



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

MARCOS ANTONIO COELHO JÚNIOR

**A UTILIZAÇÃO DO PERFIL CONCEITUAL DE ÁTOMO NA EDUCAÇÃO DE
JOVENS E ADULTOS**

CARUARU

2024

MARCOS ANTONIO COELHO JÚNIOR

**A UTILIZAÇÃO DO PERFIL CONCEITUAL DE ÁTOMO NA EDUCAÇÃO DE
JOVENS E ADULTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Área de Concentração: Educação em Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. José Euzébio Simões Neto.

CARUARU

2024

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Nasaré Oliveira - CRB/4 - 2309

C672u Coelho Júnior, Marcos Antonio.
A utilização do perfil conceitual de átomo na educação de jovens e adultos. / Marcos Antonio Coelho Júnior. – 2024.
106 f.; il.: 30 cm.

Orientador: José Euzébio Simões Neto.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, 2024.
Inclui Referências.

1. Átomos. 2. Sequência didática. 3. Perfil conceitual (Teoria). 4. Ciência dos materiais. I. Simões Neto, José Euzébio (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.) UFPE (CAA 2024-014)

MARCOS ANTONIO COELHO JÚNIOR

A UTILIZAÇÃO DO PERFIL CONCEITUAL DE ÁTOMO NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Área de Concentração: Educação em Ciências e Matemática.

Aprovada em: 29/02/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Euzébio Simões Neto (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Ricardo Lima Guimarães (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho àquelas pessoas que nunca deixaram de acreditar em mim, mesmo com todos os percalços enfrentados, e sempre me incentivaram e me deram forças para que a conclusão deste trabalho fosse possível: meus pais, Divaneide Maria e Marcos Antonio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que esteve ao meu lado todos os dias durante a construção deste trabalho, me dando saúde, força e determinação para conseguir finalizá-lo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Euzébio Simões Neto, que ao longo desses anos se mostrou mais do que se pode atribuir a este título, especialmente nos momentos difíceis, em que as coisas não saíram como esperado, ou naqueles em que eu pensei em desistir diante dos desafios. Mas, sem dúvida, nunca esquecerei todo o apoio e o incentivo prestado quando foi preciso recomeçar, portanto, quero que saiba que sem sua motivação e confiança não teria chegado até aqui. Leverei comigo também os momentos que passamos juntos, em reuniões de orientação e na disciplina que você ofertou, seus direcionamentos contribuíram para o meu amadurecimento enquanto pesquisador e pessoa. Seu exemplo de ser humano solidário, sua preocupação com o outro, me ensinaram que muitas vezes é necessário olhar mais do que as circunstâncias e enxergar dentro de cada um, sem julgar, sem questionar, pois, dar a mão é sempre melhor do que dar conselhos, e isso você demonstrou na prática comigo. Obrigado por tudo!

Ao Prof. Dr. Ricardo Lima Guimarães, pelo qual tenho um carinho especial, pois me acompanha academicamente desde a graduação, como meu orientador, e também esteve presente em todo o percurso deste trabalho, contribuindo com suas colocações e análises assertivas. Sempre admirei sua trajetória acadêmica e o tenho como exemplo de profissional.

Ao Prof. Dr. João Roberto Ratis Tenório da Silva, que esteve nas minhas qualificações, contribuindo de maneira singular para minha pesquisa. Leverei comigo também seus ensinamentos durante a disciplina que ofertou, e seus momentos solidários e de conselhos. São seus, meu respeito e admiração!

Ao Prof. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos, por sua disponibilidade em contribuir para melhoria deste trabalho, suas colocações certamente serão de grande valia. Espero que seja o início de uma relação acadêmica positiva.

À minha esposa, Kathleen, a qual sempre torceu e me encorajou durante todo esse percurso. Tendo ela também de abdicar de momentos de lazer para que eu pudesse me dedicar à pesquisa. Por muitas vezes sua presença e energia foram responsáveis por me acalantar e acalmar, principalmente quando as coisas estavam sem rumo. Suas palavras de conselho e positividade me fizeram ter forças e coragem para fazer o que era preciso ser feito, sem falar

na ajuda pra ouvir, ler e revisar o trabalho comigo, dando ideias e provocando reflexões, as quais, sem dúvidas, ficaram registradas neste trabalho. Sem seu apoio esta missão seria bem mais difícil de ser realizada. Obrigado por tudo!

Aos familiares, pelo apoio, compreensão e paciência. Especialmente minha Mãe, Neide, meu pai, Marcos, meu irmão Neymar e minha cunhada Jéssica. Se não pudermos contar com a família em nossa caminhada, o percurso se torna vazio e sem propósito. Sou feliz em tê-los ao meu lado.

Aos amigos que emanaram boas energias e pensamentos de apoio, aqueles que eu tive a sorte de partilhar momentos de aprendizado e de vida durante as disciplinas vivenciadas juntos, aqueles do trabalho que sempre me motivaram, aqueles do grupo de pesquisa GIDEQ, enfim, acho que seria injusto citar nomes, pois foram muitos e o espaço não me permitiria.

Ao PPGECM, pela oportunidade de crescimento intelectual e pessoal, e por me abrir as portas e mantê-las abertas quando mais precisei.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte da elaboração e conclusão deste trabalho, sempre os levarei comigo. O meu muito obrigado a todos.

RESUMO

Entendemos a importância que o estudo sobre átomos, modelos atômicos e conteúdos afins possui, não só para a Química, mas também para a Ciência como um todo. Ao mesmo tempo, verificamos que o estudante que chega ao Ensino Médio, em sua maioria, não apresenta as competências e as habilidades que, em teoria, deveriam ter sido consolidadas na etapa anterior de ensino. Na Educação de Jovens e Adultos (EJA) a realidade não é diferente, talvez até mais alarmante, devido às condições específicas que envolvem a maioria dos estudantes desta modalidade de ensino, como a vulnerabilidade social, a responsabilidade financeira e familiar, além da desigualdade racial, econômica e de gênero, fatores que, quando somados ao sentimento de culpa que muitos carregam por não ter concluído os estudos na época oportuna, acabam, muitas vezes, levando a evasão escolar. Assim, não é difícil perceber a extrema necessidade da inserção de metodologias diferenciadas, que contribuam com um ensino de Ciências que coloque o estudante como protagonista da construção do seu conhecimento e agente ativo do processo, visando à aprendizagem dos conceitos científicos em uma perspectiva de formação crítica cidadã. É neste contexto que, neste trabalho, pensamos na elaboração e análise, em busca de indícios iniciais de validação de uma Sequência Didática baseada na Teoria dos Perfis Conceituais e no perfil conceitual de átomos e estados físicos dos materiais para trabalhar tais conceitos na Educação de Jovens e Adultos. A proposta foi baseada, também, nos princípios de Zabala e Méheut, quando as características, além de considerar, para seu desenho, os Três Momentos Pedagógicos, estabelecidos por Delizoicov e Angotti, a saber: problematização inicial, organização do Conhecimento e aplicação do conhecimento. Priorizamos, no desenho da proposta, atividades com debates, aulas expositivas dialogadas, apresentação de vídeos e utilização de ferramentas das tecnologias digitais da informação e comunicação, um simulador virtual e a resolução de Situações-problema, visando pensar o que é necessário para o desenvolvimento da aprendizagem do conceito, considerando que, na dimensão pedagógica precisamos estimular o diálogo e que a dimensão epistemológica precisa relacionar os conhecimentos referentes às quatro zonas do perfil conceitual citado com contextos de valor pragmático no mundo real. A análise das atividades da SD foi embasada nos referenciais sobre Sequências Didáticas e Perfis Conceituais, utilizando o instrumento de validação proposto por Freitas, adaptados para as especificidades deste trabalho, considerando as categorias fundamentais e atribuindo critérios como mais que suficiente, suficiente e insuficiente. Acreditamos no potencial pedagógico que a Teoria dos Perfis Conceituais oferece, como ferramenta para considerar a heterogeneidade

do pensamento também na construção de atividades em sala de aula visando a compreensão dos modos de pensar o conceito de átomo, bem como reconhecer os contextos de maior valor pragmático que pode ser associado a tal significado.

Palavras-chave: Teoria dos Perfis Conceituais; Sequência Didática; Átomos e Estados Físicos dos Materiais.

ABSTRACT

We understand the importance that the study of atoms, atomic models and related content has, not only for Chemistry, but also for Science as a whole. At the same time, we found that the majority of students who reach high school do not have the skills and abilities that, in theory, should have been consolidated in the previous stage of education. In Educação de Jovens e Adultos (EJA), teaching modality that is part of Brazilian formal education, the reality is no different, perhaps even more alarming, due to the specific conditions that involve the majority of students in this type of education, such as social vulnerability, financial and family responsibility, in addition to racial, economic and gender inequalities, factors that, when added to the feeling of guilt that many carry for not having completed their studies at the appropriate time, often end up leading to school dropout. Thus, it is not difficult to see the extreme need for the insertion of different methodologies, which contribute to Science teaching that places the student as the protagonist in the construction of their knowledge and an active agent in the process, aiming at learning scientific concepts from a training perspective in citizen criticism. It is in this context that, in this work, we think about the elaboration and analysis, in search of initial signs of validation of a Didactic Sequence based on the Theory of Conceptual Profiles and the conceptual profile of atoms and physical states of materials to work on such concepts in Educação de Jovens e Adultos. The proposal was also based on the principles of Zabala and Méheut, when the characteristics, in addition to considering, for its design, the Three Pedagogical Moments, established by Delizoicov and Angotti, namely: initial problematization, organization of Knowledge and application of knowledge. In the design of the proposal, we prioritized activities with debates, dialogued expository classes, presentation of videos and use of digital information and communication technology tools, a virtual simulator and the resolution of problem situations, aiming to think about what is necessary for development of learning the concept, considering that, in the pedagogical dimension, we need to stimulate dialogue and that the epistemological dimension needs to relate knowledge relating to the four zones of the aforementioned conceptual profile with contexts of pragmatic value in the real world. The analysis of Didactic Sequence activities was based on references on Didactic Sequences and Conceptual Profiles, using the validation instrument proposed by Freitas, adapted to the specificities of this work, considering the fundamental categories and assigning criteria such as more than sufficient, sufficient and insufficient. We believe in the pedagogical potential that the Theory of Conceptual Profiles offers, as a tool to consider the heterogeneity of thought also in the construction of classroom activities aimed at

understanding ways of thinking about the concept of atom, as well as recognizing contexts of greater pragmatic value that can be associated with such meaning.

Keywords: Conceptual Profile Theory; Didactic Sequence; Atoms and Physical States of Materials.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	A TEORIA DOS PERFIS CONCEITUAIS	17
2.2	ÁTOMO: ORIGEM, DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO E CONCEPÇÕES INFORMAIS	20
2.2.1	Das ideias gregas à Alquimia	21
2.2.2	A retomada do atomismo: contribuições químicas e físicas para o aperfeiçoamento da ideia de átomo	25
2.2.3	O prelúdio dos modelos atômicos: o átomo científico	29
2.2.4	Laboratório de Cavendish: o apogeu da teoria atômica	32
2.2.5	Léptons e Quarks: um novo olhar da ciência	39
2.3	O PERFIL CONCEITUAL DEÁTOMO	42
2.4	REUNINDO TEORIA DO PERFIL CONCEITUAL, SEQUÊNCIA DIDÁTICA E OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS	45
2.5	A EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	48
3	ASPECTOS GERAIS DA PROPOSTA	51
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	51
3.2	CENÁRIO DA PROPOSTA	52
3.3	SOBRE DADOS E ANÁLISES	53
4	A ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	54
4.1	1º MOMENTO: PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL	54
4.2	2º MOMENTO: ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	57
4.3	3º MOMENTO: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO	58
5	UM OLHAR ANALÍTICO SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	61
5.1	ANÁLISE DAS ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	64
5.2	VALIDAÇÃO TEÓRICA, A PRIORI, DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA A PARTIR DE CRITÉRIOS ESTABELECIDOS NA LITERATURA	70
5.3	SUGESTÕES PARA INSTRUMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS EM POSSÍVEIS APLICAÇÕES VISANDO PESQUISA E/OU ENSINO	82
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85

REFERÊNCIAS	88
APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA	96
APÊNDICE B – SITUAÇÕES-PROBLEMA	100
APÊNDICE C – PLANO DE AULA – EJA MÉDIO	102

1 INTRODUÇÃO

A ideia de átomo é tão importante para a Química que se torna difícil não fazer uma associação imediata, seja nas pesquisas na área dura, sobre síntese orgânica, nanomateriais ou química computacional, no arcabouço conceitual básico dessa ciência, em conjunto com conceitos como estrutura molecular, valência, polaridade, ligação química, a química moderna se alicerça na ideia de átomo e nos diferentes modelos elaborados para essa entidade (Pereira; Silva, 2018). De fato, átomo é um tema que desempenha um papel ímpar dentro das ciências naturais, pois o entendimento deste conceito é imprescindível para a compreensão de uma diversidade de conceitos centrais da química que foge do seu raio de ação e enveredam por diversas áreas do conhecimento (Lopes, 2017).

Parente, Santos e Tort (2014) justificam que a compreensão dos modelos desenvolvidos pela ciência para explicar o átomo é um fator preponderante no desenvolvimento de habilidades e raciocínio científico. Junto a isto, o entendimento de como acontece a construção de modelos científicos a partir da observação, imaginação e investigação é de extrema importância, visto que as diretrizes que orientam a educação básica, no Brasil, evidenciam a relevância da compreensão da ciência em seu sentido histórico e de construção humana.

Nesse sentido, a temática modelos atômicos no ensino da química talvez seja aquela em que as considerações histórico-filosóficas estejam presentes de forma mais explícita, dada a necessidade de compreender o desenvolvimento das ideias atomistas, sobre a constituição da matéria. Assim, tentando contemplar os objetivos de aprendizagem, os professores geralmente recorrem aos livros didáticos, que acabam sendo uma fonte histórica sobre este tema. No entanto, tais textos ignoram ou pouco apresentam os debates que aconteceram ao longo dos séculos sobre o desenvolvimento do átomo, quando não enveredam para erros conceituais ou representações de imagens que contribuem para erros conceituais (Navarro; Félix; Milaré, 2015).

Por outro lado, corroboramos com o pensamento de Chaves, Santos e Carneiro (2014), quando eles declaram que o ensino da química tem muito a perder ao negligenciar a função das controvérsias científicas na apropriação de conceitos e teorias, pois estas permitem, conforme Matthews (1995) e Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007), que os estudantes desenvolvam um olhar para ciência como uma atividade humana, ou seja, como um empreendimento dinâmico, social e produzido por ocasião de intensos debates e dúvidas.

Além disso, segundo Mortimer (1994), os estudantes do Ensino Fundamental e Médio

geralmente chegam às aulas de química trazendo ideias bem diferentes, sobre a natureza atômica, daquelas aceitas cientificamente. Pesquisas realizadas em diferentes países mostram que essas ideias alternativas ou de senso comum dos estudantes são universais, pois o mesmo padrão é encontrado para essas concepções nos quatro cantos do mundo (Mortimer, 1995a).

Desse conjunto de pesquisas podem ser identificadas algumas características principais das ideias dos alunos dessa faixa etária sobre a matéria: nem todos usam modelos descontínuos para representar as transformações da matéria; os que usam, muitas vezes o fazem de maneira bastante pessoal, o que inclui a utilização de ideias animistas e/ou substancialistas, em que o comportamento de seres vivos e/ou as propriedades da substância são atribuídos a átomos e moléculas; há uma forte tendência em negar a existência de espaços vazios entre as partículas; raramente são usados outros aspectos de um modelo atomista nas explicações, como por exemplo o movimento intrínseco das partículas ou suas interações; notam-se dificuldades em raciocínios que envolvam a conservação da massa. Por fim, há a dificuldade dos estudantes em transitar entre as observações fenomenológicas e as explicações atomistas, ou seja, em fazer relações entre os modelos atomistas e o comportamento dos materiais nas diversas transformações (Mortimer, 1995a, p. 1).

Embora constatada a relevância do estudo do átomo em um contexto histórico-científico, pesquisas recorrentes na área do ensino de ciências apontam a fragilidade das concepções atomísticas e da matéria presentes nos estudantes do Ensino Médio, Ensino Superior e até, de forma preocupante, por parte de professores de Química, Física, Biologia e Ciências. São muitos os fatores apontados como possíveis dificultadores para a melhoria desse cenário: os professores enfrentam como obstáculos uma estrutura escolar fragilizada, degradantes condições de trabalho que muitas vezes são somadas a falta de comprometimento por parte dos estudantes (Pozo; Gómez Crespo, 2009). Além disso, em discussões mais recentes entra em pauta a “redução” da carga horária de tais componentes no Novo Ensino Médio, enfim, o fato é que há uma necessidade de superar esse quadro desfavorável.

Entre as possíveis medidas para vencer tais crises está a atuação do(a) professor(a) enquanto pesquisador(a), pois na maioria dos casos os professores que atuam na educação básica não são pesquisadores, enquanto que os pesquisadores, por sua vez, são professores do Ensino Superior, e em sua maioria, não possuem vivência do dia a dia em sala de aula da educação básica. Esse impasse acarreta em pesquisas que conseguem surtir pouco impacto em sala de aula, ou que sejam de difícil aplicação, por não estarem conectadas a realidade escolar (Sabino, 2015).

Diante disso, buscando estratégias didáticas que objetivem contribuir para a melhoria nos processos de ensino e de aprendizagem em sala de aula, este trabalho pretende elaborar, analisar e validar uma Sequência Didática baseada na Teoria dos Perfis Conceituais, proposta por Mortimer (1996, 2000), para trabalhar o conceito de átomo em estudantes da Educação de Jovens e Adultos.

A Teoria dos Perfis Conceituais foi pensada inicialmente para estruturar diferentes modos de pensar sobre um mesmo conceito que podem coexistir em um indivíduo e, dessa maneira, acompanhar a evolução conceitual durante a aprendizagem. Essas variações de pensamento acerca de um conceito constituem zonas em um perfil conceitual e estão associados com as raízes epistemológicas, ontológicas e/ou axiológicas do conceito em questão. A caracterização do perfil de concepções relativo a um conceito traz uma dimensão ampla dos significados que os alunos podem atribuir a este conceito, e isso, em sala de aula, pode colaborar para que o professor tenha mais clareza sobre as dificuldades enfrentadas pelos aprendizes. Assim, o perfil conceitual pode se tornar uma ferramenta potente para o desenvolvimento de estratégias e práticas aplicadas em sala e para o acompanhamento do processo de aprendizagem (Sabino, 2015).

Em consonância com o pensamento de Sabino (2015), acreditamos que o perfil conceitual pode contribuir com a aprendizagem de conceitos científicos em sala de aula como um instrumento para o planejamento e análise no ensino de ciências, pois, quando o professor conhece e tem domínio sobre os diferentes modos que seus estudantes pensam a respeito de determinado conceito, ele pode identificar com mais facilidade os obstáculos enfrentados na aprendizagem do conceito por estes discentes, e assim desenvolver estratégias que auxiliem os aprendizes ter consciência sobre suas concepções e em que contextos elas podem ser pragmaticamente aplicadas.

Diante disso, a fim de aplicar a teoria dos perfis conceituais e ter uma dimensão da sua contribuição como estratégia em sala de aula, apresentamos a questão problema deste trabalho: **Como as zonas do perfil conceitual de átomo podem contribuir para a elaboração de uma sequência didática para o ensino e a aprendizagem em estudantes da Educação de Jovens e Adultos?**

Dessa forma, optamos em propor uma Sequência Didática, ou *Teaching Learning Sequence* – TLS (Méheut, 2005) como metodologia, em associação com o aporte teórico dos três momentos pedagógicos (Delizoicov; Angotti, 1994) que se baseiam na problematização, na busca em resolver um problema de uma situação intrigante e que tenha relação com o cotidiano do estudante, passando a fazer mais sentido para a vida dos estudantes.

Assim, os objetivos desse trabalho são:

- (i) Elaborar uma Sequência Didática sobre átomos e modelos atômicos, com base no perfil conceitual de átomos e estados físicos dos materiais, para a Educação de Jovens e Adultos (EJA);

- (ii) Analisar a SD a partir do potencial de fazer emergir as zonas do perfil conceitual de átomos e estados físicos dos materiais nas atividades integrantes da proposta;
- (iii) Validar, a priori, a Sequência Didática, a partir de critérios bem estabelecidos na literatura

Por fim, justificamos a escolha do público alvo deste trabalho, estudantes da Educação de Jovens e Adultos (EJA), pela escassez de trabalhos que envolvam a Teoria dos Perfis Conceituais a esta modalidade de ensino. Assim, os resultados deste trabalho podem contribuir para o programa de pesquisa em perfis conceituais, adentrando por um viés até então pouco explorado.

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: na fundamentação teórica discutimos a Teoria dos Perfis Conceituais (Mortimer, 1994, 2000; Mortimer; El-Hani, 2014), o conceito de átomo e sua evolução histórico-científica, o perfil conceitual de átomos e estados físicos dos materiais (Mortimer, 1994), a Sequências Didáticas (Méheut, 2005), além de discutir um pouco sobre a Educação de Jovens e Adultos. Na metodologia, em seguida, alinhamos as ações realizadas a fim de atender aos objetivos da pesquisa. Para isto, discutimos sobre a natureza da pesquisa, os cenários e contexto, a elaboração da Sequência Didática, e o processo de validação. Nos resultados e discussão, apresentamos a análise das atividades propostas, discutindo as relações internas e as conexões com a literatura, considerando os critérios estabelecidos por Freitas (2021), com base nas discussões de Guimarães e Giordan (2013). Por último, apresentamos as considerações finais, com uma análise geral do trabalho e perspectivas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão apresentados os aportes teóricos que norteiam o desenvolvimento desta pesquisa, a saber: a teoria dos perfis conceituais, a origem, o desenvolvimento histórico e algumas concepções informais sobre o átomo, o perfil conceitual de átomo e estados físicos dos materiais (Mortimer, 1995b, 2000), as Sequências Didáticas (Méheut, 2005), bem como a Educação de Jovens e Adultos (EJA).

2.1 A TEORIA DOS PERFIS CONCEITUAIS

Salas de aula são espaços sociais complexos, no qual o professor busca diversas formas de interagir com os estudantes, com o objetivo de propiciar conhecimento com um enfoque direcionado, que no caso do ensino de ciências, é a história científica¹ (Mortimer e Scott, 2003), fomentando assim nos estudantes a compreensão de conceitos científicos (El-Hani e Mortimer, 2007). Contudo, é inevitável que nesse espaço escolar haja a heterogeneidade dos modos pensar e formas de falar dos alunos, fato este que torna o processo dinâmico.

Em meados dos anos 1990, Mortimer (1994, 1995b), inspirado inicialmente nas ideias de Bachelard sobre o perfil epistemológico, propõe a noção de perfil conceitual, como uma forma de direcionar a heterogeneidade da linguagem e do pensamento nas aulas de ciências, a fim de desenvolver nos estudantes uma compreensão dos conceitos científicos (Mortimer; Scott; El-Hani, 2009). Segundo o autor, a ideia de perfis conceituais propõe que um indivíduo possa compreender um determinado conceito de diversas formas, as quais podem ser utilizadas em contextos adequados, tendo como base compromissos epistemológicos, ontológicos e/ou axiológicos distintos, que norteiam a construção de determinada concepção pelo sujeito (Mortimer, 2000; Dalri, 2010; Mortimer; El-Hani, 2014).

Inicialmente, o perfil conceitual foi desenvolvido como uma alternativa ao modelo de mudança conceitual, corrente que afirma que para ocorrer à aprendizagem o aluno deve abandonar suas concepções prévias e construir novas ideias sobre um determinado conceito, inclusive conceitos relacionados a ciências (Mortimer; Scott; El-Hani, 2009). Conseqüentemente, por ir de encontro a este modelo de ensino, considerar fortemente em suas ideias a causa social e cultural, juntamente com decorrências de desenvolvimentos posteriores, os perfis conceituais estão incorporados a um eixo teórico que trata a aprendizagem de ciências como a aprendizagem da linguagem social da ciência escolar, por

¹ Originalmente escrito como “estória científica”, pela especificidade de significado esperado para a palavra.

meio de interações discursivas em sala de aula, habilitando essa teoria a fazer parte de uma perspectiva sociocultural ou socio interacionistas (Mortimer; Scott, 2003).

Para Mortimer (2000), a abordagem de perfil conceitual é fundamentada na ideia de que as pessoas apresentam várias maneiras distintas de ver e representar o mundo, sendo assim, o contexto da situação é que dita os diferentes modos de pensar que o indivíduo possui sobre determinado conceito. A respeito desses modos de pensar, Mortimer, Scott e El-Hani (2011, p. 116) afirmam que eles: “são tratados como elementos de permanência no pensamento conceitual dos indivíduos, intimamente relacionados a significados socialmente construídos que podem ser atribuídos aos conceitos”.

Cada perfil traça uma variedade de modos de pensar ou de significação de algum determinado conceito (exemplos: matéria, calor, adaptação, vida, entre outros) e é constituído por várias zonas (Mortimer; Scott; El-Hani, 2011), que por sua vez representam modos particulares de pensar ou dar significado a um conceito, que podem estar associados a uma forma própria de falar. Além do mais, as diferentes zonas conseguem conviver em um mesmo indivíduo, expressando uma pluralidade de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, os quais são utilizados de acordo com o contexto mais apropriado (Araújo, 2014).

Nesse sentido, pode-se dizer que enquanto um sujeito aprende um novo significado para determinado conceito, esta nova ideia passa a coexistir com as ideias anteriores, o que comprova a pluralidade de pensamentos que englobam entre outros tipos de conhecimento, o conhecimento do senso comum, escolar e científico (Mortimer; El-Hani, 2014), além de corroborar com a corrente de ensino de ciências que defende o não rompimento das concepções não científicas, pois estas continuam válidas em determinados contextos (Simões Neto e Amaral, 2017).

Sendo assim, Mortimer, Scott e El-Hani (2011, p. 117) afirmam que “cada indivíduo tem um perfil conceitual próprio, que se diferencia dos perfis de outros sujeitos pelo peso dado a cada zona, e não pela zona propriamente dita”, já que se tratam de modos de pensar e conceituar supra individuais, ou seja, sociais, que são gerados ao longo do processo de formação pessoal. Desta forma, consegue-se explicar as diferenças entre perfis de acordo com a variedade de experiência social de cada indivíduo, que pode oferecer mais ou menos oportunidades para que o sujeito seja capaz de aplicar diferentes modos de pensar nos contextos em que são pragmaticamente poderosos ou mais adequados.

Além disso, a heterogeneidade dos modos de pensar não acontece apenas no contexto da linguagem cotidiana, como por exemplo, em vários “termos científicos”, como no caso de

palavras da linguagem comum, as quais a ciência faz uso, por exemplo, “adaptação”, ou como em termos científicos que foram apropriados pela linguagem comum, por exemplo, “gene” ou “meme” (Mortimer; Scott; El-Hani, 2009). Mas ela também está presente em outras situações, como nas ciências. Tomando como exemplo o conceito de átomo, um Químico para explicar sobre as várias propriedades das substâncias pode usar o modelo atômico de Dalton, no qual o átomo é visto como uma esfera rígida e indivisível, e conteúdos como: estequiometria e fórmula estrutural fazem uso de tal representação do átomo. No entanto, este modelo não é adequado em uma situação que se faz necessário explicar sobre reatividade química, visto que para sua explanação é preciso outros modelos atômicos, como aqueles derivados da mecânica quântica (Mortimer, 1996; Mortimer; Scott; El-Hani, 2009).

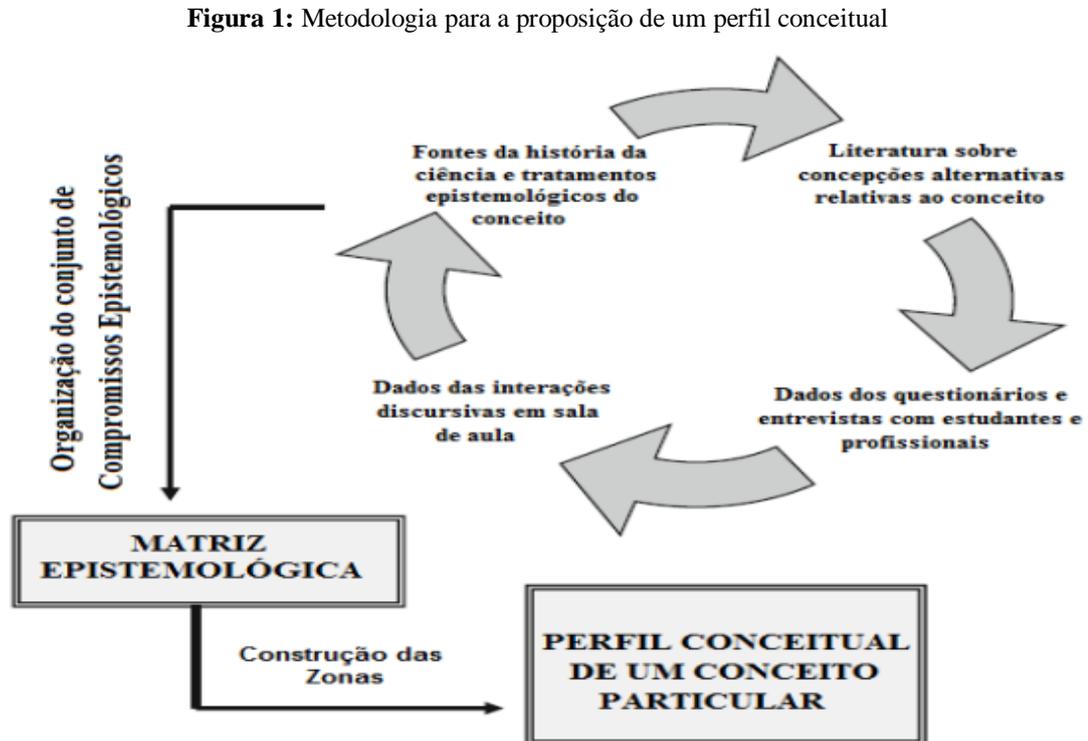
Deste modo, os perfis conceituais mostram a diversidade do pensamento, considerando que os diferentes significados que podem ser dados a um conceito coexistem em um indivíduo, mas cada um se revela, na prática, mais poderoso ou mais adequado para lidar com determinado tipo de problema. Contudo, não existe qualquer garantia que o indivíduo escolha os significados corretos para aquele contexto em que ele está inserido no momento (Mortimer; Scott; El-Hani, 2011).

Diante disto, analisando numa perspectiva de aprendizagem, Simões Neto e Amaral (2017) afirmam que o aluno pode agregar novas zonas aos seus perfis conceituais, como também pode tomar consciência destas zonas, as quais podem ser usadas indeterminadamente para resolver problemas em contextos particulares, de acordo com seu valor pragmático. A tomada de consciência pode ser compreendida como a percepção da coexistência de diferentes formas de falar e modos de pensar, ou seja, a capacidade de aplicar um determinado conhecimento (científico ou comum, por exemplo) em um contexto adequado, porém, conservando os diferentes modos de pensar e formas de falar dos seus outros tipos de conhecimentos, aplicando-os em situações em que eles se mostrem pragmaticamente apropriados (Mortimer; Scott; El-Hani, 2009).

Por fim, já existem na literatura vários perfis conceituais sobre conceitos científicos nas mais diversas áreas do conhecimento, os quais para serem propostos seguiram alguns aspectos teóricos e metodológicos importantes. Para a proposição de um perfil conceitual é indispensável que seja considerado uma diversidade de significados atribuídos a um dado conceito em diferentes contextos, os quais devem ser baseados em pelo menos três dos quatro domínios genéticos propostos por Vigotski, a saber: sociocultural, ontogenético e microgenético, no esforço de encontrar compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que equilibrem os modos de falar e pensar sobre os conceitos (Mortimer; Scott;

El-Hani, 2011).

Para que estes compromissos sejam atendidos, é necessário um desenho metodológico que na sua versão mais atual, proposta por Mortimer e El-Hani (2014), está esquematizado como mostra a Figura 1:



Fonte: Simões Neto (2016, p. 46).

Ainda, segundo Mortimer e El-Hani (2014), a pesquisa relacionada a proposição de perfis conceituais foi organizada em função de um grupo com três conceitos mais amplos, denominados de ontoconceitos, a saber: matéria, energia e vida. Os perfis conceituais disponíveis na literatura estão associados a estes conceitos, que representam as estruturas fundamentais nas ciências naturais. Nesse sentido, este trabalho discutirá a aprendizagem do conceito de átomo a partir de um perfil conceitual derivado do ontoconceito de matéria, que é o perfil de átomo e estados físicos dos materiais, proposto por Mortimer (1995b, 2000).

2.2 ÁTOMO: ORIGEM, DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO E CONCEPÇÕES INFORMAIS

A procura pela constituição básica da matéria confunde-se com a história da humanidade, perpassando desde antigos Filósofos, pautados em teorias, a grandes cientistas munidos de tecnologia. Sendo assim, esta seção apresenta um apanhado de algumas contribuições principais de diferentes áreas da Ciência, destacando os principais personagens,

acontecimentos históricos e experimentos que levaram a evidências da natureza composta, e não elementar, do átomo.

2.2.1 Das ideias gregas à Alquimia

Os gregos foram os primeiros filósofos da natureza a registrar curiosidade sobre a constituição básica da matéria e a criar teorias que não mais admitissem conjecturas associadas a divindades, mitos, magias e superstições, mas que elas conseguissem manter-se por si mesmas (Ronan, 1987; Peduzzi, 2008).

Com isso, os primeiros filósofos, baseados em uma análise sob um olhar pautado na natureza, propuseram hipóteses para o que seria a pergunta norteadora aos seus estudos: *de que o mundo é feito?* O primeiro passo foi dado pelo o Filósofo Tales de Mileto (624-547 a.C.), que sugeriu que a água seria o constituinte elementar da matéria, pois sem água não há vida nos mundos vegetal e animal (Ronan, 1987; Peduzzi, 2008). Esta ideia abre o caminho para outros pensadores, como Anaximandro de Mileto (610-547 a.C.), discípulo de Tales, que propõe o *apeíron* (do grego, indefinido). Segundo ele, o *apeíron* não seria uma substância material, e faria parte de uma realidade imperceptível aos sentidos. Esta substância deveria ser eterna, indestrutível e infinita (Caruso; Oguri, 2006). Por sua vez, Anaxímenes de Mileto (585-525 a.C.), responde à pergunta inicial sugerindo a existência de uma substância composta de minúsculas partículas, capazes de estar em todos os lugares, a qual denominou de ar (Ronan, 1987). Ainda entre os jônicos, Heráclito de Éfeso (576-480 a.C.) apresentou a ideia de que a essência do Universo (ou da natureza) na sua mais diversa infinidade de fenômenos é constituída por um único elemento estruturador. Ele elege o fogo como sendo ao mesmo tempo matéria e força motriz. Esse fogo não seria uma chama material ou o tijolo fundamental da natureza, mas o símbolo do dinamismo das transformações e processos existentes (Heisenberg, 1995; Peduzzi, 2008).

Empédocles de Agrigento (484-322 a.C.) rompe com a linha de pensamento dos primeiros filósofos, afirmando que a natureza por sua alta complexidade não pode ser explicada baseando-se nas transformações de apenas uma substância. Assim, a combinação da terra, água, ar e fogo são os constituintes fundamentais de tudo que existe. Ele também considera que fenômenos como agregação e desagregação da matéria ocorrem pela ação de duas forças essenciais na natureza: a “força amor” proporciona a atração dos elementos e a “força ódio” gera repulsão. Sendo assim, ele foi o primeiro a justificar causas do mundo físico por meio de “forças” (Sambursky, 1990; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

É diante dessa impossibilidade de explicação do mundo que surge o atomismo,

precisamente com as contribuições de dois pensadores de Abdera: a proposição coube a Leucipo e os detalhes a Demócrito (Ronan, 1987; Kirk; Raven; Schofield, 1994).

Para Leucipo de Abdera (500-450 a.C.), o componente básico da matéria seria partículas minúsculas e indivisíveis, as quais denominou *átomos* (do grego, a: negação, tomos: partes). Os átomos formavam as substâncias, infinitas em número e forma, e não podiam ser divididos, pelo fato deles serem muito pequenos. Dessa forma, ele seria a menor quantidade de matéria existente na natureza e era imutável, porém, quando agregados e arrançados de formas diferentes, poderiam originar várias formas de matéria (Caruso; Oguri, 2006). Para elaborar o conceito de átomo, é provável que Leucipo tenha estudado as ideias de seus antecessores, porém, pouco se sabe sobre ele e as fontes de suas ideias, sendo toda informação conhecida descrita pelo seu discípulo, o filósofo Demócrito de Abdera (470-380 a.C.). Leucipo aceita a existência do vazio, o qual juntamente com o átomo coexiste harmoniosamente, pois são os dois que originam tudo que existe no universo.

Nesta primeira visão de átomo, Leucipo admitiu que o mundo era dotado de um eterno movimento, justificado pelas colisões entre os átomos. Porém, os motivos das colisões não foram explicados (Caruso; Oguri, 2006). Esta teoria foi aceita e reuniu adeptos mesmo sem uma comprovação e com algumas explicações incompletas, já que a sociedade grega à época não exigia evidências das teorias apresentadas por seus filósofos, pois acreditavam que ideias eram eternas e perfeitas, enquanto experiências seriam momentos particulares e imperfeitos (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

Esta visão de átomo foi defendida com algumas ressalvas um século depois pelo filósofo Epicuro de Samos (341-270 a.C.). Ele e Demócrito concordavam sobre a indivisibilidade do átomo proposta por Leucipo, porém divergiam na justificativa. Para Demócrito, o átomo era indivisível por não conter um vazio intrínseco, enquanto que para Epicuro essa característica estava associada com a dureza do átomo. Outro afastamento de ideias acontece em relação à diferenciação dos átomos, pois o tamanho e o formato seriam capazes de diferenciá-los, para Demócrito. Todavia, Epicuro relacionava essa diferenciação ao peso dos átomos, o que lhe permite explicar o motivo de algumas coisas pesarem mais do que outras, com as mesmas dimensões (Caruso; Oguri, 2006; Peduzzi, 2008).

Sem dúvida, o estudo das nuances e dos contrastes do atomismo de Leucipo, Demócrito e Epicuro exerceram um papel estrutural central no desenvolvimento de uma teoria científica, embora que os pressupostos essenciais da teoria atômica é, sobretudo, o mesmo para os atomistas em geral (Sambursky, 1990).

O atomismo é imortalizado no poema *De rerum natura* (sobre a natureza das coisas),

do poeta romano Tito Lucrécio Caro (95-55 a.C.), especificamente nos Livros I e II. Ele fala sobre o atomismo e sua relação com a natureza, e busca explicar que toda a matéria pode ser reduzida a átomos e vazio.

Platão de Atenas (428-347 a.C.), influenciado por Pitágoras de Samos (570-480 a.C.), um filósofo e matemático que esbanjava amor pela beleza e simetria, adotou uma visão geométrica para o mundo, pela qual associou os elementos terra, água, ar e fogo, de Empédocles, a poliedros regulares da Geometria, como sendo as estruturas fundamentais da natureza (Peduzzi, 2008; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011). Partilhando desse mesmo pensamento, Aristóteles (384-323 a.C.), considerado um dos maiores pensadores da antiguidade, propõe a existência de um tipo de elemento celeste primordial, o éter, e a cada um dos quatro elementos terrestres concede um par de “qualidades” opostas (úmido *versus* seco; quente *versus* frio). As relações entre os elementos e suas qualidades podem ser representadas por um quadrado, no qual as qualidades contrárias encontram-se situadas em arestas opostas. As transformações que acontecem com essas qualidades seriam responsáveis pelo movimento, já preconizado nas teorias anteriores (Greenberg, 2009), conforme Figura 2.

Figura 2: Quatro elementos terrestres segundo Aristóteles



Fonte: Greenberg (2009, p. 5)

É evidente que Aristóteles não era atomista, sendo assim, suas ideias foram de encontro à teoria atômica proposta por Leucipo, e entre elas, principalmente o fato dele não admitir a existência do espaço vazio resultou no abandono das ideias atomistas ao longo do tempo (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

Na idade média europeia, enquanto a Física estava voltada às ideias de Aristóteles, a Química estava sendo representada pela Alquimia, considerada por muitos como a precursora

da Química moderna e um conjunto de práticas, técnicas e conhecimentos sobre a natureza, impregnados de segredos, superstições e magias (Bassalo, 2000; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

Dentre os mais diversos propósitos dos alquimistas, a busca pelo ouro e pelo que ele representava, pureza, poder, magia e eternidade era enorme. Assim:

[...] o que começara como uma busca de riquezas transformou-se gradualmente – pelo menos para alguns – em uma viagem do espírito. O trabalho do alquimista começou a alcançar os mais altos níveis da indagação filosófica; se o ouro fosse matéria em forma perfeita – luz solar metálica, rebento dos deuses – então qualquer pessoa que aprendesse a criá-lo assumiria certamente os atributos da divindade. O alquimista bem-sucedido seria sábio, poderoso e, muito possivelmente, imortal (Cave; Doyle; Kelly, 1993).

Os estudos da alquimia desenvolvidos pelos árabes amplificam o quadro aristotélico dos quatro elementos, e representam alguns princípios da matéria, a saber: o “mercúrio” como o espírito, simbolizando a fluidez e volatibilidade; o “enxofre”, a alma, simbolizando a inflamabilidade; e o “sal”, o corpo material, representando a solidez e incombustibilidade (estes não estão relacionados com os elementos químicos que se conhece hoje). Paracelso (1493-1541), famoso alquimista e propositor primordial da ideia de Iatroquímica², toda matéria seria composta por esses três princípios de uma forma variada, e a relação entre eles é representada por um triângulo (Peduzzi, 2008; Greenberg, 2009).

Além dos Árabes, existem informações que a alquimia foi praticada em diversos lugares do mundo durante um longo período, como na Grécia, Egito, Índia, China, Roma, sendo transmitida de mestre a discípulo por gerações. Com uma forma bem característica e enigmática de linguagem oral e principalmente escrita, representavam as substâncias com símbolos, com certo consenso na representação de alguns elementos, substâncias, objetos, transformações (Peduzzi, 2008), conforme Figura 3.

²Iatroquímica é um campo da química que compreende o tratamento de doenças do corpo humano pela ingestão de remédios com fundamentos da farmacologia química, e a suposta explicação para a cura sugere que ela acontece por meio dos processos e transformações químicas no interior do organismo. Esse ramo da ciência foi desenvolvido por Theophrastus Bombast von Hohenheim, que chamou a si mesmo de Paracelso (1493-1541) (Peduzzi, 2008; Greenberg, 2009).

Figura 3 – Simbologia alquímica

Os quatro elementos:	Metais:	Outras substâncias:
 Terra	 Ouro	 Símbolo genérico para "Sais"
 Água	 Prata	 Sal comum (Cloreto de sódio)
 Ar	 Cobre	 Sal amoníaco
 Fogo	 Ferro	 Sublimado de mercúrio
	 Mercúrio	 Enxofre
	 Chumbo	 Aqua fortis (ácido nítrico)
	 Estanho	

Fonte: Maar (1999, p. 200)

Durante as diversas tentativas e estudos em busca de seus objetivos, os alquimistas acabaram contribuindo com algumas descobertas dos quais a Química se apropriou, como as vidrarias ainda utilizadas atualmente, técnicas como a destilação, além da descoberta de diversas substâncias, como o ácido acético e o ácido clorídrico, por exemplo (Chassot, 1995).

Finalmente, pode-se afirmar baseado em muitos historiadores da ciência, que a união do raciocínio grego, junto as técnicas e comprovações experimentais dos alquimistas, dão origem à Química.

2.2.2 A retomada do atomismo: contribuições químicas e físicas para o aperfeiçoamento da ideia de átomo

Com o início da renascença na Itália, período que marca a transição da Idade Média para a Idade Moderna, floresce, sob a influência dos pensamentos filosóficos gregos da antiguidade, entre os séculos XV e XVII, o interesse do homem pela natureza, rompendo os últimos vestígios da teoria aristotélica (Caruso; Oguri, 1997; Peduzzi, 2008; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

Este período é marcado por muitas mudanças em todos os ramos da Ciência. Na Física, por exemplo, o trabalho do astrônomo e matemático polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), influenciado pelos árabes, passa a mudar o olhar da humanidade sobre o universo, ao migrar do geocentrismo³ para o heliocentrismo⁴ (Pinheiro; Costa; Moreira,

³Modelo cosmológico no qual a Terra está posicionada no centro do universo (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011), sendo o universo o que hoje chamamos de sistema solar, e todos os outros corpos celestes giram ao seu redor.

⁴Modelo cosmológico no qual o Sol está posicionado no centro do universo (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011), sendo o universo o que hoje chamamos de sistema solar, e todos os outros corpos celestes giram ao seu redor.

2011).

Na Ciência, de modo geral, destaca-se o trabalho do grande astrônomo, físico e filósofo italiano Galileu Galilei (1564-1642), que apresenta uma nova forma de fazer ciência, agregando à experimentação hipóteses sobre a natureza e introduzindo o formalismo matemático, dando origem ao método científico (Koyré, 1991). O Filósofo René Descartes (1596-1650) propôs uma filosofia racionalista, capaz de estudar os fenômenos com base na matéria e no movimento. Segundo ele, tudo o que era percebido por meio dos sentidos deveria ser submetido à crítica; isso ficou conhecido como o “método da dúvida” (Heisenberg, 1987; Ponczek, 2002).

E assim, aos poucos, a visão atomística da matéria foi se encorpando novamente à ciência. E foi somente no século XVII que o átomo volta ao cenário intelectual da Europa, com a redescoberta das obras corpuscularistas⁵ da antiguidade. Suas sementes contendo a concepção atomística são encontradas no poema de Lucrecio, que foi difundido amplamente na Europa (Peduzzi, 2008; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

A partir de então, a ideia de átomo é vista com outras perspectivas e não demora muito até que o Filósofo e matemático francês Pierre Gassendi (1592-1655), em 1647, exibisse a distinção entre átomos e moléculas: os átomos seriam uma parte real, invisível e indivisível da matéria que, concentrados em pequenos grupos receberiam a denominação de moléculas (Bassalo, 1996).

Foi por meio dos trabalhos de Gassendi que o físico e químico inglês Robert Boyle (1627-1691) conheceu a teoria atômica, assumindo uma visão atomística da matéria e reconhecendo a combinação indissolúvel entre o conhecimento empírico e a matemática, publicadas por Galileu. Em seus estudos, Boyle buscava descrever as propriedades químicas dos átomos, e embora reconhecesse a diferença entre elemento e composto químico, considerou a água como um elemento puro, enquanto o cobre (Cu) e o ouro (Au) seriam compostos químicos ou misturas (Caruso; Oguri, 2006; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011). Em *The Sceptical Chemist*, Boyle descreve sua definição de elemento químico:

[...] o que entendo por elementos são certos corpos primitivos e simples, perfeitamente sem mistura, os quais não sendo formados de quaisquer outros certos corpos, nem uns dos outros, são os ingredientes dos quais todos os corpos perfeitamente misturados são feitos, e nos quais podem finalmente ser analisados... (Boyle, 1661, *apud* Bassalo, 2000, p. 77).

Pouco tempo depois, influenciado pelo pensamento racionalista de Descartes e pelas

⁵ Os corpúsculos aqui citados podem ser considerados, conceitualmente, como similares aos átomos.

ideias de Galileu, o físico e matemático inglês Isaac Newton marca uma nova perspectiva para a ciência (1642-1727), pois, além de várias contribuições importantes para a física, expõe também algumas ideias sobre a teoria atômica em sua obra *Optikis* (Óptica), publicada em 1704 (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

Adepto de uma visão atomista da matéria, Newton supôs que existiam forças que atuariam entre os átomos, responsáveis por muitos fenômenos da natureza. Estas forças agiam a distâncias muito curtas, mesmo ainda que não estivessem em contato, fato que condiz com uma relação instantânea de causa e efeito. Ele não define que tipo de força é esta, mas presume que seria diferente da gravitacional (Newton, 1947; Caruso; Oguri, 1997).

Destacamos a teoria do flogístico, quando o físico-químico alemão Georg Ernst Stahl (1660-1734) estudando a combustão admite que as substâncias possuem, intrinsecamente, um “princípio ígneo”, denominado flogístico, ou seja, quando um corpo arde perde flogístico para o ar, e o resíduo da combustão é uma substância desflogisticada (Peduzzi, 2008).

Aceita por muitos cientistas, como Joseph Black (1728-1799), Henry Cavendish (1731-1810) e Joseph Priestley (1733-1804), essa teoria enfrentou sérias dificuldades, pois, embora ela explicasse a calcinação dos metais, não conseguia explicar porque os metais calcinados pesavam mais depois de perder o seu flogístico, e atribuir a esta ‘substância’ um peso negativo não parecia uma hipótese aceitável (Peduzzi, 2008). No entanto, depois de um período de predominância, a teoria do flogístico é por fim rejeitada graças aos estudos do químico francês Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), estimulado pelas ideias de Gassendi. Respalado em sua postura científica que apresentava um caráter qualitativo e preciso de suas análises e no aperfeiçoamento das técnicas experimentais disponíveis (balanças, termômetros, bombas de vácuo), Lavoisier refutou o flogístico afirmando que não existe nenhum fluido imaginário, envolvido na calcinação dos metais (Peduzzi, 2008).

Para isso ele desenvolveu um experimento em que colocou uma mostra de estanho em um recipiente adequado e a pesou cuidadosamente antes e depois de promover a oxidação do metal por meio de aquecimento. Ao final, concluiu que o peso do recipiente não foi alterado e que o metal havia aumentado de peso, e justificou o ganho de massa pela absorção de ar do metal, evidenciando dessa forma que o flogístico não existe (Peduzzi, 2008). Com isso, aquele que é considerado por muitos o pai da química moderna, estabelece a Lei da conservação da massa: em uma reação química, a massa não é criada e nem destruída.

Além disso, retomando a noção de Boyle acerca do elemento químico, temos que uma substância não pode se decompor em outra por meio de nenhum processo físico ou químico, Lavoisier publica em 1789, sua obra *Tratado Elementar de Química*, a qual contém uma lista

com 33 elementos, que passaria a ser a primeira classificação, dos quais 25 elementos encontram-se presentes na tabela periódica atual (Peduzzi, 2008; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011). É com esse livro que a química rompe seus últimos traços com a alquimia e passa a ser considerada uma ciência moderna (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

Assim como Lavoisier, Joseph Louis Proust (1754-1826), químico Francês, estudando sobre a formação dos compostos químicos desenvolveu em 1799 a conhecida Lei das proporções definidas. Nela, Proust afirma principalmente que em uma reação química, seja ela qual for, existe uma relação fixa entre as massas dos elementos envolvidos, e é válida para todos os compostos químicos em qualquer estado físico, com algumas exceções e particularidades (Caruso; Oguri, 1997).

Ao passo que a química se desenvolvia, a física também caminhava para descobertas, como a que iniciou por volta de 1780, com o anatomista e médico italiano Luigi Galvani (1737-1798), que percebeu que a musculatura de uma rã dissecada se contraía quando duas extremidades eram postas em contato com dois metais diferentes. Galvani atribuiu esse fenômeno a alguma propriedade do próprio músculo, denominando de eletricidade animal (Pera, 1986).

Mais tarde, porém, o físico italiano Alessandro Volta (1745-1827), que já vinha polemizando com Galvani a tempo, defendia a ideia de que não era a rã que justificava o experimento, mas os dois metais diferentes e, em 1799, realizou um experimento que provou sua tese, desenvolvendo a pilha voltaica⁶ (Caruso; Oguri, 2006).

No mesmo ano os químicos ingleses William Nicholson (1735-1815) e Anthony Carlisle (1768-1840) realizaram a primeira eletrólise⁷ aquosa e verificaram que ela poderia ser decomposta em hidrogênio e oxigênio. Esse experimento deu origem à eletroquímica, e foi um passo importante para a compreensão do átomo, pois mostra pela primeira vez que a eletricidade pode ser usada para decompor ligações químicas (Caruso; Oguri, 2006).

Dessa forma, ainda à procura de respostas concretas sobre a matéria, mas agora fortalecida com a contribuição de diversas áreas científicas, a ciência está próxima de vivenciar um apogeu que modificará por completo a visão sobre o constituinte básico de tudo que existe, com a construção da teoria atômica.

⁶A pilha voltaica era formada por uma série de discos de metais diferentes (prata, zinco ou cobre e estanho). Cada par metálico era separado do seguinte por um disco de um material poroso (papelão, couro) embebido em uma solução ácida; resultando espontaneamente em uma tensão elétrica (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011; Germano; Lima; Silva, 2012).

⁷A eletrólise é a passagem de corrente elétrica por uma solução em consequência dos íons presentes nessa solução (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011). Esse processo não é espontâneo, pois é necessário o fornecimento da corrente elétrica por meio de algum gerador (pilha, bateria).

2.2.3 O prelúdio dos modelos atômicos: o átomo científico

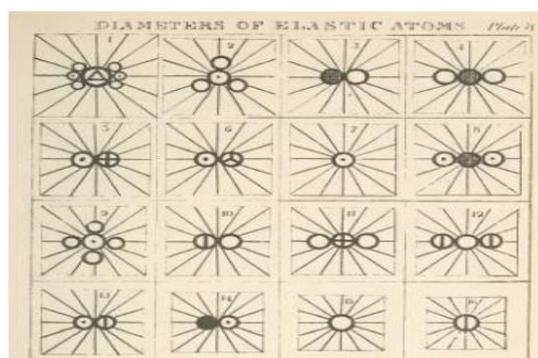
No início do século XIX, surge o que seria o primeiro modelo de átomo científico, fundamentado não apenas em teorias e hipóteses, como em outrora, mas em comprovação científica, proposto por John Dalton (1766 – 1844).

Estudioso da meteorologia, fato este que o conduziu à teoria atômica, Dalton é instigado por múltiplas influências de físicos e químicos renomados de sua época, dentre os quais, de acordo com Viana (2007), a mais notável influência parece ter vindo da tradição newtoniana e podem ter contribuído nas interpretações dos fenômenos naturais acerca da expansão e contração dos gases.

A partir desses estudos, ancorado no corpuscularismo newtoniano, Dalton fez o primeiro esboço de sua teoria atômica, propondo que os gases seriam compostos pelas *partículas últimas*⁸ de matéria, que se repeliam entre si com uma força que diminuía com a distância, a qual chamou de calórico⁹, que por sua vez envolveria os átomos como uma nuvem (Mason, 1996).

Em 1803, Dalton enuncia a lei das proporções múltiplas: “se dois elementos *A* e *B* se combinam para formar mais de um composto, o peso do elemento *A* por unidade de peso do elemento *B* em um composto é um múltiplo do peso de *A* por unidade do peso de *B* no outro composto” (Sienko; Plane, 1968, p. 23). Nesse mesmo ano, foi proposta uma elaboração de símbolos para representar os elementos, fórmulas atômicas e pesos relativos (Filgueiras, 2004), apresentado na Figura 4:

Figura 4: Representação dos átomos - Dalton



Fonte: Melzer e Aires (2015)

Anos depois, em 1808, Dalton publica seu livro, “Novo Sistema da Filosofia da Química”, no qual desenvolve suas convicções atomísticas. Apesar de não acrescentar

⁸ Pode-se dizer que as ‘partículas últimas’ da matéria seriam um sinônimo de átomo.

⁹ O termo calórico faz parte da teoria do calórico, que na época tentava explicar os fenômenos térmicos; esse fato mostra que Dalton foi adepto dessa teoria.

nenhuma novidade ao conceito de partícula, ele inova agregando a este conceito algumas propriedades químicas (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

Peduzzi (2008) e Pinheiro, Costa e Moreira (2011) relatam que dentre as afirmações básicas que compõe o centro do conhecimento sobre a constituição da matéria e de como os elementos se combinam, Dalton assume o antigo conceito de átomo, e afirma que:

- Os átomos são corpúsculos materiais imutáveis, indivisíveis e indestrutíveis.
- Os átomos de um mesmo elemento são idênticos em todos os aspectos, e quando se unem formam um átomo composto¹⁰.
- Os átomos de diferentes elementos possuem propriedades distintas quanto ao peso, tamanho, afinidade.
- Os compostos são formados pela reunião de átomos de diferentes elementos, segundo proporções numéricas simples, tais como 1:1, 1:2, 2:3.

Embora sua teoria não tenha sido aceita de imediato, devido às dificuldades na determinação precisa dos pesos atômicos (Filgueiras, 2004), ela era capaz de explicar vários questionamentos da época relacionados ao comportamento dos gases, fenômenos meteorológicos e da composição da atmosfera (Melzer; Aires, 2015).

Portanto, pode-se dizer que a construção da teoria atômica acontece a partir de uma série de trabalhos publicados por Dalton. Sua proposta de modelo atômico representou um marco na história dessa teoria, que depois de Dalton passou a ganhar força e credibilidade, pois apresentara um caráter científico. Por isso, perdurou por muitos anos até chegar ao seu limite, em que eram necessários novos estudos para a estrutura atômica.

Outros trabalhos da época que contribuíram para a elaboração do conceito de átomo e molécula, e conseqüentemente para o desenvolvimento da teoria atômica, foram os de Gay-Lussac (1778-1850) e de Amadeo Avogadro (1776-1856). Gay-Lussac estudou sobre como gases se combinam, por volume, para constituírem outros gases, e suas pesquisas agregaram novos e importantes elementos ao quadro científico da época, como a lei que recebeu seu próprio nome, mas que também ficou conhecida como a lei dos volumes. Publicada em 1809, ela enuncia que quando dois ou mais gases, mantidos a temperatura e a pressão constantes, interagem para constituírem um outro gás, os volumes relativos podem ser representados por

¹⁰Átomos compostos é um conceito que remete a atual ideia de molécula. Para Dalton os átomos compostos podem ser desmembrados em seus átomos constituintes, quando isso ocorre, o composto deixa de existir. O desconhecimento das fórmulas químicas desses compostos levou Dalton a postular a “lei da maior simplicidade”, que analisa as fórmulas moleculares e estabelece a relação de combinação entre os elementos (Peduzzi, 2008).

números inteiros (Peduzzi, 2008).

Os resultados de Gay-Lussac corroboraram a teoria atômica de Dalton, porém, havia apenas um problema: ele não conseguia explicar porque, quando combinados, alguns gases se contraíam. A resposta parcial a esse problema é dada em 1811, por Avogadro, que trabalhando com a lei dos volumes de Gay-Lussac, percebeu que os átomos poderiam se agrupar e formar grupos de átomos, denominado de moléculas (do latim, pequena massa). Avogadro verificou que a contração relatada por Gay-Lussac ocorria pela união dos átomos para formar uma molécula. Assim, ele estabeleceu a definição de átomo e molécula, calculando a massa atômica e a molecular, o que resultou no que ficou conhecido como a hipótese de Avogadro¹¹ (Ronan, 1987; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

Apesar de todo esse desenvolvimento, que estreita e realça os laços teóricos e empíricos da investigação científica, havia ainda um detalhe básico que dificultava a comunicação escrita entre os químicos e precisava ser ajustada: a representação simbólica dos elementos, dos compostos e das combinações químicas (Peduzzi, 2008).

Insatisfeito com a simbologia química de Dalton, em 1814, o químico sueco Jöns Jakob Berzelius (1779-1848) introduziu a nomenclatura moderna aos elementos químicos. Para isso ele elaborou uma notação simples e eficiente para representar os átomos e seus agrupamentos, em que cada elemento químico é representado pela sua inicial maiúscula, em latim. Essa letra pode ser acrescida de uma segunda, minúscula, para distinguir elementos com as mesmas iniciais (Bassalo, 2000; Peduzzi, 2008).

Em 1858 o químico italiano Stanislao Canizzaro (1826-1910) contribuiu para aquela que depois de várias tentativas viria a ser a tabela periódica dos elementos químicos. Aplicando a Lei de Gay-Lussac e a Hipótese de Avogadro ele determina os pesos atômicos e moleculares de vários gases, com bastante precisão (Bassalo, 2000). Posteriormente, utilizando dessas informações de Canizzaro, o químico russo Dmitri Mendeleev (1834-1907) elaborou a Tabela Periódica dos elementos químicos, em 1869. Mendeleev agrupou os elementos de acordo com seus pesos atômicos e suas características físico-químicas (Caruso; Oguri, 2006).

Essa tabela de Mendeleev foi, posteriormente, modificada diversas vezes até chegar à versão atual. Dentre elas destaca-se a contribuição de Moseley, em 1914, que sugeriu uma reorganização da tabela, sugerindo uma organização no número atômico dos elementos químicos (responsável por suas propriedades químicas) e não pelo seu peso atômico.

¹¹Sob as mesmas condições de temperatura e pressão, volumes iguais de gases quaisquer contêm o mesmo número de moléculas (Hogben, 1952).

Posteriormente em 1895, houve a inclusão dos lantanídeos ou terras raras, e em 1945, dos actinídeos, sendo esta última pelo químico estadunidense Glenn Seaborg (1912-1999), responsável por apresentar uma nova versão da tabela periódica, muito semelhante a atual (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

2.2.4 Laboratório de Cavendish: o apogeu da teoria atômica

Antes de continuar a discorrer sobre a história do átomo, parece ser necessário trazer alguns personagens, do final do século XIX e início do século XX, que contribuíram para o desenvolvimento da construção da teoria atômica, na qual o conceito de átomo evoluiu de um corpúsculo para algo mais complexo, que culminou nas bases da mecânica quântica e da física moderna (Melzer; Aires, 2015).

No poente do século XIX são evidenciados trabalhos relevantes no ramo da ciência, vitais para o estabelecimento da teoria atômica atual. Entre eles se destacam os trabalhos sobre os raios catódicos¹², raios-x¹³, radioatividade¹⁴, elétrons, valência, espectroscopia¹⁵ e as bases da quântica (Melzer; Aires, 2015).

É importante salientar também que alguns desses trabalhos foram desenvolvidos no laboratório de Cavendish, considerado por muitos cientistas o maior centro de estudos de constituição da matéria do mundo. Localizado na Universidade de Cambridge, Reino Unido, atingiu seu ápice no ano de 1874, e impulsionou a criação e consolidação de grupos de

¹² Esses são designados dessa maneira como conclusão de experimentos realizados por diversos cientistas ao longo da história, onde neles vários gases eram submetidos à baixa pressão, confinados em tubos de vidro e sujeitos a descargas elétricas produzidas a partir de dois eletrodos, o ânodo (positivo) e o cátodo (negativo), ligados a uma fonte de alta tensão. Foi observado que ao colocar um pequeno anteparo em frente do cátodo era projetada uma sombra. Isto resultou na conclusão que o cátodo era responsável por expelir emissões, as quais ficaram conhecidas por raios catódicos, e estes seriam carregados negativamente (Peduzzi, 2008).

¹³ Surgiram do questionamento se os raios catódicos poderiam se propagar no ar, além dos tubos. Em experimentos, cientistas comprovaram que sim, era possível, e, além disso, perceberam que os tubos também liberavam outro tipo de raio que podiam impressionar chapas fotográficas e tornar fluorescentes alguns materiais. Esses raios eram diferentes dos raios catódicos, os quais foram denominados de raios X. A escolha da letra X se deve a referência à incógnita de um problema a resolver (Caruso; Oguri, 2006; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

¹⁴ Revela-se a partir de estudos relacionando os raios X com a fluorescência, nos quais cientistas perceberam que o urânio e outros elementos eram capazes de emitir uma radiação invisível, atribuindo a este fenômeno o termo radioatividade. Em experimentos, Rutherford identificou dois tipos diferentes de emissões radioativas, os raios (partículas) alfa (α) e beta (β), e concluiu que a radiação α era composta por cargas positivas (hoje se sabe que são núcleos de Hélio) e a radiação β por cargas negativas, identificadas como elétrons. Becquerel e outros cientistas observaram que essas radiações sofrem uma deflexão quando submetidas a um campo magnético. Posteriormente foi identificado o terceiro tipo de radiação, denominada de raios gama (γ), que são eletricamente neutros (Caruso; Oguri, 2006; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

¹⁵ A espectroscopia é uma técnica experimental que analisa a interação entre a matéria e a radiação. Ela se baseia na utilização da luz emitida ou absorvida pelos átomos de um corpo para estudar a composição, estrutura e as propriedades da matéria. Para isso, uma amostra estudada é irradiada com um feixe de luz incidente. O resultado obtido é um registro que compara a composição da luz incidente na amostra com a luz transmitida, emitida ou difundida, e é designado por “espectro” da amostra (Claro, 2017).

pesquisas de renomados cientistas experimentais da época, como Thomson, Rutherford, Nicholson, Schott, Jeans, Rayleigh, Nagaoka, Bohr, Sommerfeld, entre outros, cuja relevância dos trabalhos e influências que exerceram sobre a constituição da teoria atômica são importantes para o desenvolvimento do conceito (Fitzpatrick; Whetham, 1910, *apud* Melzer; Aires, 2015).

Desde a ideia atômica de Dalton, muito tinha sido descoberto sobre a matéria, e ao que parecia, não existiam evidências que refutassem o caráter indivisível do átomo. Até que surgem indagações de como acontece o fenômeno de eletrização de alguns materiais por atrito, se os átomos são eletricamente neutros (Caruso; Oguri, 1997).

A primeira evidência que revela a possível existência de constituintes carregados no interior da matéria surge do trabalho de Michael Faraday (1791-1867) em 1833, seguido das pesquisas de Stoney (1874), Arrhenius (1884) e Zeeman (1897). Esta hipótese só foi confirmada no ano 1897, por Joseph John Thomson (1856 – 1940) que desenvolveu junto ao seu grupo de pesquisa, experimentos envolvendo tubos de raios catódicos¹⁶ que culminaram na descoberta de uma partícula, que chamou inicialmente de corpúsculo¹⁷, de carga elétrica negativa, e que deveria estar presente em toda a matéria (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

Segundo Pinheiro, Costa e Moreira (2011), a comprovação de que os raios catódicos eram formados por partículas menores do que o átomo estabeleceu a identificação experimental da primeira partícula subatômica, o elétron, constituindo um marco gigantesco na teoria atômica e consequentemente da história da ciência.

Durante sua vida acadêmica, marcada por forte versatilidade teórica em busca de novas perspectivas de pesquisa, Thomson debruçou-se sobre a questão da eletricidade e do átomo e, no ano de 1903, na tentativa de compreender a distribuição dos elétrons com os cálculos de carga e massa, realizou uma proposta atômica (Melzer; Aires, 2015).

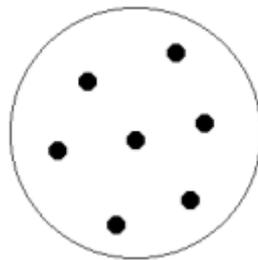
Assim, Thomson propõe um modelo para o átomo de forma independente, baseado em constatações experimentais, muito embora em 1902 o cientista William Thomson, conhecido também por Lorde Kelvin (1824-1907), tinha proposto um modelo atômico com características basicamente idênticas ao que foi sugerido por Thomson (Peduzzi, 2008).

¹⁶Foi uma sequência de evidências e comprovações que levaram Thomson e sua equipe a essa descoberta. Já cientes de que os raios catódicos seriam carregados negativamente, realizam experimentos envolvendo-os sob uma perspectiva na qual compreendia sua razão carga/massa (e/m) e percebem que ela é sempre a mesma, concluindo que essas partículas deveriam estar em todos os lugares; posteriormente ao comparar essa mesma razão com a do átomo de Hidrogênio (único elemento que havia sido calculado) percebe que a massa dos raios catódicos era muito menor do que a do hidrogênio; logo, entendeu que o átomo, representado pelo hidrogênio, não seria a menor parte da matéria, deveria existir algo menor (Moreira, 1997; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

¹⁷Que passou a ser chamado de elétron, em 1899, representado por e .

A ideia inicial de Thomson baseava-se no fato de que o átomo é eletricamente neutro e existem elétrons em seu interior, portanto, é necessário existir cargas positivas, que as contrabalançam. Desconhecendo a distribuição dessas cargas, ele idealiza o átomo como uma esfera de eletricidade positiva, apresentando densidade uniforme e raio igual às dimensões atômicas. Os elétrons encontram-se incrustados nessa esfera, constituindo um sistema em equilíbrio eletrostático entre as forças atrativas, proveniente da carga positiva, e as forças repulsivas, exercida pelos demais elétrons. Esse modelo ficou conhecido como pudim de passas, representado na Figura 5 (Peduzzi, 2008).

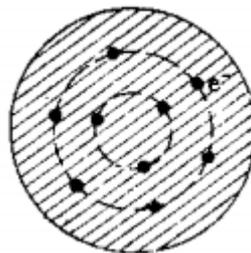
Figura 5: O modelo de J. J. Thomson



Fonte: Peduzzi (2008).

No esforço para tentar explicar a emissão de luz e de raios-x pelos átomos, Thomson sugere, poucos meses depois, uma variante desse seu modelo inicial, considerando dessa vez que os elétrons se movimentam sem resistência ao meio positivo e circulam em trajetórias circulares e coplanares, conforme figura 6 (Pullman, 1998; Heilbron, 1981). Agora, os elétrons vibram, e as vibrações dos anéis internos explicariam a emissão dos raios-x e a dos anéis externos a de luz visível (Peduzzi, 2008).

Figura 6: O átomo, segundo J. J. Thomson



Fonte: Duquesne (1986).

De acordo com Peduzzi (2008), o episódio que provoca o início do processo da rejeição desse modelo é o resultado de um experimento, sugerido por Rutherford e realizado por Ernest Marsden (1889-1970) e Hans Geiger (1882-1945) em 1911, em que eles buscaram entender o espalhamento de partículas alfa (α) por uma folha fina de metal (ouro). Eles

verificaram que a absoluta maioria das partículas emitidas por uma fonte radioativa atravessava a lâmina afastando-se muito pouco de suas trajetórias primitivas. No entanto, algumas delas apresentavam grandes e inesperados desvios, e umas poucas voltavam. Visto que no modelo atômico proposto por Thomson não existem concentrações localizadas de massa e nem de carga positiva, este foi o grande percalço que sua proposta de átomo enfrentou, pois ela não conseguiu explicar os grandes desvios que as partículas alfas sofriam (Peduzzi, 2008).

Nesse mesmo contexto de descobertas, desafios e propostas para entender do que a matéria é constituída, a descoberta do elétron por J. J. Thomson e sua sugestão de modelo atômico iniciou uma notória corrida científica, que contou com a participação direta e indireta de muitos cientistas. Dentre eles, destaca-se a presença do físico e químico neozelandês Ernest Rutherford (1871–1937), ao conseguir encontrar uma solução para o problema apresentado no modelo de Thomson.

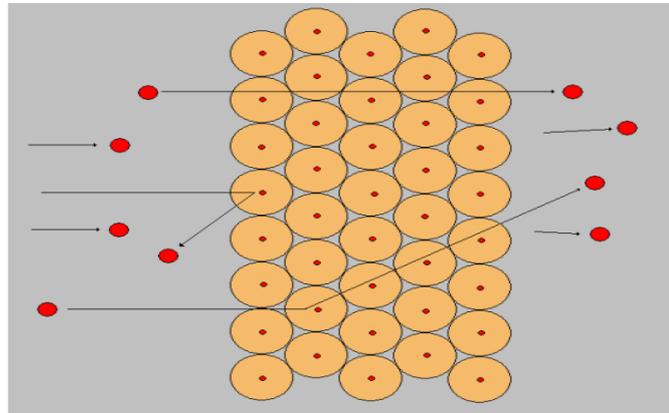
Rutherford direcionou seus estudos aos fenômenos radioativos e da física nuclear. Chegou ao laboratório de Cavendish após receber uma bolsa de estudos pela publicação de dois artigos em 1895, sobre a radioatividade, e posteriormente foi convidado pelo próprio Thomson a estudar sobre raios-x e eletricidade (Brennan, 2003; Melzer; Aires, 2015).

Ciente das deficiências do modelo de Thomson, Rutherford imaginou que além dos elétrons, deveria haver algo a mais nos átomos do metal, algo maior, que estivesse dentro do átomo assim como os elétrons. E após experimentos realizados em 1909, publicando apenas em 1911 suas ideias (Caruso; Oguri, 2006).

Sua proposta era de que havia dentro do átomo algo muitas vezes maior do que o elétron, de massa parecida com a da partícula α . Assim, ele propôs a existência de um núcleo central de carga positiva que concentra quase toda sua massa, e, também, um grande volume com uma reduzida densidade de partículas, onde se localizam os elétrons que giram em torno do núcleo atômico; essa configuração seria a responsável por manter o átomo neutro. Em termo de dimensão, Rutherford estimou que em uma escala na qual o núcleo atômico tivesse um raio de cerca de 1 m, o elétron mais próximo estaria a 10 km de distância (Caruso; Oguri, 2006; Peduzzi, 2008).

Com a proposição da existência do núcleo do átomo de carga positiva, Rutherford consegue explicar as observações de Marsden e Geiger: quanto mais as partículas α (de carga positiva) se aproximassem do núcleo, maior seria a repulsão, promovendo os grandes desvios, como representado na Figura 7.

Figura 7: O modelo de Rutherford adaptado para o espalhamento das partículas α , no experimento de Marsden e Geiger



Fonte: Peduzzi (2008).

De acordo com Caruso e Oguri (2006), a proposta de modelo atômico apresentado por Rutherford esbarrou na estabilidade atômica, pois, se ele considerasse que os elétrons eram estacionários, eles tenderiam a serem atraídos pelo núcleo. Em contrapartida, se eles realizassem um movimento ao redor do núcleo, emitiriam energia e o átomo tenderia ao colapso. Dessa forma, o problema da estabilidade atômica ainda não podia ser explicado.

Rutherford também foi responsável pela descoberta da segunda partícula subatômica, quando em 1919, realizou experimentos envolvendo a incidência de partículas alfa α sobre átomos de nitrogênio, e constatou que esse elemento sofria uma transmutação¹⁸, transformando-se em oxigênio e emitindo um átomo de hidrogênio. Nessa ideia o átomo seria capaz de se desintegrar, ou seja, o núcleo seria divisível. Segundo sua interpretação do experimento, o hidrogênio (H) seria proveniente do nitrogênio (N), sendo provável que ele fosse uma partícula elementar que constituísse o núcleo. E em 1920, Rutherford propõe a existência do próton (do grego, primeiro), como ele denominou o núcleo de hidrogênio (Bassalo, 2000; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

Vale destacar que a intenção de Rutherford ao propor o experimento não era a de refutar o modelo atômico de Thomson, era de corroborar com a proposta dele. Entende-se que o modelo de Rutherford, assim como os de seus antecessores, consegue dar explicações para algumas perguntas não respondidas, mas ainda não apresenta explicações suficientes para se entender a estrutura atômica. Contudo, Rutherford deixa um legado enorme ao propor a existência do núcleo atômico e de sua divisibilidade, por meio dos prótons.

Em um cenário de tantos questionamentos sem respostas, surge timidamente uma nova

¹⁸Proposta sugerida pelo próprio Rutherford junto a Frederick Soddy (1877-1956) em 1902, onde eles propõem que a transmutação é a transformação de um elemento químico em outro devido a uma reação nuclear induzida ou espontânea (Bassalo, 2000).

perspectiva científica, a mecânica quântica, responsável por esclarecer muitas indagações da ciência e conferir uma nova forma de enxergar o constituinte básico da matéria. O marco que representa seu nascimento acontece em 1900, quando o físico alemão Max Planck (1858-1947) apresentou o seu artigo “*Sobre a Teoria da Lei de Distribuição de Energia do Espectro Normal*” em uma reunião da Sociedade Alemã de Física (Eisberg; Resnick, 1979).

Os trabalhos que resultaram na elaboração do artigo referido começam com o estudo da radiação emitida por um corpo negro¹⁹ atrelados a questionamentos sobre o espectro visível, mais especificadamente, o efeito fotoelétrico²⁰ (Caruso; Oguri, 2006).

Para tentar explicar essas questões supracitadas, Planck partiu do pressuposto que a matéria era composta por átomos que oscilavam (osciladores elementares) e estes não absorvem e nem emitem energia de forma contínua, como seria esperado pela física clássica e pela estatística. Assim, introduzindo a física quântica ele propõe que a energia exibia um comportamento discreto, ou seja, existia em pequenas unidades, os *quanta* (no singular, *quantum*). Para Planck o *quantum* era indivisível, dessa forma, quando a energia de uma onda eletromagnética tinha o seu valor alterado, essa alteração não era contínua. Em outras palavras, Planck incorpora uma nova constante fundamental h , conhecida como constante de Planck²¹, que é o coeficiente de proporcionalidade entre a menor quantidade de energia emitida ou absorvida por um corpo negro e a frequência da radiação (Eisberg; Resnick 1979; Caruso; Oguri, 1997, 2006).

Com base na hipótese de Planck o célebre físico Albert Einstein (1879-1955), em seus estudos sobre a natureza da luz, assumindo que ela seria formada pelos *quanta*, posteriormente denominados fótons²², consegue explicar os questionamentos iniciais de Planck, sobre o corpo negro e o efeito fotoelétrico. Ele sugere que radiação eletromagnética é feita de partículas e cada uma delas, os fótons, pode ser entendido como um pacote de energia, relacionada a frequência da radiação, representada pela equação ($\epsilon = h\nu$), em que ϵ representa a energia, ν simboliza a frequência das radiações e h sendo o quantum elementar de ação, a constante de Planck (Caruso; Oguri, 2006; Peduzzi, 2008).

Com a proposta Einstein explica a contradição que havia entre os conceitos de fóton e

¹⁹É um objeto teórico que é capaz de absorver toda a energia incidente (luz visível e invisível) sobre ele e reemiti-la integralmente sob a forma de radiação eletromagnética (Caruso; Oguri, 2006).

²⁰ Estudado inicialmente por Hertz, consiste na emissão de elétrons de uma superfície metálica após a absorção da energia proveniente da radiação eletromagnética incidente sobre ela (Caruso; Oguri, 2006).

²¹Ela não está relacionada a nenhuma propriedade material, o que a torna diferente das constantes da física clássica (massa, constante elástica de uma mola, carga elétrica, etc.) e a coloca como sendo uma ‘propriedade’ da própria natureza (Peduzzi, 2008).

²² Designado dessa forma por Arthur Compton, os fótons foram constatados em uma série de experimentos, e seus resultados ficaram conhecidos como efeito Compton (Shellard, 2005).

de luz, pois enquanto o primeiro era compreendido como uma partícula (visão corpuscular), a luz era tratada como uma onda eletromagnética (visão ondulatória). Dessa forma, ele consegue associar esses entes diferentes em apenas um, a própria luz (Caruso; Oguri, 1997; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

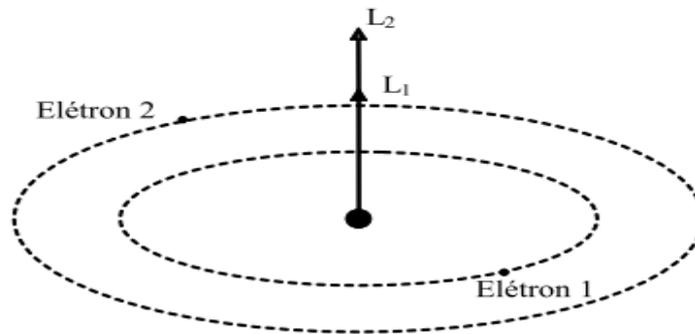
Quanto a esse comportamento, ora partícula, ora onda, que a luz apresentava, denominou-se posteriormente de dualidade onda-partícula, capaz de dar uma nova perspectiva em um regime microscópico à mecânica clássica, e cujo entendimento foi essencial para a nova proposta de átomo, sugerida pelo físico dinamarquês Niels Bohr.

Em 1911, recém doutor, Bohr recebe uma bolsa de estudos para trabalhar com J. J. Thomson no Laboratório de Cavendish. Após alguns desentendimentos, fixa residência em Manchester e passa a desenvolver estudos com um ex-aluno de Thomson, Rutherford (Peduzzi, 2008; Lopes, 2009).

Movido pelas inadequações da física clássica para explicar o comportamento da matéria em nível atômico, Bohr une a ideia de quantização de Planck ao modelo de átomo proposto por Rutherford, para tentar elaborar um modelo próprio que conseguisse resolver a questão da instabilidade atômica, até então sem respostas (Brennan, 2003).

De volta a Copenhague, na Dinamarca, Bohr publica em 1913 uma série de três artigos intitulado “Sobre a constituição de átomos e moléculas” e apresenta uma inovadora teoria sobre a estrutura atômica da matéria, fazendo alusão a um novo paradigma na física, o quântico, visto que a física clássica não daria conta de explicar certos fenômenos (Brennan, 2003; Peduzzi. 2008).

Após ter destacado a importância do modelo de Rutherford e agregar ao seu próprio modelo o uso da constante de Planck, Bohr, em sua versão final divulgada no terceiro artigo, expõe sua concepção de átomo regida por regras da quantização, na qual ele apresenta um núcleo denso e positivo que representa a maior parte do peso do átomo e que à sua volta há elétrons que descrevem órbitas (French; Kennedy; Feuer, 1986; Melzer; Aires, 2015), mas postula que apenas algumas são possíveis aos elétrons, a saber, aquelas nas quais o momento angular (L) do elétron é um múltiplo inteiro da constante de Planck h ($L = nh = 2\pi, n = 1, 2, 3, \dots$). O modelo atômico de Bohr está representado na Figura 8.

Figura 8: Modelo atômico de Bohr

Fonte: Gomes e Pietrocola (2011).

Assim os elétrons seriam estáveis nessas orbitas, emitindo radiação somente quando ocorresse a mudança de uma órbita com estado de energia fixa (estado estacionário) para outra órbita (Peduzzi, 2008; Gomes; Pietrocola, 2011).

Acerca dos espectros de emissão em série de vários elementos químicos, Bohr estabelece que eles acontecem em decorrência da mudança e movimentos de elétrons de camadas mais externas para mais internas, norteados por um conjunto de hipóteses, as quais se baseiam no movimento e organização dos elétrons ao redor do núcleo, e na ocorrência da absorção e liberação de energia para gerar espectros luminosos dos elementos químicos (Melzer; Aires, 2015).

Para se aplicarem os resultados obtidos por Planck é, portanto, necessário introduzir novas hipóteses sobre a emissão e absorção de radiação por um sistema atômico (Bohr, 1963, p. 195).

Assim, segundo Caruso e Oguri (2006), as contribuições de Plank e Bohr em suas teorias conseguiram dar respostas a alguns questionamentos antigos, como o significado dos espectros, além de dar sentido a questão da estabilidade atômica. Com esses marcos ele consegue estabelecer um limite entre a física clássica e a física quântica.

2.2.5 Léptons e Quarks: um novo olhar da ciência

Posteriormente a Bohr, outros cientistas desenvolveram trabalhos que corroboraram com a aceitação da teoria quântica e o avanço da ciência, destacando-se os trabalhos do alemão Sommerfeld (1868-1951), que em 1916, aperfeiçoou o modelo de Bohr ao considerar que os elétrons poderiam mover-se em orbitas elípticas e não apenas num mesmo plano, mas em diversos planos orbitais (Sommerfeld, 1916, *apud* Weinert, 1995, p. 77, nota 4); as pesquisas do francês Louis de Broglie (1892- 1987) sobre a dualidade onda-partícula, que apontaram a existência de uma onda associada a cada partícula livre, ou seja, essa dualidade

deveria ser aplicada também à matéria, e não apenas à luz (Caruso; Oguri, 1997); os estudos de Schrödinger ao postular que esta onda proposta por De Broglie é solução de uma equação diferencial (equação de onda) fundamental, que hoje leva o seu nome, representada na Equação 1, na forma compacta:

$$H\psi(\vec{x}, t) = i\hbar \frac{\partial \psi(\vec{x}, t)}{\partial t} \quad (\text{Equação 1})$$

Destaca-se também o trabalho de James Chadwick (1891-1974), que a convite de Rutherford estudou sobre uma suposta partícula neutra, baseando-se no problema da instabilidade atômica. Chadwick provocou colisões entre partículas alfa (α) e elementos leves, juntamente com a parafina, e em 1932 concluiu que existiam partículas de carga elétrica neutras de peso semelhante ao próton, as quais foram denominadas de nêutrons, capaz de conferir a estabilidade do núcleo atômico, junto aos prótons (Bassalo, 2000; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

Além destes citados, muitos outros cientistas deram alguma parcela de contribuição a fim de explicar a matéria. Ressalta-se os trabalhos de Linus Pauling relacionados a natureza das ligações químicas, e a distribuição dos subníveis de energia da eletrosfera (Fogaça, 2013) e o trabalho desenvolvido por Paul Dirac (1902-1984) com a criação de pares de partículas e antipartículas²³, sendo ele mesmo o responsável por detectar a primeira delas, o pósitron, também conhecido como antielétron (Bassalo, 2000; Caruso; Oguri, 2006).

Essa proposta, de que para cada partícula existia uma antipartícula, mostrou a possibilidade de novos fenômenos e também conduziu trabalhos nos quais foram possíveis identificar um grande número de partículas, devido à possibilidade de interação entre matéria e antimatéria nos aceleradores de partículas²⁴ (Caruso; Oguri, 2006; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011). Isso proporcionou um novo horizonte para a ciência, que resultaria no modelo base do átomo atual, conhecido Modelo Padrão, que é constantemente modificado com o surgimento de novos conhecimentos.

O Modelo Padrão começa a ser discutido por volta de 1960 e é concebida como teoria capaz de explicar a natureza da matéria (Ostermann, 2001). Para isso ele agrega as partículas elementares e suas interações fundamentais. Segundo Kane (2003, *apud* Moreira, 2009), o físico a considerada como umas das melhores teorias já elaboradas:

²³Uma antipartícula possui a mesma massa e um conjunto de cargas opostas com relação à partícula associada (Caruso; Oguri, 2006, p. 547).

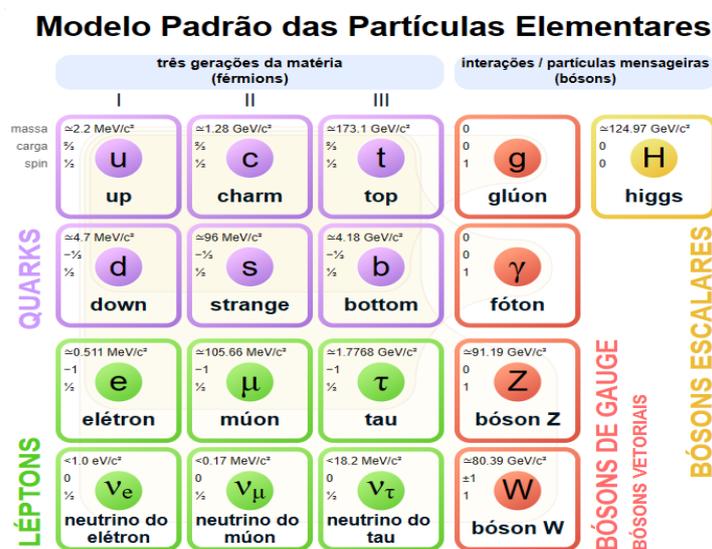
²⁴Aparato destinado a aumentar a energia cinética de partículas carregadas, tais como elétrons, prótons e suas antipartículas (Roditi, 2005, p. 4).

O Modelo Padrão é, na história, a mais sofisticada teoria matemática sobre a natureza. Apesar da palavra ‘modelo’ em seu nome, o Modelo Padrão é uma teoria compreensiva que identifica as partículas básicas e especifica como interagem. Tudo o que acontece em nosso mundo... resulta das partículas do Modelo Padrão interagindo de acordo com suas regras e equações (Kane, 2003 *apud* Moreira, 2009, p. 1).

Em relação às partículas, essa teoria apresenta os bósons, quarks e léptons como partículas elementares constituintes da matéria, pois não possuem estrutura interna. De uma forma geral têm-se seis quarks e seis léptons. Os quarks são: *up* (u), *down* (d), *strange* (s), *charm* (c), *bottom* (b) e *top* (t); todos apresentam sua antipartícula, assim, todos os quarks tem antiquarks. A combinação dos quarks com os antiquarks formam os hádrons, que podem ser de dois tipos: os bárions, compostos por três quarks ou três antiquarks; e os mésons, formados por um quark e um antiquark. Os quarks também apresentam uma propriedade, a cor, e cada quark pode possuir três cores diferentes: vermelho, verde e azul (Moreira, 2009). Assim, cada um dos seis quarks pode se apresentar em cada uma das três cores, resultando em dezoito quarks (seis sabores x três cores) e como cada uma dessas partículas está associada uma antipartícula, os quarks são, ao todo, trinta e seis (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011).

O outro grupo de partículas, os léptons, são: elétron (e), neutrino do elétron (ν_e), múon (μ), neutrino do múon (ν_μ), tau (τ) e neutrino do tau (ν_τ). Existem seis léptons e mais seis que são suas antipartículas, ou seja, ao total são doze léptons. Portanto, as partículas elementares do Modelo Padrão são trinta e seis *quarks* e doze léptons (Pinheiro; Costa; Moreira, 2011), como representado na figura 9:

Figura 9: Modelo Padrão das partículas elementares



Fonte: [Modelo Padrão das Partículas Elementares \(wikimedia.org\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo_Padr%C3%A3o_das_Part%C3%ADculas_Elementares)

Sobre as interações entre as partículas elementares, estas ocorrem devido às quatro interações fundamentais: forte, fraca, gravitacional e eletromagnética. Cada uma delas está associada diretamente a uma propriedade fundamental da matéria: interação forte - mantém cargas de mesmo sinal juntas (estrutura núcleo e próton); interação fraca está associada à interação de partículas subatômicas (transformar um próton num nêutron); a gravitacional à massa e a eletromagnética aos campos eletromagnéticos (Moreira, 2009). Cada interação tem sua partícula mediadora, que pode não ter massa, mas tem energia, ou seja, são pulsos de energia e por isso são chamadas de partículas virtuais (Moreira, 2009, p. 2).

A proposta desse Modelo padrão consegue explicar a união da interação fraca com a eletromagnética, contudo não contemplam as interações forte e gravitacional e sua relação (Rivelles, 2007). É a partir disso que surgem outras teorias que o tomam por base e agregam novos conhecimentos com o intuito de completar e expandir essa teoria, como o Modelo Padrão Supersimétrico (SSMs) ou Supersimetria (Helayël Neto, 2005; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011) e a Teoria das Cordas ou Supercordas (Berkovits, 2004; Pinheiro; Costa; Moreira, 2011), nas quais o principal objetivo é conseguir unir as quatro interações da natureza.

Para isso a ciência dispõe de pesquisas e empreendimentos como o acelerador de partículas LHC (*Large Hadron Collider* - Grande Colisor de Hádrons) a procura daquela que seria a última peça do quebra cabeça para o Modelo Padrão, o bóson de Higgs²⁵. Com a detecção dessa partícula imagina-se que o Modelo Padrão será completado e ampliado (Kane, 2005).

Por fim, nota-se que a percepção de átomo mudou ao longo dos anos, desde a concepção grega inicial até as teorias atuais, e é provável que continue a mudar, pois a descoberta traz consigo novos questionamentos, que acarretam em uma evolução contínua da ciência em busca de respostas sobre o que constitui a matéria.

2.3 O PERFIL CONCEITUAL DEÁTOMO

Nas ciências, já existem vários estudos sobre diferentes conceitos científicos, baseados na abordagem de perfil conceitual. Podemos destacar: o conceito de vida (Coutinho, 2005), átomo e estados físicos da matéria (Mortimer, 1995b, 2000), molécula (Mortimer, 1997), calor (Amaral; Mortimer, 2001), entropia e espontaneidade (Amaral; Mortimer, 2004),

²⁵Considera-se que o bóson de Higgs seria o quantum do campo de Higgs, e esse campo permearia toda a realidade. Segundo esta proposta, a massa das partículas elementares é adquirida pela interação dessas com o campo de Higgs. Este por sua vez é um campo quântico, contudo, esse campo apresenta algumas peculiaridades, mas que fogem dos objetivos desse trabalho (Abdalla, 2005; Kane, 2005; Moreira, 2009).

substância (Silva; Amaral, 2013) e energia (Simões Neto, 2016).

Tendo em vista o objetivo e o desenvolvimento deste trabalho, escolhemos trabalhar com o perfil conceitual de átomos e estados físicos dos materiais, proposto por Mortimer (1995b, 2000). Neste que foi o primeiro perfil conceitual apresentado na literatura, o autor propõe **quatro** zonas. Na **primeira zona**, denominada de **sensorialista**, o indivíduo relaciona o conceito de átomo como algo contínuo da matéria, sem fazer referência a partículas, ou seja, está associada diretamente a percepção sensorial, e apresenta como principal obstáculo a negação da existência do vazio entre as partículas materiais.

A **segunda zona** é a **substancialista**, nela, apesar do estudante conceber a ideia de átomo como partícula, o vazio entre elas não é explicado. Nesta concepção, a pessoa atribui as partículas, propriedades macroscópicas de substâncias e materiais, como a capacidade de dilatar-se, contrair-se, ou mudar de estado físico, ou seja, ele substancializa a concepção de átomo. Para esta zona, o principal obstáculo encontrado foi a analogia entre os níveis macroscópico e atômico-molecular (Mortimer, 2000).

O fato dos estudantes apresentarem uma concepção substancialista para o conceito, usando partículas em suas representações, não mostra, necessariamente, que eles superaram os obstáculos da zona anterior, sensorialista, pois não há uma garantia que eles acreditam na existência do vazio entre essas partículas. Isso é uma característica da teoria dos perfis conceituais, o indivíduo não consegue perceber o contexto adequado para aplicar cada zona, por isso as aplica de forma indiferente, isso demonstra a não consciência do seu perfil. No entanto, essa não diferenciação é ultrapassada ao passo que a pessoa vence os obstáculos, e toma consciência do seu próprio perfil.

O perfil conceitual de átomo está intrinsecamente relacionado a sua evolução histórica, a qual mostra que durante o século XX, houveram dificuldades para a aceitação do atomismo, e estas estavam relacionadas a falta de prova empíricas que comprovassem a sua existência, levando os cientistas da época que acreditavam nessa teoria a fazerem vários estudos. Porém, essa falta de provas que confirmasse a existência do átomo não impediu que a hipótese atômica crescesse, e tomasse maiores proporções.

Com isso, o conceito de átomo chega a sua **terceira zona**, que se refere as concepções clássicas da matéria, apresentando um caráter mais racional em suas ideias, baseadas numa visão microscópica. O átomo é visto como uma partícula constituinte da matéria, conservado durante as transformações químicas, cujo seu comportamento é regido pelas leis da mecânica, como qualquer outro corpo. É importante ressaltar que o indivíduo que apresenta a **zona**

racionalista clássica, entende que átomos iguais ou diferentes podem combinar-se gerando uma molécula, que por sua vez formam substâncias, e estas podem ser simples, se formadas por átomos iguais, ou compostas, se originadas por átomos diferentes. As dificuldades dessa zona estão relacionadas a presença ou ausência do raciocínio sobre a conservação da massa, apresentada por alguns alunos e outros não.

Essas três categorias (continuidade/descontinuidade; substancialismo/não-substancialismo; ausência/presença de conservação da massa) são suficientes para explicar o átomo em um nível elementar. Porém, Mortimer (2000), com a proposta de orientar a evolução desse conceito e a fim de evitar que no ensino elementar aumentem alguns obstáculos de compreensão em um nível mais avançado, defende o pensamento de que a nova ideia de hoje está fadada a ser no futuro um obstáculo para a resolução de um novo problema. Sendo assim, existe uma provisoriedade no conhecimento, o qual:

[...] nos obriga a pensar o ensino como a mudança de perfis conceituais e não como substituição de noções cotidianas por conceitos científicos, pois estes terão que ser substituídos por conceitos mais avançados no futuro. Na lógica da substituição de conceitos seria inútil ensinar conceitos clássicos, já que eles não são científicos à luz da ciência moderna e contemporânea. Mesmo os conceitos aceitos no presente como científicos devem ser ensinados dentro desse caráter provisório, pois sua superação é também inevitável (Mortimer, 2000, p. 137-138).

Diante disso, mesmo com os conceitos numa perspectiva científica do final do século XX, surge a **quarta zona** do perfil conceitual de átomo, resultado da aplicação de um tratamento mecânico quântico a ele. A conclusão da ideia clássica do átomo acontece quando Rutherford, em 1911, propõe um modelo planetário para o átomo, com os elétrons orbitando ao redor do núcleo, juntamente com o início da visão **quântica moderna**, a qual é marcada pela aplicação do *quantum* de ação elementar de Planck ao átomo, realizada por Bohr, em 1913, efetivando mais uma vez a transição desse conceito.

Contudo, essa nova visão atômica proporciona uma considerável ruptura com o conceito mecanicista do átomo. Nela, encontram-se concepções com um nível de maior racionalidade e o átomo passa a ser um objeto melhor descrito por equações matemáticas do que por modelos ou analogias que representam a realidade macroscópica. Nesta zona, são atribuídas propriedades ondulatórias a algo que pensava ser uma partícula material, como é exposto por Schrödinger na sua versão da mecânica quântica.

A emergência dessa última zona ocasiona pelo menos duas importantes consequências para o ensino de uma visão clássica. A primeira delas é a superação dialética da contradição que até então desenhava a discussão sobre a natureza da matéria, entre o contínuo-descontínuo. Agora, como objetos quânticos, os átomos e as partículas subatômicas podem

receber propriedades de coisas contínuas (ondas, campos etc.) e de coisas descontínuas (partículas). O problema está em como as diferentes culturas científicas utilizam os perfis conceituais, para os químicos, por exemplo, a visão clássica, atômica e descontínua é essencial, o que não significa dizer que eles não podem enxergar uma molécula na visão quântica, como um agrupamento de singularidades matemáticas em campos de força.

A segunda consequência da visão quântica moderna para o ensino do átomo voltado para uma visão clássica está relacionada com as dificuldades de interpretação dos resultados e traduzi-los para o mundo familiar de objetos e eventos, pois não há ligação direta entre os elementos teóricos e a realidade física, ou seja, ela fornece uma visão contra intuitiva da realidade. Portanto, ao ensinar modelos clássicos, deve-se ser cuidadoso e sempre caracterizá-los como uma construção provisória do conceito, fato este que pode favorecer a diminuição dos obstáculos no ensino de uma visão quântica sobre o átomo.

2.4 REUNINDO TEORIA DO PERFIL CONCEITUAL, SEQUÊNCIA DIDÁTICA E OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Desenvolvida inicialmente como forma de orientar os diferentes modos de pensar e formas de falar sobre conceitos nas aulas de ciências, a teoria dos perfis conceituais visa desenvolver uma compreensão dos conceitos científicos (Mortimer; Scott; El-Hani, 2009). Atualmente, grande parte dos trabalhos trazem a proposta do perfil conceitual para um determinado conceito, porém, algumas pesquisas apresentam propostas para utilizar esta teoria como estratégia metodológica na organização de atividades capazes de contribuir efetivamente nos processos de ensino e de aprendizagem, por isto, uma das principais preocupações desta teoria é sua inserção em sala de aula (Sabino, 2015).

De acordo com Ribeiro (2013), a compreensão do perfil conceitual permite:

- 1) a possibilidade de utilização da noção de perfil conceitual para o acompanhamento da evolução das ideias que os indivíduos podem ter de um determinado conceito; 2) a íntima relação entre a constituição das diferentes zonas de um perfil conceitual e a influência do contexto; 3) a tomada de consciência da diversidade de significados que um conceito pode admitir e as implicações deles para os processos de ensino e de aprendizagem dos conceitos que estão em jogo (Ribeiro, 2013, p.59).

Sabino (2015) acrescenta que por meio das zonas de determinado perfil conceitual é possível direcionar o ensino e conduzir o processo de aprendizagem do conceito pelos alunos de forma mais próxima, procurando entender melhor os diferentes pontos de vista que eles expressam em discussões na sala de aula.

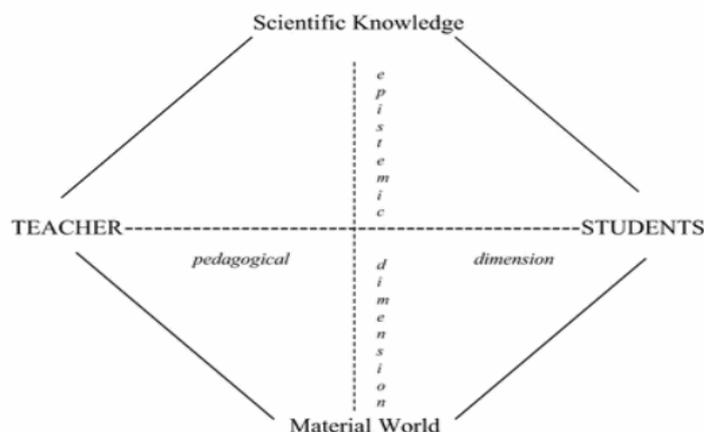
Desta forma, percebem-se os potenciais usos e contribuições que esta teoria pode proporcionar como metodologia educacional para a aprendizagem de determinados conceitos. Contudo, o planejamento de atividades que possam fazer emergir zonas ou até mesmo ocasionar a tomada de consciência destas é crucial, pois é a partir deste planejamento que a teoria poderá de fato atingir seus fins pedagógicos.

Assim, uma metodologia que pode somar forças a este processo são as sequências didáticas, as quais, segundo Zabala (1998, p. 18) consistem em um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.”

Dentre alguns tipos de ramificações que as sequências didáticas foram acumulando ao longo dos anos, destaca-se a Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA), que é uma corrente metodológica internacional nascida na Europa nos anos 1980 com o nome *Teaching-Learning Sequences*, reduzido para TLS (Barros e Ferreira, 2014).

Baseado em Méheut (2005), uma Sequência de Ensino e Aprendizagem é um conjunto de atividades escolares organizadas, que servem para planejar o ensino de um conteúdo, potencializando a capacidade de diferentes metodologias, dentro de uma rede interligada de ações. Ela tem por objetivo facilitar a compreensão do conhecimento científico nos alunos, fazendo com que esses conhecimentos tenham conexão com algo próximo da realidade ou ao cenário do mundo dos estudantes. Para isto, a autora sugere um modelo simples de situação que contém quatro componentes: professores, alunos, mundo material e conhecimento científico, interligados a partir de duas dimensões: a epistemológica e a pedagógica, conforme representado na Figura 10 (Rodrigues; Ferreira, 2011, p. 4).

Figura 10: Losango ou esquema didático para descrever o desenho de uma TLS



Fonte: Méheut (2005).

A dimensão epistêmica ou epistemológica considera a relação existente entre o conhecimento científico e o mundo material dos alunos em seu aspecto histórico-social, além de problemas que eles podem resolver. Já a dimensão pedagógica contempla a relação entre o professor e o aluno, representando a interação entre estes nos processos de ensino e de aprendizagem (Barros; Ferreira, 2014).

Os estudos de Méheut (2005) propõem que as dimensões epistêmica e pedagógica sejam consideradas conjuntamente, numa perspectiva que é denominada como *Construtivista Integrada*, pois, segundo a autora, tanto o conhecimento a ser desenvolvido como os sujeitos envolvidos apresentam o mesmo grau de importância nesse processo (Barros e Ferreira, 2014).

Diante disso, verifica-se numa perspectiva pedagógica, que existe de fato uma potencial articulação entre a teoria dos perfis conceituais e as sequências de ensino e aprendizagem, pois é por meio de atividades organizadas, contextualizadas e interligadas que podemos atingir o objetivo de fazer surgir zonas do perfil conceitual de determinado conceito.

No entanto, é importante que as etapas da SEA sejam norteadas por uma estrutura lógica que consiga guiar o desenvolvimento das atividades propostas, a fim de maximizar as chances de êxito da relação. Nesse sentido, apresentamos uma iniciativa educacional proposta por Delizoicov e Angotti (1994) denominada de Momentos pedagógicos, os quais se distinguem em três e apresentam funções específicas e diferenciadas entre si, a saber: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Segundo os autores, tal abordagem objetiva facilitar o processo de aprendizagem e permite trabalhar por meio do conhecimento prévio do estudante. Desta forma, ela confere a possibilidade de acrescentar elementos para a construção de um novo conhecimento e assim oportunizar a evolução conceitual do aprendiz e a obtenção de resultados de uma aprendizagem efetiva.

O primeiro Momento pedagógico consiste na *problematização inicial*. Nele, o estudante é estimulado a pensar sobre o tema em questão: “organiza-se esse momento de tal modo que os alunos sejam desafiados a expor o que estão pensando sobre as situações” (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011, p. 199). No momento seguinte, os aprendizes estudam os conteúdos necessários para a compreensão do tema e recebem o monitoramento do professor. “As mais variadas atividades são, então, empregadas, de modo que o professor possa desenvolver a conceituação identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações problematizadas” (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011, p. 200). E por fim, tem-se a aplicação do conhecimento, que:

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (Delizoicov, 2011, p.201).

Portanto, existe uma lógica educacional ao articular os momentos pedagógicos para direcionar as atividades sugeridas por uma sequência de ensino e aprendizagem, e esta por sua vez poder cumprir com seu objetivo de despertar as zonas de determinado perfil conceitual nos estudantes, e estes serem capazes de tomar consciências da existência delas, aplicando-as nos contextos apropriados para cada uma.

2.5 A EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

Dentro da História da Educação no Brasil, a Educação de Jovens e Adultos (EJA) é reconhecida como uma modalidade de ensino que atende à população que não teve acesso aos estudos ou à possibilidade de continuá-los na educação básica em idade própria, conforme preceituam os artigos 37 e 38, da Lei Federal nº 9.394/1996, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Brasil, 1996).

Ainda em nível nacional, o Parecer da Câmara de Educação Básica (CEB), nº 11/2000, de 10 de maio de 2000, do Conselho Nacional de Educação (CNE) ressalta o fato de que a EJA “necessita ser pensada como um modelo pedagógico próprio a fim de criar situações pedagógicas e satisfazer necessidades de aprendizagem dos alunos” (Brasil, 2000). Este parecer chama atenção para as funções reparadora, equalizadora e qualificadora que devem nortear a EJA a partir do novo modelo de sociedade do fim do século XX e início do século XXI (Brasil, 1996).

Gomes (2016) acrescenta afirmando que se atribui à EJA essas três funções: a reparadora, quando é oferecida uma escola de qualidade; a equalizadora, quando permite ao indivíduo sua entrada no sistema educacional; e a qualificadora, quando propicia novos conhecimentos. Assim, a Educação de Jovens e Adultos tem como intenção primordial a reparação de uma dívida social; ela torna-se um momento de nova significação de vida para os indivíduos que irão refletir acerca dos seus conhecimentos, e ampliá-los de forma a atender as suas necessidades pessoais (Gomes, 2016).

A EJA tem inquestionável importância social na vida de quem a procura para novas possibilidades de melhoria de vida. Mediante a inserção nessa modalidade, estudantes jovens e adultos têm a oportunidade de enfrentar o fracasso escolar – compreendido como a consequência da não apropriação do aprendizado escolar, culminando, muitas vezes, em

reprovação ou no abandono dos estudos (evasão escolar) – produzido no ensino regular (Negreiros; Silva; Lima, 2017). Patto (1999), ao realizar uma análise sobre os determinantes histórico-culturais dos fenômenos educativos, conclui que a escola é corresponsável pelo fracasso escolar, rompendo com as perspectivas individualizantes que dominavam na época. A autora apresenta ainda três causas para o fracasso escolar em estudantes das camadas populares: as suas condições de vida, a inadequação da escola pública em lidar com esse aluno real e, por parte dos docentes, a falta de sensibilidade e de conhecimento da realidade social dos estudantes, fruto do abismo cultural existente entre professor e aluno.

Vale destacar que estudos recentes apontam que as dificuldades dos professores no enfrentamento das problemáticas educacionais são inerentes às próprias condições de trabalho, poucos recursos estruturais em sala de aula, turmas superlotadas, excesso de carga horária, baixa remuneração salarial, processos de adoecimento nos espaços institucionais, dentre outros fatores, que fazem com que não seja possível, em algumas situações, cotidianamente, acompanhar cada aluno de forma singular (Marcato; Molari, 2016; Negreiros; Silva; Lima, 2017).

Na atualidade a EJA vem adquirindo, aos poucos, um novo significado, resultado dos movimentos que a interpretam como uma modalidade que não deve se reduzir à finalidade de apreensão de signos, ou como uma alternativa provisória. Hoje, ensino e aprendizagem são percebidos a partir de uma análise crítica que suscita à valoração do contexto sociocultural do estudante, pois é a partir dessa perspectiva que se tornam possíveis atribuições no sentido do saber, e, conseqüentemente, a permanência desse aluno na escola (Negreiros; Silva; Lima, 2017).

Os mesmos autores relatam que por ser produto de um sistema educacional excludente, a maioria dos alunos matriculados na modalidade EJA traz consigo histórico escolar com uma ou mais reprovações. Além disso, também é bastante expressiva a quantidade de alunos que necessitam de trabalho e encontram no período noturno a oportunidade de continuar indo à escola. Neri (2010), Lopes e Burgardt (2013) e Gomes (2016) afirmam que os alunos matriculados na EJA são firmados nesta modalidade pelas expectativas de melhores oportunidades de trabalho que só serão possíveis após a conclusão dos estudos. Essas expectativas acabam sendo as únicas responsáveis por mantê-los na escola, pois as estruturas físicas das instituições são precárias e o ensino é tracejado por modelos tradicionalistas que não atendem às necessidades dos sujeitos.

Este contingente plural e heterogêneo de jovens e adultos, predominantemente marcado pelo trabalho, é o destinatário primeiro e maior desta modalidade de ensino. Muitos

já estão trabalhando, outros tantos querendo e precisando se inserir no mercado de trabalho. Cabe aos sistemas de ensino assegurar a oferta adequada, específica a este contingente, que não teve acesso à escolarização no momento da escolaridade universal obrigatória, via oportunidades educacionais apropriadas (Brasil, 2000).

A heterogeneidade peculiar a esta modalidade de ensino faz com que o espaço seja repleto de riqueza social e cultural. Há aspectos que fazem desses estudantes seres ímpares que, por meio de suas histórias de vida, de suas memórias e representações, preenchem o cotidiano da Educação de Jovens e Adultos e, por sua vez, precisam ser preenchidos por “escolas” e outros espaços que entendam as suas particularidades (Almeida; Corso, 2015).

3 ASPECTOS GERAIS DA PROPOSTA

Este capítulo descreve o percurso metodológico deste trabalho, suas principais características e informações sobre as etapas de elaboração, análise e validação da proposta de Sequência Didática.

Neste trabalho, apesar de não haver participantes humanos nas etapas descritas a seguir, estamos trabalhando com uma proposta de estratégia didática destinada a estudantes da EJA, pessoas que possuem uma vida pessoal e profissional já desenvolvida, diferente de uma criança em idade escolar. Por isso, na elaboração das etapas foram respeitados os elementos referentes as Resoluções nº 466/2012 (Brasil, 2013) e nº 510/2016 (Brasil, 2016), que tratam, respectivamente, das normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos e das normas Aplicáveis a Pesquisas em Ciências Humanas e Sociais, considerando questões como riscos, benefícios e formas de minimizar o risco em situações em que, eventualmente, a proposta seja usada com a finalidade de pesquisa aplicada.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Entre as possíveis vertentes encontradas na pesquisa em educação, este trabalho apresenta características dominantes de uma pesquisa de abordagem qualitativa, que de acordo com Minayo (2009) responde questões particulares e se preocupa, dentro das ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ou não deveria ser quantificado. A autora complementa afirmando que esse tipo de pesquisa “trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos a operacionalização de variáveis” (Minayo, 1994, p. 21-22).

Segundo Silveira e Córdova (2009) o interesse da pesquisa qualitativa é, portanto, os aspectos da realidade que não podem ser quantificados, concentrando-se na compreensão e no esclarecimento da dinâmica das relações sociais. As mesmas autoras elencam uma série de características inerentes a esse tipo de pesquisa:

Objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de *descrever*, *compreender*, *explicar*, precisão das relações entre o global e o local em determinado fenômeno; observância das diferenças entre o mundo social e o mundo natural; respeito ao caráter interativo entre os objetivos buscados pelos investigadores, suas orientações teóricas e seus dados empíricos; busca de resultados os mais fidedignos possíveis; oposição ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências (Silveira e Córdova, 2009, p. 32).

Sendo assim, optamos em trabalhar esta pesquisa por meio de uma perspectiva qualitativa, pois possibilita que as percepções do autor da pesquisa sejam consideradas em

seus aspectos conceituais e metodológicos, no que diz respeito a sua avaliação da proposição de uma sequência didática sobre o perfil conceitual de átomo, proposto por Mortimer (1994), amparada estruturalmente nos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), como elemento de organização inerente a dimensão epistemológica, e no diálogo entre docente e discentes, bem como entre discentes, ao longo das atividades, como direcionamento da dimensão pedagógica.

3.2 CENÁRIO DA PROPOSTA

A presente pesquisa consiste na elaboração de uma sequência didática, pensada para a discussão do conteúdo programático “Átomos e Modelos Atômicos”, comumente lecionados no 1º ano do Ensino Médio, mas especificamente direcionada a Educação de Jovens e Adultos.

Como já mencionamos, a estrutura basilar desta sequência didática, quanto a dimensão epistemológica, que une o mundo material com o conhecimento científico (Mehéut, 2005) está imbricada diretamente com a Teoria dos Perfis Conceituais, pela ideia de coexistência de modos de pensar sobre um conceito, o Perfil Conceitual de Átomo e Estados Físicos dos Materiais e com os três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), enquanto que a dimensão pedagógica busca estimular o diálogo entre os componentes do sistema de ensino, docentes e discentes. Assim, a proposta de SD tem como propósito, a partir das atividades integrantes reconhecer e/ou despertar interesse nas zonas do perfil conceitual proposto para Átomo e Estados Físicos da Matéria, elaborado por Mortimer (1994), que podem emergir a partir das discussões direcionadas pelas atividades.

Sendo assim, pensamos no público-alvo da sequência, estudantes matriculados na Educação de Jovens e Adultos (EJA), pelas diferenças essenciais desta modalidade e a educação escolar convencional, bem como devido à escassez de trabalhos na literatura que envolvam a Teoria dos Perfis Conceituais nesta referida modalidade de ensino. Além disto, o perfil diferenciado deste público em relação aos estudantes da etapa regular de ensino, no que se refere ao contexto histórico e social, contribuíram para tal escolha, dada a devida importância óbvia da modalidade, que por muitas vezes é colocada à margem dos interesses nas pesquisas acadêmicas.

3.3 SOBRE DADOS E ANÁLISES

Embora este trabalho se apresente centrado na proposição de uma sequência didática, entendemos importante elucidar as ideias sobre o que será tomado como dados desenvolvimento da análise, realizada para iniciar o processo de validação da proposta, que podem ser importantes também para fundamentar o cenário de uma possível aplicação futura.

Na nossa leitura de Oliveira *et. al.* (2016), acreditamos que a definição dos dados pode ser considerada um dos momentos mais importantes de uma pesquisa, pois é nela que o pesquisador obtém as informações necessárias para o desenvolvimento do trabalho, o que pode ser fundamental para o sucesso da pesquisa, sendo assim, é necessário, com foco no objetivo, escolher corretamente os dados que serão considerados, para que eles contemplem os objetivos elencados.

Também se faz importante dizer que, independentemente do tipo de abordagem que dê origem aos dados a análise é o momento mais importantes para a pesquisa, pois é nele que o investigador vai se valer da intuição, da fundamentação teórica e metodológica e da análise reflexiva e crítica, bem como da inferência.

De antemão, destacamos que para analisar, compreender e interpretar um material qualitativo é preciso que a tendência ingênua de acreditar que a interpretação será revelada de forma espontânea ao pesquisador seja superada. É necessário adentrar nos significados que os participantes compartilham na vivência da sua realidade. Por outro lado, a análise dos dados quantitativos prioriza a organização dos dados, de forma que as respostas para o problema proposto sejam fornecidas (Silveira; Córdova, 2009).

Neste trabalho, consideramos como dados a própria estrutura da Sequência Didática proposta, o desenho, as atividades e os objetivos, que serão analisados, para diferentes vieses, a partir de aspectos teóricos e metodológicos apresentados na próxima seção, em conjunto com a discussão associada aos pontos analisados.

4 A ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Tendo em vista atender os objetivos destacados na introdução, especificamente o primeiro objetivo – elaborar uma sequência didática sobre átomos e modelos atômicos, com base no perfil conceitual de átomo, para a Educação de Jovens e Adultos (EJA) – a proposta foi desenvolvida com atividades que compreendem a abordagem do conteúdo articulando teoria, contexto histórico, social e tecnológico. Desta maneira, a SD foi elaborada contendo três momentos, interdependentes um do outro quanto à sua aplicação e entendimento, e como forma de agregar sentido a sequência, alinhamos a ela os três momentos pedagógicos preconizados por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). O planejamento para os respectivos momentos, problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento podem ser vistos de maneira geral no Apêndice A, ao final do texto, e estão detalhados a seguir.

4.1 1º MOMENTO: PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Na primeira fase deste momento deve ser realizada, a turma em que se aplica a proposta, uma breve e sucinta explicação sobre diferentes modos de pensar e formas de falar sobre um conceito científico, pois a abordagem tradicional escolar não valoriza a pluralidade de significados, tornando a Ciência como um produto concluído, fechado e que não permite múltiplos pensamentos (Gil-Pérez *et al.*, 2001). Apontamos que não é, necessariamente, um momento de apresentar nuances da Teoria dos Perfis Conceituais, considerada para estruturação da proposta. Tal fase deve ter duração de 45 minutos, correspondente a uma aula.

Em seguida, o docente responsável deve distribuir uma ficha de atividade contendo algumas situações-problema, direcionadas a uma zona específica do perfil conceitual de átomos e estados físicos da matéria e elaboradas a partir dos critérios de Merieu (1998), descritos a seguir:

1. Qual o meu objetivo? O que quero fazer com que o aluno adquira e que para ele representa um patamar de progresso importante?
2. Que tarefa posso propor que requeira, para ser realizada o acesso a este objetivo (comunicação, reconstituição, enigma, ajuste, resolução etc.)?
3. Que dispositivo devo instalar para que a atividade permita, na realização de tarefa, o acesso ao objetivo? Que materiais, documentos, instrumentos devo reunir? Que instruções-alvo devo dar para que os alunos tratem os materiais para cumprir a tarefa? Que exigências devem ser introduzidas para impedir que os sujeitos evitem a aprendizagem?
4. Que atividades posso propor que permitam negociar o dispositivo segundo diversas estratégias? Como variar os instrumentos, procedimentos, níveis de orientação, modalidades de reagrupamento? (Merieu, 1998, p. 181).

As situações-problema elaboradas abordam cenários cotidianos, com o objetivo de

obter respostas referentes aos conhecimentos prévios dos estudantes sobre os átomos, possibilitando que possíveis zonas do perfil conceitual para tal conceito sejam identificadas pelo docente, ou seja, as zonas eles já possuam e/ou possam fazer emergir por meio de suas respostas. O Quadro 1, a seguir, apresenta as situações-problema integrantes desta primeira etapa, que também estão disponíveis de forma independente no Apêndice B.

Quadro 1: Situações-Problema – Momento de Problematização Inicial

SP	Enunciado	Zona
1	<p>Água sobre a mesa</p> <p>Enquanto João estudava em uma mesa de mármore para uma prova sobre estrutura atômica, deixou cair acidentalmente água sobre ela, fato que o levou a reflexão: porque a água não “passa” através da mesa e cai no chão, visto que o livro dizia que o átomo era predominantemente preenchido por espaço vazio? Como será que João consegue explicar esse fenômeno?</p>	Sensorialista
2	<p>E na rua passa um trem</p> <p>Roberta mora perto de uma ferrovia antiga e percebeu que nela existem alguns espaços entre os trilhos, mas nunca conseguiu entender o motivo. Nas férias, ela viaja para Paris e ao visitar a Torre Eiffel, atentou as palavras do guia, que disse que “durante o verão, a Torre pode ficar até 15cm maior devido a dilatação de sua estrutura, em Ferro”. Imediatamente Roberta pensou na ferrovia e associou o fenômeno. Mas como explicá-lo? O átomo de Ferro aumenta de tamanho no calor do verão?</p>	Substancialista
3	<p>Oi, gente! Vamos aprender Biologia?</p> <p>Na aula de Biologia a professora de Sandra explicou a importância de dois elementos químicos, Magnésio e Ferro, para o ciclo da vida. O primeiro é central na fotossíntese, pois a clorofila, pigmento verde encontrado nas células vegetais, usa energia para converter a água e o gás carbônico em açúcares e oxigênio. Já o segundo é encontrado na molécula da hemoglobina, presente no sangue e que faz o transporte do oxigênio dos pulmões para os tecidos. Sandra fica pensativa sobre as substâncias mencionadas e pensa: Será que o átomo de</p>	Substancialista

SP	Enunciado	Zona
	Magnésio é verde e o átomo de Ferro é vermelho?	
4	<p>A Prova e o Pente</p> <p>Chegou o dia de Felipe fazer a prova de Química. Ao se arrumar para ir à escola, quando penteava o cabelo, colocou o pente sobre a folha na qual estava o seu resumo de estudos. Ao tentar retirar o pente, a folha de papel acompanhou o movimento, como se tivesse grudado. João repete o procedimento e o fenômeno volta a acontecer. Como explicar isso?</p>	<p>Racionalista Clássica</p>
5	<p>O Impressionante Homem-Formiga</p> <p>No filme “Homem-Formiga”, da Marvel, a personagem principal consegue diminuir de tamanho até o nível atômico-molecular e fica preso nessa realidade por um bom tempo. Ao terminar de assistir ao filme, Luana ficou pensando sobre o que ele estava vendo nesse “novo mundo”. Como será o átomo? O que será que tem dentro dele? É possível encontrar comida? Pense sobre as pergunta de Luana e tente respondê-las.</p>	<p>Racionalista Clássica</p> <p>Racionalista Quântica</p>
6	<p>Como assim você quer Urânio, Tonho?</p> <p>Certa vez, Antônio iniciou a leitura de um livro muito interessante, que apresentava em uma linguagem simples coisas como o comportamento da matéria, a dualidade onda-partícula, as realidades alternativas, que poderiam ser simultâneas. Uma parte do texto chama sua atenção e ele decide pegar seu gato, Jubileu, e colocá-lo em uma caixa isolada do mundo externo e, dentro, inserir um material radioativo. Seus planos vão por água abaixo pela impossibilidade de encontrar tal material na sua casa. O que chamou a atenção de Antônio? O que ele queria testar tem a ver com átomos? Se sim, comente e explique.</p>	<p>Racionalista Quântica</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

É importante salientar que embora tenhamos pensado em algumas zonas em específico na elaboração das situações-problema, todos os contextos podem permitir a emergência das

quatro zonas do perfil conceitual de átomo e estados físicos dos materiais, o que faz com que o professor precise estar atento a análise das respostas iniciais, visando identificar as zonas que emergem e organizar as ações levando-as em consideração.

A segunda fase, com as situações-problema, tem duração prevista para 90 minutos, equivalente a duas aulas, preferencialmente geminadas, e deve ser organizada em grupo. Ao final da resolução inicial, a ficha com as respostas deve ser entregue ao docente.

Finalizando o primeiro momento, na terceira fase, com duração de 45 minutos, sugerimos a exibição de um vídeo do Canal Ciência Todo Dia²⁶, na plataforma *YouTube*, que conta a história de como Albert Einstein reconheceu a existência dos átomos e tem duração de 10 minutos e 43 segundos. Em seguida, iniciar um debate a respeito do que foi abordado no vídeo, buscando a emergência de modos de pensar, a partir das formas de falar (Mortimer, 2001), associados ao perfil conceitual de átomos e estados físicos da matéria.

Em adendo, se existir o interesse de aplicação da proposta como uma atividade de pesquisa, sugerimos a entrada do pesquisador em sala de aula em momento prévio ao início das atividades, para minimizar a presença de um elemento estranho, que pode afetar os dados da pesquisa. Ainda, pode ser interessante para a pesquisa, como é para o docente que decidir aplicar a proposta em sala de aula, realizar o mapeamento das zonas que emergem, visando mapear o que pensam os estudantes envolvidos sobre o átomo.

4.2 2º MOMENTO: ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

O segundo momento será marcado pela apresentação do conhecimento científico acerca dos átomos e modelos atômicos, seguindo a linha metodológica dos três momentos pedagógicos, dando fluxo a organização do conhecimento. Assim, cabe ao professor elaborar aulas sobre o conteúdo específico.

Embora a decisão sobre a forma de trabalhar o conteúdo seja muito particular do docente, em respeito a dimensão pedagógica pensada para a proposta, sugerimos que as aulas possam ser expositivas dialogadas, podendo apresentar aspectos do ensino por investigação (Carvalho, 2013). Uma proposta de plano de aula está apresentada no Apêndice C, focada em três estágios, comentados a seguir.

No primeiro estágio da aula, com duração de 90 minutos, buscamos apresentar a história do átomo, tratando desde a origem da ideia até os dias atuais, lidando com a sua evolução conceitual e considerando as concepções informais existentes na literatura (ver

²⁶O vídeo em tela se chama “Como Einstein provou a existência dos átomos” e está disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=beqDoZ1XlWk>.

Mortimer, 1995b), contemplando as principais personagens e os modelos atômicos que surgiram ao longo da história. Por se tratar de um tema em que a discussão se dá em um mundo microscópico, recomendamos utilizar recursos visuais, como o vídeo “Uma Breve História do Átomo”²⁷, do canal Ciência Todo dia do *YouTube*, e um simulador virtual²⁸ para visualização dos modelos atômicos para o átomo de hidrogênio.

Diante do exposto, é hora de apresentar o problema que dirige a investigação: O que são átomos? Como podemos defini-los? Existe um único significado para a palavra? Explique.

Na segunda fase deste momento, também com duração de 90 minutos, os estudantes são levados a reflexão, em grupo, acerca do questionamento apresentado ao final da fase anterior, sendo permitido e incentivado a consulta a espaços físicos, como a biblioteca, a espaços virtuais, como *sites* na internet e fóruns, e a pessoas, como outros docentes e discentes da escola e pesquisadores nos centros de Ciências, visando a resposta da pergunta.

Por fim, na finalização do segundo momento, teremos a terceira fase, com duração de 45 minutos, na qual os estudantes devem apresentar as respostas as questões e, após o diálogo estabelecido entre os grupos, o professor organizar as respostas e organizar as ideias, com base nos modos de pensar o conceito de átomo, vistos nas zonas do perfil conceitual.

4.3 3º MOMENTO: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Por fim, este último momento apresenta um caráter de confluência e conclusão em relação aos dois momentos anteriores, uma vez que é esperado que aconteça nele a articulação das ideias apresentadas e o desfecho da sequência didática, visando atingir os objetivos de aprendizagem.

Inicialmente, cada estudante deve receber, em retorno, as respostas apresentadas no primeiro momento, problematização inicial, para agora, depois de terem vivenciado, na etapa anterior, a organização do conhecimento, um momento de aprendizagem sobre os átomos e modelos atômicos, tentarem elaborar uma nova resposta para cada Situação-Problema, ou seja, aplicar o conhecimento adquirido na experiência das etapas anteriores.

Em seguida, devem ser criados grupos de forma aleatória, para que, em um tempo de 45 minutos, discutam a resposta das situações-problema (todas ou uma por grupo, os dois formatos foram considerados na proposição) e tentem chegar a novos consensos.

²⁷ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=h8zz4cRb9Ys>.

²⁸ Hospedado no ambiente da disciplina Física Moderna, na USP, acesso pelo link: <https://edisciplinas.usp.br/mod/url/view.php?id=197694>.

Em seguida, deve ter início a “dinâmica do “mensageiro”, na qual cada grupo fica responsável por uma situação-problema (aleatoriamente, se todas forem consideradas no novo consenso ou especificamente a que foi atribuída ao grupo, caso seja essa a opção). Dentre os integrantes de cada grupo, um é escolhido como mensageiro, com a missão de passar nos demais grupos apresentando a resposta do seu grupo no novo consenso. Por fim, os mensageiros devem ouvir os demais participantes e repensar as respostas (partindo da ideia de que cada rodada tenha um tempo estabelecido, sugerimos 20 minutos por rodada), conforme ilustrado na Figura 11, a seguir.

Figura 11 – Dinâmica do Mensageiro



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

No final das rodadas, todos devem ter compartilhado as respostas e os mensageiros são responsáveis por socializar a resposta final para toda a turma, com o docente organizando as respostas, de forma conjunta, nas zonas do perfil conceitual de átomo, aproveitando o momento para mostrar que diversos modos de pensar sobre o conceito são usuais em situações específicas, levantadas no problema, e mesmo sem ser coerentes com o pensamento científico, podem ser consideradas pragmáticas naquele contexto, de acordo com a Teoria dos Perfis Conceituais.

Dessa maneira, os estudantes são levados a relacionar seus conhecimentos prévios, de vida, opiniões dos seus colegas, a instrução formal (no momento de organização do conhecimento) e tentar responder as Situações-Problema sugeridas.

Mesmo apresentando uma única fase, o terceiro momento deve ter um tempo

adequado para todas as atividades previstas ocorrerem, assim, foi pensado para 225 minutos, equivalente a 5 aulas.

5 UM OLHAR ANALÍTICO SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Considerando a Sequência Didática elaborada, realizamos a análise, visando indícios da validação teórica da proposta, para atender os demais objetivos específicos da pesquisa, a saber: analisar a sequência, a partir do potencial de fazer emergir as zonas do perfil conceitual de átomo nas atividades integrantes da proposta, e validar, *a priori*, a sequência didática, a partir de critérios bem estabelecidos na literatura.

Assim, este capítulo se divide em três partes, com a primeira relacionada a análise descritiva das atividades que compõem os momentos da Sequência Didática, enquanto que a segunda é voltada para a validação teórica, *a priori*, da proposta, realizada a partir do instrumento proposto por Guimarães e Giordan (2013) e modificado por Freitas (2021), que consta de categorias de análise visando definição do resultado a partir de critérios, sendo eles **mais que suficiente**, **suficiente** e **insuficiente**, válidos para cada categoria e para uma classificação final. O Quadro 2, a seguir, apresenta as categorias e os critérios de análise.

Quadro 2: Critérios de Análise para Validação

Categoria	Subcategoria	Descrição	Critérios
Estrutura e Organização	Originalidade no tema	Analisar se a proposta permite despertar a curiosidade e interesse pela Ciência e/ou Tecnologia.	<u>Mais que suficiente</u> : se parece permitir despertar o interesse dos alunos, sem observações. <u>Suficiente</u> : se permitir despertar o interesse dos alunos, porém com algumas considerações. <u>Insuficiente</u> : se não despertar o interesse dos alunos.
	Clareza e inteligibilidade da proposta	Analisar se as etapas metodológicas apresentam explicações compreensíveis à aplicação da Sequência Didática.	<u>Mais que suficiente</u> : se apresentar explicações compreensíveis para sua aplicação, sem observações. <u>Suficiente</u> : se apresentar explicações compreensíveis para sua aplicação, porém com algumas considerações. <u>Insuficiente</u> : se não apresentar explicações compreensíveis para sua aplicação.
	Adequação	Analisar se o tempo	<u>Mais que suficiente</u> : se o tempo

Categoria	Subcategoria	Descrição	Critérios
	temporal	disponível para cada momento é suficiente para desenvolver as atividades propostas.	<p>para cada etapa for suficiente para realização das atividades, sem observações.</p> <p><u>Suficiente</u>: se o tempo para cada etapa metodológica for suficiente para realização das atividades, com algumas considerações.</p> <p><u>Insuficiente</u>: se o tempo para cada etapa metodológica não for suficiente para realização das atividades.</p>
Tema, Contexto e Conteúdo	Escolha do Tema e Contexto	Analisar se o tema e o contexto abordados nas atividades da sequência didática possibilitam a compreensão dos diversos modos de pensar o conceito de Átomo e o reconhecimento dos contextos de valor pragmático.	<p><u>Mais que suficiente</u>: se possibilitam o reconhecimento dos diversos modos de pensar e os contextos de valor pragmático.</p> <p><u>Suficiente</u>: se possibilitam o reconhecimento apenas dos diversos modos de pensar, mas sem associação com contextos específicos.</p> <p><u>Insuficiente</u>: se não possibilitam o reconhecimento dos modos de pensar e dos contextos.</p>
	Escolha do conteúdo	Analisar se os conteúdos estão alinhados ao tema átomos e modelos atômicos.	<p><u>Mais que suficiente</u>: se os conteúdos escolhidos são suficientes para atingir todos os objetivos de ensino.</p> <p><u>Suficiente</u>: se os conteúdos escolhidos são suficientes para atingir alguns objetivos de ensino.</p> <p><u>Insuficiente</u>: se os conteúdos escolhidos não são suficientes para atingir nenhum objetivo de ensino.</p>
	Articulação entre o tema, contexto e	Analisar se todas as atividades, nas três	<u>Mais que suficiente</u> : se as atividades estão coesas e

Categoria	Subcategoria	Descrição	Critérios
	conteúdo	etapas metodológicas da sequência didática estão coesas e interligadas ao tema, contexto e conteúdo.	interligadas ao tema, contexto e conteúdo, sem observações. <u>Suficiente</u> : se as atividades estão coesas e interligadas ao tema, contexto e conteúdo, com algumas considerações. <u>Insuficiente</u> : se as atividades não estão coesas e interligadas ao tema, contexto e conteúdo.
Metodologia	Aspectos Metodológicos	Analisar se as etapas metodológicas apresentam potencialidade de alcançar os objetivos específicos de ensino.	<u>Mais que suficiente</u> : se as etapas metodológicas apresentarem potencialidade de alcançar todos os objetivos específicos de ensino. <u>Suficiente</u> : se as etapas metodológicas apresentarem potencialidade de alcançar alguns dos objetivos específicos de ensino. <u>Insuficiente</u> : se as etapas metodológicas não apresentarem potencialidade de alcançar os objetivos específicos de ensino.
		Analisar se a sequência didática contém atividades diversificadas que podem ser aplicadas nas turmas da EJA.	<u>Mais que suficiente</u> : se a sequência didática contém atividades que podem ser aplicadas nas turmas de EJA. <u>Suficiente</u> : se a sequência didática contém atividades que podem ser aplicadas nas turmas de EJA, porém com restrições. <u>Insuficiente</u> : se a sequência didática contém atividades que não são adequadas para aplicação na EJA.
	Organização das atividades e a contextualização	Analisar se a sequência didática apresenta atividades que	<u>Mais que suficiente</u> : se as atividades possibilitam o reconhecimento do contexto e o

Categoria	Subcategoria	Descrição	Critérios
		possibilitam o reconhecimento dos contextos e dos modos de pensar com valor pragmático.	modo de pensar de maior valor pragmático. <u>Suficiente</u> : se as atividades possibilitam o reconhecimento do contexto, mas não ajudam a identificar o modo de pensar mais adequado. <u>Insuficiente</u> : se as atividades não possibilitarem o reconhecimento do contexto.
	Aspectos avaliativos	Analisar se as atividades avaliativas das etapas metodológicas possibilitam contribuir com os objetivos de ensino.	<u>Mais que suficiente</u> : se as atividades avaliativas possibilitam contribuir com todos os objetivos de ensino. <u>Suficiente</u> : se as atividades avaliativas possibilitam contribuir com alguns dos objetivos de ensino. <u>Insuficiente</u> : se as atividades avaliativas não possibilitam contribuir com os objetivos de ensino.

Fonte: Adaptado de Freitas (2021).

Por fim, apontamos algumas possibilidades metodológicas como sugestão para aplicação da SD, com base nos resultados obtidos nos dois primeiros momentos de análise, o que constitui a terceira parte deste capítulo.

5.1 ANÁLISE DAS ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A construção da Sequência Didática foi baseada nos princípios de Zabala (1998) e Méheut (2005), sendo assim, é válido dizer que as atividades que compõem a própria sequência apresentam características convergentes com as ideias dos respectivos autores. Além disto, a estruturação da sequência, especificamente o seu desenho, utilizou a ideia de Momentos Pedagógicos, de Delizoicov e Angotti (1994), e serviram como guia para a estrutura lógica no desenvolvimento das atividades. Vale ressaltar ainda que o objetivo da sequência didática é proporcionar um potencial emergência das zonas do perfil conceitual de átomos e estados físicos da matéria, baseado em Mortimer (1995b).

Dito isto, no início da sequência, ou seja, na primeira fase do primeiro momento da sequência didática, a **Problematização inicial**, o estudante é estimulado a pensar sobre o tema em questão (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2011), para tal, introduzimos um breve momento de explicação de como um conceito científico pode apresentar diferentes modos de pensar e formar de falar, mas sem aprofundamento na Teoria dos Perfis Conceituais (Mortimer, 2000).

Em seguida, após a introdução, é prevista a entrega das fichas de atividades contendo as situações-problema, pensadas de forma a possibilitar que os estudantes conseguissem relacionar o conhecimento científico, considerando a diversidade de modos de pensar, com o mundo material dos estudantes em seu aspecto histórico-social, ou seja, o contexto. Isto faz menção a dimensão epistêmica, do esquema didático apresentado por Méheut (2005).

Ainda sobre esta etapa, evidenciamos que as situações-problema têm um grande potencial no Ensino de Ciências, não só por permitir pensar cientificamente em contextos diferentes da sala de aula e exigir aprendizagem para sua resolução, como nos aponta Meirieu (1998). No caso em tela, as situações-problema permitem relacionar os contextos selecionados com significados associados as zonas do perfil conceitual – os modos de pensar. Assim, como afirma Perrenoud (2000), pode-se alcançar uma aprendizagem efetiva e ampla, para o desenvolvimento de uma postura e do caráter crítico do estudante durante o processo de formação do conhecimento e do desenvolvimento cognitivo, o que, para a Teoria dos Perfis Conceituais, se faz ao enriquecer o perfil (aprender novas zonas) e tomar consciência (associar as zonas e contextos de valor pragmático).

Na última fase deste momento, temos a exibição de um vídeo, disponível na plataforma YouTube, que conta a história de como Albert Einstein reconheceu a existência dos átomos, para elucidar de maneira visual o contexto histórico do átomo, além de servir como ponto de partida em um debate sobre a temática.

Aqui destacamos o papel do debate nos objetivos da SD, pois além das respostas por escrito às situações-problema na fase anterior, que permite identificar, nas formas de falar, os modos de pensar associados às zonas do perfil conceitual de átomos e estados físicos da matéria que os estudantes apresentam, e que provavelmente devem estar relacionadas a zonas não-científicas, ou do senso comum. Após a exibição do vídeo e do debate, acreditamos que também podem emergir, com mais naturalidade, explicações que se associam a tais zonas, permitindo o reconhecimento dos modos de pensar.

Desta forma, acreditamos que as atividades propostas nestas três fases que compõem o primeiro momento da SD são assertivas e estão de acordo com o objetivo da proposta, pois o

estudante pode construir várias reflexões sobre a temática, provocadas pelas situações-problema e pelo debate, sendo este o principal propósito desta etapa.

A segunda etapa, denominada de **organização do conhecimento**, é marcada pela apresentação dos pressupostos teóricos e científicos necessários para que os participantes sejam capazes de construir o conhecimento indispensável para entendimento das zonas científicas do perfil conceitual, chamadas racionalistas. Com relação a elementos da dimensão pedagógica (Méheut, 2005), a interação entre docente e discentes no processo de ensino e aprendizagem deve ser dialógica, possibilitando a fala de todos os atores sociais envolvidos.

Destacamos, no primeiro estágio deste segundo momento, a forma como foi planejada a aula, na qual percebemos elementos de uma organização dialógica e de cunho investigativo, pois já em seu primeiro ato, além da exposição dialogada sobre a evolução conceitual de átomo, é lançado um problema a ser investigado.

Sobre isso, Scarpa, Sasseron e Silva (2017) afirmam que a investigação pode acontecer em aulas de laboratório, em aulas de leitura, de escrita, ou mesmo em aulas de exposição. O que, de fato, é relevante não é apenas o material usado, mas as estratégias que o professor lança para que os estudantes possam efetivamente investigar um tema em questão.

Nesta perspectiva, ainda neste ato, sugerimos o uso de um simulador virtual, o qual pode permitir que os discentes tenham ideias representativas da interação do átomo de Hidrogênio nos principais modelos atômicos existentes, desde os pioneiros, citando Dalton, pois os anteriores tinham base puramente filosófica, até ao atual modelo considerado pela comunidade científica. A partir desta atividade, acreditamos que os estudantes poderão formular hipóteses, e/ou também confirmá-las, além de abrir o imaginário, com a construção de propostas imagéticas de como os átomos são e como interagem.

Entendemos a importância que este recurso computacional exerce no processo de ensino e aprendizagem de temáticas abstratas, as quais têm como objeto de estudo algo que não se pode ver a olho nu. Tais recursos, em sala de aula, além de permitir a visualização do abstrato, de acordo com Souza (2004), podem contribuir no processo educacional e na tentativa de contextualizar e de unir o par teoria e prática.

Corroborando com este pensamento, Sampaio (2017) afirma que o uso de simulador dentro de sala de aula, estimula a participação dos estudantes e faz com que os discentes prestem mais atenção na aula. Além disso, o autor descreve que a possibilidade de se utilizar um simulador virtual permite ao aluno explorar situações virtuais extremas, que dificilmente teria condições de realizar em condições reais. Nessa perspectiva, os softwares de simulação no ensino de Química trazem melhorias na capacidade de compreensão do alunado e a

intensificação da aprendizagem visual.

Evidenciamos agora o segundo estágio deste segundo momento da SD, no qual os estudantes, em grupos, podem utilizar de diversos recursos e espaços, tanto físicos quanto virtuais, para investigarem o problema apresentado. Isso mostra a preocupação em propor algo que rompa com o ensino tradicional, que tem como cerne o comportamento passivo dos estudantes durante o processo de ensino e aprendizagem, e apresenta uma ideia de aula que envolve os participantes do processo de forma ativa.

Validando este pensamento, Scarpa, Sasseron e Silva (2017) declaram que:

O que difere o ensino tradicional de uma abordagem investigativa é justamente a forma como as ações são desenvolvidas e a aproximação que as mesmas têm com a própria ciência: mantendo-se os limites e considerando-as como atividades distintas, a investigação científica e a investigação científica escolar podem encontrar confluências quando vislumbramos ambas como situações em que o trabalho em grupo ocorre, permitindo que diferentes visões sobre uma mesma ideia sejam postas em discussão, uma vez que a resolução a que se pretende chegar não é evidente e está, verdadeiramente, em construção (Scarpa; Sasseron; Silva, 2017, p. 16).

Para finalizar este segundo momento, temos a fase em que os estudantes apresentam as respostas às questões, após uma troca de conhecimentos realizadas por um pequeno debate, inicialmente interno e posteriormente entre os grupos, fator importante para o processo de ensino e aprendizagem, pois cada grupo pôde optar os caminhos distintos, evidenciando o cenário de heterogeneidade de pensamento e de tomada de decisão do percurso, mesmo se eventualmente todos chegarem a respostas semelhantes.

Acreditamos que este segundo momento está estruturado de uma forma a atender aos objetivos da pesquisa e suas atividades não se distanciam dos pensamentos dos autores, ou seja, estão alinhados ao que fundamenta, do ponto de vista teórico, a relação epistemológica proposta na SD, trazendo uma pedagogia atual e visando sempre, neste momento, possibilitar aos discentes os conhecimentos necessários para desencadear a aprendizagem, a partir da aprendizagem de novas zonas do perfil conceitual de átomos e estados físicos da matéria, bem como do reconhecimento de contextos de maior valor pragmático.

O último momento da sequência, **aplicação do conhecimento** – é o ato de união entre os dois momentos anteriores, no qual os estudantes devem refletir sobre seus antigos e agora também novos conhecimentos, e neste caso, aplicá-los tanto em situações iniciais e em novas experiências, o que já é possível na primeira fase, na qual cada estudante tem a chance de responder novamente a ficha de atividades contendo as situações-problema, dando uma resposta final. Baseado em Méheut (2005), reconhecemos este processo como *Construtiva Integrada*, por proporcionar conjuntamente a dimensão epistêmica e a dimensão pedagógica,

ou em outras palavras, facilitar a compreensão do conhecimento científico nos estudantes, fazendo com que esses conhecimentos tenham conexão com algo próximo da realidade ou ao cenário do mundo deles.

No momento seguinte, os estudantes devem criar grupos aleatoriamente, e neles devem buscar a oportunidade de compartilhar e discutir, com seus colegas, suas novas, e/ou antigas, resoluções sobre as situações-problema, criando uma rede de saberes interligados. O objetivo aqui não é ver quem está/estava certo ou errado, mas promover a evolução conceitual, visto que agora eles discutem tais problemas embasados no conhecimento científico construído por eles na etapa anterior.

Em seguida, deve ser iniciada a “dinâmica do mensageiro”, que cria um cenário no qual é possível que o processo de ensino e aprendizagem aconteça, na interação entre os próprios estudantes, uma vez que o mensageiro ao mesmo tempo em que ensina também aprende, e por outro lado, os integrantes dos grupos devem aprender com as conclusões do mensageiro e também ensinar, ao socializar suas respostas com o ele. Assim, por meio dessa troca dialógica de saberes, podemos afirmar que esta dinâmica está pautada nos pensamentos de Freire (1996).

Ainda sobre a relevância no processo de ensinar e aprender por meio da dinâmica de grupo, partilhamos das informações apontadas pela Sociedade Brasileira de Dinâmica dos Grupos (2006, *apud* Pereira, 2014):

A proposta inusitada da Dinâmica de grupo favorece a expressão espontânea, o que nos permite a observação de atitudes com menor probabilidade de simulação. Em se tratando da Pedagogia, o trabalho com alunos tem um efeito positivo, as dinâmicas estimulam a participação e desafiam muitas vezes não só o raciocínio, mas também a exposição dos aspectos internos dos participantes. Podemos dizer que este tipo de trabalho estimula a capacidade criadora, mexe com a desenvoltura dos participantes, melhora sua produtividade, mostra a possibilidade de transformações, estimula o trabalho em equipe e pode melhorar as relações interpessoais e intrapessoais (SBDG, 2006 *apud* Pereira, 2014, p. 12).

Além disso, associamos esse tipo de dinâmica, como a do mensageiro, como um método de aprendizado ativo, segundo a pirâmide do aprendizado de William Glasser, apresentada na Figura 12.

Figura 12: A pirâmide do aprendizado



Fonte: Portal Antenados (2021).

De acordo com esta pirâmide, as ações realizadas nesta etapa da SD se enquadram como atividades com alto potencial de aprendizado, pois ao tentar expressar algo que se tem em mente, o estudante pode utilizar recursos que aprendeu, e ensinar da maneira que compreendeu tal conceito, ou até mesmo verificar se, de fato, aprendeu aquilo.

Assim, podemos dizer que esta dinâmica apresenta características de uma aprendizagem ativa, na qual, segundo Barbosa e Moura (2013), ocorre por meio da interação do aluno com o assunto estudado, ouvindo, falando, perguntando, discutindo, fazendo e ensinando, sendo estimulado a desenvolver o conhecimento, não apenas receber informações passivamente. Aplicar os aprendizados em diferentes contextos daqueles em que foram obtidos exige mais do que simples memorização de conceitos ou soluções mecânicas de exercícios, exige o domínio de conceitos, flexibilidade de raciocínio e capacidades de análise e abstração (Micotti, 1999).

Ainda sobre o potencial pedagógico da “dinâmica do mensageiro”, este se encontra associado as características centrais deste tipo de atividade, elencadas por Cohen (2017), quando o autor descreve que uma metodologia ativa de aprendizagem tem como premissa que apenas ver e ouvir um conteúdo de maneira inerte não é suficiente para absorvê-lo. O conteúdo e as competências devem ser discutidos e experimentados até chegar ao ponto em que o estudante possa dominar o assunto e falar a respeito com seus pares, e quem sabe até mesmo ensiná-lo.

Dentre os tipos de metodologias ativas já estabelecidas na literatura, essa dinâmica se

assemelha bastante em seus aspectos metodológicos e pedagógicos a “instrução por pares” ou “*peer-instruction*” desenvolvida pelo professor Eric Mazur, da Universidade de Havard (Lovato; Michelotti; Loreto, 2018).

Para finalizar a análise da estrutura da SD e suas atividades, observamos as ações a serem realizadas após a dinâmica, quando os mensageiros devem compartilhar as respostas com toda a turma, momento crucial para que o pesquisador (ou professor, em uma aplicação voltada para objetivos de ensino especificamente) possa coletar os dados das falas dos estudantes e das fichas de atividades, para que, a partir deles, possa identificar se houve emergência das zonas do perfil conceitual de átomos e estados físicos dos materiais, bem como a aprendizagem, a partir da identificação dos processos de enriquecimento do perfil conceitual e tomada de consciência da relação entre modo de pensar e contexto de maior valor pragmático.

Finalmente, depois de analisar as atividades propostas na Sequência Didática, seguimos, no próximo tópico, para um olhar voltado a busca de indícios de validação.

5.2 VALIDAÇÃO TEÓRICA, A *PRIORI*, DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA A PARTIR DE CRITÉRIOS ESTABELECIDOS NA LITERATURA

Esta validação tem como principal característica analisar a proposta da Sequência Didática a partir do instrumento proposto por Freitas (2021), que por sua vez teve base no trabalho de Guimarães e Giordan (2013), que contem três categorias, a saber: estrutura e organização; tema, contexto e conteúdo; e metodologia de ensino e avaliação. Além disso, cada categoria desta busca a definição do resultado a partir de critérios, sendo eles: **mais que suficiente**, **suficiente** e **insuficiente**. Tais classificações também são usuais para um parecer final quanto ao processo de validação.

Para facilitar o processo de leitura desta etapa, dividimos o instrumento em Quadros específicos, que correspondem ao item que será analisado, com sua respectiva categoria, subcategoria, descrição e critérios.

A primeira categoria “**estrutura e organização**” conta com três subcategorias: originalidade no tema; clareza e inteligibilidade; e adequação temporal. Estas estão detalhadas no Quadro 3, a seguir:

Quadro 3: Critérios de análise – categoria 1

Categoria	Subcategoria	Descrição	Crítérios
Estrutura e Organização	Originalidade no tema	Analisar se a proposta permite	<u>Mais que suficiente</u> : se parece permitir despertar o interesse dos alunos, sem

Categoria	Subcategoria	Descrição	Crítérios
		despertar a curiosidade e interesse pela Ciência e/ou Tecnologia.	observações. <u>Suficiente</u> : se permitir despertar o interesse dos alunos, porém com algumas considerações. <u>Insuficiente</u> : se não despertar o interesse dos alunos.
	Clareza e inteligibilidade da proposta	Analisar se as etapas metodológicas apresentam explicações compreensíveis à aplicação da Sequência Didática.	<u>Mais que suficiente</u> : se apresentar explicações compreensíveis para sua aplicação, sem observações. <u>Suficiente</u> : se apresentar explicações compreensíveis para sua aplicação, porém com algumas considerações. <u>Insuficiente</u> : se não apresentar explicações compreensíveis para sua aplicação.
	Adequação temporal	Analisar se o tempo disponível para cada momento é suficiente para desenvolver as atividades propostas.	<u>Mais que suficiente</u> : se o tempo para cada etapa for suficiente para realização das atividades, sem observações. <u>Suficiente</u> : se o tempo para cada etapa metodológica for suficiente para realização das atividades, com algumas considerações. <u>Insuficiente</u> : se o tempo para cada etapa metodológica não for suficiente para realização das atividades.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Na subcategoria “**originalidade do tema**” acreditamos que a proposta se adéqua ao critério “*suficiente*”, entretanto, para defendermos este ponto precisaremos dividir os termos “científico” e “tecnológico” da sua descrição. Sobre o primeiro termo, acreditamos que a proposta consegue estabelecer fortes relações em um viés científico e, conseqüentemente, tem potencial para despertar a curiosidade e interesse pela Ciência. Como exemplo, temos os vídeos apresentados ao longo das etapas, com características histórico-científicas; os

problemas orientadores de processo investigativo, nos quais os estudantes são dirigidos a explorar, dentre os mais diversos caminhos e fontes, as respostas científicas; a elaboração de investigação propriamente dita, que pode permitir a emergência de zonas do perfil conceitual de átomos e estados físicos da matéria. Tais ações podem dar uma ideia do que é “fazer ciência na prática”. Ainda, destacamos os enunciados das situações-problema, que discutem contextos de maior valor pragmático para as quatro zonas do perfil em tela.

Todavia, sobre o segundo termo, julgamos que a SD não buscou despertar aspectos sobre tecnologia nos estudantes, por não ser objetivo central da discussão, no entanto, podemos inferir que, entre suas etapas, é possível identificar alguns traços de discussão tecnológica, como na discussão histórica, na qual comentamos alguns desenvolvimentos possíveis mediante o estabelecimento do conceito de átomo, ou até mesmo durante o uso do simulador virtual. No entanto, acreditamos que estes momentos são bem eventuais e ficam em segundo plano na proposta, por isto, que resolvemos classificar este ponto como “suficiente”.

Já na subcategoria “**clareza e inteligibilidade da proposta**”, consideramos que a SD está classificada na categoria “*mais que suficiente*”, e como justificativa vamos recorrer aos objetivos da pesquisa. Assim, no primeiro objetivo, “elaborar uma Sequência Didática sobre átomos e modelos atômicos, com base no perfil conceitual de átomo, para a Educação de Jovens e Adultos (EJA)”, percebemos que a estrutura da SD é composta por diversas atividades que são interligadas e permitem, com um olhar a partir da Teoria dos Perfis Conceituais, ser compreendida em termos dos seus objetivos de ensino, que é discutir os conceitos a partir dos seus diversos modos de pensar, associados a formas de falar, que estruturam as zonas.

Assim, ao analisar a forma que a sequência foi elaborada, podemos perceber as tentativas de organizar as atividades em um fluxo de acontecimentos. É razoável imaginar que um estudante da EJA que participou de toda pesquisa e foi capaz de, ao final do processo, apresentar algumas ou todas as zonas do perfil conceitual de átomos e estados físicos da matéria (referente ao segundo objetivo), bem como tomado consciência da relação entre conceito e contexto, seja capaz de perceber que a “dinâmica do mensageiro” só fez sentido após ele aprender sobre os diversos modos de pensar e formas de falar sobre átomos (segunda etapa), usuais a depender do contexto pragmático em qual ele está inserido (primeira etapa).

Assim, a aplicação da sequência faz sentido com as suas etapas metodológicas porque, para que o aluno consiga aprender sobre átomos e estados físicos da matéria, conceitual de átomos, ele terá que seguir uma série de etapas, pensadas de forma que ele próprio seja o protagonista da aprendizagem. Em outras palavras, a proposta da sequência só faz sentido

porque existe um percurso metodológico que ampara e respalda sequencialmente as atividades.

E como última subcategoria da análise da “estrutura e organização” da SD, faremos uma análise sobre a “**adequação temporal**”, ou seja, se o tempo disponível para cada momento é suficiente para desenvolver as atividades propostas. Entendemos que a escolha do tempo para cada etapa da SD, considerando o contexto específico da EJA está adequada, diante das diversas realidades escolares, pois tentamos levar em consideração imprevistos e contratempos que podem surgir em momentos de aplicação da proposta, para a qual sugerimos um total de 14 aulas, sendo 4 para o primeiro momento e 5 para cada um dos outros dois.

Boa parte das atividades permite que o pesquisador, ou docente, naturalmente consiga reorganizar o tempo, quando achar necessário, e guiar a atenção dos estudantes para o objetivo de cada etapa, como nos debates, na aula expositiva e dialogada, na atividade de investigação e na dinâmica. Gostaríamos de chamar a atenção para o segundo momento, no qual são previstas várias atividades, que talvez seja o ponto que requer maior atenção em relação ao controle do tempo e direcionamento, mas que é possível de ser executado dentro do planejamento.

Outro ponto que deve ser levado em consideração é a concessão das aulas por parte dos demais professores que da escola, visto que, em um cenário ideal, seriam necessárias 2 noites completas e 4 aulas de outra, para que não fosse fragmenta o fluxo de atividades que compõem a sequência. Diante disto, acreditamos que a classificação adequada para tal critério é “*suficiente*”, frente a estas pequenas observações que pontuamos.

Finalizada a análise da estrutura e organização da SD, iniciaremos a análise da segunda categoria, conhecida como “**tema, contexto e conteúdo**” que também apresenta três subcategorias: escolha do tema e contexto, escolha do conteúdo e articulação entre o tema, contexto e conteúdo, conforme Quadro 4, a seguir:

Quadro 4: Critérios de análise – categoria 2

Categoria	Subcategoria	Descrição	Critérios
Tema, Contexto e Conteúdo	Escolha do Tema e Contexto	Analisar se o tema e o contexto abordados nas atividades da sequência didática possibilitam a	<u>Mais que suficiente</u> : se possibilitam o reconhecimento dos diversos modos de pensar e os contextos de valor pragmático. <u>Suficiente</u> : se possibilitam o reconhecimento apenas dos diversos

Categoria	Subcategoria	Descrição	Critérios
		compreensão dos diversos modos de pensar o conceito de Átomo e o reconhecimento dos contextos de valor pragmático.	modos de pensar, mas sem associação com contextos específicos. <u>Insuficiente</u> : se não possibilitam o reconhecimento dos modos de pensar e dos contextos.
	Escolha do conteúdo	Analisar se os conteúdos estão alinhados ao tema átomos e modelos atômicos.	<u>Mais que suficiente</u> : se os conteúdos escolhidos são suficientes para atingir todos os objetivos de ensino. <u>Suficiente</u> : se os conteúdos escolhidos são suficientes para atingir alguns objetivos de ensino. <u>Insuficiente</u> : se os conteúdos escolhidos não são suficientes para atingir nenhum objetivo de ensino.
	Articulação entre o tema, contexto e conteúdo	Analisar se todas as atividades, nas três etapas metodológicas da sequência didática estão coesas e interligadas ao tema, contexto e conteúdo.	<u>Mais que suficiente</u> : se as atividades estão coesas e interligadas ao tema, contexto e conteúdo, sem observações. <u>Suficiente</u> : se as atividades estão coesas e interligadas ao tema, contexto e conteúdo, com algumas considerações. <u>Insuficiente</u> : se as atividades não estão coesas e interligadas ao tema, contexto e conteúdo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Na subcategoria “**escolha do tema e contexto**” consideramos que a classificação mais condizente da proposta da sequência didática para os critérios estabelecidos é “***mais que suficiente***”, contudo, destacaremos ambos, o tema e contexto juntos, devido à forte relação entre eles. A respeito do tema escolhido, acreditamos que ele pode ser capaz de possibilitar o entendimento dos diferentes modos de pensar, tendo o embasamento teórico de Mortimer (1995b) sobre o tema em questão e a identificação das quatro zonas para este conceito. Isto é reforçado ao considerarmos as ideias de Mortimer, Scott e El-Hani (2009), quando destacam que na construção de um perfil conceitual é extremamente necessário considerar uma grande

variedade de significados atribuídos a um conceito e uma diversidade de contextos de produção de significados. Portanto, o tema e o contexto são interdependentes, de tal forma que um não existe sem o outro.

Podemos notar que a Sequência Didática proposta oferece recursos para que os participantes de uma possível aplicação sejam capazes de perceber as diferentes zonas do conceito de átomo e estados físicos da matéria e também de reconhecer o contexto na qual a situação é colocada, porém, discorreremos sobre isto na última subcategoria desta seção.

A próxima subcategoria a ser analisada é a “**escolha do conteúdo**”, e apresentaremos as razões pelas quais nos levaram a classificá-la como “*mais que suficiente*”. Ao analisar as etapas da sequência didática proposta, conseguimos identificar a existência de alguns conteúdos inerentes a temática, bem como de outros afins. Notamos que as situações-problema estão fundamentadas em alguns desses temas, como estrutura e composição atômica (SP1, SP4 e SP5), propriedades do átomo (SP2 e SP3) e dualidade onda-partícula (SP6), além de elementos que permitem discutir a história do átomo e dos modelos atômicos, abordada na aula, com curiosidades e nuances sobre o tema, conteúdos afins que possam ser contemplados na investigação por meio dos estudantes.

Destacamos ainda que estes conteúdos são previstos em alguns objetos do conhecimento do Currículo de Pernambuco para a Educação de Jovens e Adultos (Pernambuco, 2022), documento que substitui os Parâmetros Curriculares de Pernambuco para a Educação de Jovens e Adultos (Pernambuco, 2013) e que, por estar alinhado com a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2017) tem como foco o desenvolvimento de competências e habilidades. Evidenciamos, no Quadro 5, a seguir, alguns destes objetos de conhecimento que corroboram a importância de tais conteúdos para o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes desta modalidade.

Quadro 5: Recorte do organizador curricular de Química para a Educação de Jovens e Adultos

QUÍMICA – ORGANIZADORES CURRICULARES		
1º MÓDULO		
Habilidade da área da BNCC	Habilidades específicas dos componentes	Objetos de conhecimento
(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou	(EMEJACNT302M1QM03PE) Disseminar, através de diversos meios, formatos e linguagens, a Química enquanto Ciência, logo, atividade humana, construída sócio-	Alquimia; Química na antiguidade; Química na Idade Medieval e no Renascimento; Química clássica;

QUÍMICA – ORGANIZADORES CURRICULARES		
experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.	historicamente por diferentes atores, presente no cotidiano, respaldada por pesquisa de campo, exploratória, experimental, laboratorial, empírica e teórica para que cumpra o seu papel científico, sociocultural e ambiental.	Química moderna; Teoria dos modelos atômicos.
(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.	(EMEJACNT308M1QM07PE) Investigar e analisar a funcionalidade e o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos como ferramenta de automação empregados nas atuais tecnologias, avaliando seus impactos sociais, ambientais e culturais.	Estrutura da matéria e suas propriedades; Desenvolvimento tecnológico e sustentável.

Fonte: Currículo de Pernambuco - Educação de Jovens e Adultos (2022, p 150-151)

Dessa forma, entendemos que todos estes conteúdos fazem parte da grade curricular em vigência de Química para a EJA, e que por sua vez, estão alinhados com a proposta do presente trabalho, tendo em vista que eles são basilares para a compreensão do perfil conceitual de átomos e estados físicos da matéria e, por isto, acreditamos que os conteúdos escolhidos são suficientes para atingir todos os objetivos de ensino.

Para finalizar a análise desta categoria, temos a “**articulação entre o tema, contexto e conteúdo**”, uma espécie de intersecção entre as duas subcategorias anteriores. Nela, defenderemos nosso ponto de vista a seu respeito que dentre os critérios estabelecidos, é possível considerá-la como “*mais que suficiente*”. Baseado nos argumentos apresentados nas duas subcategorias anteriores a respeito do tema, contexto e conteúdo, acreditamos que as

atividades sugeridas na proposição da sequência contemplam, a contento, em relação a estes aspectos.

Tais aspectos estão tão interligados entre si, e algumas ações podem perpassar aos três simultaneamente, como as situações-problema. Nelas é possível notar a aplicação do conteúdo em seus enunciados, do tema, estabelecido como conceito científico com uma pluralidade de significados, e o contexto que cada SP apresenta, os quais direcionam o estudante a utilizar determinada zona do conceito de átomos e estados físicos da matéria para conseguir responder as questões, considerando a tomada de consciência.

Outro exemplo é a dinâmica do mensageiro, uma vez que o tema e o conteúdo não variaram, o contexto é responsável por diferenciar as atividades, neste caso, ao invés de responder a um problema, ele deve discutir e aprender socialmente com seus pares (mensageiro ou grupo) sobre a resolução proposta, tendo que tomar consciência das relações entre contexto e zona no seu perfil conceitual e aplicar determinado modo de pensar sobre átomo para explicar aquela situação. Sobre isto, Mortimer, Scott e El-Hani (2009) afirmam que:

Não há qualquer garantia, no entanto, de que um indivíduo de fato opte pelos significados apropriados para uso em determinados contextos. Isso é algo a ser aprendido e aprender a este respeito significa aprender sobre a própria heterogeneidade do pensamento e da linguagem na diversidade de contextos em que usamos nossas idéias e declarações (Mortimer; Scott; El-Hani, 2009, p. 7).

Assim, finalizamos a validação da segunda categoria, e começaremos a analisar a terceira e última categoria, “**Metodologia**”, que é composta por três subcategorias: aspectos metodológicos, organização das atividades e contextualização e aspectos avaliativos, conforme Quadro 6, a seguir:

Quadro 6: Critérios de análise – categoria 3

Categoria	Subcategoria	Descrição	Critérios
Metodologia	Aspectos Metodológicos	Analisar se as etapas metodológicas apresentam potencialidade de alcançar os objetivos específicos de ensino.	<p><u>Mais que suficiente:</u> se as etapas metodológicas apresentarem potencialidade de alcançar todos os objetivos específicos de ensino.</p> <p><u>Suficiente:</u> se as etapas metodológicas apresentarem potencialidade de alcançar alguns dos objetivos específicos de ensino.</p> <p><u>Insuficiente:</u> se as etapas metodológicas</p>

Categoria	Subcategoria	Descrição	Critérios
			não apresentarem potencialidade de alcançar os objetivos específicos de ensino.
		Analisar se a sequência didática contém atividades diversificadas que podem ser aplicadas nas turmas da EJA.	<p><u>Mais que suficiente:</u> se a sequência didática contém atividades que podem ser aplicadas nas turmas de EJA.</p> <p><u>Suficiente:</u> se a sequência didática contém atividades que podem ser aplicadas nas turmas de EJA, porém com restrições.</p> <p><u>Insuficiente:</u> se a sequência didática contém atividades que não são adequadas para aplicação na EJA.</p>
	Organização das atividades e a contextualização	Analisar se a sequência didática apresenta atividades que possibilitam o reconhecimento dos contextos e dos modos de pensar com valor pragmático.	<p><u>Mais que suficiente:</u> se as atividades possibilitam o reconhecimento do contexto e o modo de pensar de maior valor pragmático.</p> <p><u>Suficiente:</u> se as atividades possibilitam o reconhecimento do contexto, mas não ajudam a identificar o modo de pensar mais adequado.</p> <p><u>Insuficiente:</u> se as atividades não possibilitarem o reconhecimento do contexto.</p>
	Aspectos avaliativos	Analisar se as atividades avaliativas das etapas metodológicas possibilitam contribuir com os objetivos de ensino.	<p><u>Mais que suficiente:</u> se as atividades avaliativas possibilitam contribuir com todos os objetivos de ensino.</p> <p><u>Suficiente:</u> se as atividades avaliativas possibilitam contribuir com alguns dos objetivos de ensino.</p> <p><u>Insuficiente:</u> se as atividades avaliativas não possibilitam contribuir com os objetivos de ensino.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A primeira subcategoria, “**aspectos metodológicos**” é subdividida em duas

descrições, portanto, tem duas classificações. A primeira delas visa analisar se as etapas metodológicas apresentam potencialidade de alcançar os objetivos específicos de ensino, e classificamo-la como *“mais que suficiente”*. Se observarmos os principais alvos pedagógicos desta intervenção é que o estudante, ao final do processo, seja capaz de perceber que para um mesmo conceito científico podem existir diferentes modos de pensar e formas de falar, que podem coexistir, representando as zonas do perfil conceitual, e para cada uma existem contextos que melhor se ajustam, ou em outras palavras, que o estudante seja capaz de tomar consciência do seu próprio perfil conceitual.

Assim, foram pensadas as etapas metodológicas propostas, as quais foram embasadas teoricamente por Méheut (2005) e Delizoicov e Angotti (1994). É possível perceber, como já salientado na análise da segunda subcategoria, que as atividades apresentam um fluxo de acontecimentos que favorecem o alcance de tais objetivos, com a utilização de debates, situações-problema, aula expositiva e dialogada, atividade de investigação e dinâmica, que demonstram potencialidade para direcionar os participantes na aprendizagem.

Já a segunda descrição propõe analisar se a Sequência Didática contém atividades diversificadas que podem ser aplicadas nas turmas da EJA. Chegamos à conclusão que a classificação mais adequada neste caso é *“suficiente”*. Para embasar tal classificação, teremos que enveredar por aspectos mais específicos desta modalidade, como o seu público e o contexto histórico, social e econômico em que os estudantes estão inseridos, que refletem diretamente no desempenho pedagógico. Para isso, levaremos em consideração algumas informações do Observatório de educação, ensino médio e gestão²⁹, como a que aponta que de uma forma geral, o perfil das turmas da EJA é majoritariamente de pessoas negras e trabalhadoras, e isto tem relação direta com as diversas realidades sociais em nosso país, a desigualdade racial, econômica e de gênero.

Ainda sobre esta perspectiva, Budel e Guimarães (2009) afirmam que geralmente os estudantes da EJA têm pouco tempo de estudo e carregam muitas responsabilidades financeiras e familiares, sendo a sua grande maioria trabalhadora e responsável pelo sustento da sua família. Além disso, sua rotina é cansativa e a falta de motivação desses estudantes também está associada com o grande sentimento de culpa, vergonha por não ter concluído seus estudos na época oportuna.

Segundo Peluso (2003):

Se considerarmos as características psicológicas do educando adulto, que traz uma

²⁹ Link de acesso: [Educação de Jovens e Adultos: a luta pelo direito à aprendizagem | Observatório de Educação \(institutounibanco.org.br\)](http://Educação de Jovens e Adultos: a luta pelo direito à aprendizagem | Observatório de Educação (institutounibanco.org.br))

história de vida geralmente marcada pela exclusão, veremos a necessidade de se conhecerem as razões que, de certa forma, dificultam o seu aprendizado. Esta dificuldade não está relacionada à incapacidade cognitiva do adulto. Pelo contrário, a sensação de incapacidade trazida pelo aluno está relacionada a um componente cultural que rotula os mais velhos como inaptos a frequentarem a escola e que culpa o próprio aluno por ter evadido dela. (Peluso, 2003, p.43).

Diante desse cenário, entendemos que por mais que a SD tenha sido elaborada pensando neste público em específico, existem vários fatores e restrições que podem limitar os resultados. Uma forma de amenizar tais questões, no sentido didático-pedagógico, requer um maior envolvimento do educador na realidade dos próprios estudantes, o que pode ser traduzido com um sentimento de pertencimento, pois de acordo com Budel e Guimarães (2009), o educador precisa estudar os conteúdos propostos, pensar nas especificidades dos educandos em relação à sua faixa etária, para depois então propor conteúdos que estimulem e sejam motivadores no desenvolvimento de novas práticas de ensino aplicáveis para a EJA.

Assim, reconhecemos o padrão genérico aplicado nas atividades propostas, mas sem esse sentimento do pesquisador ou docente responsável pela aplicação, não é possível garantir a adequação ao nível e/ou modalidade de ensino proposta.

A próxima subcategoria a ser analisada envolve a “**organização das atividades e a contextualização**”, na qual entendemos que deve ser classificada como “*mais que suficiente*”. De início, gostaríamos de mostrar o ponto em que esta análise se diferencia da análise da subcategoria “articulação entre o tema, contexto e conteúdo”, já analisada anteriormente. Embora parecidas em suas descrições, a discussão anterior tinha como plano de fundo o tema, o contexto e o conteúdo, enquanto que agora o olhar é voltado para aspectos metodológicos e de organização das atividades.

Dito isto, acreditamos que as atividades apresentadas na Sequência Didática são capazes de possibilitar o reconhecimento dos contextos em que alguns dos modos de pensar possuem significativo valor pragmático. Em específico, na atividade da dinâmica do mensageiro, os estudantes já teriam passado por momentos que ofereceram potenciais formas de construção de conhecimentos, possibilitando perceber que para cada SP existe um ou mais modos de se pensar sobre átomo e estados físicos dos materiais para se chegar a uma resposta razoável, e além de possivelmente reconstruir suas primeiras resoluções, podem ser usadas para ensinar e aprender com os seus pares.

Por fim, validaremos a última subcategoria, a qual sugere uma análise dos “**aspectos avaliativos**” apresentados nas etapas metodológicas da Sequência Didática, a qual entendemos como “*mais que suficiente*”. O processo de avaliação na Educação de Jovens e Adultos, como em qualquer outra modalidade de ensino, deve ser compreendido como um ato

contínuo e sistemático que visa acompanhar a evolução dos educandos ao longo de sua jornada na intenção de que os objetivos propostos para o ensino e aprendizagem sejam alcançados. Contudo, o desafio de desruptura com práticas avaliativas tradicionalmente utilizadas, geralmente recai sobre os professores, mas também incide nos estudantes (Pernambuco, 2022). De acordo com Souza, Nascimento e Santos (2016):

O processo de avaliação na Educação de jovens e adultos (EJA) se dá numa forma de investigação com muita atenção, aproveitando tudo o que o aluno traz consigo. Avaliar e, sobretudo, uma forma de entender a vida do aluno. Não deve ser uma cobrança de aprendizagem, e sim entender e apreciar cada ação dos discentes diante do aprendizado adquirido em sala de aula ou fora dela, respeitando sua bagagem trazida e adquirida (Souza; Nascimento; Santos, 2016, p. 3).

Nesta perspectiva, entendemos que o processo avaliativo da EJA não se justifica com um mero instrumento elaborado de forma cristalizada, como provas escritas já previstas dentro do cronograma bimestral ou semestral. Todavia, diante dessa evidente pluralidade dos sujeitos que compõem a modalidade, devem ser utilizados diversos instrumentos de avaliação, adequados às especificidades dos estudantes, para que promovam reflexão, mudanças de perspectivas e avanços não só para os estudantes, mas também para os professores (as), e não perpetuem as práticas de exclusão que os conduziram à modalidade (Pernambuco, 2022).

Frente a isto, analisamos as sugestões das atividades avaliativas para cada etapa da Sequência Didática, reunidas no Quadro 7 a seguir:

Quadro 7: Resumo das atividades avaliativas

Etapa	Atividade avaliativa
1º Momento Problematização Inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de atividade com as situações-problema; • Participação no debate.
2º Momento Organização do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Participação durante a aula; • Participação no processo de investigação; • Respostas sobre as questões norteadoras.
3º Momento Aplicação do Conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Participação durante a dinâmica do “Mensageiro”; • Ficha de atividade com as situações-problema; • Participação no debate final.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Diante do que foi posto sobre o processo avaliativo para esta modalidade, e levando em consideração o que foi pontuado sobre os aspectos pedagógicos em análise anterior, entendemos que os estudantes da Educação de Jovens e adultos precisam de um olhar específico quanto a este ponto, e de instrumentos avaliativos que levem em consideração o processo de construção do conhecimento, e não apenas um produto final. Assim,

consideramos que as propostas avaliativas sugeridas neste trabalho contemplaram tais requisitos, envolvendo situações como participação em debates e no processo de investigação, além daqueles com um caráter mais objetivo, como as respostas as fichas de atividades com as SPs, as quais possibilitam contribuir com os objetivos de ensino.

Por fim, ao analisar por completo as três categorias estabelecidas, entendemos que, em aspectos gerais, a proposição da Sequência Didática visando uma potencial emergência das zonas do perfil conceitual de átomos e estados físicos da matéria em estudantes da EJA atende bem aos critérios definidos pelo instrumento apresentado Freitas (2021), portanto, teoricamente validada, tanto em aspectos teóricos, pedagógicos, metodológicos e avaliativos, com algumas ressalvas sobre o tempo de aplicação, o incentivo a Ciência e/ou Tecnologia, mas especificamente sobre a tecnologia, e aos cuidados específicos que se deve ter ao se trabalhar com a modalidade da Educação de Jovens e Adultos.

5.3 SUGESTÕES PARA INSTRUMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS EM POSSÍVEIS APLICAÇÕES VISANDO PESQUISA E/OU ENSINO

Assim, visto que cada etapa da SD possui atividades que podem gerar um conjunto de dados específicos, que possuem particularidades, consideramos as situações, as personagens envolvidas e os objetivos de ensino e/ou pesquisa para sugerir instrumentos capazes de contemplar todo esse enredo. Inicialmente, discorreremos um pouco sobre dois conjuntos de dados possíveis, a saber: **resolução das situações-problema e vídeogravação.**

De acordo com Meirieu (1998, p 192), uma situação-problema é “uma situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa”, sendo tal aprendizagem o verdadeiro objetivo da proposta, que se “dá ao vencer obstáculos na realização da tarefa”.

Do mesmo modo, Simões Neto (2009) e Santos (2002) entendem que uma SP pode mostrar a limitação dos conhecimentos prévios dos indivíduos, até um dado momento, na resolução daquele problema em específico ou outro do mesmo grau de complexidade e intensidade. A aprendizagem possibilita a superação do problema, na busca da construção de novos conhecimentos, conseguindo superar os seus limites e o obstáculo proposto.

Dessa forma, o uso de situações-problema se justifica, pois traz um ganho significativo para os estudantes, além de estimular a busca por uma gama de referenciais, o conhecimento científico e tecnológico pertinente à problemática e sejam capazes de elaborar propostas condizentes com a realidade na qual estão inseridos (Santana, 2019).

O outro instrumento de coleta de dados que consideramos importante para a aplicação

desta SD é a vídeogravação das etapas de interações discursivas. De acordo com Pinheiro, Kakehashi e Angelo (2005), o uso deste recurso se justifica pelo fato de existirem muitos elementos que não podem ser compreendidos por meio da fala e da escrita isoladas, assim, “o ambiente, os comportamentos individuais e grupais, a linguagem não-verbal, a sequência, a temporalidade em que ocorrem os eventos são fundamentais não apenas como dados em si, mas como subsídios para interpretação posterior” (Víctora; Knauth; Hassen, 2000, p. 62).

Acerca da utilização de vídeogravação no ensino e na pesquisa em ensino, Carvalho (2004) enfatiza que esta técnica tem se mostrado altamente produtiva tanto nas pesquisas em que o enfoque é o professor, tanto naquelas que procuram entender como os alunos constroem o conhecimento científico durante as aulas, pois a filmagem destes momentos confere uma oportunidade de estudar com detalhes o processo de ensino e aprendizagem.

Podemos, por fim, fundamentar a escolha deste instrumento com a fala de Garcez, Duarte e Eisenberg (2011, p. 253):

Sendo uma pesquisa de cunho qualitativo, o vídeo permite capturar o contexto das interações, assim como permite que façamos repetidas revisões, a fim de criar códigos para uma análise compreensiva do fenômeno. Ademais, o recurso também oferece a oportunidade de estabelecermos confiabilidade nos julgamentos e na aplicação dos códigos.

Com relação a análise dos dados, sugerimos, para os momentos de produção escrita, como na resolução de situações-problema, a elaboração de categorias associadas a critérios como os apontados por Simões Neto (2009), a saber: resposta satisfatória (RS), resposta pouco ou parcialmente satisfatória (RPS), resposta insatisfatória (RI) e não respondeu (NR), sendo necessário associar expectativas para as resoluções, com base em elementos e/ou marcadores textuais a serem identificados, que podem conferir condições para inferências quanto a aprendizagem. Ainda, é importante observar a emergência das zonas do perfil conceitual de átomos e estados físicos dos materiais, sendo possível, também, traçar uma trajetória de desenvolvimento para cada estudante, como fez Sabino (2015), visando reconhecer os processos de enriquecimento do perfil conceitual e de tomada de consciência.

Por fim, considerando os momentos videogravados, nossa sugestão se dá pela separação em episódios, que são unidades analíticas com início e fim, que permitem a identificação de zonas em emergência e outros elementos que levam a possíveis inferências quanto a aprendizagem.

Uma vez que não temos acesso ao pensamento dos estudantes, as vídeogravações fornecem condições para que, a partir da compreensão das diferentes formas de falar, as quais

estão diretamente ligadas aos seus diferentes modos de pensar sobre tal conceito, e podem representar uma zona do perfil conceitual (Mortimer, 2001; Simões Neto, 2016). Desta forma, as respostas devem ser categorizadas, codificadas (se for preciso) e tabuladas, ou seja, contabilizadas e então interpretadas, podendo esta interpretação vir com a representação em gráfico ou tabela quando for necessário, para cada episódio recortado.

Finalmente, estas categorias devem ser relacionadas às quatro zonas do perfil conceitual de átomo e estados físicos dos materiais (Mortimer, 1994), que são: zona sensorialista, zona substancialista, zona clássica e zona quântica moderna.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos que o ensino da estrutura da matéria e dos modelos atômicos com estudantes do Ensino Médio, por muitas vezes, tem sido conduzido de forma equivocada, levando ao insucesso, mensurado pelo alcance parcial dos objetivos propostos, mesmo que durante suas trajetórias pelo Ensino Fundamental eles não são levados a desenvolver as habilidades necessárias sobre a temática. Na EJA, a realidade não é diferente, talvez um pouco mais difícil, devido a todos os fatores que envolvem a maioria dos estudantes desta modalidade de ensino, como a vulnerabilidade social, a responsabilidade financeira e familiar, além da desigualdade racial, econômica e de gênero, os quais são somados ao sentimento de culpa que muitos carregam por não ter concluído os estudos na época oportuna, e que por vez, acabam evadindo o ambiente escolar.

Alguns aspectos, como a não valorização da construção histórica dos modelos, o fato de o átomo ser uma realidade impossível de ser vista, a não contextualização do conteúdo nos livros didáticos, as falhas no processo de formação inicial e continuada de professores, que não lhes permite uma atuação adequada na abordagem desse tema, entre outros, tem influenciado negativamente este processo.

Tendo essas problemáticas em vista, não é difícil perceber a extrema necessidade da inserção de metodologias diferenciadas, que englobem a utilização de recursos tecnológicos, realização de atividades investigativas e/ou experimentais, construção de modelos, entre outras propostas que contribuam com um ensino de Ciências que envolva o estudante como protagonista da construção do seu conhecimento, um agente ativo do processo, possibilitando a aprendizagem contínua dos conceitos científicos numa perspectiva de uma formação crítica cidadã.

Diante deste cenário, e com base na Teoria dos Perfis Conceituais (Mortimer, 1995b) para considerar a heterogeneidade dos modos de pensar sobre um mesmo conceito científico, podemos pensar em propostas para o ensino e a análise da aprendizagem de Ciências. Pautado nisso, este trabalho se mostra pertinente, pois ele apresenta a proposição, a análise, a validação e algumas sugestões para aplicação de uma Sequência Didática com o objetivo de atingir um ensino que considere as diferentes zonas do perfil conceitual de átomo e estados físicos da matéria, com foco na modalidade Educação de Jovens e Adultos. Tal SD pode ser utilizada para realização de pesquisa, bem como na função de estratégia para construção do conhecimento científico e reconhecimento dos diferentes modos de pensar um conceito.

Nesta perspectiva, embora não tenha sido aplicada, verificamos que a Sequência

Didática construída com base nas ideias de Zabala (1998) e Méheut (2005) e guiada do ponto de vista da dimensão epistemológica pela estrutura dos Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1994) e pela Teoria dos Perfis Conceituais (Mortimer; El-Hani, 2014), apresenta grande potencial em atingir os objetivos propostos, pois suas atividades foram pensadas no sentido de conduzir os participantes, pouco a pouco, a situações que flertam com as zonas do perfil conceitual de átomos e estados físicos da matéria e seus contextos de aplicação.

Ao analisar as atividades propostas, constatamos o potencial destas em desafiar o estudante a sair da sua zona de conforto cognitiva, e como protagonista da aquisição do conhecimento, buscar caminhos para entender teorias e modelos, utilizar simulação virtual, investigar por meio dos mais diversos recursos, até o momento de partilhar o que foi adquirido com seus pares, e também aprender com eles, para que seja capaz de entender que os diferentes modos de pensar sobre os átomos e os estados físicos dos materiais, reconhecendo as diferentes zonas que coexistem e os contextos que determinam qual daqueles significados tem mais valor pragmático.

Apontamos também que a SD apresenta atividades cunhadas na metodologia ativa, como o ensino por investigação, as situações-problema e a dinâmica do mensageiro, que se fazem significativas no sentido de oferecer práticas não tradicionais para o ensino de Ciências, e renovar e fortalecer uma rede de práticas educacionais modernas, que mais se aproximam da realidade e do cotidiano dos estudantes.

Em outro momento, validamos de forma teórica a sequência, *a priori*, seguindo os critérios estabelecidos por Freitas (2021), e verificamos que, de uma forma geral, os resultados foram significativamente positivos, sendo 7 classificações como “mais que suficiente”, três classificações como “suficiente” e nenhuma classificação como “insuficiente”.

Apontamos que o valor e rigor científico desta validação, realizada de forma impessoal, argumentativa e científica, uma vez que para que se chegasse a uma definição sobre determinada categoria/subcategoria, aquele ponto em análise era questionado sob diferentes perspectivas. Nesta validação foram analisados pontos como a estrutura, organização, tema, contexto, conteúdo, além dos aspectos metodológicos e avaliativos. Evidenciamos que a proposta está alinhada com os documentos orientadores da educação, nacionais e estaduais, como a BNCC (Brasil, 2017) e o Currículo de Pernambuco: Educação de Jovens e Adultos – Ensino Médio (Pernambuco, 2022), fator importante no planejamento didático de profissionais da educação que porventura demonstrem interesse na utilização deste trabalho.

Por fim, entendemos que frente ao cenário de dificuldades encontradas no ensino básico, mais especificamente na EJA, alternativas didáticas e metodológicas diferenciadas são cada vez mais necessárias, e este trabalho buscou apresentar uma proposta de ensino baseada na Teoria dos Perfis Conceituais, pois acreditamos em seu potencial e valor pedagógico para construção de significados para os conceitos científicos e engajamento dos estudantes por meio de atividades bem planejadas.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M. C. B. Sobre o discreto charme das partículas elementares. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 38-44, 2005.
- ALMEIDA, A.; CORSO, A. M. A educação de jovens e adultos: aspectos históricos e sociais. IN: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 12., 2015, Curitiba. **Anais...**, Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 2015. p. 1283-1299.
- AMARAL, E. M. R. **Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada as transformações químicas**: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de Química do Ensino Médio. 2004. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.
- 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**, v. 1, n. 3, p. 5-18, 2001.
- AMARAL, E. M. R; MORTIMER, E. F. Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de Química. **Educación química**, v. 15, n. 3, p. 218-233, 2004.
- ARAÚJO, A. O. **O perfil conceitual de calor e sua utilização por comunidades situadas**. 2014. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.
- BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica. **Boletim Técnico do Senac**, v. 39, n. 2, p. 48-67, 2013.
- BARROS, K. C. T. F. R.; FERREIRA, H. S. Analisando as contribuições das ferramentas de desenho para o processo de concepção e avaliação de sequências de ensino aprendizagem. IN: CONGRESO IBEROAMERICANO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN, 1 2014, Buenos Aires. **Anais...**, Buenos Aires: Organização de Estados Ibero-americanos para a Educação, 2014.
- BASSALO, J. M. F. Nascimento da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 18, n. 2, p. 95-102, 1996.
- BASSALO, J. M. F. Partículas elementares: do átomo grego à supercorda. In: CARUSO, F.; SANTORO, A. (Orgs.). **Do átomo grego à Física das interações fundamentais**. Rio de Janeiro: CBPF, 2000, p. 71-130.
- BASSALO, J. M. F. Os processos radioativos. **Mens Agitat**, v. 2, n. 2, p. 95-100, 2007.
- BERKOVITS, N. J. Descobrimos a Teoria das Cordas. **Scientific American Brasil**, n. 20, p. 48-51, 2004.
- BOHR, N. Sobre a constituição de átomos e moléculas. In: BOHR, N. (Org.). **Textos Fundamentais da Física Moderna**. v. 2. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1963.
- BOHR, N. Os principais artigos sobre o modelo atômico de Bohr encontram-se, traduzidos em Português. In: BOHR, N. (Org.). **Sobre a Constituição dos átomos e Moléculas**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1979.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação**. Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Brasília, 1996.
- BRASIL. **Parecer nº 11/2000 do Conselho Nacional de Educação**. Brasília, 2000.
- BRASIL. **Resolução nº 466**. de 12 de dezembro de 2012. Brasília, 2013.

- BRASIL. **Resolução nº 510**, de 7 de abril de 2016. Brasília, 2016.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília, 2017.
- BRENNAN, R. **Gigantes da física**: uma história da física moderna através de oito biografias. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2003.
- BUDEL, G. F.; GUIMARÃES, O. M. Ensino de química na EJA: uma proposta metodológica com abordagem do cotidiano. IN: CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, 1, 2009, Londrina. **Anais...**, Londrina, 2009. p. 1-12.
- CARUSO, F.; OGURI, V. A eterna busca do indivisível: do átomo filosófico aos Quarks e Léptons. **Química Nova**, v. 20, n. 3, p. 324-334, 1997
- CARUSO, F.; OGURI, V. **Física Moderna**: origens clássicas e fundamentos quânticos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- CARVALHO, A. M. Metodologia de pesquisa em ensino de física: uma proposta para estudar os processos de ensino e aprendizagem. IN: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9, 2004, Jaboticatubas. **Anais...**, Jaboticatubas, 2004. p. 1-12.
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências por investigação**: Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage, 2013.
- CAVE, J.; DOYLE, R. A.; KELLY, S. V. (orgs.) **Segredos dos alquimistas**. Rio de Janeiro: Abril Livros e Time Life Books, 1993.
- CHASSOT, A. I. Alquimiando a Química. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 20-22, 1995.
- CHAVES, L. M. M. P.; SANTOS, W. P.; CARNEIRO, M. H. S. História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 4, p. 269-279, 2014.
- CLARO, P.R. Espectroscopia. **Revista de Ciência Elementar**, v. 5, n. 4, p. 1-4, 2017.
- COHEN, M. **Alunos no centro do conhecimento**. São Paulo: RFM Editores, 2017.
- COUTINHO, F. A. **Construção de Um Perfil Conceitual de Vida**. 2005. Tese (Doutorado em Educação), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- DALRI, J. **A dimensão axiológica do perfil conceitual**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO M. M. **Ensino de ciências**: fundamentos e métodos. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1994.
- DUQUESNE, M. **Matéria e antimatéria**. Lisboa: Edições 70, 1986.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica**: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979.
- EL-HANI, C. N.; MORTIMER, E. F. Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. **Cultural Studies of Science Education**, v. 2, p. 657-702, 2007.
- FILGUEIRAS, C. A. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, v. 20, p 38-44, 2004.
- FOGAÇA, J. R. V. **Distribuição eletrônica no diagrama de Linus Pauling**. Brasil Escola, 2013. Disponível em: <http://www.mundoeducacao.com/quimica/distribuicao eletrônica-nodiagrama pauling.htm>. Acesso em: 29 jan. 2024.

- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática docente**. 19. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- FRENCH, A. P.; KENNEDY, P. J.; FEUER, L. S. Niels Bohr: a centenary volume. **American Journal of Physics**, v. 54, n. 8, p. 762, 1986.
- FREITAS, R. N. S. **Uma sequência didática para o ensino médio usando o tema biodiesel com base na abordagem CTS**. 2021. Dissertação (Mestrado em Química), Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2021.
- GARCEZ, A; DUARTE, R; EISENBERG, Z. Produção e análise de vídeo gravações em pesquisa qualitativas. **Educação e Pesquisa**, v. 37, n. 2, p. 249-262, 2011.
- GERMANO, G. G.; LIMA, I. P. C.; SILVA, A. P. B. **Pilha voltaica: entre rãs, acasos e necessidades**. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 145-155, 2012.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.
- GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Por uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- GOMES, A. C. Os significados que os alunos da EJA têm em relação à instituição escolar. **Interagir: Pensando a Extensão**, v. 20, p. 1-21, 2016.
- GOMES, G. G.; PIETROCOLA, M. O experimento de Stern-Gerlach e o spin do elétron: um exemplo de quasi-história. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 1-11, 2011.
- GREENBERG, A. **Uma breve história da química: da alquimia as ciências moleculares modernas**. São Paulo: Blucher, 2009.
- GUIMARÃES, Y. A. F; GIORDAN, M. Elementos para validação de sequências didáticas. IN: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, 2013, Águas de Lindóia. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2013. p. 1-8.
- HEILBRON, J. L. Rutherford-Bohr atom. **American Journal of Physics**, v. 49, n. 3, p. 223-231, 1981.
- HEISENBERG, W. K. **Física e Filosofia**. 2. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 1987.
- HEISENBERG, W. **Física e Filosofia**. 4 ed. Brasília: Universidade de Brasília, 1995.
- HELAYËL-NETO, J. A. Supersimetria e Interações fundamentais. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 45-47, 2005.
- HOGBEN, L. **O homem e a ciência: o desenvolvimento científico em função das exigências sociais**. Porto Alegre: Globo, 1952.
- POZO, J. I.; GOMES CRESPO, M. A. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- KANE, G. Mistérios da massa. **Scientific American Brasil**, p. 101-107, 2005.
- KIRK, G. S.; RAVEN J. E.; SCHOFIELD, M. **Os Filósofos Pré-Socráticos**. 4. ed., Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1994.
- KOYRÉ, A. **Estudos de História do Pensamento Científico**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991.

- LOPES, A. P. N.; BURGARDT, V. M. Idoso: um perfil de alunos na EJA e no mercado de trabalho. **Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento**, v. 18, n. 2, p. 311-330, 2013.
- LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX**: da física clássica a introdução a física quântica. 2009. Tese (Doutorado em História da Ciência), Pontifícia Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.
- LOPES, R. O. **A evolução do perfil conceitual de átomo por meio de atividades experimentais espectroscópicas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- LOVATO, F. L.; MICHELOTTI, A.; LORETO, L. S. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 2, p. 154-171, 2018.
- MAAR, J. H. **Pequena história da química**. Florianópolis: Papa Livro, 1999.
- MARCATO, V. L. X. S.; MOLARI, M. Uma visão histórica, psicológica e pedagógica sobre o fracasso escolar. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 17, n. 3, p. 276-284, 2016.
- MASON, S. F. **Historia de las Ciencias**. 5 ed. Madrid: Alianza Editorial, 1996.
- MATTHEWS, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. *In*: BORESMA, K. *et al.* (Orgs.). **Research and Quality of Science Education**. Spring, 2005. p. 195-207.
- MELZER, E. E. M.; AIRES, J. A. A história do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 11, n. 22, p. 62-77,
- MERIEU, P. **Aprender... sim, mas como?** 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- MICOTTI, M. C. O. O ensino e as propostas pedagógicas. *IN*: BICUDO, M. A. V. (org.). **Pesquisa em educação matemática: concepções & perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 1999.
- MINAYO, M. C. S. (org.). **Pesquisa Social**. Teoria, método e criatividade. 21. ed. Petrópolis: Vozes, 1994.
- MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa Social**. Teoria, método e criatividade. 28. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.
- MOREIRA, I. C. Conferência Nobel de Thomson sobre a descoberta do elétron. Tradução e notas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 299-307, 1997.
- MOREIRA, M. A. O Modelo Padrão da Física de Partículas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 1-11, 2009.
- MORTIMER, E. F. **Evolução do atomismo em sala de aula**: Mudança de perfis conceituais. 1994. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 23-26, 1995a.
- MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, v. 4, p. 265-287, 1995b.

- 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**, v. 20, n. 2, p. 200-207, 1997.
- MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. **Meaning making in secondary science classrooms**. Maidenhead: Open University Press, 2003.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. IN: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...**, Rio de Janeiro: ABRAPEC, 2009.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. **Tecné, Episteme y Didaxis**, n. 30, p. 111-125, 2011
- MORTIMER, E. F., EL-HANI, C. N. **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. Springer, 2014.
- NAVARRO, M.; FÉLIX, M.; MILARÉ, T. A História da Química em livros didáticos do Ensino Médio. **Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 55-61, 2015.
- NEGREIROS, F.; SILVA, C. F. C.; SOUSA, Y. L. G.; SANTOS, L. B. Análise psicossocial do fracasso escolar na Educação de Jovens e Adultos. **Psicologia em Pesquisa**, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2017.
- NERI, M. C. **A educação profissional e você no mercado de trabalho**. Rio de Janeiro: FGV- CPS. 2010.
- NEWTON, I. **Óptica**: Tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz. Buenos Aires: Emecé Editores, 1947.
- OLIVEIRA, J. C. P.; OLIVEIRA, A. L.; MORAIS, F. A. M.; SILVA, G. M. O questionário, o formulário e a entrevista como instrumentos de coleta de dados: vantagens e desvantagens do seu uso na pesquisa de campo em ciências humanas. IN: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 3, 2016, Natal. **Anais...**, Campina Grande: Editora Realize, 2016. p. 1-13.
- OSTERMANN, F. **Partículas elementares e interações fundamentais**. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 2001.
- PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A. C. F.; TORT, A. C. O átomo de Bohr no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 1-4, 2014.
- PATTO, M. H. S. **A produção do fracasso escolar: histórias de submissão e rebeldia**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1999.
- PEDUZZI, L. O. Q. **Evolução dos conceitos da física: do átomo grego ao átomo de Bohr**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.
- PELUSO, T. C. L. **Diálogo e conscientização: alternativas pedagógicas nas políticas públicas de educação de jovens e adultos**. 2003. Tese (Doutorado em Educação), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- PERA, M. **La rana ambigua: La controversia elettricità animal etra Galvani e Volta**. Torino: Einaudi, 1986.

- PEREIRA, C. A. Dinâmicas de grupo como fator educacional e social nas aulas de educação física escolar. In: SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO (org.). **Os desafios da escola pública Paranaense na perspectiva do professor PDE: produções didático-pedagógicas**. v. 2, Marialva: SEED, 2014. p. 1-34.
- PEREIRA, L. S.; SILVA, J. L. P. B. Uma história do atomismo: possibilidades para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 1, p. 19-24, 2018.
- PERNAMBUCO. **Parâmetros para a educação básica do estado de Pernambuco: parâmetros curriculares de química – Educação de Jovens e Adultos**. Recife: Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco, 2013.
- PERNAMBUCO. **Diretrizes operacionais para a oferta da educação de jovens e adultos**. Recife: Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco, 2016.
- PERNAMBUCO. **Currículo de Pernambuco: educação de jovens e adultos - ensino médio**. Recife: Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco, 2022.
- PERRENOUD, P. **10 novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.
- PINHEIRO, E. M.; KAKEHASHI, T. Y.; ANGELO, M. O uso de filmagem em pesquisas qualitativas. **Rev. Latino-am. Enfermagem**, v. 13, n. 5, p. 717-722, 2005.
- PINHEIRO, L. A.; COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. **Do átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje**. Porto Alegre: UFRGS, 2011.
- PONCZEK, R. L. Da Bíblia a Newton: uma visão humanística da Mecânica. In: ROCHA, J. F. (org.). **Origens e evoluções das idéias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 18-135.
- PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.
- PULLMAN, B. **The atom in the history of human thought**. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- RIBEIRO, A. J. Elaborando um perfil conceitual de equação: desdobramentos para o ensino e a aprendizagem de matemática. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 55-71, 2013.
- RIVELLES, V. O. A teoria das cordas e a unificação das forças da natureza. **Física na Escola**, v. 8, n. 1, p. 10-16, 2007.
- RODITI, I. **Dicionário Houaiss de Física**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005.
- RODRIGUES, G. M.; FERREIRA, H. S. Elaboração e análise de Sequências de Ensino-Aprendizagem sobre os estados da matéria. IN: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, Campinas. **Anais...**, Rio de Janeiro: ABRAPEC, 2011. p. 1-12.
- RONAN, C. A. **História ilustrada da ciência**.v. 4, Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1987.
- SABINO, J. D. **A utilização do perfil conceitual de substância em sala de aula: do planejamento do ensino à análise do processo de aprendizagem dos estudantes**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.
- SAMBURSKY, S. **El mundo físico de los griegos**. Madrid: Alianza Editorial, 1990.
- SAMPAIO, I. S. **O simulador PhET como recurso metodológico no ensino de reações químicas no primeiro ano do ensino médio com aporte na teoria de Ausubel**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade Estadual de Roraima, Boa

Vista, 2017.

SANTANA, E. B. **O uso de situações-problema no ensino de ciências: perspectivas diferenciadas sob orientação CTS**. 2019. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

SANTOS, M. C. Algumas concepções sobre o ensino-aprendizagem em Matemática. **Educação Matemática em Revista**, v. 9, n. 12, p. 38-46, 2002.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. **Tópicos Educacionais**, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

SHELLARD, R. C. Fótons. In: CARUSO, F.; OGURI, V.; SANTORO, A. (Orgs.). **Cem anos de Física de Partículas**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2005. p. 91-121.

SIENKO, M. J.; PLANE, R. A. **Química**. São Paulo: Companhia Editorial Nacional, 1968.

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.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. Unidade 2 – A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T (Orgs.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p. 31-42.

SIMÕES NETO, J. E. **Abordando o conceito de isomeria por meio de situação-problema no ensino superior de química**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SIMÕES NETO, J. E. **Uma proposta para o Perfil Conceitual de Energia nos Contextos do Ensino da Física e da Química**. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

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, Florianópolis. **Anais...**, Rio de Janeiro: ABRAPEC, 2017. p. 1-9.

SOUZA, C. M.; NASCIMENTO, V. O.; SANTOS, P. B. O processo avaliativo na educação de jovens e adultos – estudo de caso da escola Municipal Suécia – Lagarto/Sergipe. **Caderno de Graduação - Ciências Humanas e Sociais**, v. 3, n. 3, p. 159-170, 2016.

SOUZA, M. P.; SANTOS, N.; MERÇON, F; RAPELLO, C. N. Desenvolvimento e aplicação de um software como ferramenta motivadora no processo ensino-aprendizagem de química. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 15, 2004, Manaus. **Anais...**, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2004. p. 487-496.

VIANA, H. E. B. **A construção atômica da teoria de Dalton como estudo de caso: e algumas reflexões para o ensino de química**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

VÍCTORA, C.; KNAUTH, D. R.; HASSEN M. N. A. **Pesquisa qualitativa em saúde: uma introdução ao tema**. Porto Alegre: Tomo, 2000.

WEINERT, F. Wrong theory—Right experiment: The significance of the Stern-Gerlach experiments. **Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics**, v. 26, n. 1, p. 75-86, 1995.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.



APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A) IDENTIFICAÇÃO DA PROPOSTA

INSTITUIÇÃO: Escola Pública do Estado de Pernambuco
PÚBLICO-ALVO: Alunos da Educação de Jovens e Adultos
CONTEÚDO: Átomos e Modelos Atômicos
TEMA: Diversos modos de pensar o conceito de átomo e estados físicos da matéria
TÍTULO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA: Átomos e seus significados
OBJETIVOS: <ul style="list-style-type: none">• Desenvolver habilidades cognitivas e intersociais;• Contribuir na maximização do número de zonas do perfil conceitual de átomos e estados físicos da matéria a partir das atividades que estruturam os momentos de uma sequência didática;• Propiciar a tomada de consciência das zonas do perfil conceitual de átomo e estados físicos da matéria por meio de atividades, questionamentos e situações do cotidiano.

B) ATIVIDADES PROPOSTAS

<u>MOMENTO 1 – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL</u>
ATIVIDADE 1: Apresentação da proposta e uma breve explicação sobre diferentes modos de pensar e formas de falar sobre um conceito científico; aplicação das situações-problema; exibição do vídeo sobre como Albert Einstein provou a existência de átomos; debate sobre o que foi abordado no vídeo relacionando com o perfil conceitual de átomo e estados físicos da matéria.
TEMPO: 4 aulas (180 minutos) divididas em 3 fases e distribuídas da seguinte forma: 1ª Fase: 1 aula (45 minutos); 2ª Fase: 2 aulas (90 minutos); 3ª Fase: 1 aula (45 minutos)
ESPAÇO FÍSICO: Sala de aula
DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Este primeiro momento é dividido em três fases. Na primeira, deve ser anunciado a turma em que se aplica a proposta, uma breve e sucinta explicação sobre diferentes modos de pensar e formas de falar sobre um conceito científico.

Apontamos que não é, necessariamente, um momento de apresentar nuances da Teoria dos Perfis Conceituais, considerada para estruturação da proposta.

Em seguida, na segunda fase, o docente responsável deve distribuir uma ficha de atividade contendo algumas situações-problema, direcionadas a uma zona específica do perfil conceitual de átomo (apêndice B). Ao final da resolução inicial, a ficha com as respostas deve ser entregue ao docente.

E para finalizar este momento, sugerimos nesta terceira fase a exibição de um vídeo do Canal Ciência Todo Dia, na plataforma *YouTube*(<https://www.youtube.com/watch?v=beqDoZ1XlWk>), que conta a história de como Albert Einstein reconheceu a existência dos átomos e tem duração de 10 minutos e 43 segundos. Em seguida, iniciar um debate a respeito do que foi abordado no vídeo, buscando a emergência de modos de pensar, a partir das formas de falar, associados ao perfil conceitual de átomo e estados físicos da matéria.

OBJETIVOS:

- Apresentar a ideia de que para um mesmo conceito científico podem haver diferentes modos de pensar e formas de falar;
- Mostrar a importância do tema sugerido para a vida dos estudantes, relacionando com situações do cotidiano;
- Mapear os conhecimentos prévios dos alunos sobre átomos e estados físicos da matéria pela ficha de atividade com as situações problemas, assim como por suas falas no debate.

RECURSOS DIDÁTICOS:

- Datashow; notebook; Ficha de atividade.

ATIVIDADE AVALIATIVA:

- Ficha de atividade;
- Debate.

MOMENTO 2 – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

ATIVIDADE 2: Aula expositiva sobre a evolução das ideias sobre átomo; recursos visuais (vídeo e simulador virtual); Introdução das questões norteadoras; pesquisa, debate e respostas a estas questões.

TEMPO: 5 aulas (225 minutos)

ESPAÇO FÍSICO: Sala de aula

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:

O segundo momento será marcado pela apresentação do conhecimento científico acerca dos átomos e modelos atômicos. Para tal, foi elaborado, como sugestão, uma proposta de plano de aula (ver apêndice C), a fim de propiciar aos participantes da pesquisa momentos de reflexão, pesquisa além do aporte teórico necessário para realização da próxima etapa da SD.

OBJETIVOS:

- Apresentar a evolução histórica das ideias sobre átomo pautada nos principais marcos, personagens e experimentos;
- Utilizar recursos visuais (vídeo e simulador virtual) para auxiliar no processo de visualização dos modelos atômicos apresentados;
- Introduzir questionamentos norteadores para o desenvolvimento da SD.

RECURSOS DIDÁTICOS:

- Datashow; notebook; quadro branco; lápis piloto; papel; caneta.
- Sala de informática (desde que haja estrutura física adequada)

ATIVIDADE AVALIATIVA:

- Participação durante a aula;
- Respostas sobre as questões norteadoras.

MOMENTO 3 – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

ATIVIDADE 2: Discussão em grupo sobre as respostas das situações-problema; Dinâmica do “Mensageiro”; debate final.

TEMPO: 5 aulas (225 minutos)

ESPAÇO FÍSICO: Sala de aula

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:

Inicialmente, cada estudante deve receber, em retorno, as respostas apresentadas no primeiro momento, problematização inicial, para agora, depois de terem vivenciado, na etapa anterior, a organização do conhecimento, um momento de aprendizagem sobre os átomos e modelos atômicos, tentarem elaborar uma nova resposta para cada Situação-Problema, ou seja, aplicar o conhecimento adquirido na experiência das etapas anteriores.

Logo após, devem ser criados grupos aleatoriamente, para que, em um tempo de 50 minutos, discutam a resposta das situações-problema (todas ou uma por grupo, os dois formatos foram considerados na proposição) e tentem chegar a novos

consensos.

Em seguida, deve ter início a “dinâmica do “mensageiro”, na qual cada grupo fica responsável por uma situação-problema (aleatoriamente, se todas forem consideradas no novo consenso ou especificamente a que foi atribuída ao grupo, caso seja essa a opção). Dentre os integrantes de cada grupo, um é escolhido como mensageiro, com a missão de passar nos demais grupos apresentando a resposta do seu grupo no novo consenso. Por fim, os mensageiros devem ouvir os demais participantes e repensar as respostas (partindo da ideia de que cada rodada tenha um tempo estabelecido, sugerimos 20 minutos por rodada).

No final das rodadas, todos devem ter compartilhado as respostas e os mensageiros são responsáveis por socializar a resposta final para toda a turma, com o docente organizando as respostas, de forma conjunta, nas zonas do perfil conceitual de átomo.

OBJETIVOS:

- Promover a integração entre o conhecimento do senso comum e o conhecimento científico;
- Proporcionar a interação social por meio da atividade grupal (metodologia ativa);
- Identificar os diferentes modos de pensar, representados pela forma de falar nos momentos de interação e mapear as zonas do perfil conceitual de átomo.

RECURSOS DIDÁTICOS:

- Ficha de atividade; dinâmica do “Mensageiro”.

ATIVIDADE AVALIATIVA:

- Participação durante a dinâmica do “Mensageiro”;
- Ficha de atividade;
- Participação no debate final.

APÊNDICE B – SITUAÇÕES-PROBLEMA

1. Água sobre a mesa (Sensorialista)

Enquanto João estudava em uma mesa de mármore para uma prova sobre estrutura atômica, deixou cair acidentalmente água sobre ela, fato que o levou a reflexão: porque a água não “passa” através da mesa e cai no chão, visto que o livro dizia que o átomo era predominantemente preenchido por espaço vazio? Como será que João consegue explicar esse fenômeno?

2. E na rua passa um trem (Substancialista)

Roberta mora perto de uma ferrovia antiga e percebeu que nela existem alguns espaços entre os trilhos, mas nunca conseguiu entender o motivo. Nas férias, ela viaja para Paris e ao visitar a Torre Eiffel, atentou as palavras do guia, que disse que “durante o verão, a Torre pode ficar até 15cm maior devido a dilatação de sua estrutura, em Ferro”. Imediatamente Roberta pensou na ferrovia e associou o fenômeno. Mas como explicá-lo? O átomo de Ferro aumenta de tamanho no calor do verão?

3. Oi, gente! Vamos aprender Biologia? (Substancialista)

Na aula de Biologia a professora de Sandra explicou a importância de dois elementos químicos, Magnésio e Ferro, para o ciclo da vida. O primeiro é central na fotossíntese, pois a clorofila, pigmento verde encontrado nas células vegetais, usa energia para converter a água e o gás carbônico em açúcares e oxigênio. Já o segundo é encontrado na molécula da hemoglobina, presente no sangue e que faz o transporte do oxigênio dos pulmões para os tecidos. Sandra fica pensativa sobre as substâncias mencionadas e pensa: Será que o átomo de Magnésio é verde e o átomo de Ferro é vermelho?

4. A Prova e o Pente (Racionalista clássica)

Chegou o dia de Felipe fazer a prova de Química. Ao se arrumar para ir à escola, quando penteava o cabelo, colocou o pente sobre a folha na qual estava o seu resumo de estudos. Ao tentar retirar o pente, a folha de papel acompanhou o movimento, como se tivesse grudado. João repete o procedimento e o fenômeno volta a acontecer. Como explicar isso?

5. O Impressionante Homem-Formiga (Racionalista clássica/Racionalista quântica)

No filme “Homem-Formiga”, da Marvel, a personagem principal consegue diminuir de tamanho até o nível atômico-molecular e fica preso nessa realidade por um bom tempo. Ao terminar de assistir ao filme, Luana ficou pensando sobre o que ele estava vendo nesse “novo

mundo”. Como será o átomo? O que será que tem dentro dele? É possível encontrar comida? Pense sobre as perguntas de Luana e tente respondê-las.

6. Como assim você quer Urânio, Tonho? (Racionalista quântica)

Certa vez, Antônio iniciou a leitura de um livro muito interessante, que apresentava em uma linguagem simples coisas como o comportamento da matéria, a dualidade onda-partícula, as realidades alternativas, que poderiam ser simultâneas. Uma parte do texto chama sua atenção e ele decide pegar seu gato, Jubileu, e colocá-lo em uma caixa isolada do mundo externo e, dentro, inserir um material radioativo. Seus planos vão por água abaixo pela impossibilidade de encontrar tal material na sua casa. O que chamou a atenção de Antônio? O que ele queria testar tem a ver com átomos? Se sim, comente e explique.

APÊNCICE C - PLANO DE AULA – EJA MÉDIO		
IDENTIFICAÇÃO	Professor(es):	
	Série/Turma:	Bimestre/Trimestre:
	1ª série	1º Módulo
	Carga horária da atividade:	
	Aproximadamente 4h (5 aulas)	
	Tema da aula: Átomos e seus significados	
Área de conhecimento (BNCC e Currículo EJA Médio):		
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Linguagens e suas Tecnologias; <input type="checkbox"/> Matemática e suas Tecnologias; <input checked="" type="checkbox"/> Ciências da Natureza e suas Tecnologias; <input type="checkbox"/> Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. 		
Componente curricular (BNCC e Currículo EJA Médio): Química		
Competências específicas a serem desenvolvidas nesta aula (de área do conhecimento e componente curricular) (BNCC e Currículo EJA Médio):		
<p>1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.</p> <p>3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p>		

Habilidades a serem desenvolvidas nesta aula (BNCC e Currículo EJA Médio):**Habilidades da área da BNCC:**

- (EM13CNT302)

Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

- (EM13CNT308)

Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

Habilidades específicas dos componentes (BNCC e Currículo EJA Médio):

- (EMEJACNT302M1QM03PE)

Disseminar, através de diversos meios, formatos e linguagens, a Química enquanto Ciência, logo, atividade humana, construída sócio-historicamente por diferentes atores, presente no cotidiano, respaldada por pesquisa de campo, exploratória, experimental, laboratorial, empírica e teórica para que cumpra o seu papel científico, sociocultural e ambiental.

- (EMEJACNT308M1QM07PE)

Investigar e analisar a funcionalidade e o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos como ferramenta de automação empregados nas atuais tecnologias, avaliando seus impactos sociais, ambientais e culturais.

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	<p>Objetos de conhecimento (conteúdos, conceitos e processos):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alquimia; • Química na antiguidade; • Química na Idade Medieval e no Renascimento; • Química clássica; • Química moderna; • Teoria dos modelos atômicos. • Estrutura da matéria e suas propriedades; • Desenvolvimento tecnológico e sustentável.
	<p>Conhecimento prévio necessário:</p> <p>Espera-se que os estudantes sejam capazes de apresentar alguma ideia do senso comum e/ou escolar sobre o átomo; de realizar pesquisa/investigação na internet, livros ou outras fontes; argumentar para defender seu ponto de vista sobre sua resposta ao problema proposto.</p>
RECURSOS	<p>Materiais, tecnologias e recursos utilizados:</p> <p>Computador ou tablet com acesso à internet e projetor. Caso não tenha acesso à internet, é possível salvar os links sugeridos para acesso <i>off-line</i>; acesso ao laboratório de informática (se disponível e funcional), biblioteca e demais espaços de pesquisa que a escola ofereça.</p>

Aplicação/Fixação:

- Apresentar a história do átomo, tratando desde origem da ideia até os dias atuais, lidando com a sua evolução conceitual e considerando as concepções informais existentes na literatura, contemplando as principais personagens e os modelos atômicos que surgiram ao longo da história.
- Sugestão da reprodução do vídeo “Uma Breve História do Átomo”, do canal Ciência Todo dia do *YouTube*, (<https://www.youtube.com/watch?v=h8zz4cRb9Ys>) e um simulador virtual para visualização dos modelos atômicos para o átomo de hidrogênio (<https://edisciplinas.usp.br/mod/url/view.php?id=197694>).
- Apresentar o problema que dirige a investigação: O que são átomos? Como podemos defini-los? Existe um único significado para a palavra? Explique.
- Reflexão, em grupo, acerca do questionamento apresentado ao final da fase anterior, sendo permitido e incentivado a consulta a espaços físicos, como a biblioteca, a espaços virtuais, como *sites* na internet e fóruns, e a pessoas, como outros docentes e discentes da escola e pesquisadores nos centros de Ciências, visando a resposta da pergunta.
- Apresentar as respostas as questões e, após o diálogo estabelecido entre os grupos, o professor organizar as respostas e organizar as ideias, com base nos modos de pensar o conceito de átomo, vistos nas zonas do perfil conceitual.

Síntese/avaliação:

A avaliação do processo de aprendizagem pode ser realizada ao longo das atividades propostas neste plano de aula e deve considerar o desenvolvimento individual dos estudantes, bem como sua postura diante dos grupos e da turma.

Na primeira etapa, espera-se que os estudantes percebam a importância do conceito de átomo e que o conhecimento acerca dele está em constante evolução. Em decorrência do vídeo e do momento de interação com o simulador virtual, é esperado que os estudantes vivenciem o comportamento da matéria em nível atômico e subatômico.

Na segunda etapa, é esperado que os alunos adotem uma postura investigativa, além do trabalho colaborativo, e que a liberdade de pesquisa nas principais fontes de conhecimento disponíveis para eles torne o processo dinâmico e lúdico.

No decorrer da última etapa, é esperado que os educandos exercitem seu poder de síntese e comunicação, para expor o resultado final de suas pesquisas.

Assim, a aferição dos objetivos de aprendizagem ou a avaliação dos estudantes pode ser feita analisando os seguintes pontos:

- Tiveram participação/interação durante a aula e momento no simulador virtual;
- Participaram/investigaram por meio dos recursos disponíveis sobre o problema da investigação;
- Responderam por escrito ao problema de investigação;
- Socializaram/debateram suas ideias encontradas ao longo da investigação.

É pertinente verificar a participação de cada estudante no contexto geral das aulas.