7), o que marca uma maneira contínua de perceber a matéria, ou até mesmo generalista, não havendo referências a partículas. Murta, Silva e Araújo (2013) em análise, ampliam as ideias dessa zona a partir das concepções vitalistas identificadas em sua investigação, com isso são as qualidades da matéria que a define, chamando de categoria vitalista e demarcando um caráter ontológico.

A **segunda zona substancialista (substancialismo/não-substancialismo)**, caracteriza-se quando os indivíduos ao descreverem as partículas, fazem referência a “grãos de matéria” e não átomos, caracterizando o comportamento como o de uma substância que por exemplo, pode dilatar-se ou mudar de estado, lhes atribuindo propriedades macroscópicas (Mortimer, 2000). “O embate pessoal de Boyle para desenvolver sua teoria *mecânico-corpúscular* da matéria encontra um paralelo” com essa zona (Murta, Silva e Araújo, 2013). “Um estudante com a visão substancialista provavelmente não representa as partículas como um modelo, mas como uma cópia da própria realidade. Neste sentido, sua visão, além de substancialista, é também realista” (Mortimer, 2000, p. 129).

Lopes (2017) caracteriza a resposta de um participante de sua pesquisa, denominado “AGP”, ao questiona-lo sobre a luminescência dos controles remotos no escuro, como pertencente a zona substancialista “depende da substância/material que são feitos os controles remotos e ponteiros de relógios” (p. 85). Mais à frente quando descreve as respostas sobre a interação com um experimento chamado a parte visual do espectro eletromagnético, “as

emissões de cores vistas no teste anterior depende de cada substância colocada em cada chama e também da quantidade de cátions e íons” (Lopes, 2017, p. 91).

A **terceira zona noção clássica (materialista - ausência/presença de conservação da massa)** – é destacada pela ideia de que átomo é a unidade fundamental da matéria e que se conserva nas transformações químicas (Mortimer, 2000). “O átomo é visto como uma partícula material, e seu comportamento é regido pelas leis da mecânica, como qualquer outro corpo” (Mortimer, 2000, p. 133). Apresentam uma relação de combinação de átomos, em que os iguais ou diferentes formam as moléculas, que sua vez formam substâncias simples ou compostas. Tendo grande destaque a massa atômica para átomos com mesma identidade química, bem como sua conservação nas transformações da matéria,

É importante ressaltar que o atomismo clássico ainda carrega algumas características realistas e substancialistas, como herança de sua origem mecanicista. Em que pesem as diferenças epistemológicas entre o atomismo clássico e essas duas outras áreas do perfil, todas essas concepções consideram o átomo como o bloco básico de que as substâncias são feitas. Neste sentido, todos esses “átomos” substancialista, realista e clássico pertencem à mesma categoria ontológica (Mortimer, 2000, p. 136).

Como exemplo de resposta no trabalho de Murta, Silva e Araújo (2013), um estudante do primeiro ano do ensino médio diz que “papel perde matéria e o metal fica mais pesado pela união de outros elementos durante a queima” (p. 5), ao descrever suas ideias sobre a queima do papel.

A **quarta zona quântica (mecânica quântica)**, tem como característica a aplicação de um tratamento mecânica quântico, sendo característico a descrição por meio de equações matemáticas, fugindo de modelos e analogias com a realidade macroscópica (Mortimer, 2000). “O modelo é essencialmente uma construção, sempre provisória, que depende da resposta que a realidade dá para suas previsões” (Mortimer, 2000, p. 141). Desse modo, apresenta “o átomo passou a ser concebido como um sistema constituído por outras partículas menores, carregadas, mas seu comportamento ainda era clássico (Mortimer, 2000, p. 139)”, marcando uma mudança ontológica mediante “atribuições às partículas subatômicas, enquanto objetos quânticos, [...], propriedades de coisas contínuas (ondas, campos etc.) e de coisas descontínuas (partículas)” (Mortimer, 2000, p. 138).

No trabalho de Lopes (2017) há exemplos de relações entre as zonas, como por exemplo ao interagirem com um experimento chamado de “a parte visual do espectro eletromagnético”, os participantes denominados BPF e CTS, apresentam respectivamente atributos que remetem as zonas substancialista e quântica: “cada substância possui seu espectro”; “o espectrômetro

mostra o espectro específico de cada substância” (p. 91), integradas em uma relação que direcionam a utilização do espectro para resolução dos problemas, mas relacionam como característica das substâncias. Isso demonstra que mesmo investigando um conceito, há sempre relações com outros, por isso serão destacados compromissos para o conceito de elemento químico no próximo item.

1.2.2 Compromissos para o conceito de elemento químico

Como discutido anteriormente, compromissos epistemológicos demonstram as maneiras que as pessoas expressam seus saberes, com isso Silva, N. e Silva, J. (2017) realizaram uma busca em fontes históricas acerca da compreensão do conceito de elemento químico. Evidenciando visões com base nos compromissos estabelecidos por Gaston Bachelard (1996), encontrando: realismo, substancialismo, animismo, empirismo, racionalismo e ultrarracionalismo.

Lembrando que esses compromissos podem ser identificados para o conceito de átomo também, na fase de elaboração do perfil conceitual, mas como é um conceito em que essas ideias já foram organizadas focamos no próprio perfil conceitual, enquanto que para elemento químico serão descritos a seguir.

O primeiro compromisso a ser discutido, é a opinião, sendo esse um conhecimento que necessita de aprofundamento, pois aparentemente se torna redundante e contribui para negligenciar a importância de racionalização. É classificado como **experiência primeira**, porque trata de informações colocadas acima da crítica, trazidas pelo encantamento de percepções generalistas (Bachelard, 1996). Ideias que surgem não unicamente da experiência empírica (cotidiano), até porque isso pode oportunizar outros modos de pensar mais elaborados, mas o destaque está em ideias intuitivas a partir dessas experiências (Silva, N.; Silva, J., 2017). Ideias com esse compromisso tem relação com a zona aversiva do perfil conceitual de química (Freire, 2017), na perspectiva de que é uma entidade presente nos corpos que deve ser evitado, podendo ser confundida com uma visão substancialista, mas aqui fica evidente a noção de um componente não necessariamente uma substância, como exemplo propagandas que vendem “shampoo sem sódio”, para marcar o elemento.

O **realismo** se refere a uma percepção íntima do indivíduo que está ligado a questões de afetividade, de maneira ingênua. “Na perspectiva do realismo, a experiência primeira é concebida como uma fonte segura de conhecimento, sem a necessidade de profundas reflexões” (Silva, J. e Silva, N. 2017, p. 101). O que diferencia da experiência primeira, é o apelo ao senso comum como verdade absoluta, sem apoio a uma discussão, limitando-se a uma descrição

simples. Para o elemento químico é comum a emergência quando o conceito possui retratação simplista, voltada para concepções do senso comum sem uma relação com as partículas, como na primeira zona para o perfil de átomo (Mortimer, 2000). Como exemplo, um dos participantes da pesquisa de Silva, K. (2021) diz que elemento químico é “um elemento da química [...]” (p. 35).

Animismo é o compromisso em que aquilo que é “produzido” por seres vivos é mais valorizado que o que é feito por seres não vivos, o que Bachelard (1996) chama de “um verdadeiro fetichismo da vida” (p. 186). Desse modo, tudo que foi elaborado por alguma matéria com vida, carrega mais valor como algo mágico, com características que reportam a ideia dos elementos primordiais (Água, terra, fogo e ar) em que “qualquer outro princípio esmaeça quando se pode invocar um princípio vital” (Bachelard, 1996, p. 192), fazendo ligação com a ampliação vitalista da zona sensorialista do perfil conceitual de átomo (Mortimer, 2000). Associando a cura de males, como no tratamento de uma doença, caracterizando assim razões mantenedoras da vida, por exemplo.

Nessa mesma direção, o compromisso **substancialista** é descrito por Bachelard (1996), como um dos mais difíceis de serem superados já que apresenta um espírito pré-científico, evidenciando para o elemento químico características das substâncias que caberiam a matéria palpável. Sendo assim, as características das substâncias são transferidas para seus constituintes ou ainda para entidades que não são matéria, nem corpos (Mortimer; 1997; Silva, J.; Amaral, 2013). Com isso, é apresentado como algo de fácil manuseio como um material em uma vidraria, marca do “substancialismo **que** [grife nosso] sobrevive nas sombras da linguagem química e pode confundir os estudantes (Bachelard, 1996, p. 203)”.

Empirismo é identificado quando a noção de elemento químico é descrita de forma manipulável, em Lavoisier ao tratar da possibilidade de manuseio das substâncias e assim manipular seus elementos constituintes, “É através da experiência empírica, balizada por métodos científicos, que a mente se torna capaz de abstrair e construir modelos” (Silva, N.; Silva, J. 2017, p. 101).

Ao pensar em critérios que se encaixem em todas as situações e períodos temporais, a utilização de dados quantitativos ou que necessitem de lógica, são extremamente estruturantes para essa discussão. O que compreende o compromisso **racionalismo**, presente no perfil conceitual de molécula, ao apresentar esse conceito em uma visão clássica, que define molécula como a menor unidade na qual uma substância pode ser dividida, sem que haja uma mudança em sua natureza química (Mortimer, 1997).

O **Racionalismo dialético ou ultrarracionalismo**, está em relacionar o conceito com outras ideias, para que então venha fazer sentido, contradizendo entre si e gerando novos conhecimentos (Silva, N.; Silva, J. 2017). A descrição é remetida aos aspectos subatômicos (prótons, elétrons, nêutrons entre outros.), para descrever a noção, já que é atribuído à razão ao pensamento, a principal fonte de conhecimento humano (Simões-Neto; Amaral, 2017). Quando a compreensão se refere a um modelo científico, para o entendimento da estrutura da matéria e de outros conceitos como substância química, misturas, ligações químicas, organização da tabela periódica e ademais. Fazendo uma relação entre outros conceitos estruturantes que estão interligados ao conceito (Silva, N.; Silva, J. 2017).

Dentre as diversas vertentes do compromisso **pragmatismo**, a que é adotada na teoria dos perfis conceituais, compreende uma forte ênfase na prática e no discurso de qualquer sistema cognitivo humano (Mortimer, et al., 2014).

Matéria, é o compromisso ao qual direciona-se características físicas alinhadas com a definição de matéria “tem massa e ocupa lugar no espaço” “(como areia) tem atributos ontológicos como ser contável e armazenável, ter volume e massa, ter cor, e assim por diante” (Chi, 1992, p. 130, **tradução nossa**). Pode ter duas subcategorias; matéria como algo natural, que pode ser tipo vida, quando descreve características específicas de plantas ou referentes a animais, como o adjetivo “zangada” para uma abelha ou “murcha” para uma flor; matéria inanimada, com o atributo direcionados ao material e seu estado físico, como o “brilho” para um sólido ou “viscoso” para um líquido.

Eventos, estão relacionados a ideias que não seguem as leis físicas, como um trovão, por não conseguimos identificar o surgimento exato e onde irá “cair”, bem como as questões relacionadas ao tempo que não são palpáveis como o instante em que algo ocorreu. Podendo ser: intencional, como um beijo que é “causado por algo”, “em proposição de”; baseado em restrições, como a “orbital” de um planeta mostrando um limite de algo que ocorre naturalmente ou por uma construção artificial como a afiação de uma rede elétrica (Chi, 1992).

Abstrações, como o nome sugere se refere a conceitos abstratos como a verdade, os sonhos entre outros. Podendo ser uma abstração mental como o medo, ou uma abstração emocional como o medo em uma questão semântica o que diferenciaria (Chi, 1992).

A partir dessas organizações é possível verificar átomo entendido como um corpúsculo elementar, que seria uma parte do todo (a matéria), na ideia teoria atomística; átomo entendido como o elemento químico, ideia a partir da teoria atômica de Dalton; Elemento entendendo como a substância química, ou substância simples, como nos estudos de Lavoisier. Entre outras confusões mediante o conhecimento que se tinha sistematizado para cada época. Para entender

melhor essas abordagens, é interessante uma busca dos trabalhos recentes que falam sobre essas relações de elemento químico com outros conceitos, para justificar intervenções, como é apresentado no final da próxima parte desse capítulo de fundamentação.

1.2.3 revisão de literatura para o conceito de elemento químico

Inicialmente, com o objetivo de identificar quais as abordagens para elemento químico são utilizadas em sala de aula, foi realizada uma busca no portal sucupira da CAPES, por periódicos nacionais, mediante as classificações de periódicos do quadriênio 2013-2016, sendo a área de avaliação de ensino selecionada, focando nos periódicos de classificação A1 e A2 que abordem o ensino de ciências.

Com o intuito de encontrar artigos para busca foram utilizadas as palavras chaves: elemento químico, conceito de elemento, conceito de elemento químico, ensino de elemento químico, chemical element, concept of element, concept of chemical element, teaching of Chemical element, concepto de elemento, concepto de elemento químico, enseñanza del concepto elemento químico. Sendo incluídas palavras em inglês e espanhol, porque algumas revistas e periódicos nacionais aceitam trabalhos nesses idiomas. Em um espaço temporal de 05 anos, que compreendem os anos de 2018 a 2022.

A coleta de dados foi realizada mediante a classificação de 2013-2016, posterior a realização da pesquisa, as classificações foram atualizadas como nova referência o quadriênio 2017-2020, sendo uma atualização que não forneceu interferência nos periódicos selecionados, porque quase todos permaneceram ou aumentaram a sua classificação (ver quadro 2).

Quadro 1: periódicos A1 e A2 abrangentes o ensino das ciências

	ISSN	Título da revista	Área de Avaliação	Classificação 2013-2016	Classificação 2017-2020
01	1516-7313	CIÊNCIA E EDUCAÇÃO (UNESP. IMPRESSO)	ENSINO	A1	A1
02	1517-4492	ACTA SCIENTIAE (ULBRA)	ENSINO	A2	A2
03	1984-7505	ARETÉ (MANAUS)	ENSINO	A2	A1
04	2175-7941	CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE FÍSICA	ENSINO	A2	A1
05	2317-6660	CIÊNCIA E CULTURA	ENSINO	A2	A1
06	1518-9384	INVESTIGAÇÕES EM ENSINO DE CIÊNCIAS (UFRGS. IMPRESSO)	ENSINO	A2	A1
07	2179-426X	RENCIMA	ENSINO	A2	A2
08	1982-873X	REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA	ENSINO	A2	A2

09	1982-5153	ALEXANDRIA (UFSC)	ENSINO	A2	A2
----	-----------	-------------------	--------	----	----

Fonte: autoria própria

Com o intuito de especificar a busca foram selecionados outros 06 periódicos da área de ensino de química, independentes da classificação de avaliação, mas pela relevância como constam no quadro 3.

Quadro 2: revistas do ensino de química

	ISSN	Título da revista	Área de Avaliação	Classificação 2013-2016	Classificação 2017-2020
10	1133-9837	ALAMBIQUE (BARCELONA)	ENSINO	B1	-
11	2175-2699	Qnesc (ON-LINE)	ENSINO	B1	A2
12	1678-7064	QUÍMICA NOVA (ONLINE)	ENSINO	B3	A4
13	0103-5053	JOURNAL OF THE BRAZILIAN CHEMICAL SOCIETY (IMPRESSO)	ENSINO	B3	A2
14	1984-6835	REVISTA VIRTUAL DE QUÍMICA	ENSINO	B3	B2
15	2447-6099	REDEQUIM	ENSINO	B4	A3

Fonte: autoria própria

Destarte, a seleção para análise foi realizada a partir dos critérios de exclusão:

- Foram excluídos 16 artigos que utilizam o conceito de elemento com outro sentido que não o químico, como por exemplo no sentido de componente, parte entre outras abordagens semânticas;
- Foram excluídos 06 que apresentavam uma abordagem descritiva de Elemento Químico, aqueles que descrevem aspectos e características do conceito de elemento químico;
- Foram excluídos 30 artigos que apresentam uma abordagem analítica de elemento químico, esses tratam do levantamento de dados e investigações quantitativas acerca de técnicas realizadas em laboratório como elementos-traços entre outros;

Mediante os critérios de exclusão, restaram 04 artigos com a abordagem de Elemento Químico no ensino de ciências e química em sala de aula, como pode ser verificado no quadro 4 juntamente com abreviação dos autores.

Quadro 3: artigos com abordagem de elemento químico voltada para a área de ensino de química

	Título	Autores/Ano	Periódicos
01	Dominó da tabela periódica dos elementos químicos	Durazzini et al., 2018	REDEQUIM

02	O contrato didático na abordagem das propriedades periódicas dos elementos químicos	Souza, Silva, F., Simões-Neto, 2019	REnCiMa
03	As histórias em quadrinhos como opção para abordar a história e filosofia da ciência no ensino dos elementos químicos: o caso do lítio	Leite, Cortela, Gatti, 2021	ienci
04	A abordagem dos conceitos de elemento químico e substância no ensino de ciências: um olhar para a revista experiências no ensino de ciências	Colpo, Wenzel, 2022	REDEQUIM

Fonte: autoria própria

O primeiro trabalho intitulado “dominó da tabela periódica dos elementos químicos” (Durazzini et al., 2018) encontrado no periódico *REDEQUIM*, apresenta um jogo utilizado de dominó adaptado com os elementos químicos como instrumento de avaliação, mediante as questões que eram expostas durante a interação na sala de aula. Possivelmente, ocorreu um reforço de ideias racionalistas, pois as perguntas realizadas indicam ideias nessa direção como: “5. Qual é a massa atômica deste elemento? [...] 8. Quantos elétrons ele precisa para completar o octeto? [...] 12. Qual a distribuição eletrônica do Na cujo número atômico é 11 ($Z=11$)? [...] 15. Quantos elétrons têm na camada de valência do Oxigênio? [...]” (Durazzini et al., 2018, p. 174). Além disso, pode ter ocorrido um reforço em ideias pragmáticas, mediante o direcionamento e valorização da utilização a tabela periódica no desenvolvimento do conhecimento. Mas isso, é mera especulação porque os resultados e conclusões ficaram mais entorno da importância do jogo no processo avaliativo e de aprendizagem.

O segundo trabalho intitulado “o contrato didático na abordagem das propriedades periódicas dos elementos químicos” (Souza, Silva, F., Simões-Neto, 2019) encontrado no periódico *REnCiMa*, discute sobre o contrato didático que é dos fenômenos didáticos na disciplina de introdução a química, em um curso de licenciatura. Há um foco maior para as propriedades eletrônicas, o que é esperado devido a aula ocorrer entorno desse conteúdo, demonstrando a necessidade de um gráfico sobre a energia de ionização e a tabela periódica como instrumentos para aprendizagem, o que pode direcionar para ideias pragmáticas.

O terceiro trabalho intitulado “As histórias em quadrinhos como opção para abordar a história e filosofia da ciência no ensino dos elementos químicos: o caso do lítio” (Leite, Cortela, Gatti, 2021) encontrado no periódico *ienci*. Utilizando a análise de conteúdo para os resultados da pesquisa, foram elaboradas cinco categorias (Noção de senso comum; Complexidade do processo científico; Visão utilitarista; A origem de alguns elementos e Dimensões representacionais da Química), baseadas na organização das respostas. Esse conjunto se diferencia com ideias que estruturamos baseados nos compromissos para o conceito de elemento químico, por exemplo quando o estudante responde “um elemento químico é

composto por vários átomos” (p. 320), Leite, Cortela e Gatti (2021) colocam na categoria “noção de senso comum” como algo evidente, enquanto classificaríamos como um compromisso racionalista.

O quarto trabalho intitulado “A abordagem dos conceitos de elemento químico e substância no ensino de ciências: um olhar para a revista experiências no ensino de ciências” (Colpo, Wenzel, 2022) encontrado no periódico *REDEQUIM*. Realizaram uma busca de trabalhos no período de 2006 a setembro de 2021, utilizando a análise de conteúdo para organização dos artigos encontrados. A primeira categoria “definição dos conceitos” organizou os trabalhos que tratavam da apresentação ou com intuito de ensino os conceitos científicos, na categoria “construção de modelos sobre os conceitos” os trabalhos selecionados buscam a representações sobre a construção de modelos dos conceitos científicos discutidos.

Destarte é possível verificar que o conceito de elemento químico, consegue ser trabalhados de diversas formas e com diferentes instrumentos de pesquisa ou para o ensino e aprendizagem de ciências, mais especificamente da química.

2 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A investigação qualitativa em educação assume muitas formas e é conduzida em múltiplos contextos (Bogdan; Biklen, 1994, p. 16).

2.1 NATUREZA DA PESQUISA

Segundo Creswell (2014), “A *pesquisa qualitativa* começa com pressupostos e o uso de estruturas interpretativas/teóricas que informam o estudo dos problemas da pesquisa, abordando os significados que os indivíduos ou grupos atribuem a um problema social ou humano [...] (p. 50)”. Sem se prender a uma definição fixa, mas organizada, essa pesquisa pode ser considerada de natureza qualitativa, por ter como características objetiva: identificação; organização e análise de relações entre os conceitos científicos, no nosso átomo e elemento químico, o que justifica essa escolha na abordagem da análises dos dados.

Diante do exposto, em acordo com o que apresenta Gil (2008), é possível considerar que esta pesquisa se enquadra no nível *exploratório*, porque como resultado do cumprimento dos objetivos, surgirão esclarecimentos das relações dos sentidos e significados entre os conceitos de átomo e elemento químico. Mediante o desenvolvimento (organização) dessas ideias em compromissos e zonas do perfil conceitual de átomo. O que possibilitará ampliação das ideias já existentes dentro do contexto de pesquisa que os participantes estão inseridos.

Desse modo, as quatro zonas do perfil conceitual de átomo, os compromissos epistemológicos apresentados para o conceito de elemento químico, bem como as possíveis ontologias, pretendem-se criar quadros relacionando os pontos de convergência e/ou divergências entre eles. Sendo o primeiro para indicar uma possível ampliação no perfil conceitual de átomo proposto por Mortimer (2000) ou analisar os pontos de divergência para dar suporte de posterior proposição de perfil conceitual para elemento químico.

2.2 CONTEXTO E PARTICIPANTES DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada mediante uma sequência de interação com instrumentos de investigação, como participantes foram convidados oito graduandos da licenciatura em química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), por já terem em seu arcabouço formativo uma ampla experiência com os conceitos de átomos e elemento químico, que advém do ensino fundamental e médio juntamente com as disciplinas já cursadas durante o curso. Sendo selecionada a disciplina de História da Química, ofertada para o sétimo período,

apresenta como objetivo em sua ementa presente no documento “8.7 Ementas dos Componentes Curriculares Obrigatórios:” de 2020²:

“Compreender o processo evolutivo da Química a partir do século XVII até o século XX, através de eventos históricos significativos que possibilitaram o desenvolvimento do seu objeto enquanto ciências da natureza, buscando analisar os eventos em diferentes perspectivas epistemologias”

Essa ênfase na organização dos conteúdos a serem trabalhados na disciplina, contribuem para uma compreensão de conceitos, a partir de sua evolução histórica, fazendo com que o estudante se sinta desafiado a aprender, devido os fatores que influenciam historicamente a formulação de uma noção científica. De acordo com Matthews (1995), essa abordagem pode tornar as aulas “mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico [...]” (p.165). Com o intuito de evitar que ocorra equívocos ao Ensino de História das Ciências, como quando ocorre a simples utilização de considerações históricas gerais no início do conteúdo ou a leitura de fragmentos históricos, são apresentadas as etapas e procedimentos utilizados para o estímulo necessário a construção do saber, no próximo tópico.

2.3 ETAPAS, PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Inicialmente, as discussões de como seriam coletados os dados partiram de um princípio que valorizasse a dimensão epistêmica, sendo a primeira etapa na discussão de compreender a importância da identificação das concepções alternativas dos estudantes, que podem servir de material para o ensino, no caso dessa pesquisa é o que ocorre para o primeiro e segundo objetivo específico:

- Identificar significados e sentidos atribuídos ao conceito átomo por licenciandos da disciplina de História da Química;
- Identificar significados e sentidos atribuído ao conceito de elemento químico por licenciandos da disciplina de História da Química;

Além disso, essa pesquisa se estende no intuito de compreender as relações que os conceitos de átomo e elemento químico podem apresentar, sabendo que individualmente nenhum conhecimento é desenvolvido. Essas relações são estruturadas em uma sequência de interação de coleta de dados, inspirada nos instrumentos utilizados nas abordagens realizadas

² Disponível em: <http://www.lq.ufrpe.br/sites/lq.ufrpe.br/files/Ementas%20NOVO%20PPC%20-%202020.pdf>

pelo grupo de pesquisa NUPEDICC, organizadas em um *ebook* por Amaral e Silva, J. (2021), com a contribuição de diversos colaboradores, abrangido a teoria dos perfis conceituais. Os que utilizam essas sequências de ensino e aprendizagem, tenta contemplar as aproximações entre os conceitos de átomo e elemento químico, descritos no próximo tópico.

2.3.1 Instrumentos de pesquisa

Pensando nos procedimentos e instrumentos de pesquisa para coleta de dados, têm-se como recursos: questionários; transcrição dos diálogos; *software* e filme de um seriado animado. Sendo todo esse processo organizado de acordo com a realização da pesquisa e estruturados nas etapas que constam no quadro 5.

Quadro 4: cronograma de tarefas da sequência de ensino e aprendizagem

Aula	Tarefas	Instrumento de coleta de dados	Objetivo da tarefa
Aula 01	- Questionário 01 (Apêndice A).	- Respostas ao questionário 01.	- Identificar concepções alternativas sobre os conceitos de átomo e elemento químico; - Explorar relações entre os conceitos de átomo e elemento químico.
Aula 02	- Leitura coletiva de infográficos com aspectos históricos sobre átomo e elemento químico (Apêndice B: b1 e b2); - Utilização da simulação <i>Phet.Colorado</i> : “Monte um átomo ³ ”; - Entrega do estudo de caso (Apêndice C).	- Transcrição dos diálogos.	- Estimular a emergência de ideias sobre os conceitos de átomo e elemento químico; - Discutir os aspectos (sub)microscópicos e a visão racionalista dos conceitos; - Diferenciar átomos, isótopos e elementos químicos.
Aula 03	- Debate sobre o estudo de caso (Apêndice C); - Debate coletivo sobre o filme especial de Natal do Bob Esponja: “O natal do Bob Esponja” (00:23:13); - Questionário 02 (Apêndice D).	- Transcrição dos diálogos; - Respostas ao questionário 02.	- Discutir a visão substancialista e animista para o conceito de elemento químico; - Diferenciar substância química de elemento químico; - Envolver os sujeitos participantes em um contexto específico da abordagem do conceito elemento químico.

Fonte: autoria própria.

A utilização de **questionários** é muito comum em pesquisas qualitativas e quantitativas, para obtenção de diversas informações, sendo necessário uma boa elaboração das perguntas nesse instrumento para que as sistematizações estejam de acordo com objetivos desejados (Minayo; Assis; Souza, 2005). Nesse sentido, um dos objetivos de uso desse instrumento de

³ https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom_pt_BR.html

pesquisa consiste em identificar concepções alternativas sobre os conceitos de átomo e elemento químico.

Além disso, o questionário será utilizado para identificação de perfil dos sujeitos de pesquisa, como idade, gênero, localidade que reside, em qual tipo de instituição cursou o ensino fundamental, entre outras particularidades que os sujeitos podem apresentar sobre suas vivências e experiências. Mas, servirá também para fazer um diagnóstico das ideias emergentes que os estudantes têm sobre átomo e elemento químico, bem como suas percepções de interação entre estes conceitos. Posteriormente, o pesquisador poderá realizar entrevistas para melhor compreensão das informações fornecidas que podem ser melhores esclarecidas.

A solicitação de **desenhos** que os estudantes apresentarão sobre átomo e elemento químico ao longo das tarefas, poderá tangencialmente contribuir para análise das formas de pensar sobre esses conceitos. Porque há dificuldade em compreender que esses conceitos são abstratos e necessitam de modelagem para exemplificação. Podendo ser estimulada ou apresentada mediante a utilização de simulações, como as que estão disponíveis no site “*phet.colorado*”. Nesse sentido,

É mais conveniente solicitar aos estudantes que representem as transformações por modelos do que lhes pedir que imaginem o que pode estar acontecendo “dentro do material”, ou para que desenhem como seria o material se ele fosse visto através de poderosas lentes de aumento (Mortimer, 2000, p. 174).

O **Estudo de caso** é uma proposta metodológica que tem cunho característico ligado as relações vivenciadas no cotidiano e com seus contextos, dos quais um aparato de informações empíricas surge, com o intuito de propor aos estudantes um envolvimento em uma aprendizagem de forma criativa e desafiadora a partir de problemáticas que estão em contato com suas realidades. Neste sentido, Martins (2008) define que estudo de caso “trata-se de uma metodologia aplicada para avaliar ou descrever situações dinâmicas em que o elemento humano está presente (p. 11)”. Esta metodologia se apresentou como uma variante da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), a qual foi apresentada em Harvard como estratégia de ensino em uma disciplina de ciências, há aproximadamente 40 anos (Sá; Francisco; Queiroz, 2007). Com isso, é necessário compreender que a coerência na escrita de um estudo de caso proporciona aos estudantes maior engajamento na discussão já que possibilita diversas formas de refletir sobre determinado contexto. De acordo com Yin (2001) “um estudo de caso não precisa conter uma interpretação completa ou acurada; em vez disso, seu propósito é estabelecer uma estrutura de discussão e debate entre os estudantes (p. 20)”. Assim incorre que a escrita de

maneira equivocada pode proporcionar resultados distantes do raciocínio idealizado pelo pesquisador, dificultando a explanação de todo o projeto e conseqüentemente a coleta de dados.

A vista disso, Herried (1998) descreve algumas características necessárias para um bom caso: é necessário que seja uma história com início, meio e fim; está envolvida com um problema que apresente drama e suspense, dentro de um período histórico de pelo menos cinco anos, que tenha repercutido na mídia, ou tenha inclinação para que isso ocorra; podendo gerar empatia com a temática central; para aumentar o realismo, é interessante ser composto por citações; para o leitor se envolver, apresentar algo que já tenha acontecido ou esteja suscetível de acontecer com o mesmo; é necessário ser pedagogicamente útil; que provoque conflitos; possua uma grande necessidade de ser resolvido; generalidade, para que seja aplicável em qualquer situação; que seja curto, para prender a atenção mais facilmente. Assim, como relata Silva, O., Oliveira e Queiroz (2011) os estudos de casos, a nível nacional começaram a serem inseridos como metodologia no ensino de química a partir de estudos desenvolvidos no Instituto de Química de São Carlos, no qual os estudos de casos elaborados envolviam questões de natureza sócio científica e científica.

Neste sentido, para tornar a abordagem mais intrigante e para ampliar a proposta metodológica do estudo de caso, com suporte na utilização da história da ciência para uma melhor descrição, que poderá proporcionar um caminho para avaliação da situação por sua dinamicidade e múltiplas singularidades que compõem a situação. Trazendo atividades com abordagem histórico-investigativa “que não preparam os alunos para manipular materiais automaticamente em busca de um resultado numérico, como normalmente ocorre em aulas de laboratório tradicionais” (Batista, R.; Silva, 2018, p. 99). Entretanto, proporciona a interação dos estudantes de forma ativa, dialogando e utilizando de argumentos para a busca de respostas em meio a incitação cognitiva, por mediação do professor que problematiza o conteúdo para entendimento das diversas maneiras que um conceito científico pode surgir em meio aos vários contextos.

Baldinato e Porto (2008) apresentam um estudo de caso que aponta as estratégias didáticas utilizadas por Faraday, enquanto esteve como educador, focando em um de seus trabalhos que tratava de um compilado de palestras transcritas para um livro de título “história da química da vela”. Nesse trabalho, é possível observar 12 abordagens que Faraday utilizava quando trata de conteúdos científicos envolvidos em uma simples ação como a da produção e queima de velas. É notável a preocupação com o ensino e aprendizagem, no qual os estudantes acabam tendo uma participação ativa, quando são questionados e levados a refletirem quanto

aos seus conhecimentos, mas colocados em outras percepções fazendo uma reflexão das discussões históricas.

Portanto, a utilização dos estudos de casos históricos surge como uma aplicação possível e interessante mediando os objetivos apresentados. Por proporcionar o envolvimento crítico em uma discussão, possibilitando compreensão das múltiplas formas de se pensar um conceito, podendo emergir mediante as problemáticas e dilemas em que são colocados, bem como o envolvimento dos personagens de determinado período histórico, que são apresentados no caso. Assim percebe-se que o estudo de caso histórico, pode proporcionar a emergência de modos distintos de descrever um conceito, buscando uma maneira mais eficaz quando o indivíduo é levado a questionar sua perspectiva de pensamento por meio de ampliação de conceitos já adquiridos quando consegue relacionar aspectos que exploram os saberes.

Com a **transcrição dos diálogos** será possível analisar as interações linguísticas, com o intuito de perceber no diálogo dos estudantes como ocorre o processo de mobilização dos conceitos de átomo e elemento químico. Mediante as intenções e intervenções do professor pesquisador foram explicitados sentidos e significados pela ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002), no próximo tópico.

2.4 ANÁLISE DOS DADOS DE PESQUISA

Para análise dos dados, foi pensado sobre a influência da psicologia histórico cultural, em toda realização da pesquisa. Com isso, a ferramenta sociocultural de análise desenvolvida por Mortimer e Scott (2002), proporciona uma interpretação dos diferentes modos de pensar expressos nas diferentes formas de linguagem, mediante os recursos utilizados durante a sequência de ensino e aprendizagem a partir das intenções e intervenções do professor pesquisador.

Compreendendo que “o entendimento individual dos estudantes sobre fenômenos específicos para a pesquisa sobre a forma como os significados e entendimentos são desenvolvidos no contexto social da sala de aula” (Mortimer; Scott, 2002, p. 284). Mesmo que as tarefas realizadas na sequência tenham um foco epistêmico foram analisadas com o intuito de ampliar as ideias sobre os conceitos de átomo e elemento químico em uma sala de aula.

Nessa pesquisa foi utilizado a ferramenta analítica como instrumento de análise, no que diz respeito as intenções e intervenções do professor pesquisador que busca analisar as interações e a produção de significados em salas de aula em ciências. Desse modo, a ferramenta analítica tem cinco aspectos de análise inter-relacionados: 1 - Intenções do professor; 2 –

Conteúdo do discurso de sala de aula; 3 - Abordagem comunicativa; 4 - Padrões de Interação e 5 - as intervenções do professor.

Os primeiros aspectos da atividade em sala de aula estão nos focos de ensino, que surgem a partir das **intencções do professor**, que são as ações realizadas no processo de ensino e aprendizagem, como destaque do quadro 6.

Quadro 5: intencções do professor x foco

Intencções do professor	Foco
Criando um problema	Engajar os estudantes, intelectual e emocionalmente, no desenvolvimento inicial da ‘estória científica’.
Explorando a visão dos estudantes	Elicitar e explorar as visões e entendimentos dos estudantes sobre ideias e fenômenos específicos.
Introduzindo e desenvolvendo a “estória científica”	Disponibilizar as ideias científicas (incluindo temas conceituais, epistemológicos, tecnológicos e ambientais) no plano social da sala de aula.
Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, e dando suporte ao processo de internalização	Dar oportunidades aos estudantes de falar e pensar com as novas ideias científicas, em pequenos grupos e por meio de atividades com a toda a classe. Ao mesmo tempo, dar suporte aos estudantes para produzirem significados individuais, internalizando essas ideias.
Guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso	Dar suporte aos estudantes para aplicar as ideias científicas ensinadas a uma variedade de contextos e transferir aos estudantes controle e responsabilidade (Wood et al., 1976) pelo uso dessas ideias.
Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da “estória científica”	Prover comentários sobre o desenrolar da ‘estória científica’, de modo a ajudar os estudantes a seguir seu desenvolvimento e a entender suas relações com o currículo de ciências como um todo.

Fonte: Mortimer e Scott (2002)

Além desses padrões, ocorrem momentos em que as intervenções do professor influenciam para o entendimento das relações com o conhecimento. Desse modo, inspirados no esquema de Scott (1998):

Quadro 6: intervenções pedagógicas

Intervenção do professor	Foco	Ação – O professor:
1. Dando forma aos significados	Explorar as ideias dos estudantes;	- Introduz um termo novo; - Parafraseia uma resposta do estudante; - Mostra a diferença entre dois significados.
2. Selecionando significados	Trabalhar os significados no desenvolvimento da	- Considera a resposta do estudante na sua fala; - ignora a resposta de um estudante.
3. Marcando significados chaves	estória científica.	- Repete um enunciado; - Pede aos estudantes que repita um enunciado; - Estabelece uma sequência I-R-A com um estudante para confirmar uma ideia; - usa um tom de voz particular para realçar certas partes do enunciado.

4. Compartilhando significados	Tornar os significados disponíveis para todos os estudantes da classe	<ul style="list-style-type: none"> - Repete a ideia de um estudante para toda a classe; - Pede a um estudante que repita um enunciado para a classe; - Compartilha resultados dos diferentes grupos com toda a classe; - Pede aos estudantes que organizem suas ideias ou dados de experimentos para relatarem para toda a classe.
5. Checando o entendimento dos estudantes	Verificar que significados os estudantes estão atribuindo em situações específicas	<ul style="list-style-type: none"> - Pede a um estudante que explique melhor sua ideia; - Solicita aos estudantes que escrevam suas explicações; - verifica se há consenso da classe sobre determinados significados.
6. Revendo o progresso da estória científica	Recapitular e antecipar significados	<ul style="list-style-type: none"> - Sintetiza os resultados de um experimento particular; - Recapitula as atividades de uma aula anterior; - revê o progresso no desenvolvimento da estória científica até então.

Fonte: Mortimer; Scott, 2002.

Com isso, a ferramenta analítica desenvolvida por Mortimer e Scott (2002), possibilita a realização de uma ampla análise da conceituação desenvolvida na atividade de ensino e aprendizagem. No quadro 08, está descrito a utilização dos instrumentos de compartilhamento de dados, com base nas categorias de análise para melhor descrição dos objetivos específicos.

Quadro 7: descrição dos instrumentos para coleta de dados e categorias de análise.

Objetivos Específicos	Coleta de dados	Categorias de análise
Identificar significados e sentidos atribuídos ao conceito átomo por licenciandos da disciplina de História da Química;	<ul style="list-style-type: none"> - Questionário; - Transcrição dos áudios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos; - Zonas do perfil conceitual de átomo (Mortimer, 2000).
Identificar significados e sentidos atribuído ao conceito de elemento químico por licenciandos da disciplina de História da Química;	<ul style="list-style-type: none"> - Questionário; - Transcrição dos áudios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos; - Zonas do perfil conceitual de átomo (Mortimer, 2000); - Ferramenta Analítica (Mortimer; Scott, 2002).
Relacionar compromissos implicados nos modos de pensar elemento químico com as zonas do perfil conceitual de átomo ao longo das interações com diferentes instrumentos de pesquisa.	<ul style="list-style-type: none"> - Análise do conjunto de dados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos; - Zonas do perfil conceitual de átomo (Mortimer, 2000); - Ferramenta Analítica (Mortimer; Scott, 2002).

Fonte: autoria própria.

Com o intuito de facilitar a identificação das zonas, foram sistematizadas algumas características que os professores em formação podem apresentar, no quadro 9:

Quadro 8: características das ideias que são representativas de diferentes zonas do perfil conceitual de átomo

Zonas	Código	Características
Zona Sensorialista	ZSe	É caracterizada pela negação do conceito de átomo, e o principal compromisso que ela encerra para a construção do conceito é a negação da possibilidade de existência de espaços vazios entre as partículas materiais. Um estudante que

		possui apenas essa noção da matéria a representa como algo contínuo, sem nenhuma referência a partículas.
Zona Substancialista	ZSu	Os estudantes pensam partículas como grãos de matéria que podem dilatar-se, contrair-se, mudar de estado etc. O estudante com esta concepção faz, portanto, uma analogia entre o comportamento dessas partículas e o das substâncias, atribuindo propriedades macroscópicas às partículas. Além disso, o estudante com essa concepção ainda não trabalha com a noção de modelo como algo isomórfico à realidade, e, portanto, dinâmico, no sentido de que, à medida que novos dados são apreendidos, são necessárias mudanças no modelo para se adequar a essa nova realidade. Um estudante com a visão substancialista provavelmente não representa as partículas como um modelo, mas como uma cópia da própria realidade. Neste sentido, sua visão, além de substancialista, é também realista.
Zona Noção Clássica	ZNC	O átomo é visto como uma partícula material, e seu comportamento é regido pelas leis da mecânica, como qualquer outro corpo. As substâncias são constituídas por moléculas que resultam da combinação de átomos iguais ou diferentes. A combinação de átomos iguais resulta em substâncias simples, e a de átomos diferentes, em substâncias compostas. Os átomos de uma mesma natureza possuem uma propriedade que os identifica: as massas atômicas.
Zona Quântica	ZQ	Ele é um tipo de objeto mais bem descrito por equações matemáticas do que por modelos ou analogias com a realidade macroscópica. A versão da mecânica quântica postulada por Schrodinger é a mais popular, justamente por atribuir equações ondulatórias aos elétrons. Esse apelo a entidades familiares como ondas não diminui a complexidade da “realidade” quântica, já que se atribui propriedades ondulatórias a algo que se pensava ser uma partícula material.

Fonte: Mortimer (2000).

No quadro 10, apresentamos uma descrição desses compromissos identificados pelos autores Silva, N. e Silva, J. (2017), além de outro apresentado por Bachelard (1996), a partir de formas de compreender elemento químico.

Quadro 9: compromissos epistemológicos para o conceito de elemento químico.

Compromissos	Código	Características
Realista	REA	Ideias intuitivas sobre o conceito de elemento de químico, em que são interpretados como corpos simples ou elementares concretos, não constituintes de uma hierarquia. Elemento químico é entendido como o próprio átomo sem relação aos atributos subatômicos.
Empirismo	EMP	A existência dos elementos químicos é concebida a partir da interpretação de experimentos na manipulação de substâncias simples. Representa uma transição para uma visão racionalista. No contexto da química, elemento químico concebido a partir de uma reação de síntese, por exemplo.
Racionalista	RAC	Os elementos químicos são caracterizados por atributos subatômicos, como número de prótons, nêutrons ou elétrons. A ideia de que elemento químico é representando por um átomo individual e suas propriedades.
Animismo	ANI	A existência de elementos que são essenciais para a geração e manutenção da vida.
Substancialista	SUB	Os elementos, concebidos dentro de uma visão abstrata, são substancializados (materializados) como fluidos que existem no mundo real ou descritos como as próprias substâncias.
Ultrarracionalista	URA	A existência dos elementos químicos é abstrata, não sendo possível sua manipulação no mundo real. Elementos são encontrados nas substâncias, mas não de forma isolada.
Pragmatismo	PRA	Elemento químico é concebido a partir de uma visão geral para compreensão da matéria, por simples referência a um princípio geral da natureza (valorização abusiva). A compreensão de elemento químico se restringe à

		forma como está organizado em um instrumento para compreensão de conceitos de química de tudo é composto.
--	--	---

Fonte: Adaptado de Bachelard, 1996; Silva, N; Silva, J., 2017.

Ancorados também aos compromissos ontológicos matéria e abstrações, propostos por Chi (1992), que nos direcionaram para ideias mais amplas em soma para o entendimento das formas de falar o conceito de elemento químico, expressos mediante os modos de pensar. A análise dos dados ocorrerá mediante identificação e classificação dos significados, atribuídos aos conceitos de átomo e elemento químico, apoiado aos compromissos epistemológicos e ontológicos. Com isso, é necessário destacar os cuidados éticos realizados para coleta desses dados.

2.5 CUIDADOS ÉTICOS NA PESQUISA

Mediante as formas de coleta de dados que ocorreu por meio de diversos instrumentos, há necessidade de explicitar os cuidados que foram tomados, quanto a integridade dos sujeitos participantes. Foi entregue um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, para maiores de 18 anos ou emancipados (Anexo 03), solicitando a autorização do uso de arquivos e dados da pesquisa, para demonstrar o interesse em participação na pesquisa, como também para manter o sigilo e garantir a não utilização das informações em prejuízo as pessoas e/ou da comunidade. Foi elaborado uma Termo de para autorização dos responsáveis em caso de algum estudante ainda ser de menor, o que não foi necessário.

A pesquisa foi realizada, mediante autorização por meio de uma carta de anuência (Anexo 01), assinada pela coordenação do curso de química licenciatura da universidade em que ocorreu a coleta de dados. Juntamente com a entrega de um Termo de Compromisso e Confidencialidade (Anexo 02), assinado pelo professor pesquisador, sob o parecer favorável a pesquisa do comitê de ética, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE - Sede) no número 6.551.196. Dito isso, no próximo tópico será abordado os resultados da coleta de dados, bem como a análise realizada para o conjunto de informações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para apresentar os resultados deste trabalho, lembramos que a opção foi de realizar a pesquisa com licenciandos de química, sendo escolhida a disciplina de História da Química, normalmente cursada no 7º período do curso, na qual há espaço para discutir o desenvolvimento histórico e atual dos conceitos de átomo e elemento químico, como elucidado em tópico anterior. Nos dados que são apresentados a seguir, os participantes foram identificados pela sigla “PFLQ” que é uma abreviação para “Professores em Formação da Licenciatura em Química”, seguidos de dois numerais de acordo com a ordem alfabética dos nomes originais, sem relação direta com gênero ou qualquer outra informação que possa identificar qualquer um dos participantes, como descrito no quadro 11.

Quadro 10: Informações sobre os participantes da pesquisa

Código	Idade	Naturalidade, Nacionalidade	Estudou química na educação básica?	[Caso tenha estudado química na educação básica]. Quais conteúdos/assuntos você lembra de ter estudado na educação básica?
PFLQ 01	22	Recife-PE, Brasil	Sim	Tabela periódica, química inorgânica (ácidos, bases, sais e óxidos).
PFLQ 02	24	Recife-PE, Brasil	Sim	Matéria; modelos atômicos; reações químicas e reações físicas.
PFLQ 03	24	Moreno-PE, Brasil	Não	-
PFLQ 04	26	PE, Brasil	Não	-
PFLQ 05	23	PE, Brasil	Sim	Atomística, tabela periódica, substâncias e mistura, química ambiental, ciclos bioquímicos, estados da matéria.
PFLQ 06	27	Brasil	-	-
PFLQ 07	23	PE, Brasil	Sim	Estados físicos da matéria, substâncias e tipos, conceito de mistura e separação (tipos)
PFLQ 08	24	PE, Brasil	Sim	Estrutura e propriedades da matéria, modelos atômicos, estequiometria, funções inorgânicas

Fonte: dados da pesquisa.

Os resultados constituem uma sistematização de todas as análises feitas para os dados registrados, selecionados e organizados a partir de: a) respostas compartilhadas nos questionários e b) as transcrições dos áudios gravados em diferentes aulas, a partir dos quais foram extraídos episódios e analisadas as interações discursivas.

No primeiro dia (Aula 01), participaram 08 licenciandos; no segundo dia (Aula 02) participaram 04 licenciandos; e no terceiro dia de aula (Aula 03) participaram 08 licenciandos. Mesmo havendo baixa frequência no segundo dia de tarefas, houve boas interações entre os indivíduos presentes (licenciandos e professor pesquisador) como será descrito posteriormente.

3.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO 01 (AULA 01)

Na primeira aula, foi realizada uma conversa de acolhimento para explicar o processo de investigação a ser realizado nas próximas etapas, bem como foram feitos os convites e a solicitação de participação para todos na pesquisa. Com esse propósito, os licenciandos assinaram o termo TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, para maiores de 18 anos ou emancipados - Anexo 03) para permissão da gravação de áudio e utilização dos registros escritos.

Em seguida, foi aplicado o questionário 01 (Apêndice A) que é constituído por 24 questões - 1 fechada, 2 abertas para a elaboração de desenhos e 21 questões abertas para escrita - divididas em 5 partes: parte 01 (características dos sujeitos participantes); parte 02 (compreensão sobre o átomo); parte 03 (compreensão sobre elemento químico); parte 04 (relação entre os conceitos de átomo e elemento químico) e parte 05 (ensino e aprendizagem envolvendo átomo e elemento químico).

As respostas dadas às questões sobre os conceitos de átomo e elemento químico foram analisadas com base nas zonas do perfil conceitual de átomo, e nos compromissos que emergiram para as ideias sobre elemento químico. Buscando contemplar os objetivos específicos da pesquisa foram aglutinadas respostas a perguntas que traziam ideias sobre os conceitos de átomo e de elemento químico, conforme mostrado no quadro 12 que apresenta essas questões selecionadas das devidas partes do questionário e as ideias centrais que acreditamos que poderiam emergir.

Quadro 11: questões relacionadas a diferentes partes do questionário

Perguntas do questionário	Ideias centrais nas respostas	Parte
- Q01: O que você compreende e como define o conceito de átomo? - Q02: Qual a importância do conceito de átomo para compreensão das propriedades químicas? - Q05: Como você representaria (desenharia) os átomos?	- Descrição do que é átomo; - Relação do conceito de átomo e propriedades químicas; - Representação das ideias sobre o conceito de átomo.	02
- Q01: O que você compreende e como define o conceito de elemento químico? - Q03: Como diferenciar elementos químicos entre si? - Q04: Qual a diferença do conceito de elemento químico, atualmente, para ideia dos quatro elementos (água, terra, fogo e ar) de Empédocles?	- Descrição do que é elemento químico; - Destacar aspectos que diferenciam elementos químicos entre si; - Relação do conceito de elemento químico e ideias dos antigos pensadores;	03 ⁴
- Q01 mento químico? - Q02: Qual a diferença dos conceitos de átomo e elemento químico?	- Relação entre os conceitos de átomo e elemento químico no ensino e aprendizagem; - Diferença entre os conceitos de átomo e de elemento químico.	04

⁴ A questão 05, da parte 03, do questionário 01, não foi analisada porque nesse trabalho não foi desenvolvida fundamentação suficiente para discussão dos dados coletados.

- Q03: Qual a relação dos conceitos de átomo e elemento químico com a tabela periódica?	- Relação entre os conceitos de átomo e elemento químico com a tabela periódica.	05 ⁵
--	--	-----------------

Fonte: Autoria própria

Com isso, foram feitas as análises das respostas dadas pelos estudantes no questionário, fazendo breves correções de acordo com a norma culta padrão da língua portuguesa, sem alterar o sentido ou significados dos enunciados em cada episódio de pesquisa. Descrevendo as respostas de acordo com as zonas do perfil conceitual de átomo e para elemento químico baseado nos compromissos epistemológicos e ontológicos, diretamente ou destacando tendências nas respostas, como constam nos tópicos a seguir.

3.1.1 Análise de respostas dos licenciandos sobre átomo a partir de zonas do perfil conceitual de átomo

Como já foi discutido no capítulo de fundamentação teórica, as zonas do perfil conceitual de átomo apresentam diferentes ideias demarcadas pelo valor pragmático em cada contexto, que são a base para ajudar na organização e sistematização dos dados encontrados. O quadro 13, que segue abaixo, trata-se da primeira questão para a parte 02, do questionário 01.

- **Questão 01:** O que você compreende e como define o conceito de átomo?

Quadro 12: ideias sobre o conceito de átomo

Professor em formação	Resposta	Zonas
PFLQ01	A menor parte da matéria, dividida em partículas subatômicas.	ZNC
PFLQ02	Átomo é uma partícula formada de prótons, nêutrons e elétrons, as junções de suas partes constituem a maior parte o universo palpável.	ZNC
PFLQ03	Unidade básica da matéria.	ZNC
PFLQ04	Átomo é a unidade fundamental da matéria, tudo que tem massa e ocupa lugar no espaço é constituído por átomos, sendo eles a menor parte da matéria.	ZNC
PFLQ05	Átomo é o menor constituinte da matéria	ZNC
PFLQ06	Compreendo que átomo pode ser carregado de partículas positivas (prótons), negativas (elétrons) e neutros.	ZNC
PFLQ07	O átomo é uma partícula que compreende e abarca a matéria. Possui um núcleo com carga positiva onde ficam localizados os prótons e nos nêutrons e a eletrosfera onde se localiza as cargas negativas (elétrons).	ZNC
PFLQ08	“Átomo” significa “indivisível”, de acordo com a origem da palavra. Porém, o meu entendimento é que o átomo é a unidade fundamental da matéria, e sua estruturação é a identidade dos elementos químicos. Esse conceito é mais trabalhado por modelos e teorias que se adequam a experimentos macroscópicos, mas suas “reais” características não podem ser sentidas pelo ser humano.	ZNC

Fonte: Autoria própria.

⁵ As questões 01, 02, 04 e 05 da parte 05 não contribuem para discussão sobre os conceitos de átomo elemento químico, por isso não foram adicionadas no quadro 12 para análise.

De acordo com o quadro 13, não emergiram dados referentes a **zona sensorialista**, que é aquela que trata da negação do conceito de átomo, por meio de uma visão generalista sem menção a ideia de partículas. Essa não emergência, inicialmente, é esperada por se tratar de respostas de professores em formação em um curso de licenciatura em química. Porque no momento da pesquisa estavam cursando o sétimo período, e possivelmente, sistematizado diversos conhecimentos sobre a química e seus conceitos estruturantes.

O que também ocorreu para **zona substancialista**, que é aquela em que há descrição do átomo como grãos de matéria, devido a uma caracterização de aspectos macroscópicos, apresentando os modelos como realidade material e não uma representação. Além disso, também não ocorreu emergência para **zona quântica**, que marca um tratamento mecânico quântico, em que há descrição por meio de equações matemáticas, fugindo de modelos e analogias com a realidade macroscópica (Mortimer, 2000).

Desse modo, a **zona noção clássica** foi a que emergiu em todas as respostas, ao apresentarem o átomo como unidade fundamental da matéria: “*A menor parte da matéria [...]*” (PFLQ01); “*Átomo é uma partícula [...]*” (PFLQ02); “*Unidade básica da matéria*” (PFLQ03); “*Átomo é a unidade fundamental da matéria [...] sendo eles a menor parte da matéria*” (PFLQ04); “*Átomo é o menor constituinte da matéria*” (PFLQ05); “*O átomo é uma partícula que compreende e abarca a matéria [...]*” (PFLQ07) e “[...] *o átomo é a unidade fundamental da matéria [...]*” (PFLQ08). Essas ideias direcionam para uma visão ontológica material do átomo, como é complementado na resposta de PFLQ04: “[...] *tudo que tem massa e ocupa lugar no espaço é constituído por átomos [...]*”.

Outra característica dessa zona pela ampliação a partir de Murta, Silva e Araújo (2013), que descreve o átomo mediante as partículas que o compõem: “[...] *dividida em partículas subatômicas*” (PFLQ01); “[...] *partícula formada de prótons, nêutrons e elétrons, as junções de suas partes constituem a maior parte o universo palpável*” (PFLQ02); “*Compreendo que átomo pode ser carregado de partículas positivas (prótons), negativas (elétrons) e neutros*” (PFLQ06) e “[...] *Possui um núcleo com carga positiva onde ficam localizados os prótons e nos nêutrons e a eletrosfera onde se localiza as cargas negativas (elétrons)*” (PFLQ07). Dando destaque para o compromisso epistemológico racionalista, uma mesma visão que pode ocorrer ao descrever elemento químico.

Há uma visibilidade para resposta de PFLQ08, que inicia trazendo aspectos históricos sobre o conceito: “*“Átomo” significa “indivisível”, de acordo com a origem da palavra*”. Ressaltando a tipologia inicial dada pelos pensadores, mas afirmando seu pensamento em seguida: “[...] *Porém, o meu entendimento é que o átomo é a unidade fundamental da matéria,*

e sua estruturação é a identidade dos elementos químicos”. Ressaltando outro aspecto da zona noção clássica, pelo entendimento de que átomo é o elemento químico. Além disso, há uma descrição relacional acerca dos modelos e teorias, o que se distânciava da ideia substancialista de que o modelo seria o próprio átomo: *“Esse conceito é mais trabalhado por modelos e teorias que se adequam a experimentos macroscópicos, mas suas “reais” características não podem ser sentidas pelo ser humano”*.

A questão 02, da parte 02, do questionário 01 (Apêndice A), tenta explorar as ideias do conceito de átomo com relação às propriedades químicas.

- **Questão 02:** Qual a importância do conceito de átomo para compreensão das propriedades químicas?

Quadro 13: relação sobre a importância do conceito de átomo para as propriedades químicas.

Professor em formação	Resposta	Zonas
PFLQ01	Saber como se dá as interações entre os átomos e moléculas	ZNC
PFLQ02	o átomo é o conceito mais específico para se ter uma compreensão abrangente sobre as transformações da matéria e a relação com a natureza.	NDA
PFLQ03	Entendendo o conceito de átomo é possível entender características de um elemento químico e conseqüentemente compreender as propriedades químicas.	ZNC
PFLQ04	acho que entender o que é átomo é fundamental para entender as propriedades químicas, por exemplo, para entender a eletronegatividade é importante compreender o conceito de átomo, como ele é formado.	ZNC
PFLQ05	As propriedades químicas estão relacionadas com os átomos formadores de um elemento, portanto é a partir dele que podemos discutir acerca das propriedades como eletronegatividade, afinidade eletrônica.	ZNC
PFLQ06	Não respondeu essa questão.	NDA
PFLQ07	existem átomos diferentes que se assemelham em suas propriedades constituintes, assim, o conceito do átomo e suas cargas presentes definem uma vasta composição química inclusa no planeta.	ZSu
PFLQ08	o conceito de átomo dá fundamento às propriedades periódicas, às ligações químicas e a diversos outros fenômenos observáveis.	NDA

Fonte: Autoria própria.

Para essa questão não foi possível identificar a **zona sensorialista** e nem a **zona quântica**, PFLQ06 não respondeu à pergunta, como também PFLQ02 e PFLQ08 apresentam ideias que não se encaixam em nenhuma zona: *“o átomo é o conceito mais específico [...]”* (PFLQ02), não especifica em qual contexto seria essa afirmação e o complemento da resposta não explica muita coisa, deixando uma conclusão vaga, afinal o que seria a relação das transformações com a natureza? Assim, não é possível classificar em uma das ideias representadas nas zonas do perfil de átomo; enquanto que PFLQ08 apresenta uma visão bem generalizada de informações em sua resposta que impede uma classificação.

PFLQ07 mobiliza resposta que tem nuance para **zona substancialista**, ao associar o átomo as propriedades químicas que competem ao elemento químico e a substância química (ou elementar), dando a entender que o átomo tem relação com a identidade do elemento químico, ainda que haja uma imprecisão sobre essa passagem do submicroscópico para a ideia de elemento, que pode ser considerada nas duas escalas de átomo ou substância elementar, aqui a Zona Substancialista está fortemente presente com alguma tendência a zona noção clássica. Mas, há também uma passagem da ideia de elemento químico para as propriedades químicas (supondo que sejam das substâncias elementares), o que parece expressar uma ideia de constituição dessas pelos átomos a partir dos elementos químicos: “*existem átomos diferentes que se assemelham em suas propriedades constituintes, assim, o conceito do átomo e suas cargas presentes definem uma vasta composição química inclusa no planeta*”. Assim, temos aqui uma nuance substancialista, pois as propriedades submicroscópicas dos átomos coincidem com aquelas das substâncias (uma vasta composição química inclusa no planeta).

A outra zona emergente nas respostas de PFLQ01, PFLQ03, PFLQ04 e PFLQ05, foi a **zona noção clássica**, ao dizer que as interações entre moléculas vão ser determinantes nas propriedades químicas das substâncias: “*Saber como se dá as interações entre os átomos e moléculas*” (PFLQ01). Sugere uma compreensão de que a propriedade da eletronegatividade das substâncias, está relacionada com a estrutura dos átomos (na constituição das substâncias), isso aponta para uma ideia de átomo como constituinte das substâncias, cuja configuração interfere na propriedade, assim acredito que também há algum direcionamento para zona quântica.

Outra característica que marca essa zona e que surge na resposta de PFLQ03 está na ideia de que átomo e elemento químico são a mesma identidade: “*entendendo o conceito de átomo é possível entender características de um elemento químico e conseqüentemente compreender as propriedades químicas*”. Finalizando sua resposta com uma breve ambigüidade sobre as propriedades químicas, estaria se referindo as propriedades químicas da substância elementar? Como também PFLQ04 associa a importância da compreensão do conceito de átomo, para compreensão das propriedades químicas que seria de uma substância elementar ou dos elementos químicos: “*acho que entender o que é átomo é fundamental para entender as propriedades químicas, por exemplo, para entender a eletronegatividade é importante compreender o conceito de átomo, como ele é formado*”.

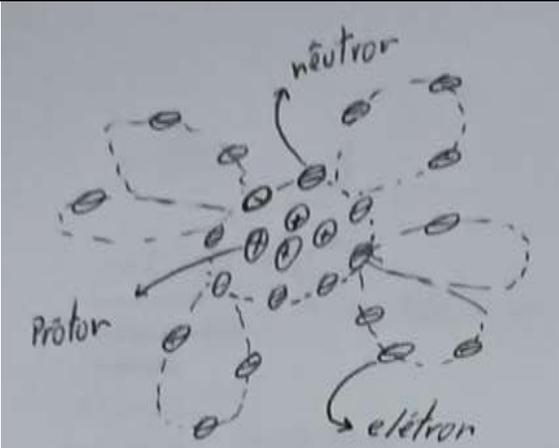
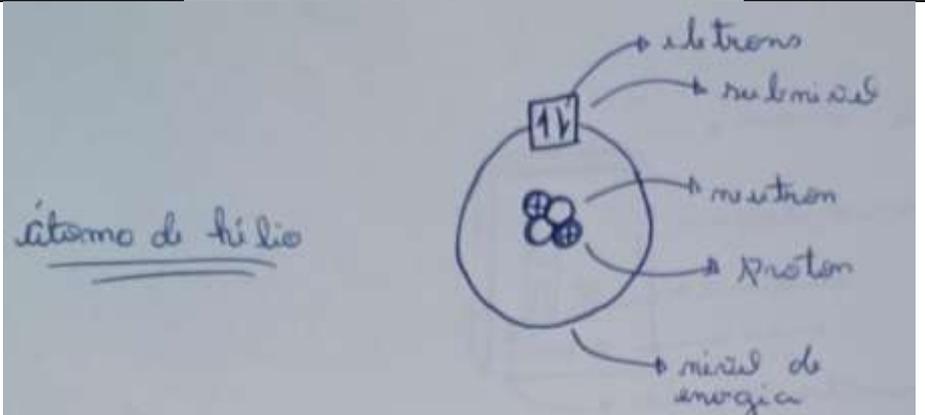
Uma visão sobre a combinação de átomos que formam os elementos químicos e com características como “o movimento, energia, arranjo e interação das partículas são todos ligados ao mecanicismo” (Silva, A. 2022, p. 64). O que é apresentado na resposta de PFLQ05: “As

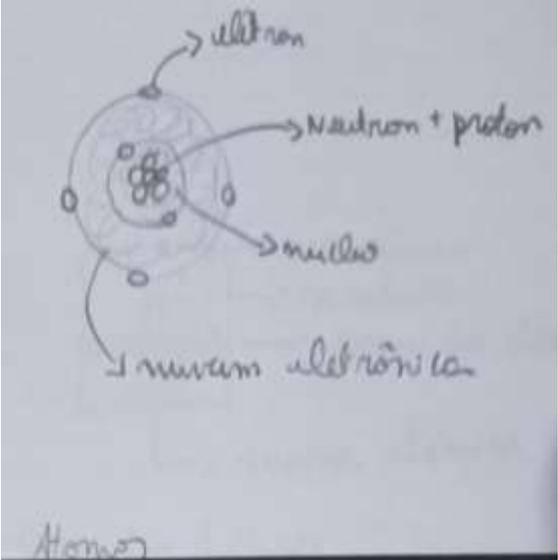
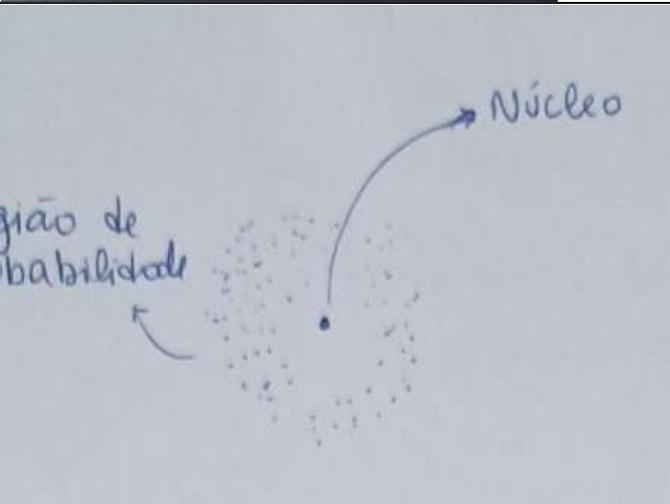
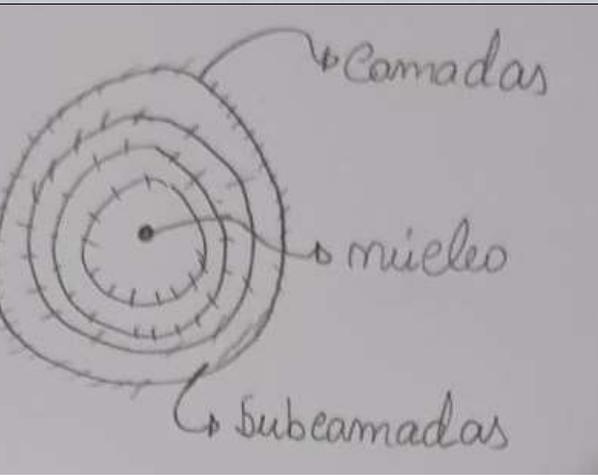
propriedades químicas estão relacionadas com os átomos formadores de um elemento, portanto é a partir dele que podemos discutir acerca das propriedades como eletronegatividade, afinidade eletrônica”.

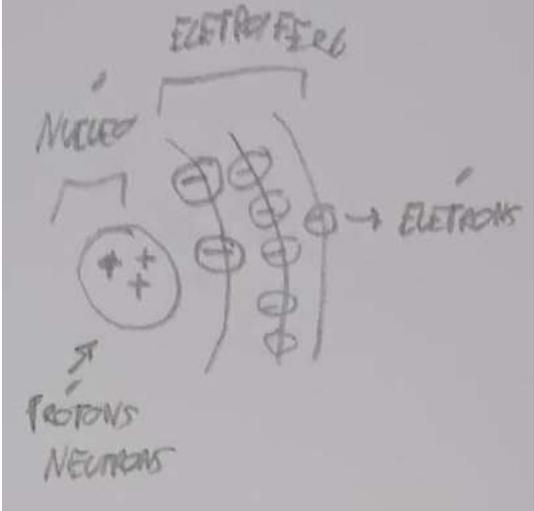
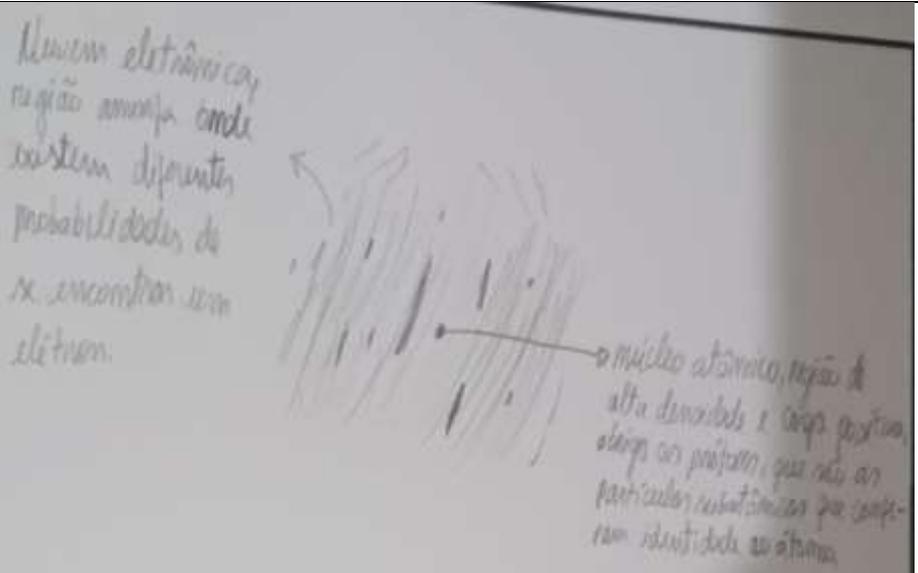
Seguindo para análise da questão 05, há uma busca em explicar as ideias sobre o conceito de átomo, a partir de representações (desenhos) elaborados pelos próprios licenciandos. Mas, é importante mencionar que a análise dos desenhos foi feita a partir de características que fossem representativas para as zonas, não sendo utilizada uma base teórica ou técnica sobre a análise de desenhos. Com isso, as respostas indicam tendências acerca das zonas indicadas para o perfil conceitual de átomo.

- **Questão 05:** Como você representaria (desenharia) os átomos? [...]

Quadro 14: representações sobre o conceito de átomo

Professor em formação	Resposta	Zonas
PFLQ01		ZNC e ZQ
PFLQ02	<p><u>átomo de hélio</u></p> 	ZNC e ZQ

PFLQ03			ZNC e ZQ
PFLQ04			ZQ
PFLQ05			ZNC
PFLQ06	Não representou		

PFLQ07		ZNC
PFLQ08		ZQ

Fonte: Autoria própria.

A Zona Noção Clássica não prevê a existência de subpartículas, essa é uma lacuna do perfil conceitual de átomo, proposto inicialmente por Mortimer (2000), como mencionado anteriormente, mas complementamos essa ideia com as pesquisas de Murta, Silva, J. e Araújo (2013) e Silva, A. (2022). Com isso, nos desenhos elaborados pelos professores em formação PFLQ01, PFLQ02, PFLQ03, PFLQ05 e PFLQ07, há destaques que direcionam para **zona noção clássica**, seguindo a argumentação anterior. PFLQ01, dá destaque as partículas subatômicas em uma organização híbrida com o orbital p ; PFLQ02 apresenta o modelo atômico como um elemento químico de hélio, destacando as partículas subatômicas em uma representação híbrida do modelo de Rutherford-Bohr e a notação para orbital s ; PFLQ03 também apresenta um modelo híbrido entre o modelo de Rutherford-Bohr e o modelo quântico, ao representar a nuvem eletrônica; PFLQ05 faz um modelo com poucos detalhes destacando aleatoriamente o que acredito que são elétrons em níveis de energia, um modelo que parece-me

abarcando o de Rutherford-Bohr (de maneira “sofrida”) e PFLQ07 faz um recorte destacando as partículas subatômicas.

Para **zona quântica**, foram representados modelos híbridos e com algumas noções do modelo quântico: PFLQ01 demonstra uma sobrecarga de elétrons, bem como mais partículas que o orbital suportaria de acordo com o princípio de exclusão de Pauli, na sua representação que parece ser a sobreposição de um orbital *s* com 3 orbitais *p*; PFLQ02 apresenta uma representação a partir do princípio de exclusão de Pauli para o orbital *s*; PFLQ04 faz uma evidente representação do modelo quântico, demonstrando o núcleo do átomo e ao entorno a região de probabilidade; PFLQ08 faz um desenho no mesmo sentido de PFLQ04, destacando a nuvem eletrônica, em texto escrito junto com a representação, deixando algumas regiões da representação com mais detalhes que outras.

Essas ideias demonstram uma pluralidade no pensamento, quando se pensa na representação estrutural da matéria e os conceitos que estruturam esses modos pensar. Com isso, para aprofundar a busca de sentidos e significados que interligam átomo e elemento químico temos que a terceira parte do questionário foca no conceito de elemento químico, como mostram as análises a seguir o próximo tópico.

3.1.2 Sentidos e significados para elemento químico identificados nas respostas dos graduandos ao questionário 01

Inicialmente, a análise das respostas sobre elemento químico foi realizada com base em compromissos epistemológicos identificados no trabalho de Silva, N.; Silva, J. (2017), os autores propuseram essas categorias implicados em concepções mediante levantamento histórico, como foi mencionado anteriormente no capítulo de fundamentação, ocorrendo uma complementação em Bachelard (1996) e nos compromissos ontológicos (Chi, 1992).

Relembrando que os trechos foram transcritos dos questionários para uma melhor organização, deixando toda a frase ou trecho na íntegra para um melhor entendimento do contexto, com breves correções gramaticais sem perder o sentido e significado das frases. A primeira pergunta da parte 03 do questionário 01 (Apêndice A), busca identificar e selecionar os modos de pensar elemento químico, como esse conceito não possui um perfil conceitual proposto, serão destacados os sentidos e significados a partir de compromissos emergentes em termos de “visão”.

- **Questão 01:** O que você compreende e como define o conceito de elemento químico?

Quadro 15: ideias sobre elemento químico a partir da questão 01, da parte 03, do questionário 01.

Professor em formação	Resposta	Visão
PFLQ01	É um conjunto de átomos com mesmas propriedades.	RAC
PFLQ02	É a representação da menor parte de uma substância simples.	RAC
PFLQ03	O elemento químico é uma substância pura composta pelos mesmo átomos.	NDA
PFLQ04	Elemento químico é tudo aquilo que está representado na tabela periódica, por exemplo o hidrogênio, o carbono, nitrogênio, isso é elemento químico.	PRA
PFLQ05	o elemento químico é representação macroscópica de um aglomerado de átomos de um mesmo grupo.	SUB
PFLQ06	Elemento químico é um conjunto de átomos.	RAC
PFLQ07	Os elementos químicos compreendem a classe de substâncias formadas por átomos que podem ser bem definidos pela tabela periódica.	PRA e SUB
PFLQ08	elemento químico é o conjunto de átomos com o mesmo número atômico, ou seja, mesma identidade.	RAC

Fonte: Autoria própria.

A maior mobilização que ocorreu foi para **visão racionalista**, em que a descrição de elemento químico é feita como um conjunto de átomos, há uma negação do conceito porque só considera sua existência com a relação a outro, o que marca uma visão mais abstrata: “*É um conjunto de átomos com mesmas propriedades*” (PFLQ01) e “*Elemento químico é um conjunto de átomos*” (PFLQ06). Essa visão pode ser compreendida como racionalista também “quando se percebe o esforço em diferenciar o conceito de substância simples e elemento” (Silva, N.; Silva, J., 2017, p. 111): “*É a representação da menor parte de uma substância simples*” (PFLQ02). Ou ainda quando há destaca para os aspectos subatômicos: “*elemento químico é o conjunto de átomos com o mesmo número atômico, ou seja, mesma identidade*” (PFLQ08), o que resulta em uma nuance realista no final da resposta.

Uma outra mobilização ocorreu para **visão substancialista**, em que há uma materialização do elemento químico, ao descrevê-lo como uma “[...] *representação macroscópica de um aglomerado de átomos de um mesmo grupo*” (PFLQ05), mesmo utilizando o termo “representação” o destaque é dado ao aglomerado macroscópico, deixando implícito a ideia de uma relação entre o mundo microscópico e macroscópico. Outra noção evidente está em tratar o elemento químico como a própria substância química: “*Os elementos químicos compreendem a classe de substâncias formadas por átomos que podem ser bem definidos pela tabela periódica*” (PFLQ07), ao relacionar com a tabela periódica apresenta uma **visão pragmática**, por conceber sua existência a partir de instrumento de consulta. Ocorrendo também para PFLQ04 que resumiu elemento químico a uma representação nesse mesmo instrumento, como demonstra: “*Elemento químico é tudo aquilo que está representado na tabela periódica [...]*”.

Ocorreu também a confusão entre os conceitos de átomo, elemento químico e substância química: “*O elemento químico é uma substância pura composta pelos mesmo átomos*” (PFLQ03), mesmo com nuances substancialista por dizer, basicamente, que são as mesmas entidades químicas não há uma inferência que se encaixe em um dos compromissos estudados.

A questão 03, da parte 03, do questionário 01 (Apêndice A), busca explorar ideias acerca da composição dos elementos químicos, com o intuito de levar os professores em formação demonstrarem suas ideias mediante sua diferenciação.

- **Questão 03:** Como diferenciar elementos químicos entre si?

Quadro 16: ideias sobre a diferenciação entre elementos químicos.

Professor em formação	Resposta	Visão
PFLQ01	Elementos iguais tem mesma propriedade. Elementos diferentes tem propriedades diferentes.	NDA
PFLQ02	Pelas propriedades que as substâncias simples apresentam, e pela quantidade de prótons em seu núcleo e o que isso lhe atribui.	SUB e RAC
PFLQ03	Através de suas propriedades químicas.	RAC
PFLQ04	De acordo com seu número atômico, cada elemento possui número atômico próprio.	RAC
PFLQ05	A partir da sua natureza, obtenção e propriedades físico-químicas.	RAC
PFLQ06	Cada elemento químico tem suas propriedades como: raio atômico, massa, eletronegatividade e entre outras propriedades.	PRA
PFLQ07	Através das classificações inclusas na tabela periódica, como família, grupo e característica comuns uns aos outros.	PRA
PFLQ08	Através dos seus números atômicos, por exemplo, hidrogênio é um elemento diferente do ferro, pois seus $z=1$ e $z=26$, respectivamente.	RAC

Fonte: Autoria própria.

PFLQ02 apresenta uma **visão substancialista**, quando diz que essa diferenciação se dá por meio das características que a substância simples apresenta, materializando o conceito de elemento químico, bem como atribuindo aspectos subatômicos o que marca uma **visão racionalista**. Essa visão é emergente também para PFLQ04 e PFLQ08: “*De acordo com seu número atômico, cada elemento possui número atômico próprio*” (PFLQ04); “*Através dos seus números atômicos, por exemplo, hidrogênio é um elemento diferente do ferro, pois seus $z=1$ e $z=26$, respectivamente*” (PFLQ08). Outro destaque está em descrever elemento químico a partir das propriedades periódicas: “*Através de suas propriedades químicas*” (PFLQ03); “*A partir da sua natureza, obtenção e propriedades físico-químicas*” (PFLQ05).

Outra emergência ocorreu para uma **visão pragmática**, em que descreve o conceito de elemento químico a partir de um instrumento, nesse caso, a tabela periódica: “*Através das classificações inclusas na tabela periódica, como família, grupo e característica comuns uns aos outros*” (PFLQ07) para realizar as diferenciações dos elementos químicos entre si. Com

isso, PFLQ06 atribui propriedades periódicas para descrever o conceito: “*Cada elemento químico tem suas propriedades como: raio atômico, massa, eletronegatividade e entre outras propriedades*”.

A questão 04, da parte 03, do questionário 01 (Apêndice A), busca identificar como são mobilizadas as percepções sobre os elementos filosóficos nas respostas para professores em formação.

- **Questão 04:** Qual a diferença do conceito de elemento químico, atualmente, para ideia dos quatro elementos (água, terra, fogo e ar) de Empédocles?

Quadro 17: ideias sobre elemento químico e os elementos filosóficos.

Professor em formação	Resposta	Visão
PFLQ01	elemento químico atualmente tem definição com base na radioatividade.	NDA
PFLQ02	Antigamente toda a matéria era constituída de um elemento primordial, já atualmente substâncias simples são improváveis na natureza, e a matéria parte da mescla entre mais de um elemento.	REA
PFLQ03	o conceito de elemento químico se deu através de estudo e experimentação, a ideia dos quatro elementos foi uma reflexão filosófica.	EMP
PFLQ04	Eu não sei, Empédocles queria provar do que a matéria é feita, os elementos químicos provam isso. Acho que não tem diferença no conceito.	NDA
PFLQ05	Os compostos são formados por elementos químicos distintos diferente do que Empédocles achava. Ele acreditava que tudo era formado apenas desses quatro elementos primitivos, naturais.	NDA
PFLQ06	Não respondeu	-
PFLQ07	ambos os elementos citados são formados pelos elementos químicos através de ligações que podem ser advindas de reações e misturas desses elementos que entram em contato.	REA
PFLQ08	o conceito atual é pautado na estrutura química e no conceito de átomo, além de estar embasado em ciência, não filosofia.	RAC

Fonte: Autoria própria.

Para essa pergunta ocorreu mobilização para **visão realista**, na resposta de PFLQ02 que inicia escrevendo sobre os elementos primordiais, como se essa fosse uma realidade que foi se transformando ao invés de ser uma ideia que foi sendo refutada “*Antigamente toda a matéria era constituída de um elemento primordial [...]*”. Nessa mesma lógica, acrescenta que atualmente “[...] *substâncias simples são improváveis na natureza [...]*”, um complemento meio vago que não se complementa também com o restante da frase: “[...] *e a matéria parte da mescla entre mais de um elemento*”. Ainda seria possível inferir sobre nuance substancialista o que seria meramente “especulação” por causa da vaga resposta. Nessa visão, PFLQ07 apresenta ideias intuitivas comuns nos livros didáticos sobre o conceito de elemento químico.

Pela primeira vez, foi percebido uma tendência para **visão empirista**, por destacar a experimentação como importante no avanço da compreensão do conceito de elemento químico:

“o conceito de elemento químico se deu através de estudo e experimentação, a ideia dos quatro elementos foi uma reflexão filosófica” (PFLQ03). Demonstrando conhecimento sobre a história da ciência ao focar na diferença empírica entre a ideia dos quatro elementos e a experimentação ao longo dos séculos.

A **visão racionalista**, é mobilizada de maneira bem destacada ao descrever que “o conceito atual é pautado na estrutura química”, podendo levar a compreensão de que elemento químico é a molécula ou a compreensão de que elemento químico é o átomo, já “estrutura química” pode ser referir a geometria molecular ou a estrutura eletrônica, finalizando a frase com “[...] além de estar embasado em ciência, não filosofia” (PFLQ08) apontando a uma visão que pode avançar de uma visão concreta para abstrata, mas precisaríamos de mais informações essa definição.

As demais respostas não se encaixaram em nenhuma das visões para elemento químico, PFLQ01 faz descrição muito genérica: “elemento químico atualmente tem definição com base na radioatividade”, sem aprofundar sua resposta o que caberia diversas inferências e isso não é interessante. PFLQ04 faz especulações deixando evidente ao inicia sua resposta com “Eu não sei, [...]” demonstrando dúvida ou pouco aprofundamento sobre as relações históricas ao escrever que “[...] Empédocles queria provar do que a matéria é feita, os elementos químicos provam isso[...]” e finaliza demonstrando confusão sobre as relações com o conceito de elemento químico mais próximo do científico: “[...]Acho que não tem diferença no conceito”. Para PFLQ05 poderia ser feita uma inferência de que sua resposta apresenta aspectos substancialistas, mediante o início da frase: “Os compostos são formados por elementos químicos distintos diferente do que Empédocles achava”. Mas, encerra com algo vago sem uma explicação evidente: “Ele acreditava que tudo era formado apenas desses quatro elementos primitivos, naturais”. PFLQ06 não respondeu à pergunta.

Como a pergunta foi direcionada para o conceito de elemento químico não ocorreu uma relação com o conceito de átomo em mais de uma resposta, o que não é um problema tendo em vista que cumpre os objetivos de pesquisa também, mas limita um pouco a análise. Por isso os próximos tópicos apresentam as análises de outros dados com ideias que relacionam os conceitos.

3.1.3 Relação entre os sentidos e significados para o conceito de elemento químico e zonas do perfil conceitual de átomo a partir do questionário 01

Para iniciar as discussões sobre as relações entre os conceitos de átomo e elemento químico, foi categorizado “visão” para as ideias sobre elemento químico com base nos

compromissos epistemológicos de Bachelard (1996) e busca feita por Silva, N. e Silva, J. (2017). Bem como “zonas” a partir do perfil conceitual de átomo (Mortimer, 2000) e as ampliações das ideias nas zonas. Foram analisadas 2 perguntas da parte 04, do questionário 01 (Apêndice A), como seguem abaixo.

- **Questão 01:** Qual a relação entre os conceitos de átomo e elemento químico?

Quadro 18: resposta para a pergunta direta que busca relações entre os conceitos de átomo e elemento químico

Professor em formação	Resposta	Visão	Zonas
PFLQ01	Vários átomos “iguais” formam um elemento químico.	RAC	ZNC
PFLQ02	Ambos os conceitos buscam representar a menor forma da composição da matéria.	REA	ZSe
PFLQ03	O elemento químico é composto por átomos.	RAC	ZNC
PFLQ04	O átomo é a unidade fundamental da matéria, um único átomo é a unidade fundamental. Já quando os átomos vão se juntando eles formam os elementos químico, por exemplo: 6 átomos juntos formam o oxigênio que é um elemento.	RAC	ZNC
PFLQ05	Os elementos químicos são constituídos de átomos específicos de cada elemento.	RAC	ZNC
PFLQ06	Se elemento químico é um conjunto de átomos os dois conceitos estão relacionados.	NDA	NDA
PFLQ07	O elemento químico em sua forma encontrada na natureza pode ser constituído por uma ou mais unidade atômica para a formação de moléculas.	RAC e SUB	ZNC
PFLQ08	O conceito de elemento químico deriva do aprofundamento do conceito de átomo	REA	ZSe

Fonte: Autoria própria.

Inicialmente, para o perfil conceitual de átomo a **zona sensorialista** foi mobilizada nas respostas PFLQ02 e PFLQ08 por generalizar as ideias dos conceitos como: “*Ambos os conceitos buscam representar a menor forma da composição da matéria*” (PFLQ02) e ao responder vagamente que “*O conceito de elemento químico deriva do aprofundamento do conceito de átomo*” (PFLQ08). As respostas são relacionadas com a **visão realista** para elemento químico, mediante ideias intuitivas (Silva, N. Silva, J., 2017).

A **zona noção clássica**, emergiu para as respostas de PFLQ01, PFLQ03, PFLQ04, PFLQ05 e PFLQ07: “*Vários átomos “iguais” formam um elemento químico*” PFLQ01 destaca a palavra “iguais” com o intuito, possivelmente, de relacionar átomo com a conservação de matéria o que faz uma relação com a **visão racionalista** para elemento químico, presente também em PFLQ03, PFLQ04, PFLQ05 e PFLQ07 ao relacionarem a combinação de átomos que é mais uma marca dessa zona. Outra marca é a descrição de átomo como uma unidade fundamental da matéria “*O átomo é a unidade fundamental da matéria, um único átomo é a unidade fundamental*” (PFLQ04). Associada ainda a essa zona, PFLQ07 mobiliza uma resposta

com tendência a **visão substancialista**, materializando elemento químico como substância química, mediante a descrição de que “*O elemento químico em sua forma encontrada na natureza [...]*” tem sua composição a partir de unidades atômicas e moléculas. Na resposta de PFLQ06 é possível perceber que há dúvida sobre sua explicação, não fazendo uma afirmação e sim uma proposição o que nos parece ser mais interessante não associar a uma zona ou visão.

Desse modo, buscando compreender mais como diferenciam esses conceitos que a questão 02, da parte 04 do questionário 01, foi realizada.

- **Questão 02:** Qual a diferença dos conceitos de átomo e elemento químico?

Quadro 19: respostas para as diferenças entre os conceitos de átomo e elemento químico.

Professor em formação	Resposta	Visão	Zona
PFLQ01	Átomo é mais específico que elemento químico.	NDA	NDA
PFLQ02	Átomo é a representação da menor partícula da formação das moléculas, elemento químico é a representação das propriedades da menor parte possível de uma substância simples.	REA	ZSe
PFLQ03	O átomo é a unidade básica da matéria, já o elemento químico é um conjunto de átomos do mesmo tipo.	RAC	ZNC
PFLQ04	Acho que não há diferenças de conceitos, basicamente falam a mesma coisa.	REA	ZSe
PFLQ05	Átomo é a menor partícula formadora e o elemento químico é a representatividade macroscópica.	RAC	ZNC
PFLQ06	O átomo é formado por partículas positivas, negativas e neutras. e o conjunto de átomo forma um elemento químico.	RAC	ZNC
PFLQ07	O átomo compreende uma unidade mínima enquanto o elemento químico pode abarcar uma quantidade ínfima de átomos.	RAC	ZNC
PFLQ08	Átomo é a unidade fundamental da matéria, enquanto elemento químico é uma forma de categorizar esta unidade.	RAC	ZNC

Fonte: Autoria própria.

Nessa questão, a **zona sensorialista** emerge para as respostas de PFLQ02 e PFLQ04, aparecendo na negação do conceito de átomo ao dizer que “*átomo é a representação da menor partícula da formação das moléculas*” (PFLQ02). Com isso, PFLQ04 demonstra ideias intuitivas de percepção rasa, ao descrever que átomo e elemento químico são a mesma coisa “*Acho que não há diferenças de conceitos, basicamente falam a mesma coisa*”. Sendo relacionadas com a **visão realista** para elemento químico, inicialmente pela negação do conceito ao considerar que se trata de uma “*representação das propriedades da menor parte possível de uma substância simples*”.

Outra emergência ocorreu para **zona noção clássica**, na resposta de PFLQ03 descrever átomo unidade fundamental da matéria: “*O átomo é a unidade básica da matéria [...]*”, que também responde PFLQ05: “*Átomo é a menor partícula formadora [...]*”, “*O átomo*

compreende uma unidade mínima [...]” (PFLQ07) e PFLQ08 mais evidentemente ao escrever que “Átomo é a unidade fundamental da matéria [...]”.

Enquanto que PFLQ06 apresenta uma hierarquização do conceito em um contexto formativo ao dizer que “O átomo é formado por partículas positivas, negativas e neutras. e o conjunto de átomo forma um elemento químico” com menção as cargas das partículas. Essa zona aparece relacionada com a **visão racionalista**, em que PFLQ03 e PFLQ06 apresentam elemento químico como um conjunto de átomos de maneira mais rebuscada “[...] o elemento químico pode abarcar uma quantidade ínfima de átomos” (PFLQ07) ou mais simplista “[...] elemento químico é uma forma de categorizar esta unidade” (PFLQ08). Além dessas ideias PFLQ05 descreve que “[...] elemento químico é a representatividade macroscópica” da ideia de átomo como partícula formadora.

Há também a resposta de PFLQ01, que apresenta uma descrição não muito nítida para ambos os conceitos: “átomo é mais específico que elemento químico” não se encaixando em nenhuma zona do perfil conceitual de átomo ou visão para elemento químico.

Na parte 05, da parte 04 do questionário 01, somente 1 pergunta foi analisada que é a de número 05, que busca a compreensão a relação de dos conceitos com a tabela periódica.

- **Questão 05:** Qual a relação de átomo e os elementos químicos com a tabela periódica?

Quadro 20: ideias sobre a relação de átomo e elemento químico com a tabela periódica.

Professor em formação	Resposta	Visão	Zona
PFLQ01	A tabela periódica é a organização dos elementos químicos com base no átomo	PRA	ZNC
PFLQ02	Na tabela periódica átomo e elemento químico são a mesma coisa ou deixa a entender que são.	REA	ZSe
PFLQ03	Os elementos são conjuntos de átomos que estão organizados e representados na tabela periódica de acordo com suas propriedades.	RAC	ZNC
PFLQ04	Átomo e elemento químico tem total relação com a tabela periódica. Primeiro, elemento químico é tudo aquilo que está representado na tabela, elementos são átomos unidos, e um átomo sozinho é só um átomo.	PRA e RAC	ZNC
PFLQ05	A organização da tabela é baseada nos átomos e nos elementos químicos.	REA	ZSe
PFLQ06	Na tabela periódica podemos usar ou consultar os elementos químicos e assim podem ser estudados a diferença do átomo para os elementos.	PRA	ZNC
PFLQ07	As propriedades químicas que caracteriza e separa um elemento químico em detrimento do outro.	RAC	NDA
PFLQ08	Os elementos químicos da tabela periódica são representações gráficas de átomos.	REA	ZSe

Fonte: Autoria própria.

Inicialmente, para **zona sensorialista** há uma descrição do conceito de átomo e elemento químico de maneira intuitiva por PFLQ02 como “[...] a mesma coisa ou deixa a

entender que são”, algo próximo do que escreve PFLQ05 e PFLQ08 em uma percepção bem intuitiva, mas com pouca nitidez, assim há uma tendência para essa zona. Havendo uma relação com a **visão realista** para o conceito de elemento químico, apresentam uma ligação com a tabela periódica de maneira intuitiva como descreve PFLQ05 “*A organização da tabela é baseada nos átomos e nos elementos químicos*”, algo que PFLQ02 já havia escrito em outras palavras. Bem como a ideia que elemento seria uma representação dos átomos, como é mobilizado em PFLQ08.

A **visão pragmática** é identificada na resposta de PFLQ06 por relacionar elemento químico a um instrumento de consulta, como acredita que por esse meio é possível fazer diferenciação do conceito de átomo, bem como escreve PFLQ01 “*A tabela periódica é a organização dos elementos químicos [...]*” ou como respondeu PFLQ04 “[...] *elemento químico é tudo aquilo que está representado na tabela [...]*”. O que remete a **zona noção clássica** quando fazem elo de combinações entre os conceitos que é a mesma ideia emergente para PFLQ01, PFLQ03 e PFLQ04 “*Os elementos são conjuntos de átomos*” (PFLQ03). Sendo esse último associado com a **visão racionalista**, ao destacar uma relação de combinação “[...] *elementos são átomos unidos [...]*”, o que PFLQ03 e PFLQ07 fazem ao dar foco para suas propriedades, no intuito de responder a diferença entre elementos químicos, porém PFLQ07 não faz relação com os conceitos de átomo e tabela periódica.

Em resumo, para o questionário 01 emergiram as zonas noção clássica, zona substancialista, zona quântica e a zona sensorialista. Quantos as visões foram mobilizadas ideias racionalista, substancialista, pragmática, realista e empirista. No que tange as relações entre as zonas e visões: a zona sensorialista se relacionou com a visão realista; zona noção clássica se relacionou com a visão racionalista e visão pragmática. Não foram mobilizadas relações entre as visões para elemento químico e as zonas substancialista e quântica, como constam organizados na tabela 1.

Tabela 1: resumo das relações entre os conceitos de átomo e elemento químico a partir do questionário 01.

Relações	Zona	Visão
Átomo e o elemento químico são a mesma entidade química	ZSe – átomo é a unidade fundamental da matéria	REA – Elemento químico a partir de ideias intuitivas
	ZSe – átomo e elemento químico são a mesma coisa	REA – Elemento químico é uma representação do átomo
		REA – Organização da tabela periódica é baseada no átomo e elemento químico
Elemento químico é uma representação	ZNC – Conjunto de átomos formam o elemento químico e demais entidades	RAC – Combinação de átomos formam o elemento químico e demais entidades
		RAC – Conjunto de átomos carregados por partículas positivas, negativas e neutras formam o elemento químico

Fonte: autoria própria

A primeira relação encontrada é que **átomo e o elemento químico são a mesma entidade química**, mediante a classificação de unidade fundamental da matéria demonstrada a partir da zona sensorialista para átomo e por ideias intuitivas para elemento químico da visão realista ao negar esse conceito classificando-o como representação do átomo, organizados no instrumento tabela periódica.

A segunda relação encontrada é que **elemento químico é uma representação**, sendo descrito como um conjunto de átomos que irão forma-lo o que é uma forma de negação do conceito já que só existiria em detrimento do outro, descritos a partir das ideias da zona noção clássica que é ancorada a visão racionalista ao descrever elemento químico como a combinação de átomos que apresentam partículas carregadas, bem como a descrição de elemento químico a partir de instrumento, nesse caso a tabela periódica.

Essas organizações significam que as ideias sobre um conceito estão sempre relacionadas a outras, como é o caso quando se pergunta: O que você compreende e como define o conceito de átomo? PFLQ01 escreve “*a menor parte da matéria, dividida em partículas subatômicas*”, nessa resposta a ocorreu mobilização para os conceitos de matéria e partículas subatômicas que podem ser prótons, neutros, elétrons entre outras. Demonstrando que não existe uma linearidade no desenvolvimento de conhecimentos, por isso a necessidade de explorar essas ideias nas interações discursivas em sala de aula, como mostradas nos tópicos a seguir.

3.2 ANÁLISES DE INTERAÇÕES DISCURSIVAS EM SALA DE AULA (AULA 02)

Durante a aula 02, participaram o Professor Pesquisador, PFLQ01, PFLQ05, PFLQ07 e PFLQ08, foram transcritos 00:55:00 minutos de áudio gravação. Essa etapa teve início com agradecimento pelo preenchimento dos questionários, pois naquele momento já era perceptível as grandes contribuições para pesquisa, posteriormente foi entregue para leitura os infográficos (apêndice B: b1 e b2); depois disso, ocorreu uma conversa a partir de questões do questionário 01; interação mediante a utilização da simulação *PhetColorado* “Monte um átomo” e entrega do estudo de caso (apêndice C). Esse último não apresentou contribuições para pesquisa.

No primeiro episódio, o professor pesquisador inicia a discussão trazendo algumas questões do questionário 01, com o intuito de mobilizar ideias acerca da relação entre os conceitos de átomo e elemento químico. Buscando sempre obter a resposta mais ampla por

parte dos licenciandos, para que em interação possam uns ampliarem as ideias dos outros, estimulando-os a responderem sem constrangimento.

Essa abordagem proporcionou maior esclarecimento sobre as relações dos conceitos de átomo elemento químico. Foram analisadas as zonas emergentes para o perfil conceitual de átomo, com o intuito de identificar as relações com os compromissos epistemológicos e ontológicos para o conceito de elemento químico, bem como as intenções do professor e as intervenções do professor a partir da ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002) descritos a seguir no extrato das discussões do episódio 01.

Episódio 01: definindo o que é átomo e elemento químico...

T0001: Pesquisador – [...]⁶ E aí, a partir do que a gente respondeu no questionário, o que é o átomo?

T0002: PFLQ01 - menor parte da matéria.

T0003: Pesquisador - E vocês concordam? Discordam? O que quer dizer partícula fundamental?

T0004: PFLQ08 - fundamental: é unidade básica, unidade mais...

T0005: PFLQ05 - importante?

T0006: PFLQ07 - que compõe tudo

T0007: PFLQ08 - é... pegando uma parede, o átomo seria um tijolo...

T0008: Pesquisador - então seria a unidade fundamental do...?

T0009: PFLQ08 – da matéria

T0010: Pesquisador - Alguém concorda? Discorda?

T0011: Todos concordam

T0012: Pesquisador - E o que seria o elemento químico?

T0013: PFLQ08 - seria o conjunto de átomos que representam, que têm a mesma essência, identidade.

T0014: Pesquisador – essa identidade a gente identificaria pelo quê? Teria algo em comum, algo que diferenciaria?

T0015: PFLQ01 – massa

T0015: PFLQ08 - número atômico

T0016: PFLQ05 – não a massa, mas as propriedades. Porque tem os isóbaros, isótopos.

T0017: PFLQ07 – as propriedades

T0018: Pesquisador - As propriedades também. Bacana. Qual seria a relação entre eles se a gente fosse definir ou explicar os dois? A relação entre eles?

T0019: PFLQ05 – os elementos químicos são um tipo de átomo com o mesmo constituinte atômico

T0020: Pesquisador - E aí, como a gente diferenciaria átomo de elemento químico?

T0021: PFLQ08 – o elemento químico é uma especificação do conceito de átomo.

T0022: Pesquisador – Especificação?

T0023: PFLQ08 – você pega o átomo e o elemento químico é um grupo de átomos.

T0024: Pesquisador - E esses conceitos ajuda a gente a compreender outros conceitos da matéria?

⁶ Foi utilizado alguns símbolos para melhorar o entendimento do texto: [...] quando foi ocultado algo da fala;

T0025: PFLQ08 - sim

T0026: PFLQ05 - o ponto de fusão, ebulição, densidade, propriedades eletrônicas, o tipo de ligação que cada um vai fazer.

T0027: Pesquisador - Tudo isso a partir do conceito de átomo e elemento químico?

T0028: PFLQ05 – de átomo principalmente.

T0029: Pesquisador – que outros conceitos a gente podem relacionar com átomo e elemento químico?

T0030: PFLQ05 – tudo

T0031: Pesquisador - tudo? Mas tudo é muita coisa, não? Exemplos?

T0032: PFLQ05 - Química orgânica.

T0033: Pesquisador – relacione química orgânica e elemento químico, por exemplo.

T0034: PFLQ08 - acho que de forma direta, são esses que **PFLQ05** falou. Mas, de forma indireta... [incompreensível] em química orgânica...

T0035: PFLQ05 – as valências do carbono, dos outros elementos, as especificidades dos elementos, ...

T0036: PFLQ07 – os estados físicos da matéria

T0037: Pesquisador - E aí, o átomo ou elemento químico, eles influenciam diretamente no estado físico da matéria? Essa relação de átomo e elemento químico como é que influenciaria no estado físico da matéria? Ou, não influenciaria, seria outra relação?

T0038: PFLQ05 – não influenciaria, está mudando o estado físico. Mas, o elemento continua sendo o mesmo. Não diretamente, mas deve ter alguma propriedadizinha ou forma [incompreensível]

T0039: PFLQ08 – a forma dos átomos influencia no estado físico e como os átomos se ligam depende do tipo de átomos.

T0040: Pesquisador – então o estado sólido teria um tipo de ligação diferente do líquido?

T0041: PFLQ05 – teria um tipo de agregação diferente. No estado sólido estariam mais próximos que no líquido e gasoso. A forma organizacional.

T0042: Pesquisador - Aí tem a ligação química. Que vai mudar só no líquido? E isso? Não?

T0043: PFLQ05 - o estado de agregação

Mediante a questão levantada pelo professor “T0001: Pesquisador – [...] *o que é o átomo?*”, emergiu a zona noção clássica em T0002 ao que PFLQ01 responde com a ideia que átomo é a unidade fundamental da matéria: “*menor parte da matéria*”. Reafirmado por PFLQ08 nos turnos T0004 e T0007, ao dizer respectivamente “[...] *unidade básica, [...]*”, “*é... pegando uma parede, o átomo seria um tijolo...*”, bem como confirmado intuitivamente pelos demais.

Quando questionados em “T0012: Pesquisador - *E o que seria o elemento químico?*”, PFLQ08 em T0013 apresenta uma visão racionalista descrever o conceito como sendo um conjunto de átomos. Nos turnos T0015, T0016, T0017, T0019 e T0023 também apresentam ideias que abarcam essa visão, destacando aspectos da massa atômica, partículas subatômicas e as propriedades dos elementos químicos como sua abundância em isótopos e isóbaros.

Em uma mesma resposta de PFLQ05 foi mobilizada uma relação da zona noção clássica para átomo, por direcionar ao atomismo clássico, juntamente com a zona substancialista pelo elo de aspectos submicroscópicos com macroscópicos, ao serem descritas as propriedades físico-química em “T0026: *o ponto de fusão, ebulição, densidade, propriedades eletrônicas, o tipo de ligação que cada um vai fazer*”. Posteriormente, de maneira vaga a visão pragmática é identificada em T0035: PFLQ05, quando dá destaque as especificidades dos elementos químicos. “Essa analogia entre o macroscópico e o submicroscópico é o principal obstáculo epistemológico para os estudantes cujas concepções podem ser classificadas nesta zona do perfil” (Mortimer, 2000, p. 129).

Nos turnos T0036 ao T0043, há uma discussão acerca dos estados físicos da matéria e a relação com os conceitos de átomo e elemento químico. Deixando evidente que o estado de agregação muda, mas não há alteração na estrutura dos átomos e elemento químicos, o que nos direciona para zona noção clássica. Ao longo desse episódio, o professor pesquisador cria um problema para engajamento dos estudantes, explorando as visões sobre os conceitos de átomo elemento químico, estimulando o diálogo interativo para ampliação das ideias científicas, como descrito no quadro 24.

Quadro 21: análises das intenções e intervenções do professor para o episódio 01.

Intenções do professor	Intervenções do professor	Mobilizações dos estudantes
Criando um problema	T0001: Pesquisador – [...] o que é o átomo?	T0002: PFLQ01 - menor parte da matéria.
		T0007: PFLQ08 - é... pegando uma parede, o átomo seria um tijolo...
Explorando a visão dos estudantes	T0012: Pesquisador - E o que seria o elemento químico?	T0013: PFLQ08 - seria o conjunto de átomos que representam, que têm a mesma essência, identidade.
Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da “estória científica”	T0014: Pesquisador – essa identidade a gente identificaria pelo quê? Teria algo em comum, algo que diferenciaria?	T0016: PFLQ05 – não a massa, mas as propriedades. Porque tem os isóbaros, isótopos.
		T0019: PFLQ05 – os elementos químicos são um tipo de átomo com o mesmo constituinte atômico
Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, e dando suporte ao processo de internalização		T0021: PFLQ08 – o elemento químico é uma especificação do conceito de átomo.
	T0022: Pesquisador – Especificação?	T0023: PFLQ08 – você pega o átomo e o elemento químico é um grupo de átomos.
Guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso	T0024: Pesquisador - E esses conceitos ajuda a gente a compreender outros conceitos da matéria?	T0026: PFLQ05 - o ponto de fusão, ebulição, densidade, propriedades eletrônicas, o tipo de ligação que cada um vai fazer.
	T0029: Pesquisador – que outros conceitos a gente podem relacionar com átomo e elemento químico?	T0035: PFLQ05 – as valências do carbono, dos outros elementos, as especificidades dos elementos, ...
	T0033: Pesquisador – relacione química orgânica e	
		T0036: PFLQ07 – os estados físicos da matéria

	elemento químico, por exemplo.	
	T0037: Pesquisador – [...] essa relação de átomo e elemento químico como é que influenciaria no estado físico da matéria? [...]	T0038: PFLQ05 – não influenciaria, está mudando o estado físico. Mas, o elemento continua sendo o mesmo. [...]
	T0039: PFLQ08 – [...] depende do tipo de átomos. T0040: Pesquisador – então o estado sólido teria um tipo de ligação diferente do líquido?	T0041: PFLQ05 – teria um tipo de agregação diferente. [...]

Fonte: autoria própria

Mediante o episódio 01, foram mobilizadas as zonas substancialista e noção clássica para o conceito de átomo, já para elemento químico foram emergentes a visão racionalista e substancialista que possibilitou uma ampliação dos diferentes modos de pensar sobre a relação entre os conceitos, como consta no quadro 25.

Quadro 22: Relações emergentes no episódio 01

Professor em Formação	Zona	Visão	Relações
PFLQ01	ZNC	RAC	Átomo como unidade básica da constituição da matéria e o elemento químico caracterizado pela massa atômica
PFLQ05	ZNC	SUB, RAC	Átomo e elemento químico são entendidos a partir das propriedades e do número atômico.
PFLQ07	-	RAC	Elemento químico é entendido a partir do número atômico
PFLQ08	ZNC	RAC	átomo como unidade básica da matéria e elemento químico o conjunto de átomos com mesmo número atômico

Fonte: autoria própria

Desse modo, essas relações estão de acordo com as definições apresentadas nos livros escolares, que focam em uma descrição clássica do conceito de átomo e que a combinação desses irá formar o elemento químico. Emergiram descrições da zona noção clássica demonstradas por PFLQ01, PFLQ05 e PFLQ08 como a ideia de unidade fundamental da matéria. PFLQ07 não expressou essa ideia individualmente, mas concordou coletivamente com essas ideias no começo do episódio. Fortemente ligado com essa zona, a visão racionalista emergente para todos os participantes dessa etapa possibilitou a explicação de elemento químico por meio do número atômico e as propriedades como o tipo de ligação e propriedades eletrônicas.

Depois do episódio 01, na mesma etapa, foi realizada a leitura dialógica dos infográficos b1 e b2 (Apêndice B), em que o professor pesquisador fez a condução dos tópicos, dialogando e questionando os professores em formação. Com isso, depois de algumas conversas sobre os

modelos atômicos e a relação desses com elemento químico, foi selecionada uma conversa que levantou ideias sobre elemento químico e substância química, como é verificado a seguir no episódio 02.

Episódio 02: *esclarecendo ideias sobre elemento químico ou substância simples*

T0162: Pesquisador – o que muda no entendimento de átomo e elemento químico a partir do modelo quântico? Ou para entender a matéria como um todo?

T0163: PFLQ01 – as divisões do átomo agora estão mais claras. O conceito de átomo do início está totalmente diferente. Comparando Dalton com Schrödinger, você ver que tem outras partes não é só uma única coisa, é outras coisinhas lá dentro. Dá para definir melhor elemento químico.

T0164: Pesquisador – e elemento químico?

T0165: PFLQ01 – elemento químico... [pensativo]

T0166: Pesquisador – eu consigo manusear o elemento químico? Pegar? Palpar? Não? Sim? Por quê?

T0167: PFLQ01 – não. Porque não tem como pegar só um elemento químico.

T0168: Pesquisador – nem no laboratório? Eu consigo isolar um elemento só, para análise? E os elementos transurânicos. Quando via lá para o laboratório, manipulamos realmente o elemento?

T0169: PFLQ05 – [incompreensível]

T0170: Pesquisador – a gente pega o minério, extrai o minério e?

T0171: PFLQ05 – extrai o minério mais puro e a partir daí conduz as reações químicas

T0172: Pesquisador – com o elemento químico?

T0173: PFLQ05 – sim [incompreensível]

T0174: PFLQ08 – a substância [incompreensível]

T0175: Pesquisador – a gente vai está manipulando a substância?

T0176: PFLQ08 ou PFLQ05 – é

T0177: PFLQ07 – não. O sal, na verdade

T0178: Pesquisador – o sal?

T0179: PFLQ07 - sim

T0180: [incompreensível]

T0181: Pesquisador – vai manipular o elemento para obter a substância? É isso?

T0182: PFLQ08 – vai manipular a substância composta para obter a substância simples [incompreensível]

T0183: Pesquisador – o elemento químico eu consigo manipular?

T0184: PFLQ01, PFLQ08 – sozinho não

T0185: Pesquisador – eu vou tá manipulando a substância simples e a partir disso...

T0186: PFLQ05 – formada por aquele elemento lá...

Nesse episódio, o professor pesquisador inicia criando um problema “T0162: Pesquisador - *o que muda no entendimento de átomo e elemento químico a partir do modelo quântico? Ou para entender a matéria como um todo?*”, que leva PFLQ01 em T0163 apresentar

a zona substancialista já que concebe o modelo atômico ligado a realidade, no sentido que novas descobertas são feitas e com isso alterações na ideia de átomo. Como também apresenta de maneira análoga, ideais sobre a constituição do átomo “coisinhas lá dentro”, o que remota uma tendência a zona noção clássica. Essa foram as únicas zonas emergentes para o conceito de átomo, o que era esperado já que esse episódio focou na diferença entre elemento químico e substância química.

Quanto ao conceito de elemento químico, a visão racionalista foi identificada nas respostas de PFLQ01 e PFLQ08 pela negação do conceito, apresentando a ideia de que são formados por um conjunto de átomos, assim não é possível “pegar só um elemento”, já que esse é um conjunto. PFLQ01 ainda apresenta tendência para visão racionalista ao dizer que há “coisinhas lá dentro” do átomo e isso contribuiria para definir o elemento químico. Ao questionar sobre a possibilidade de isolamento e análise do elemento químico, PFLQ05 apresenta uma visão empirista por tratar que seria possível a partir da extração do mineiro e manipulação de reações químicas. O que PFLQ08 indica ser somente da substância composta para substância simples, essa é uma visão substancialista uma vez que coloca elemento químico como componente da substância, mas somente a manipulação é possível, como demonstrado no quadro 26.

Quadro 23: Análises para o episódio 02.

Intenções do professor	Intervenções do professor	Mobilizações dos estudantes
Criando um problema	Dando forma aos significados: T0162: Pesquisador – o que muda no entendimento de átomo e elemento químico a partir do modelo quântico? Ou para entender a matéria como um todo?	T0163: PFLQ01 – as divisões do átomo agora estão mais claras. O conceito de átomo do início está totalmente diferente. Comparando Dalton com Schrödiger, você ver que tem outras partes não é só uma única coisa, é outras coisinhas lá dentro. dá para definir melhor elemento químico.
Explorando a visão dos estudantes	Selecionando significados: T0166: Pesquisador – eu consigo manusear o elemento químico? Pegar? Palpar? Não? Sim? Por quê?	T0167: PFLQ01 – não. Porque não tem como pegar só um elemento químico.
Introduzindo e desenvolvendo a “estória científica”	Marcando significados chaves: T0168: Pesquisador – nem no laboratório? Eu consigo isolar um elemento só, para análise? [...]	T0171: PFLQ05 – extrai o minério mais puro e a partir daí conduz as reações químicas
Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, e dando suporte ao processo de internalização	Compartilhando significados: T0172: Pesquisador – com o elemento químico?	T0173: PFLQ05 – sim [...]
		T0174: PFLQ08 – a substância [...]

Guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso	Checando o entendimento dos estudantes: T0175: Pesquisador – a gente vai está manipulando a substância?	T0176: PFLQ08 ou PFLQ05 – é
		T0177: PFLQ07 – não. O sal, na verdade
Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da “estória científica”	Revedo o progresso da estória científica: T0181: Pesquisador – vai manipular o elemento para obter a substância? É isso?	T0182: PFLQ08 – vai manipular a substância composta para obter a substância simples [Incompreensível]
	T0183: Pesquisador – o elemento químico eu consigo manipular?	T0184: PFLQ01, PFLQ08 – sozinho não

Fonte: autoria própria

Desse modo, no episódio 02, emergiram as zonas substancialista e noção clássica, somente nas respostas de PFLQ01, descrevendo átomo como representações da realidade e destacando aspectos que tendem a massa atômica. Para o conceito de elemento químico, as visões epistemológicas mobilizadas foram empiristas (nas respostas PFLQ05), racionalista (na resposta de PFLQ01 e PFLQ08) e substancialista (nas respostas de PFLQ01, PFLQ05, PFLQ07 e PFLQ08), como mostrado no quadro 27.

Quadro 24: Relações emergentes para o episódio 02

Professor em Formação	Zona	Visão	Relações
PFLQ01	ZSu, ZNC	RAC, SUB	O átomo é caracterizado pelos aspectos atômicos e o elemento químico é o conjunto de átomos, sendo possível a manipulação por meio das substâncias
PFLQ05	-	EMP, SUB	Elemento químico compõe a substância simples ou minério, sendo possível a manipulação por meio das substâncias
PFLQ07	-	SUB	Manipulação do elemento químico só por meio da substância
PFLQ08	-	RAC, SUB	O átomo é caracterizado pelos aspectos atômicos e o elemento químico é o conjunto de átomos, sendo possível a manipulação por meio das substâncias

Fonte: autoria própria

Ao buscar explorar as ideias sobre a diferença entre elemento químico e substância química, que eram as intenções do professor foi perceptível que há uma dificuldade nessa diferenciação e as intervenções deixaram isso evidente. Posterior a essa etapa foi utilizado o *software* de simulações *Phetcolorado*, com o modelo “monte um átomo”, para verificar mais

mobilizações possíveis, sendo esse recorte focado na relação entre átomo elemento químico, como mostrado a seguir no episódio 03.

Episódio 03: interações com simulação Phet

T0187: Pesquisador – vamos analisar um modelo, uma simulação “*phet*”. Vocês conhecem? Já viram essa? O nome dela é Monte um átomo. E aí só o primeiro nome Monte átomo, vocês têm algo a comentar sobre?

T0188: PFLQ05 – nós vamos montar um átomo

T0189: [Risadas]

T0190: Pesquisador - é possível fazer isso?

T0191: PFLQ05 – aí é [referindo-se à simulação]

T0192: Pesquisador - aqui na simulação é, será que no laboratório, se eu quiser montar um átomo, eu consigo?

T0193: PFLQ05 – eu acho que não. Porque quando falamos de átomo, falamos de algo teórico, do que algo prático/sintético. Quando a gente sintetiza, a gente consegue sintetizar um novo elemento.

T0194: Pesquisador – a gente não chega até o átomo? [No processo de síntese]

T0195: PFLQ05 – não chega

T0196: Pesquisador - Sintetiza o elemento, é isso?

T0197: PFLQ01 – se for por decaimento radioativo, está gerando um átomo novo ali.

T0198: Pesquisador – um decaimento radioativo está gerando um átomo novo?

T0199: PFLQ05 – a partir de emissões de partículas ou de energias, né? Mas não necessariamente sintetizando um novo elemento. É impossível [incompreensível] o radioisótopo [incompreensível].

T0200: PFLQ01 – depende se você forçar isso.

T0201: [incompreensível].

T0202: Pesquisador - O decaimento, forçando decaimento vai gerar um novo elemento químico ou vai se transformar em outro? [Incompreensível].

T0203: PFLQ01 - não vem do nada. É de algo que já existe.

T0204: Pesquisador - Foi só transformado?

T0205: [incompreensível] - Mas, pode ter um novo. Um novo mesmo, tanto que com o passar dos anos novos quadradinhos da tabela periódica são preenchidos, com informações dos elementos sintéticos. Os elementos naturais vão até chumbo, se não me engano. Dali para frente, sintéticos que são produzidos em laboratório a partir da radioatividade artificial.

PFLQ01 apresenta respostas com direcionamento para zona quântica, por descrever o conceito a partir da descontinuidade das partículas em T0197, mediante a radioatividade. Em T0193: PFLQ05 apresenta uma classificação não definida, mas que se aproxima dessa zona, sendo que ele não menciona as características dela. Marcando uma mudança de ontologia - de material para abstrata - o átomo não é concreto, é um modelo teórico, ou seja, abstrato. Quando ele fala em T0193, sintetizar, ele está transitando de uma compreensão de modelo abstrato para uma materialização do átomo por meio do elemento químico, ou seja, há uma compreensão

material, na visão substancialista, sem menção a evidências empíricas. PFLQ0NI demonstra uma visão pragmática, enquanto descreve o conceito de elemento químico como se fosse para preencher os quadradinhos vazios da tabela periódica, como destaque no quadro 28.

Quadro 25: análise do episódio 03

Intenções do professor	Intervenções do professor	Mobilizações dos estudantes
Criando um problema	Dando forma aos significados: T0187: Pesquisador – [...] O nome dela é Monte um átomo. [...] vocês têm algo a comentar sobre?	T0188: EGQ05 – nós vamos montar um átomo T0189: [Risadas]
	T0190: Pesquisador - é possível fazer isso?	T0191: EGQ05 – aí é [referindo-se à simulação]
Explorando a visão dos estudantes	Selecionando significados: T0192: Pesquisador - aqui na simulação é, será que no laboratório, se eu quiser montar um átomo, eu consigo?	T0193: EGQ05 – eu acho que não. Porque quando falamos de átomo, falamos de algo teórico, do que algo prático/sintético. Quando a gente sintetiza, a gente consegue sintetizar um novo elemento.
Introduzindo e desenvolvendo a “estória científica”	Marcando significados chaves: T0194: Pesquisador – a gente não chega até o átomo? [No processo de síntese]	T0195: EGQ05 – não chega
	T0196: Pesquisador - Sintetiza o elemento, é isso?	T0197: EGQ01 – se for por decaimento radioativo, está gerando um átomo novo ali.
Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, e dando suporte ao processo de internalização	Compartilhando significados: T0198: Pesquisador – um decaimento radioativo está gerando um átomo novo?	T0199: EGQ05 – a partir de emissões de partículas ou de energias, né? Mas não necessariamente sintetizando um novo elemento [...].
		T0200: EGQ01 – depende se você forçar isso.
Guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso	Checando o entendimento dos estudantes: T0202: Pesquisador - O decaimento, forçando decaimento vai gerar um novo elemento químico ou vai se transformar em outro? [Incompreensível].	T0203: EGQ01 - não vem do nada. É de algo que já existe.
Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da “estória científica”	Revedo o progresso da estória científica: T0204: Pesquisador - Foi só transformado?	T0205: PFLQ0NI ⁷ - [...] - Mas, pode ter um novo. [...], tanto que com o passar dos anos novos quadradinhos da tabela periódica são preenchidos, com informações dos elementos sintéticos. Os elementos naturais vão até chumbo, se não me engano. Dali para frente, sintéticos que são produzidos em laboratório a partir da radioatividade artificial.

Fonte: autoria própria

⁷ pelo tom de voz não foi possível identificar.

Desse modo, a zona quântica do perfil conceitual de átomo que foi mobilizada para os licenciandos PFLQ01 e PFLQ05, enquanto que PFLQ07 e PFLQ08 não apresentaram mobilizações para os conceitos de átomo e elemento químico.

Quadro 26: Resumo das análises para o episódio 03

Professor em Formação	Zona	Visão	Relações
PFLQ01	ZQ	SUB	Átomo e elemento químico a partir da descontinuidade da matéria
PFLQ05	ZQ	URA	Átomo e elemento químico a partir de uma mudança ontológica de material para abstrato
PFLQ07	-	-	-
PFLQ08	-	-	-
PFLQ0NI	-	PRA	Elemento químico a partir da descrição em um instrumento

Fonte: autoria própria.

Com isso, depois das discussões proporcionadas a partir das interações com o software, foi entregue um estudo de caso (apêndice C), realizada a leitura e encaminhada para resolução na próxima aula, como apontam os resultados no próximo tópico.

3.3 ANÁLISES DE INTERAÇÕES DISCURSIVAS EM SALA DE AULA (AULA 03)

A aula 03 contou com a presença do professor pesquisador, PFLQ01, PFLQ02, PFLQ03, PFLQ04, PFLQ05, PFLQ06, PFLQ07 e PFLQ08. Com isso, teve início a discussão sobre o estudo de caso (apêndice C), que infelizmente não resultou em quantidade suficiente de dados para análise. Baseado na estrutura da pesquisa, um estudo de caso histórico poderia ter suscitado maior engajamento e mobilizações sobre os conceitos.

Desse modo, poderia ter proporcionado um diálogo mais ampla sobre conceitos científicos da química, como por exemplo, se tivesse optando por uma controvérsia histórica tipo o estudo dos gases, que mesmo se houvesse um viés para o conceito de substância química ou outro conceito da ciência, o professor pesquisador poderia direcionar a discussão, buscando relações com os conceitos desejados, nesse caso, átomo e elemento químico.

Destarte, foi assistido um filme especial de natal do Bob Esponja, intitulado “o natal do Bob Esponja”, com duração de 23 minutos, incluindo créditos e abertura. Nesse desenho, o conceito de elemento químico é abordado mediante uma descoberta por um dos personagens, que pode causar efeitos colaterais a quem o consumir, deixando a “pessoa” chateado. Depois das discussões foi entregue um segundo questionário (Apêndice D).

O episódio 04, ocorrido no terceiro dia de pesquisa, foi um recorte dos diálogos sobre as características demonstradas na produção cinematográfica, em que aborda o conceito de

elemento químico e as formas de manuseio descritas no filme, como pode ser verificado a seguir.

Episódio 04: Elemento no especial de natal do Bob Esponja

T0286: Pesquisador – uma coisa meio mágica, né? Daí o Plankton, para que ele seja reconhecido pelo Papai Noel como o melhor da fenda do Bikini, tem que tornar todo mundo pior do que ele, não é? Então, ele seria o mais bem-querido da Fenda do Bikini. E aí ele apresenta aqui uma tabela, que está escrito Tabela periódica dos elementos e adiciona um elemento que ele descobriu colando esse papelzinho (figura 06). Na tradução é Malânio, mas ali tá *Jerktonion*. E aí, o que vocês têm a comentar sobre esse? É assim que a gente classifica o elemento na tabela? Tem alguma informação faltando aqui?

T0287: PFLQ05 – número atômico, número de massa, se tem isótopos ou não...

T0288: Pesquisador – o que mais?

T0289: PFLQ08 – distribuição eletrônica

T0290: PFLQ05 – onde ele vai ser encaixado, propriedades...

T0291: PFLQ01 – ele está jogado

T0292: Pesquisador - basicamente está abaixo da primeira coluna, mas não quer dizer que a intenção dele é realmente essa. E aí, ele puxe a alavanca e vai descendo o Malânio (figura 07). E aí, quais as características?

T0293: PFLQ08 - é um sólido.

T0294: PFLQ05 – um cristal e apresenta características de um elemento Radioativo.

T0295: PFLQ08 – porque brilha

T0296: Pesquisador – Essa é uma representação boa de um elemento químico? Se gente for na natureza, pegar um elemento...

T0297: PFLQ01 – não.

T0298: Pesquisador – por que?

T0299: PFLQ01 - a gente não acha ele puro. Extraí de algum lugar.

T0300: Pesquisador – isso aí que ele extraiu é um elemento?

T0301: PFLQ01 – sim

T0302: Pesquisador - sim, porque? Quais são os caracteres que a gente vê, as que identifica, que é um elemento químico?

T0303: PFLQ05 – que ele é sólido, possui cor, brilho

T0304: Pesquisador - E por que é que ele está aí num recipiente de vidro? Acho que o metal em cima, metal em baixo? Teria alguma característica dele estar nesse espaço assim?

T0305: PFLQ08 – tentar manter ele isolado

T0306: Pesquisador – manteríamos ele isolado por quê?

T0307: PFLQ08 – para manter a pureza

T0308: PFLQ01 – para não contaminar as pessoas, para o Plankton não se contaminar

T0309: Pesquisador - Beleza. Aí ele vai descendo... um pouco mais de outro ângulo... Ali atrás tem as vidrarias e um líquidos. Aí ele pega o bolo, acabou de tirar do fogo, mas pegou com a mão. Mas para pegar o Malânio, ele vai pegar com um alicate (figura 08). Esse era um instrumento correto para o manuseio? De um elemento com essas características que vocês identificaram?

T0310: PFLQ05 - com certeza, não.

T0311: Pesquisador - está pegando [o Malânio], aí usa até uma máscara, luvas que vocês podem ver, aquelas luvas de plástico mais grossas. E aí ele usa um ralador de queijo, para ralar o Malânio. E aí coloca aqui no bolo e aí sobe uma fumaça verde (figura 09). Sobre essas características que vocês têm a comentar?

T0312: [Risadas]

T0313: Pesquisador - passa um ralador de queijo, mas é um ralador de queijo de metal. O que mais?

T0314: PFLQ05 - Reage rápido

T0315: Pesquisador - por isso ele estava isolado ou não?

T0316: PFLQ03 – não faz mal, porque quando adiciona no bolo não faz nada com o Plankton

T0317: Pesquisador – não é tóxico. O que mais?

T0318: PFLQ08 – ele tá de luva, então não deve poder tocar [diretamente]

T0319: Pesquisador – tóxico ao toque, mas não ao cheiro. Então com o carrinho ele [Plankton] vai distribuir [o bolo com Malânio], aí o Bob Esponja come e não acontece nada com ele, come de novo e não acontece nada. E o primeiro pedaço que ele dá aos peixes já começam a se transformar. E é o que a gente comenta sobre? O efeito, a fumaça verde, ... Por que é que está funcionando com eles e com o Bob Esponja não?

T0320: PFLQ05 – só funciona com peixe

T0321: Pesquisador - São seres vivos diferentes e por isso que o efeito do Malânio, elemento químico, segundo o desenho, não está afetando, não é?

T0322: PFLQ05 - resistente a água, em teoria.

T0323: PFLQ08 – não oxida. Só é solúvel em bolo

T0324: PFLQ01 - a temperatura do bolo influencia [**incompreensível**].

T0325: Pesquisador - Tá? E aí, após consumir o pedaço de bolo, as pessoas ficam malas e ficam irritados e começam a brigar. E o Bob Esponja distribui para a cidade inteira. O que acontece?

T0326: PFLQ05 – como é que tá pegando fogo em baixo da água?

T0327: [Risadas]

No episódio do filme selecionado, há pouca emergência de ideias sobre o conceito de elemento químico, mas há discussões de viés científico sobre aspectos da ficção, que leva a momentos cômicos, como em T0311 que o pesquisador descreve o manuseio do realizado pelo personagem Plankton “ele usa um ralador de queijo, para ralar o Malânio”, o que pode ter sido o motivo de risadas em T0312.

Ademais, mesmo com outra abordagem científica em maior destaque, PFLQ01 apresenta uma visão empirista para o conceito de elemento químico, destacando que para encontra-lo é necessário realizar a extração a partir de alguma substância. Ao descrever o porquê do material apresentado na figura 6, pode ser compreendido como elemento químico, PFLQ05 apresenta aspectos que podem ser relacionados ao compromisso experiência primeira, dando destaque aos aspectos característicos do material como o brilho e a cor, direcionando para ideias intuitivas o que é uma visão realista do conceito. PFLQ05 ainda descreve aspectos

subatômicos, como necessário para compreensão do conceito de elemento químico, uma vez que esses dados não são inseridos na tabela periódica apresentada por Plankton, o que marca uma visão racionalista.

Quadro 27: análises do episódio 04.

Intenções do professor	Intervenções do professor	Mobilizações dos estudantes
Criando um problema	Dando forma aos significados: T0286: pesquisador – [...] É assim que a gente classifica o elemento na tabela? [...]	T0287: PFLQ05 – número atômico, número de massa, se tem isótopos ou não... T0289: PFLQ08 – distribuição eletrônica
Explorando a visão dos estudantes	Selecionando significados: T0292: Pesquisador - [...] quais as características?	T0293: PFLQ08 - é um sólido. T0294: PFLQ05 – um cristal e apresenta características de um elemento Radioativo. T0295: PFLQ08 – porque brilha
Introduzindo e desenvolvendo a “estória científica”	Marcando significados chaves: T0296: Pesquisador – Essa é uma representação boa de um elemento químico? [...]	T0297: PFLQ01 – não.
	T0298: Pesquisador – por que?	T0299: PFLQ01 - a gente não acha ele puro. Extrai de algum lugar.
	T0300: Pesquisador – isso aí que ele extraiu é um elemento?	T0301: PFLQ01 – sim
	T0302: Pesquisador – [...] Quais são os caracteres que a gente vê, as que identifica, que é um elemento químico?	T0303: PFLQ05 – que ele é sólido, possui cor, brilho
Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, e dando suporte ao processo de internalização	Compartilhando significados: T0304: Pesquisador - E por que é que ele está aí num recipiente de vidro? [...]	T0305: PFLQ08 – tentar manter ele isolado
	T0306: Pesquisador – manteríamos ele isolado por quê?	T0307: PFLQ08 – para manter a pureza T0308: PFLQ01 – para não contaminar as pessoas, para o Plankton não se contaminar
Guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso	Checando o entendimento dos estudantes: T0313: Pesquisador – [...] O que mais?	T0314: PFLQ05 - Reage rápido
	T0315: Pesquisador - por isso ele estava isolado ou não?	T0316: PFLQ03 – não faz mal, porque quando adiciona no bolo não faz nada com o Plankton
	T0317: Pesquisador – não é tóxico. O que mais?	T0318: PFLQ08 – ele tá de luva, então não deve poder tocar [diretamente]
	T0321: Pesquisador - São seres vivos diferentes e por isso que o efeito do Malânio, elemento químico, [...], não está afetando, não é?	T0322: PFLQ05 - resistente a água, em teoria. T0323: PFLQ08 – não oxida. Só é solúvel em bolo T0324: PFLQ01 - a temperatura do bolo influencia [incompreensível].

Fonte: autoria própria

Nesse episódio não foram apresentadas nenhuma relação com o conceito de átomo, apenas ideias para elemento químico. PFLQ01 apresenta que elemento químico pode ser encontrado na natureza, marcando uma visão empirista, mas somente pela extração,

possivelmente de uma substância. PFLQ05 descreve ideias intuitivas e que tendem a visão racionalista, como também PFLQ08 em resumo no quadro 31.

Quadro 28: ideias sobre elemento químico a partir do episódio 04

Professor em Formação	Visão	Ideias
PFLQ01	EMP	Elemento químico é extraído de alguma substância
PFLQ05	REA, RAC	Elemento químico a partir de ideias intuitivas e partículas subatômicas
PFLQ08	REA, RAC	Elemento químico a partir de ideias intuitivas e partículas subatômicas

Fonte: autoria própria

A visão empirista apresentada por PFLQ01, demonstra uma necessidade de diferenciar os conceitos de elemento químico e substância química, algo que na zona noção clássica para o perfil de átomo é uma marca.

A visão realista presente nas respostas de PFLQ05 e PFLQ08, demonstram a descrição de elementos químicos de forma intuitiva, apenas para seguir o diálogo, uma característica comum dessa ideia, porque busca o imediatismo sem muita reflexão. Mesmo assim, ao estimular uma descrição mais ampla esses licenciandos demonstramos uma visão racionalista, ao descrever o conceito mediante aspectos subatômicos. Na tabela 2, há um resumo dessas ideias bem como a ampliação a partir das relações encontradas no questionário 1.

Tabela 2: resumo das relações entre os conceitos de átomo e elemento químico a partir dos episódios 1, 2, 3 e 4

Relações	Zona	Visão
Átomo e o elemento químico são a mesma entidade química	ZSe – átomo é a unidade fundamental da matéria	REA – Elemento químico a partir de ideias intuitivas
	ZSe – átomo e elemento químico são a mesma coisa	REA – Elemento químico é uma representação do átomo REA – Organização da tabela periódica é baseada no átomo e elemento químico
Átomo e elemento químico são uma representação	ZNC – Átomo é a unidade básica da matéria e conjunto de átomos formam o elemento químico e demais entidades	RAC – Combinação de átomos formam o elemento químico e demais entidades RAC – Conjunto de átomos carregados por partículas positivas, negativas e neutras formam o elemento químico RAC – Caracterizado por partículas subatômicas como o número atômico, bem como massa atômica e suas propriedades PRA – Elemento químico descrito a partir da tabela periódica
	ZSu – Átomo é o elemento químico, mas a manipulação só ocorre a partir das substâncias	SUB – Elementos químicos são manipuláveis a partir das substâncias EMP – Elemento químico é extraído da substância simples ou minério
	ZQ – Átomo é entendido a partir da descontinuidade da matéria	URA – Mudança ontológica material para abstrata PRA – Elemento químico descrito a partir da tabela periódica

Fonte: autoria própria

Em resumo, para primeira relação encontrada nos dados dos questionários “átomo e o elemento químico são a mesma entidade química – Ontologia material” não ocorreu ampliação dessas ideias.

Para a relação “elemento químico é uma representação”, o átomo teve ampliação na mobilização de ser descrito como unidade básica da matéria na zona noção clássica e elemento químico como um conjunto dessa unidade, sendo caracterizado também por partículas subatômicas como o número atômico, bem como massa atômica e suas propriedades que são marcas da visão racionalista. Além dessas ideias, ocorreu ampliação nessa relação a partir da zona substancialista, destacando que átomo é elemento químico e ambos só podem ser manipulados a partir da substância o que marca visão empirista e substancialista.

Posto isso, outra relação foi identificada “mudança ontológica de material para abstrata” ainda pouco aprofundada mediante poucos exemplos, mas ficou evidente a descrição de átomo a partir da descontinuidade da matéria, marca da zona quântica em há também uma mudança ontológica material para abstrata em uma visão ultrarracionalista e pragmática ao considerar que elemento químico só é identificado a partir da tabela periódica. Por isso, foram exploradas essas ideias em mais um questionário para finalizar a pesquisa, como mostra o tópico a seguir.

3.3.1 Relação entre os sentidos e significados para o conceito de elemento químico e zonas do perfil conceitual de átomo a partir do questionário 02

Ao final da sequência de ensino e aprendizagem, foi entregue um questionário com 21 questões, sobre os conceitos de átomo e elemento químico, com o intuito de verificar que outras contribuições sobre essa relação poderiam ser apresentadas. Com isso, analisar a evolução das ideias sobre átomo e elemento químico, não era objetivo geral e nem específico. Por isso, foram selecionados somente 2 questões para discussão: a primeira em que os estudantes categorizam as diferenças entre os conceitos e segunda questão na qual representam por desenhos essas ideias.

- Questão 01: Qual a diferença entre os conceitos de átomo e elemento químico?

Quadro 29: relação entre átomo e elemento químico a partir do questionário 02

Professor em formação	Resposta	Visão	Zonas
PFLQ01	Átomo é a unidade que compõe e da característica para o elemento.	-	ZNC
PFLQ02	Átomos são corpúsculos e elementos substâncias.	-	-

PFLQ03	O átomo é a menor partícula de um elemento, enquanto elemento químico é uma substância formada por átomos que são iguais.	SUB, RAC	ZNC
PFLQ04	Átomo é a menor partícula da matéria, uma soma de átomos forma um elemento.	RAC	ZNC
PFLQ05	O elemento químico é formado por átomos, portanto, o elemento químico carrega na sua composição as propriedades dos átomos constituintes.	RAC	ZNC
PFLQ06	O átomo é a menor partícula do elemento químico, já o elemento químico é a junção de todos os átomos para formar o elemento.	RAC	ZNC
PFLQ07	O átomo é a unidade básica enquanto o elemento químico é constituído por diversas unidades básicas.	RAC	ZNC
PFLQ08	Elementos químicos são um desdobramento do conceito de átomo, uma classificação desse grupo de entidades.	-	-

Fonte: autoria própria

A em todas as respostas foi emergente a **zona noção clássica**, descrevendo o átomo como unidade fundamental da matéria, nas respostas de PFLQ04 e PFLQ07, respectivamente: “Átomo é a menor partícula da matéria [...]”, “O átomo é a unidade básica [...]”. Outra abordagem dessa zona é descrever átomo como componente do elemento químico: “O átomo é a menor partícula de um elemento [...]” (PFLQ03), “O elemento químico é formado por átomos, portanto, o elemento químico carrega na sua composição as propriedades dos átomos constituintes” (PFLQ05) e “O átomo é a menor partícula do elemento químico” (PFLQ06). Podendo ainda apresentar átomo como o próprio elemento químico: “Átomo é a unidade que compõe e da característica para o elemento” (PFLQ01), “[...] enquanto elemento químico é uma substância formada por átomos que são iguais” (PFLQ03) e “[...] o elemento químico carrega na sua composição as propriedades dos átomos constituintes” (PFLQ05).

Mesmo depois de diversas interações com os instrumentos, PFLQ02 e PFLQ08 apresentam ideias vagas sobre ambos os conceitos, ainda que com alguma tendência para uma das zonas não foram assim classificados.

Ao analisar as abordagens para elemento químico a **visão racionalista** foi a mais emergente, descrevendo elemento químico como formado por um conjunto de átomos: “[...] uma soma de átomos forma um elemento” (PFLQ04), “[...] o elemento químico carrega na sua composição as propriedades dos átomos constituintes” (PFLQ05) e “[...] o elemento químico é a junção de todos os átomos para formar o elemento” (PFLQ06).

PFLQ07 descreve o conceito como constituído de partículas, “o elemento químico é constituído por diversas unidades básicas”, podemos inferir que se trata do átomo, já que inicia a resposta “O átomo é a unidade básica”, caracterizando também a **visão racionalista**. Ademais foi mobilizada uma tendência para a **visão substancialista** na resposta de PFLQ03, em que escreve “[...] elemento químico é uma substância”, sem muito aprofundamento e finaliza com aspectos racionalista para o conceito de substância: “formada por átomos que são iguais”.

Essas ideias são presentes nos livros didáticos e suas emergências se justificam mediante a necessidade de preenchimento do questionário que foi aplicado ao final da sequência de tarefas, com a segunda pergunta selecionada foi para que os licenciandos representassem os diversos conceitos estruturantes da matéria.

- Questão 02: represente (desenhe) os átomos, elemento químicos, isótopos, moléculas, substância química e misturas [...]

Quadro 30: representações sobre alguns conceitos estruturantes para química.

Professor em formação	Representação
PFLQ01	
PFLQ02	
PFLQ03	

organizadas nos tópicos anteriores, descritos no quadro abaixo. Já que não trouxemos nenhuma fundamentação para os aspectos semióticos, por exemplo.

Quadro 31: relações a partir das representações

Professor em formação	Átomo	Zona	Elemento químico	Visão
PFLQ01	Apresenta aspectos subatômicos que direcionam para massa atômica	ZNC	Apresenta ideias intuitivas	RAC
PFLQ02	-	-	Apresenta elemento químico a partir de representações e modelos científicos	URA
PFLQ03	Apresenta aspectos subatômicos que direcionam para massa atômica, com destaque para eletrosfera como nuvem eletrônica.	ZNC, ZQ	Apresenta elemento químico a partir de informações da tabela periódica	PRA
PFLQ04	Apresenta aspectos que direcionam para o modelo quântico	ZQ	-	-
PFLQ05	Apresenta aspectos que direcionam para o modelo quântico	ZQ	Apresenta elemento químico a partir de representações de um conjunto de entidades do mesmo tipo	REA
PFLQ06	-	-	-	-
PFLQ07	Apresenta aspectos que direcionam para o modelo quântico	ZQ	Apresenta elemento químico a partir de informações da tabela periódica	PRA
PFLQ08	-	-	-	-

Fonte: autoria própria

As zonas noção clássica e a quântica foram as mobilizadas nessa análise para os desenhos elaborados, por descreverem ou representarem aspectos subatômicos que direcionam para massa atômica, como feito por PFLQ01 e PFLQ03, em suas representações. PFLQ03, PFLQ04, PFLQ05 e PFLQ07 destacaram aspectos como nuvem eletrônica, ou modelos que estruturam elétrons em uma organização do modelo quântico. PFLQ02, PFLQ06 e PFLQ08 não deixaram especificado qual desenho se referiria ao conceito de átomo ou não apresentaram nenhuma ideia.

Com isso, para o conceito de elemento químico emergiram as visões realista, ultrarracionalista e pragmática. Ao apresentar ideias intuitivas por meio de símbolos iguais que formariam o elemento químico, há uma visão realista para representação de PFLQ01. O que PFLQ05 também faz, mas com bolinhas formando a letra do elemento químico. Para visão pragmática, foram mobilizadas as respostas de PFLQ03 e PFLQ07, ao representarem elemento químico como um “quadrado” da tabela periódica. A visão ultrarracionalista emerge quando PFLQ02 representa elemento químico como um conjunto de modelos científicos, uma

percepção abstrata. No próximo tópico são apresentados o conjunto de dados focando nas relações entre os conceitos de maneira mais agrupada.

3.3.2 Relações entre os conceitos de átomo e elemento químico

Ao analisar todo o conjunto de dados obtidos ao longo das interações com diferentes instrumentos de pesquisa (questionário 01, áudio gravação das interações com simulador do phet colorado, áudio gravação das interações com o filme do Bob Esponja e questionário 01), foi possível relacionar a compreensão de átomo e elemento químico expressada por licenciandos em química. Essas ideias foram organizadas nas tabelas 1 e 2, apresentadas anteriormente nos itens 3.1.3 e 3.3, demonstrando os elos entre o perfil conceitual de átomo e os compromissos mobilizados para elemento químico.

Nesse sentido, as aproximações e distanciamentos entre esses conceitos ficaram marcadas exatamente pelas reflexões proporcionadas ao longo das interações com os instrumentos de pesquisa.

Tabela 3: Aproximações e distanciamentos das compreensões dos licenciandos sobre os conceitos de átomo e elemento químico

Conceitos	Aproximações	Distanciamentos
Átomo e o elemento químico são a mesma entidade química	São considerados a menor parte da matéria de forma intuitiva sem diferenciação para ambos	Ideias intuitivas descrevem um conceito como representação do outro
Átomo e elemento químico são uma representação	São entendidos como a menor parte da matéria, pertencentes a substância química	Quando somente um dos conceitos é considerado representação.
Átomo e elemento químico em uma mudança ontológica	São entendidos a partir de uma transição de uma visão material para uma visão abstrata.	Quando um dos conceitos é considerado abstrato e outro material

Fonte: autoria própria

Como vimos expressando, essas aproximações e distanciamentos nos apresentam importantes reflexões

Átomo e o elemento químico são a mesma entidade química

Partindo das ideias presentes na zona sensorialista, átomo é descrito como uma parte da matéria, ligado às aparências externas e aspectos sensoriais ou ainda vitalista dos materiais, o que também é relacionado ao elemento químico que faz com que sejam entendidos como a mesma coisa.

“ambos os conceitos buscam representar a menor forma da composição da matéria” (PFLQ02)

“acho que não há diferenças de conceitos, basicamente falam a mesma coisa” (PFLQ04)

Baseado nas respostas para esse último conceito, no compromisso realista que faz com que seja exposto ideias intuitivas que descrevem elemento químico como uma representação do átomo ou analogamente.

“Átomo é a representação da menor partícula da formação das moléculas, elemento químico é a representação das propriedades da menor parte possível de uma substância simples” (PFLQ02)

Sendo reforçada essa representatividade por expor que a tabela periódica é pautada nesses conceitos, não pelos dados numéricos ou subatômicos presentes nesse instrumento, mas pelo apelo intuitivo. *“Na tabela periódica átomo e elemento químico são a mesma coisa ou deixa a entender que são”* (PFLQ02) *“Os elementos químicos da tabela periódica são representações gráficas de átomos”* (PFLQ08).

Átomo e elemento químico são uma representação

A partir da zona noção clássica, átomo é descrito como a unidade básica da matéria, como *“a menor parte da matéria, dividida em partículas subatômicas”* (PFLQ01) e *“unidade básica da matéria”* (PFLQ03).

O conjunto desses átomos formam o elemento químico, *“elemento químico é um conjunto de átomos”* (PFLQ06) e *“elemento químico é o conjunto de átomos com o mesmo número atômico, ou seja, mesma identidade”* (PFLQ08)

Na visão racionalista, além do elemento químico o conjunto de átomos formam as demais entidades químicas, destacando partículas positivas, negativas e neutras, bem como o número atômico, massa atômica e suas propriedades. Exemplos, a saber: *“átomo é uma partícula formada de prótons, nêutrons e elétrons, as junções de suas partes constituem a maior parte o universo palpável”* (PFLQ02) e *“compreendo que átomo pode ser carregado de partículas positivas (prótons), negativas (elétrons) e neutros”* (PFLQ06)

Essas ideias também apresentam uma visão ontológica material do átomo, como é apresentado na resposta de PFLQ04: *“Átomo é a unidade fundamental da matéria, tudo que tem massa e ocupa lugar no espaço é constituído por átomos, sendo eles a menor parte da matéria”*.

Esses dados corroboram para uma visão pragmática ao descrever o conceito de elemento químico a partir da tabela periódica ressaltando também em ideias substancialista. *“os elementos químicos compreendem a classe de substâncias formadas por átomos que podem ser bem definidos pela tabela periódica”* (PFLQ07).

Com isso, a *zona substancialista* também é descrita com essa relação por tratar átomo como o elemento químico e o análogo é verdadeiro também, sendo a manipulação de ambos somente pela substancia demarcando uma visão substancialista. Descrevendo elemento químico como extraído da substância simples ou minério.

Átomo e elemento químico em uma mudança ontológica

Com base na zona quântica, átomo é entendido a partir da descontinuidade da matéria, marcando uma mudança ontológica material para abstrata, o átomo não é concreto, é um modelo teórico, ou seja, abstrato. Ao utilizar a simulação “monte um átomo” da *phet colorado*, a zona quântica foi mobilizada destacando a descontinuidade da matéria por PFLQ05:

T0192: Pesquisador - aqui na simulação é, será que no laboratório, se eu quiser montar um átomo, eu consigo?

T0193: PFLQ05 – eu acho que não. Porque quando falamos de átomo, falamos de algo teórico, do que algo prático/sintético. Quando a gente sintetiza, a gente consegue sintetizar um novo elemento.

Com isso, ao descrever o átomo como algo teórico temos uma ontologia abstrata com marca a visão ultrarracionalista ao dizer que não há como “chegar no átomo”:

T0194: Pesquisador – a gente não chega até o átomo? [No processo de síntese]

T0195: PFLQ05 – não chega

T0196: Pesquisador - Sintetiza o elemento, é isso?

T0197: PFLQ01 – se for por decaimento radioativo, está gerando um átomo novo ali.

Essas relações sobre os conceitos de átomos e elementos químicos, marcam que há uma relação complexa entre eles, que inclusive direciona a outros conceitos estruturantes, como isótopos, moléculas e substancia química. Podendo ser considerado para trabalhos futuros, um estudo sobre conceitos que estruturam a matéria para um perfil conceitual complexo de átomo, elemento químico e substância química por exemplo, ou discussões para um perfil conceitual de um ontoconceito como o de matéria.

4 REFLEXÕES CONCLUSIVAS DA PESQUISA

No primeiro momento de pesquisa, desejava-se realizar a coleta de dados com uma turma do primeiro ano do ensino médio, mediante as mudanças que ocorreram com no currículo da disciplina química e diminuição em sua carga horária obrigatória que ocorreu de forma gradual desde 2022. A tentativa de fato ocorreu e não foram fornecidos dados suficientes para cumprir os objetivos de pesquisa. Essa situação demonstra que uma dificuldade em realizar pesquisas no “novo ensino médio”, é algo que prejudica uma melhoria na qualidade do ensino de química, uma vez que as discussões acadêmicas são refletidas no cotidiano escolar (mesmo que de maneira lenta).

Diante dessa situação ocorreu a identificação de sentidos e significados atribuídos aos conceitos de átomo e elemento químico, por estudantes da disciplina de História da Química que permitiram demonstrar diversas relações, principalmente com o de substância química. Caracterizando uma abordagem alinhada com as pesquisas do programa da Teoria dos Perfis Conceituais em que “as pessoas podem exibir diferentes formas de ver e representar o mundo, que são usadas em diferentes contextos” (Mortimer e El-Hani, 2014, p. 9).

O primeiro objetivo de pesquisa consistia na identificação de significados e sentidos atribuídos ao conceito átomo, pelos licenciandos da disciplina de História da Química, mediante as zonas do perfil conceitual de átomo proposto por Mortimer (2000) e as ampliações que as contribuições de Silva, A. (2022) e Murta, Silva e Araújo (2013) trouxeram. Desse modo, no item 3.1.1 em que é realizada análise das respostas sobre átomo os resultados demonstram uma forte marca da zona noção clássica, que é uma abordagem muito presente nos livros didáticos, descrevendo que “*átomo é uma partícula formada de prótons, nêutrons e elétrons, as junções de suas partes constituem a maior parte o universo palpável*” (PFLQ02), nos levando a refletir sobre a importância dessa sistematização ainda na educação básica. Quando não há relação com outras ideias, praticamente essa foi a única zona emergente, com ressalva de uma mobilização para zona substancialista e a zona quântica quando solicitada a representação da ideia de átomo em desenhos.

Referente ao conceito de elemento químico, no item 3.1.2 há a descrição de sentidos e significados mediante os compromissos epistemológicos, sendo esse o segundo objetivo de pesquisa, que apresentou predominância de uma visão racionalista, a partir da questão “o que você compreende e como define o conceito de elemento químico?”, o que possivelmente parte da mesma origem para o átomo como supracitado, ou seja, forte influência do livro didático que também privilegiam visões substancialistas ao concebê-lo com um tipo de substância química, presente na resposta de PFLQ07 “*os elementos químicos compreendem a classe de*

substâncias formadas por átomos [...]”, encerrando em uma percepção pragmática ao considerar o direcionamento que era dado para tabela periódica em que “*os elementos químicos [...] podem ser bem definidos pela tabela periódica*”. Nos levando a refletir sobre o contexto ao qual esse ensino e aprendizagem de química tem sido realizado, ilustrando a necessidade de melhor utilização dos instrumentos/recursos didáticos.

Com o intuito de relacionar compromissos implicados nos modos de pensar elemento químico com as zonas do perfil conceitual de átomo ao longo das interações com diferentes instrumentos de pesquisa, que o terceiro objetivo de pesquisa foi estruturado. Explanando a primeira relação entre a zona sensorialista e visão realista, que apresenta ideias intuitivas para ambos os conceitos, ao serem questionados “qual a relação entre os conceitos de átomo e elemento químico?”, ocorre uma descrição vaga como “*ambos os conceitos buscam representar a menor forma da composição da matéria*”, o que marca aspectos de uma resolução de problemas sem o intuito de reflexão.

Ainda sobre essa pergunta é mobilizada a relação entre a zona noção clássica e as visões racionalista e substancialista, que demonstram uma ideia de conservação da matéria ao escrever que “*vários átomos “iguais” formam um elemento químico*” por PFLQ01, bem como a materialização de elemento químico como substância química, “*o elemento químico em sua forma encontrada na natureza [...]*” na resposta de PFLQ06, apontando para reflexão materialista desses conceitos.

Desse modo, acredito que o objetivo geral tenha sido cumprido pela análise que apresentou a compreensão de licenciandos em química sobre elemento químico, a partir da relação entre as diferentes formas de pensar e modos de falar o conceito de átomo, quando estão engajados com diferentes instrumentos de pesquisa. Sendo o questionário 01, importante nessa pesquisa por fornecer uma amplitude dessas ideias, a interação com o simulador *phet colorado* também demonstrou sua grande importância ao possibilitar a mobilização da zona quântica, mesmo já havendo evidências quando os licenciandos elaboraram suas representações.

O filme do Bob Esponja reforçou as ideias substancialistas e pragmáticas do conceito de elemento químico, pois algo que possibilitou uma outra percepção acerca desse conceito e tabela periódica, que era entendido como um agrupamento das visões substancialista, racionalista e empirista (Silva, 2021). Entretanto a visão pragmática compreendia nessa ideia, fez uma nova reflexão sobre a estrutura da matéria, diante do cumprimento do segundo objetivo específico. Além disso, os recursos utilizados fazem uma boa reflexão sobre os instrumentos utilizados para coleta de dados, bem como para interação em sala de aula, no ensino superior, no qual os estudantes são estimulados a refletirem sobre sua formação. Apresentando três

diferentes modos de pensar uma relação entre átomo e elemento químico, expressas nas formas de escrever e falar, seriam essas três relações propostas de ampliação para o perfil conceitual de átomo ou elaboração de um perfil de elemento químico? Penso que caberão pesquisas futuras para essa resposta.

Acredito que essa pesquisa contribuiu para estimular uma organização das ideias sobre o conceito de elemento químico, em um perfil conceitual, que pode ser relacionado com o conceito de átomo, algo semelhante ao que Mortimer (2000) realizou, propondo ainda uma relação complexa que é possível pela importância da história da química no ensino, uma marca epistemológica e ontológica que poderia direcionar para outras formas mais eficazes de aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 1, n. 3, 2001.
- ARISTÓTELES. **Metafísica** I, II e III. Clássicos da Filosofia: Cadernos de Tradução. n. 15: UNICAMP / IFCH2, 2008.
- ASIMOV, I. **A Short history of chemistry**. [?]. ed. Garden City, New York: Anchor Books Doubleday & Company, Inc, 1965.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. 1. ed. Rio de Janeiro: ContraPonto Editora Ltda, 1996. 316 p.
- BALDINATO, J. O.; PORTO, P. A. Michael Faraday e a história química de uma vela: um estudo de caso sobre a didática da ciência. **Química Nova na Escola**, n. 30, 2008
- BASTOS FILHO, J. B.; SIQUEIRA, A. F. O experimento da dupla fenda como exemplo de incognoscibilidade? **Revista brasileira de ensino de física**. v. 15, n. 1-4, p. 153-162, 1993.
- BATISTA, R. F. M.; SILVA, C. C. A abordagem histórico investigativa no ensino de Ciências. **Estudos avançados**, v. 32. n. 94, p. 97-110, 2018
- BEZERRA, B. H. S. **Abordagem de questões sociocientíficas: buscando relações entre diferentes modos de pensar e contextos em estudos sobre fármacos e automedicação no ensino de química**. 2018. 289 p. Tese (Doutorado no ensino de ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.
- BODGAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. [?] ed. Portugal: Porto Editora, 1994.
- CANO, M. V. A. Elemento, sustancia simple y átomo: tres conceptos problemáticos en la enseñanza y aprendizaje significativo de conceptos químico. **Revista educacion y pedagogia**, v. 17 n. 43, p. 179-193, Set-Dez, 2005.
- CAMEL, T.O; KOEHLER, C. B. G.; FIGUEIRAS, C. A. L. A química orgânica na consolidação dos conceitos de átomo e molécula. **Quim. Nova**, v. 32, n. 2, p. 543-553, 2009.
- CHI, M. T. H. **Barriers to Conceptual Change in Learning Science Concepts: A Theoretical Conjecture**. Third Misconceptions Seminar Proceedings, Ithaca, NY: 1993.
- COLPO, C. C.; WENZEL, J. S. A abordagem dos conceitos de elemento químico e substância no ensino de ciências: um olhar para a revista experiências no ensino de ciências. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 8, n. 2, p. 20-30, 2022.
- CRESWELL, J. W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens**. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2014. 341 p.
- CRUZ-GARRITZ, D.; CHAMIZO, J. A.; GARRITZ, A. **Estructura atômica un enfoque químico**. Wilmington, Delaware, E.U.A.: Addison-wesley iberoamericana, S.A., 1987. 820 p.
- DALRI, J.; MATTOS, C. R. Relações entre motivação, valor e perfil conceitual: um exemplo. 2007.

- DURAZZINI, A. M. S.; MACHADO, C. H. M.; REIS, A. C. R.; JAMBASSE, C. Dominó da tabela periódica dos elementos químicos. **Revista debates em ensino de química**, v. [?], n. 15, p. 165-180, 2018.
- FREIRE, M. S.; AMARAL, E. M. R. Perfil conceitual de química: uma ferramenta heurística para a análise de concepções sobre química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 2, p. 217-244, 2021.
- FREITAS, F. M. **Compreensões das abordagens metodológicas nas pesquisas sobre conceitos químicos na área de educação química do Rio Grande do Sul**. 2018. [?] p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande, 2018.
- GAGLIARDI, R. Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigacion. **Enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 1, p. 30-35, [?]. 1986.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Editora Atlas S. A., 2008. 200 p.
- GRUBER, T. R. What is an Ontology? USA, ago 2002
- HARIRI, Y. N. **Sapiens: uma breve história da humanidade**. 1. ed. – Porto Alegre, RS: L&PM, 2015.
- HERREID, C.F. What's makes a good case? **Journal of College Science Teaching**, v. 27, n. 3, p. 163-165, 1998.
- LAVOISIER, A. L. **Tratado elementar de química**. São Paulo: Madras Editora, 399 p. 2007
- LEITE, M. R. V.; CORTELA, B. S. C.; GATTI, S. R. T. As histórias em quadrinhos como opção para abordar a história e filosofia da ciência no ensino dos elementos químicos: o caso do lítio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, n. 2, pp. 313-332, 2021.
- LOPES, R. O. **A evolução do perfil conceitual de átomo por meio de atividades experimentais espectroscópicas**. 2017. 153 p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Centro de ciências naturais e exatas, Universidade Federal de Santa Maria, 2017.
- MARTINS, R. A.; MARTINS, L. A. P. Lavoisier e a conservação da massa. **Química nova**, v. 16, n. 3, 1993.
- MARTINS, G. A. Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no brasil. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 2, n. 8, p. 8-18, 2008.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, UFSC, Florianópolis, SC, Brasil, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.
- MELZER, E. E. M.; AIRES, J. A. A História do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Amazônia, v.11, n. 22, p.62-77, Jan-Jun. 2015.
- MELO, M. R.; LIMA-NETO, E. G. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química nova na escola**, v. 35, n. 2, p. 112-122, Mai, 2013.
- MINAYO, M.C.S., ASSIS, S.G. & SOUZA, E.R. Avaliação por triangulação de métodos: abordagem de programas sociais. Rio de Janeiro: Fiocruz. 2005.

- MORTIMER, E. F. **Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais**. 1994. p. Tese (Doutorado), São Paulo, Faculdade de Educação da USP. 1994.
- MORTIMER, E. F. Conceptual Change or Conceptual Profile Change? **Science & Education**, v. 4, n. [?]. p. 267-285, 1995.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?. **Investigações Em Ensino De Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20–39, 1996.
- MORTIMER, E. F. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. **Química nova**. São Paulo, v. 20, n. 2, 1997.
- MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação e conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000. 382 p.
- MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. (Editores). **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. New York: Springer, 2014.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais [...]** Santa Catarina: VII ENPEC, 2009. Disponível em: <http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/modules/extcal/event.php?event=71>. Acessado: 12 out. 2023.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. **Tecné, Episteme y Didaxis**, v. [?], n. 30., p. 111 – 125, Segundo semestre de 2011
- MURTA, M. M.; SILVA, J. V. S.; ARAÚJO, M. C. P. Transição do vitalismo para a visão de mundo mecanicista: contribuições para o Perfil Conceitual de Átomo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Atas [...]** São Paulo: IX ENPEC, 2013. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://abrapec.com/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R1388-1.pdf. Acessado: 01 jun. 2024.
- OKI, M. C. M. O conceito de elemento químico da antiguidade à modernidade. **Química nova escola**, São Paulo, v. 25, n. 16, 2002.
- OKI, M. C. M. O congresso de Karlsruhe e a busca de consenso sobre a realidade atômica no século XIX. **Química nova escola**, São Paulo, v. [?], n. 26, 2007.
- PARTINGTON, J. R. **A short history of chemistry**. 3 ed. New York: St. Martin`s Press. 1957. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/A_Short_History_of_Chemistry/wbFkpd3rfysC?hl=ptBR&gbpv=1&dq=PARTINGTON,+James.+A+short+history+of+chemistry.+1937&prints=ec=frontcover. Acessado em: abr. 2022.
- PEDUZZI, L. O. Q. **Do átomo grego ao átomo de Bohr**. Florianópolis: UFSC. 2008. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Textos_Peduzzi/Atomo_grego_Bohr.pdf. Acessado em: 18 out. 2021.

PESSOA JR., O. A representação pictórica de entidades quânticas na química. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. v. [?], n. 7, dez. 2007.

RODRIGUES, M. C. L.; SANTOS, M. L. R.; BEZERRA, B. H. S. Mapeamento das zonas do perfil conceitual de átomos que emergem na fala de estudantes do 1º ano do ensino médio de uma escola pública de Serra Talhada-PE. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 4., 2017, **Anais [...]: IV CONEDU**, 2017. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://www.editorarealize.com.br/editora/anaais/conedu/2017/TRABALHO_EV073_MD1_SA2_ID8481_05102017161553.pdf. Acessado: 17 de jun. 2023.

ROSA, C. A. P. **História da ciência: A Ciência Moderna**. 2. ed. Brasília: FUNAG, 2012.

SABINO, J. D.; AMARAL, E. M. R. Utilização do perfil conceitual de substância no planejamento do ensino e na análise do processo de aprendizagem. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, pp. 245-265, 2018.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007

SCOTT, P.H. Teacher talk and meaning making in science classrooms: A Vygotskian analysis and review. **Studies in Science Education**, v. 32, n. [?]. p. 45-80, 1998.

SILVA, A. A. **Análise dos modos de pensar e formas de falar o conceito de átomo em um estudo de caso histórico sobre a queima de fogos de artifício**. 2022. 233 p. Dissertação (Mestrado em ensino das ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. (org.). **Sequências Didáticas para o Ensino de Química Perfis Conceituais: resolução de problemas e temas sociocientíficos**. 1. ed. Recife: Edupe, 2021. 213p.

SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Proposta de um Perfil Conceitual para Substância. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 53-72, 2013.

SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R.; SILVA, F. C. V. Estruturação de zonas do perfil conceitual de substância e suas implicações para a compreensão química em sala de aula. **Educación Química Edu.**, v. [?], n. 28, p. 33-38, 2021.

SILVA, J. R. R. T.; SILVA, N. M. Identificação de compromissos epistemológicos no desenvolvimento histórico do conceito de elemento. **REDEQUIM, revista debates em ensino de química**, v. 3, n. 2, p. 93-118, 2017.

SILVA, K. N.; SANTOS, C. A.; SILVA, J. R. R. T. Identificação de compromissos epistemológicos sobre o conceito de Elemento Químico em alunos do Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA., 19. 2018, **Anais [...]: Rio Branco**, Universidade Federal do Acre. XIX ENEQ, 2018.

SILVA, K. N.; SILVA, J. R. R. T. Abordagem do conceito de elemento químico em periódicos da área de Química e Ensino de Química publicados entre 1998-2018. In: JORNADAS DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EDUCATIVA EN EL CAMPO DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN., 5. 2019, **Actas [...]: Universidad Nacional de La Plata**. Ensenada, 8, 9 y 10 de mayo de 2019. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://www.editorarealize.com.br/editora/anaais/conedu/2017/TRABALHO_EV073_MD1_SA2_ID8481_05102017161553.pdf

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://philpapers.org/archive/DASADC.pdf. Acessado: 13 de abr. 2022.

SILVA, K. N. **Identificação de compromissos epistemológicos para o conceito de elemento químico em estudantes do curso de química-licenciatura**. 2021. 68 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro do Agreste, Caruaru, 2021.

SILVA, K. N.; TENÓRIO, J. Identificação de compromissos epistemológicos para o conceito de elemento químico em nível ontogenético. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 3, 2023.

SILVA, O. B. da; OLIVEIRA, J. R de; QUEIROZ, S. L. S.O.S. Mogi-Guaçu: contribuições de um estudo de caso para a educação química no ensino médio. **Revista Química Nova na Escola**, v. 33, n. 3, 2011.

SILVA, W. D. A.; CARNEIRO, C. C. B. S. Implantação e desenvolvimento do curso noturno de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Ceará: trajetória, sentidos e (des) configurações da formação docente. **Quím. nova esc.**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 344-353, nov, 2021.

SIMÕES NETO, J. E. AMARAL, E. M. R. Uma proposta para o Perfil Conceitual de Energia nos Contextos do Ensino da Física e da Química. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Santa Catarina. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1366-1.pdf>. Acessado em: 23 out. 2021.

SMITH, B. **Ontology**. Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information, Oxford: Blackwell, 2003, p. 155–166.

SOUZA, L. O.; SILVA, F. C. V.; SIMÕES-NETO, J. E. O contrato didático na abordagem das propriedades periódicas dos elementos químicos. **REnCiMa**, v. 10, n. 5, p. 237-252, 2019.

VERONEZI, R. J. B.; DAMASCENO, B. P.; FERNANDES, Y. B. Funções psicológicas superiores: origem social e natureza mediada. **Rev. Ciênc. Méd.**, Campinas, v. 14, n. 6, p. 537-541, nov-dez., 2005.

VIANNA, J. F.; AYDOS, M. C.; SIQUEIRA, O. S. Curso noturno de licenciatura em química - uma década de experiência na UFMS. **Química nova**, v. 20, n. 2, p. 213-218, 1997.

VIANNA, H. E. B.; PORTO, P. A. Processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. v. [?], n. 7, dez. 2007.

VIDAL, B. **História da química**. Lisboa: Edições 70, ltda. 1986. 103 p.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ANEXOS

Anexo 01: Carta de Anuência



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
Colegiado de Licenciatura em Química

CARTA DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos o pesquisador **Klebson Nelson da Silva**, a desenvolver o seu projeto de pesquisa **Análise do processo de conceituação de elemento químico por estudantes a partir de relações com zonas do perfil conceitual de átomo**, que está sob a coordenação/orientação do (a) Prof. (a) **Edenia Maria Ribeiro do Amaral** cujo objetivo é *analisar processos de conceituação para elemento químico, a partir da relação entre as diferentes formas de pensar e modos de falar o conceito de átomo, vivenciados por estudantes engajados em uma sequência de ensino e aprendizagem*, na disciplina de história da química, do curso de licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

Esta autorização está condicionada ao cumprimento do (a) pesquisador (a) aos requisitos das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares, comprometendo-se utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa, exclusivamente para os fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades.

Antes de iniciar a coleta de dados o/a pesquisador/a deverá apresentar a esta Instituição o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

Anexo 02: Modelo do Termo de compromisso e confidencialidade**TERMO DE COMPROMISSO E CONFIDENCIALIDADE**

Título do projeto: ANÁLISE DO PROCESSO DE CONCEITUAÇÃO DE ELEMENTO QUÍMICO POR ESTUDANTES A PARTIR DE RELAÇÕES COM ZONAS DO PERFIL CONCEITUAL DE ÁTOMO

Pesquisador responsável: KLEBSON NELSON DA SILVA

Instituição/Departamento de origem do pesquisador: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS (UFRPE/PPGEC)

Telefone para contato:

E-mail:

O pesquisador do projeto supramencionado assume o compromisso de:

- Garantir que a pesquisa só será iniciada após a avaliação e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE e que os dados coletados serão armazenados pelo período mínimo de 05 anos após o término da pesquisa;
- Preservar o sigilo e a privacidade dos voluntários cujos dados serão estudados e divulgados apenas em eventos ou publicações científicas, de forma anônima, não sendo usadas iniciais ou quaisquer outras indicações que possam identificá-los;
- Garantir o sigilo relativo às propriedades intelectuais e patentes industriais, além do devido respeito à dignidade humana;
- Garantir que os benefícios resultantes do projeto retornem aos participantes da pesquisa, seja em termos de retorno social, acesso aos procedimentos, produtos ou agentes da pesquisa;
- Assegurar que os resultados da pesquisa serão anexados na Plataforma Brasil, sob a forma de Relatório Final da pesquisa;

Recife, de de 20.....

Assinatura Pesquisador Responsável

Anexo 03: Modelo de TCLE - Termo de consentimento livre e esclarecido (para maiores de 18 anos ou emancipados)



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)**

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa “análise do processo de conceituação de elemento químico por estudantes a partir de relações com zonas do perfil conceitual de átomo”, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) KLEBSON NELSON DA SILVA, **com endereço pessoal na ...Telefone ... / e-mail: ... / para contato do pesquisador responsável** (inclusive ligações a cobrar) e está sob a orientação de: Edenia Maria Ribeiro do Amaral, Telefone: ..., e-mail: ...

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- **Descrição da pesquisa:** Acredita-se que as diversas formas de falar e múltiplos modos de pensar um conceito, estão ligados aos variados cenários de onde podem emergir o valor pragmático, presentes na relação entre os conceitos científicos de átomo e elemento químico. Com objetivo de pesquisa de analisar processos de conceituação para elemento químico, a partir da relação entre as diferentes formas de pensar e modos de falar o conceito de átomo, vivenciados por estudantes do ensino médio engajados em uma sequência de ensino e aprendizagem. A pesquisa ocorrerá mediante a coleta de dados por meio de uma sequência de ensino e aprendizagem que utilizará questionários, desenhos e áudio e vídeo gravações de 3 aulas (duração de 1 hora e 40 minutos cada) de uma turma de história da química em uma licenciatura em química. Destacamos que, apesar da pesquisa decorrer em três etapas, os menores de 18 (dezoito)

anos participarão a partir de sua autorização, bem como pela anuência pela instituição de ensino superior.

➤ **Esclarecimento do período de participação da criança/adolescente na pesquisa, local, início, término e número de visitas para a pesquisa.**

Estima-se que os voluntários estarão envolvidos na pesquisa durante o mês de janeiro de 2024, considerando que o tempo de participação terá uma duração de 4h e 20min, distribuindo em 3 dias e 3 aulas (duração de 1 hora e 40 minutos cada), assim, o seu tempo de início e término ocorrerão entre 8 a 10 dias a depender a disponibilidade da instituição de ensino superior (estima-se que duas semanas de janeiro). Os dias serão combinados com os sujeitos de acordo com a disponibilidade e horário das aulas delineados pela instituição de ensino médio. Ressaltamos também, que o ambiente onde os menores participarão da pesquisa será a própria instituição de ensino superior em que estudam regularmente.

➤ **RISCOS diretos para o responsável e para os voluntários:**

Considerando que haverá o uso de vídeo gravadores como o celular e câmera, os sujeitos poderão sentir desconforto e/ou constrangimento. No entanto, com fins de amenizar tais efeitos, criar-se-á um ambiente acolhedor, esclarecendo a finalidade da filmagem nessa etapa para que todos tomem ciência de como esses dados serão tratados na pesquisa.

➤ **BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários:** Tendo em vista que a pesquisa busca compreender quais diferentes modos de pensar e formas de falar, são expressadas sobre elemento químico e que relações essas ideias apresentam com as zonas do perfil conceitual de átomo. Acredita-se que mediante as estruturas curriculares não seja abordado no ensino de Química de maneira mais ampla ou até mesmo negligenciado. Considerados que o estudo, pode trazer contribuições para que os participantes, enquanto futuros cidadãos possam refletir sobre a Química e mudanças positivas em sua realidade, assim como possibilidades que contribuam e desmistifiquem o ensino desse conceito.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa estarão majoritariamente no formato digital (filmagens de aulas, gravação de entrevistas, fotos, entre outros), e ficarão armazenados em pastas de arquivo no computador pessoal e/ou drive online, sob a responsabilidade do mestrando Klebson Nelson da Silva e da orientadora Edenia Maria Ribeiro do Amaral, pelo período mínimo de 5 anos. Eventuais dados físicos estarão sob o cuidado do mestrando Klebson Nelson da Silva em arquivos pessoais pelo período mínimo de 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação), assim como será

oferecida assistência integral, imediata e gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes desta pesquisa.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br.

(Assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado pela pessoa por mim designada, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo “análise do processo de conceituação de elemento químico por estudantes a partir de relações com zonas do perfil conceitual de átomo”, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Por solicitação de _____, que é (deficiente visual ou está impossibilitado de assinar), eu _____ assino o presente documento que autoriza a sua participação neste estudo.

Local e data _____

Impressão

Digital

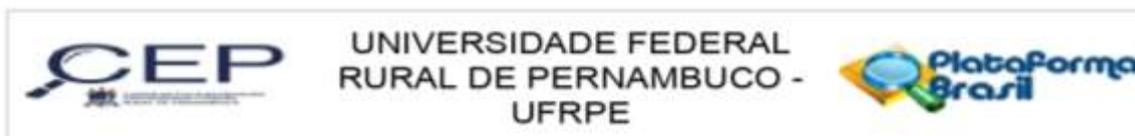
(opcional)

Assinatura do participante/responsável legal

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

Anexo 04: Parecer favorável a pesquisa pelo comitê de ética



Continuação do Parecer: 6.551.196

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_2166997.pdf	25/10/2023 22:00:34		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Detalhado_Klebson_Nelson_da_Silva_Versao_Corrigida_25_10_2023_.pdf	25/10/2023 22:00:12	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito
Outros	CARTA_DE_RESPOSTA_25_10_2023_.pdf	25/10/2023 21:57:15	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito
Parecer Anterior	Cartadeesposta.pdf	15/09/2023 00:26:45	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Klebson_Nelson_da_Silva.pdf	29/06/2023 19:55:51	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Edenia_Maria_Ribeiro do Amaral.pdf	29/06/2023 19:34:01	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito
Outros	TERMO_DE_COMPROMISSO_E_CONFIDENCIALIDADE.pdf	29/06/2023 18:53:18	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito
Outros	CARTA_DE_ANUENCIA.pdf	29/06/2023 18:52:52	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	29/06/2023 18:30:05	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	29/06/2023 18:27:50	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_RESPONSAVEIS_MENORES_DE_18_ANOS_0.pdf	29/06/2023 18:25:53	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_MAIORES_DE_18_ANOS_OU_EMANCIPADOS.pdf	29/06/2023 18:25:42	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_MENOR_07_a_18.pdf	29/06/2023 18:25:34	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_Klebson_Nelson_da_Silva_PDF	27/06/2023 18:50:54	KLEBSON NELSON DA SILVA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n Dois Irmãos, 1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE
 Bairro: Recife CEP: 52.171-900
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)3320-6838 E-mail: cep@ufrpe.br

APÊNDICES**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 01****QUESTIONÁRIO 01****Parte 01:** Características dos sujeitos participantes

Nome Completo _____

Data de nascimento ____/____/____

Naturalidade _____

Nacionalidade _____

Estudou química, na educação básica? () SIM () NÃO

[Caso tenha estudado na educação básica]. Quais conteúdos/assuntos você lembra de ter estudado na educação básica?

_____**Parte 02:** compreensão sobre o átomo

O que você compreende e como define o conceito de átomo?

Qual a importância do conceito de átomo para compreensão das propriedades químicas?

Qual a (s) diferença (s) entre os modelos atômicos que você conhece?

Qual a relação de átomo e outros conceitos você tem conhecimento?

Como você representaria (desenharia) os átomos? (Crie uma legenda ou aponte com setas para melhor explicar do que se trata os componentes do desenho que você elaborou):



Parte 03: compreensão sobre elemento químico

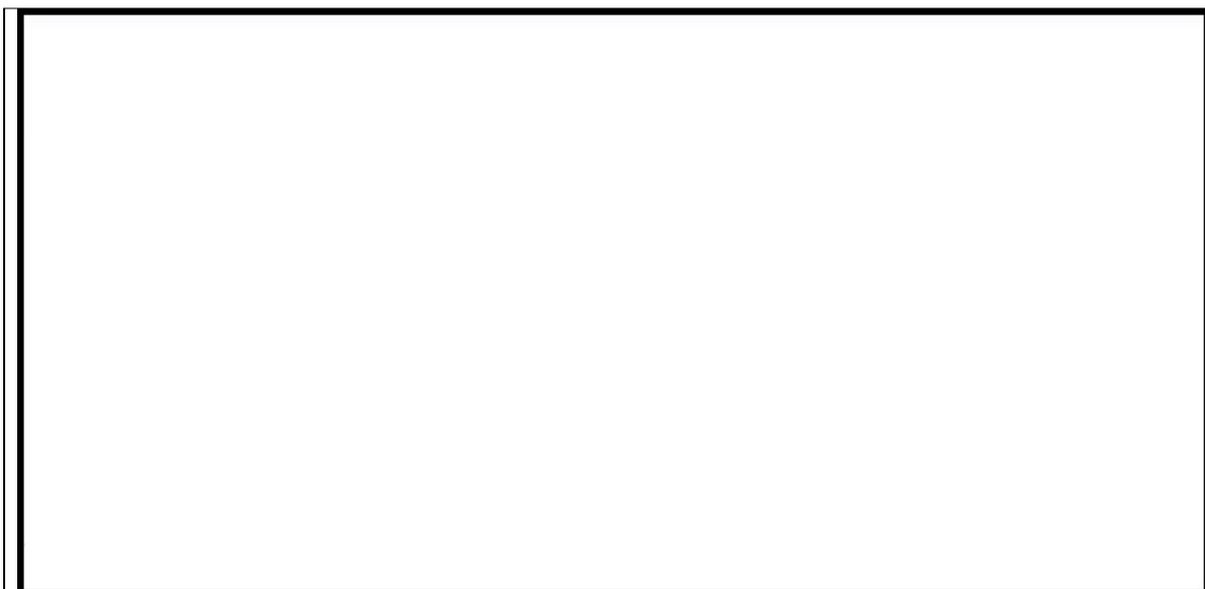
O que você compreende e como define o conceito de elemento químico?

Qual a importância do conceito de elemento químico para entender ligações químicas?

Como diferenciar elementos químicos entre si?

Qual a diferença do conceito de elemento químico, atualmente, para a ideia dos quatro elementos (água, terra, fogo e ar) de Empédocles?

Como você representaria (desenharia) os elementos químicos? (Crie uma legenda ou aponte com setas para melhor explicar do que se trata os componentes do desenho que você elaborar):



Parte 04: relação entre os conceitos de átomo e elemento químico

Qual a relação dos conceitos de átomo e elemento químico?

Qual a diferença dos conceitos de átomo e elemento químico?

Parte 05: ensino e aprendizagem envolvendo átomo e elemento químico.

Quando foi a primeira vez que você ouviu falar sobre os conceitos de átomo e elemento químico?

Quais conteúdos escolares envolvem os conceitos de átomo e elemento químico?

Qual a relação de átomo e os elementos químicos com a tabela periódica?

Você já estudou sobre isótopos ou íons? Se sim, poderia descrever um pouco o que são?

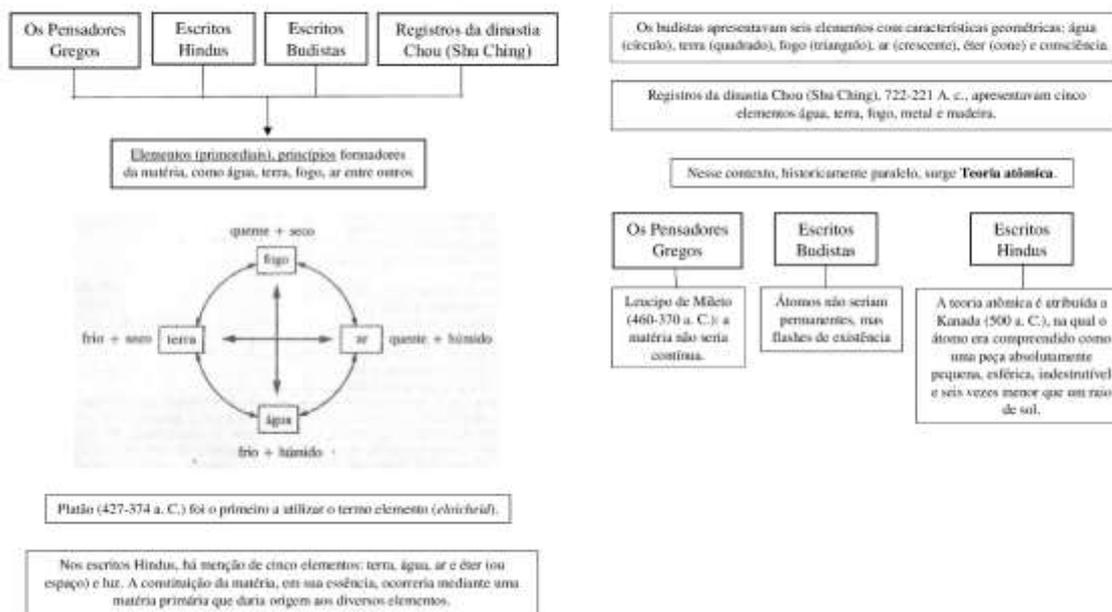
Você já estudou sobre datação por carbono-14? Se sim, poderia descrever um pouco?

APÊNDICE B – INFOGRÁFICOS COM ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE ÁTOMO E ELEMENTO QUÍMICO

Apêndice B1

ALGUNS ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE ÁTOMO E ELEMENTO QUÍMICO

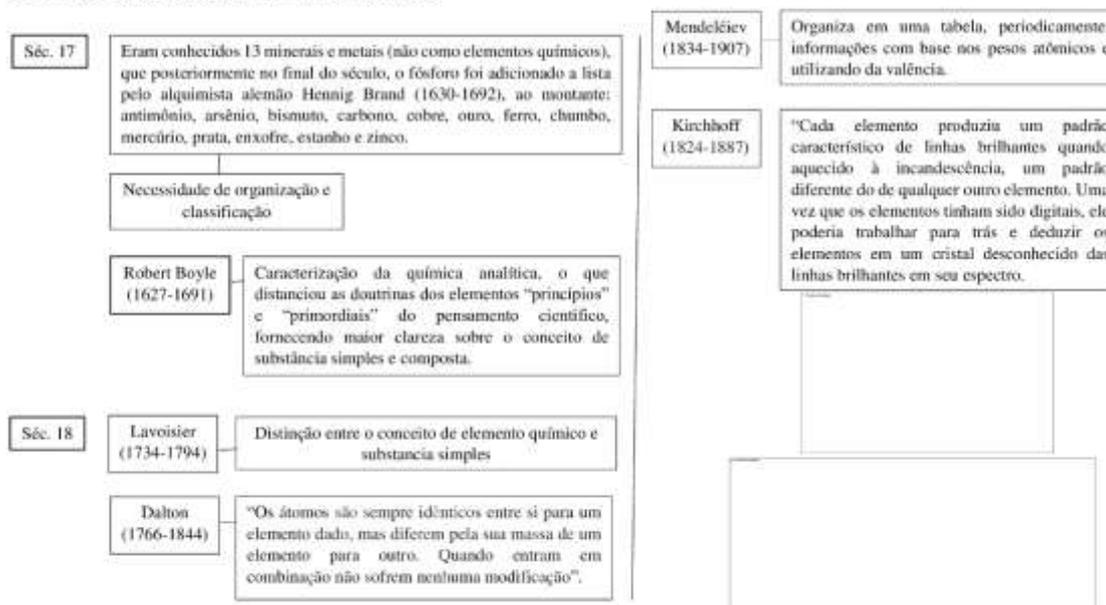
A busca pela compreensão do que formaria a matéria foi algo almejado por diversas civilizações:



Apêndice B2

ALGUNS ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE ÁTOMO E ELEMENTO QUÍMICO

Muitos séculos depois, aproximadamente uns 18, a física e a química passavam por momentos de resoluções científicas, mediante o avanço das discussões de um conjunto de leis científicas aplicáveis a constituição da matéria, fazia com que a ideia de minúsculas partículas (átomos) ganhasse adeptos principalmente por avanços em outras áreas (astronomia, mecânica, óptica).



APÊNDICE C - ESTUDO DE CASO

Qual a relação entre átomo e elemento químico?

Hermenegildo e Astolfo são colegas de turma e estão cursando o primeiro ano do ensino médio, com algumas dificuldades nas disciplinas, o ano letivo está na segunda metade, logo mais encerrando e sempre gostaram de participar das tarefas solicitadas durante as aulas.

Na disciplina de química, a professora apresentou um software de simulações aos estudantes da turma, depois de ter lecionado aulas sobre os modelos atômicos e a tabela periódica, após a apresentação e utilização da simulação em aula foi encaminhado uma tarefa para casa que poderia ser realizada em dupla. Na primeira fase da simulação, intitulada “átomo”, há espaço para “montar um átomo” adicionando partículas na eletrosfera (elétrons) e no núcleo (prótons e nêutrons), apresentando o elemento formado em uma tabela ao lado, número de massa e estabilidade. De acordo com as adições ou subtrações que são realizadas na simulação.

No dia da aula, Hermenegildo havia faltado, então no dia seguinte foi para casa de Astolfo.

- Her: O que aconteceu na aula?

- Ast: A professora apresentou uma simulação chamada “Monte um átomo”, para mostrar os modelos das partículas que fazem parte do átomo e pediu uma atividade.

- Her: Qual foi a atividade que a professora passou?

- Ast: Para relacionar o modelo da simulação com modelos atômicos que já conhecemos e com os símbolos dos elementos químicos e a segunda parte é para entregar um resumo por escrito, além de apresentar na sala [Astolfo apresentou a simulação que a professora tinha utilizado em sala de aula: consiste em duas estruturas centrais circulares; representando os níveis eletrônicos de um átomo genérico, ao ser adicionado os símbolos dos prótons, elétrons e neutros aparecem informações sobre o tipo de átomo ou de elemento químico que contem aqueles aspectos subatômicos].

Depois de utilizar a simulação foram rever as anotações no caderno e conteúdos disponíveis no livro didático.

- Her: olha! Eu acho que a simulação utiliza o modelo de Dalton, da bola de bilhar.

- Ast: acho que não, parece mais o de Rutherford.

- Her: mais quando aperta em nuvem os elétrons somem, fica tudo em bolinhas.

- Ast: complicado, sahsahsah

- Her: vamos olhar a parte dos símbolos.

- Her: quase não tem diferença da página anterior

- Ast: é. Tirando a tabela periódica e quando a gente adiciona as bolinhas, muda o nome do elemento ali em cima.

- Her: mas, continua sendo átomo, não?
- Ast: muda o número de prótons.
- Her: aí, a gente tem de relacionar átomo e elemento químico?
- Ast: é sim.
- Her: melhor pedir ajuda a alguém que já tenha realizado a atividade na escola.
- Ast: verdade.

Hermenegildo e Astolfo, precisam de ajuda e procuraram vocês. Desse modo, vocês precisam ajuda-los a fazer um bom trabalho, relacionando os conceitos de átomo e elemento químico, a partir da simulação e alguns aspectos históricos para apresentar na próxima aula. Ressaltando que é a mesma simulação que nós já utilizamos durante essa sequência de ensino e aprendizagem.

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO 02

Nome _____	Completo
Data de nascimento ____/____/____	
Parte 01: Compreensão sobre o átomo	
O que você compreende e como define o conceito de átomo?	
_____ _____ _____	
Qual a importância do conceito de átomo para compreensão das propriedades químicas?	
_____ _____ _____	
Que modelos atômicos você conhece? Qual(is) a(s) diferença(s) entre os diferentes modelos atômicos?	
_____ _____ _____	
Parte 02: Compreensão sobre elemento químico	
Como você compreende e define elemento químico?	
_____ _____ _____	
Como pode ser caracterizado um elemento químico? E como diferenciar um elemento químico de outro?	
_____ _____ _____	
Qual a diferença entre conceito de elemento químico e a ideia histórica dos quatro elementos (água, terra, fogo e ar)?	
_____ _____ _____	
Qual a diferença entre os conceitos de átomo e elemento químico?	
_____ _____ _____	

Como você descreveria o que são isótopos ou íons? Que relação existe entre isótopos, íons, átomos e elementos químicos?

Represente (desenhe) os átomos, elementos químicos, isótopos, moléculas, substância química e misturas? (Crie uma legenda ou aponte com setas para melhor explicar do que se trata os componentes do desenho que você elaborar):



Qual a importância da tabela periódica na compreensão do conceito de elemento químico?

Parte 03: Instrumentos de pesquisa

Qual(is) das estratégias didáticas utilizados pelo pesquisador que você mais gostou (texto, simulações, estudo de caso, vídeos)? Justifique

Com qual/quais modelo/s atômico/s você associaria as simulações “Monte um átomo” e “isótopos, massa e abundância”? Justifique.

De que forma você conseguiu ajudar os personagens do estudo de caso? Descreva as ações e estudos realizados.

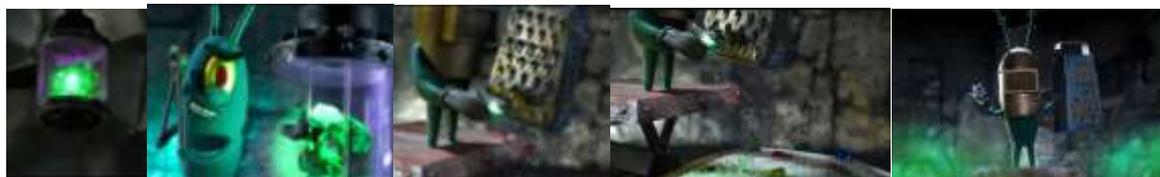
Durante os estudos para resolução do estudo de caso, você conseguiu aprender algo novo sobre os conceitos de átomo e elemento químico? Justifique

Você considera o nome da simulação “monte um átomo” adequado? É possível montar/construir um átomo? Justifique.

Quando Plankton vai apresentar o “Malânio”, um elemento químico que supostamente descobriu (figura abaixo), ele cola um pedaço de papel abaixo do Grupo 01 (família 01) de uma tabela periódica. Quais informações estariam faltando sobre esse elemento? Pela localização em que o papel foi adicionado, quais seriam as possíveis características desse elemento?



Você considera adequados o recipiente de armazenamento do Malânio e os instrumentos utilizados por Plankton (Alicate de metal, máscara de metal e ralador de queijo de metal) para o manuseio? Justifique



O conceito de elemento químico foi utilizado corretamente no especial de natal do Bob Esponja? Justifique.

Parte 04: Percepções subjetivas sobre os processos vivenciados

Como a sequência de ensino e aprendizagem, apresentada pelo pesquisador Klebson, contribuiu na sua compreensão sobre o conceito de átomo e elemento químico?

Qual a importância dos conceitos de átomo e elemento químico para/na sua vida?

Quais comentários, sugestões você gostaria de fazer?
