



**EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: UMA PROPOSTA  
EPISTEMOLÓGICA NA ELABORAÇÃO DE MODELOS TEÓRICOS PARA  
EXPLICAR A ESTRUTURA DA MATÉRIA**

Mariel dos Santos Macedo

Orientador:  
Prof. Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja

Santarém/Pará  
dezembro 2018

**EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: UMA PROPOSTA  
EPISTEMOLÓGICA NA ELABORAÇÃO DE MODELOS TEÓRICOS PARA  
EXPLICAR A ESTRUTURA DA MATÉRIA**

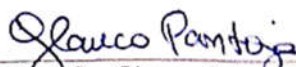
Mariel dos Santos Macedo

Orientador:

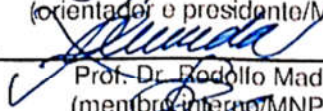
Prof. Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFPA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

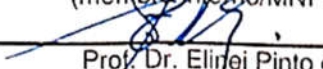
Aprovada por:



Prof. Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja  
(orientador e presidente/MNPEF-UFOPA)



Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida  
(membro interno/MNPEF-UFOPA)



Prof. Dr. Elinei Pinto dos Santos  
(membro externo/MNPEF-UFPA)

Santarém/Pará  
dezembro 2018

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca da UFOPA, com dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Macedo, Mariel Dos Santos  
EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: UMA PROPOSTA  
EPISTEMOLÓGICA NA ELABORAÇÃO DE MODELOS TEÓRICOS  
PARA EXPLICAR A ESTRUTURA DA MATÉRIA / Mariel Dos Santos  
Macedo. - Santarém, 2018.  
115f.: il.

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências da  
Educação, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.  
Orientador: Prof. Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja.

1. Ensino de Física. 2. Modelos Atômicos. 3. História da Ciência. 4.  
Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. I. Pantoja, Prof. Dr.  
Glauco Cohen Ferreira

*"Qualquer caminho é apenas um caminho e não constitui insulto algum - para si mesmo ou para outros – abandoná-lo quando assim ordena o seu coração. [...] Olhe cada caminho com cuidado e atenção. Tente-o tantas vezes quantas julgar necessário... Então, faça a si mesmo e apenas a si mesmo uma pergunta: possui esse caminho um coração? Em casa afirmativo, o caminho é bom. Caso contrário, esse caminho não possui importância alguma."*

*Carlos Castañeda, Os Ensinamentos de Dom Juan*

## **Agradecimento**

À minha filha Íris Catarina Mota Macedo, a estrela mais brilhante do meu céu, a flor mais linda de meu jardim, que faz com que o fardo da vida fique mais leve.

À minha família, pelo afeto, carinho, amor que tiveram comigo e os bons ensinamentos que transmitiram.

À minha querida mãe, Alaíde Correa dos Santos, por sempre ter acreditado no meu potencial.

O meu querido irmão, Maurício Correa dos Santos, pelo apoio durante os meus estudos.

À minha amada avó, Ocarina Correa dos Santos, por seu exemplo de sabedoria de vida.

Meu especial agradecimento a meu orientador Glauco Cohen Ferreira Pantoja, pela paciência, motivação e dedicação que teve durante o desenvolvimento dos trabalhos.

A todos os meus professores do programa que me ajudaram durante a árdua e maravilhosa jornada acadêmica, não apenas pela transmissão de seus conhecimentos, mas pelos seus valores que tanto me inspiraram.

Aos colegas do Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), e todos que contribuíram direta ou indiretamente no meu crescimento pessoal, acadêmico e profissional.

Em especial a todos os loucos, os arquitetos do caos, os mensageiros de estrelas, e aqueles que cavalgam em raios de luz.

## **RESUMO**

### **EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: UMA PROPOSTA EPISTEMOLÓGICA NA ELABORAÇÃO DE MODELOS TEÓRICOS PARA EXPLICAR A ESTRUTURA DA MATÉRIA**

Mariel dos Santos Macedo

Orientador:

Prof. Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja

Este trabalho versa sobre uma proposta pedagógica que visa ensinar os principais modelos atômicos através de uma perspectiva epistemológica, a fim de levar o aluno a compreender que o fazer científico é uma construção humana, produto do processo histórico dialético sujeito às mais variadas contradições. Para tanto, foi de grande importância a valorização do conhecimento prévio dos alunos na elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), sob a orientação dos trabalhos de Marco A. Moreira, bem como a progressiva diferenciação de conceitos e idéias no contexto da História da Ciência através da visão de Thomas Kuhn, que descreve a evolução científica a partir das revoluções paradigmáticas. Em linhas gerais, diante da análise qualitativa dos resultados obtidos através do comparativo entre pré-teste e pós-teste, podemos inferir que o produto pedagógico obteve êxito em seu propósito, que, fundamentado ao pressuposto teórico da aprendizagem significativa de David Ausubel, evidenciou ter promovido melhorias na apreensão de conceitos e significados, assim como também sugere ter aumentado a capacidade de argumentação dos estudantes diante de situações-problema em níveis mais complexos.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Modelos Atômicos, Histórica da Ciência

Santarém/Pará  
dezembro 2018

## **ABSTRACT**

### **EVOLUTION OF ATOMIC MODELS: AN EPISTEMOLOGICAL PROPOSAL FOR THE ELABORATION OF THEORETICAL MODELS TO EXPLAIN THE STRUCTURE OF MATTER**

**Mariel dos Santos Macedo**

**Orientador:**

**Prof. Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja**

This study deals about the teaching proposal that aims to teach the main of atomic models through an epistemological perspective, in order to lead the student to understand that the scientific doing is a human construction, product of the dialectical historical process subject to the most varied contradictions. For that, it was of great importance the valuation of the previous knowledge of the students in the elaboration of a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU), under the guidance of Marco A. Moreira. As well as the progressive differentiation of concepts and ideas in the context of the History of Science through the view of Thomas Kuhn, which describes scientific evolution from the paradigmatic revolutions. In general terms, everything turns clear that any support for the development of didactic tools that is going to aid in teaching practice is a valid effort, because in the face of the results, we can infer that the pedagogical product has succeeded in its purpose, based on the theoretical assumption of meaningful learning of Ausubel, was able to promote significant improvements in the apprehension of concepts and meanings, as well as to increase students' capacity for argumentation in the face of problem situations at more complex levels.

**Keywords:** Physics Teaching, Atomic Models, History of Science.

Santarém, Pará  
December 2018

## **Sumário**

Capítulo 1	Introdução .....	12
Capítulo 2	Revisão Literária.....	17
Capítulo 3	Referencial Teórico.....	20
3.1	Sobre a teoria de Aprendizagem de Ausubel.....	20
3.2	Moreira e o papel do educador no processo da Aprendizagem Significativa .....	31
3.3	Sobre a visão epistemológica da ciência de Thomas Kuhn.....	32
3.4	Análise Qualitativa dos Dados coletados .....	37
Capítulo 4	Procedimento Metodológicos e Didáticos .....	42
4.1	Metodologia didática .....	42
4.2	Metodologia investigativa .....	48
4.3	Aspectos sequenciais .....	50
Capítulo 5	Resultados e Discussões .....	55
5.1	situação 1: Análise de conhecimento prévio .....	57
5.1.1	Análise da primeira questão .....	57
5.1.2	Análise da segunda questão .....	62
5.1.3	Análise da terceira questão .....	66
5.2	Situação 2: Verificação de aprendizagem .....	73
5.2.1	Análise da primeira questão .....	74
5.2.2	Análise da segunda questão .....	77
5.2.3	Análise da terceira questão .....	81
Capítulo 6	Considerações Finais .....	86
	Referências Bibliográficas.....	90
	Apêndice A .....	93
	Apêndice B .....	94
	PRODUTO .....	95



## Lista de Figuras

Figura 1: Representação Esquemática do processo de assimilação-adaptado de Ausubel, 1968, pág. 90 .....	25
Figura 2: Representação Esquemática da Aprendizagem Significativa-adaptado de Ausubel, 1968, pág. 90 .....	27
Figura 3: Representação Esquemática da organização piramidal de ideias na estrutura cognitiva .....	28
Figura 4: Representação Esquemática dos princípios de diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Adaptado de Moreira e Masino,1980, pág. 25 .....	30
Figura 5: Conhecimento prévio-primeira questão-Categoria teoria atômica. ...	58
Figura 6: Conhecimento prévio-primeira questão-Categoria pensamento pré-socrático.....	58
Figura 7: Conhecimento prévio-primeira questão-Categoria justaposição átomo/pré-socrático.....	59
Figura 8: Conhecimento prévio-primeira questão-Categoria pensamento escolástico.....	59
Figura 9: Conhecimento prévio-respostas dos alunos- primeira questão- Pensamento informal. ....	59
Figura 10: Conhecimento prévio-apresentação gráfica primeira questão .....	60
Figura 11: Conhecimento prévio-segunda questão-Categoria ciência tecnologia. ....	63
Figura 12: Conhecimento prévio-segunda questão-Categoria pesquisa científica. ....	63
Figura 13: Conhecimento prévio-segunda questão-Categoria ciência empírica. ....	63
Figura 14: Conhecimento prévio-segunda questão-Categoria pesquisa e tecnologia.....	64
Figura 15: Conhecimento prévio-segunda questão-Categoria pensamento informal.....	64
Figura 16: Conhecimento prévio-apresentação gráfica da segunda questão ..	64

Figura 17: Conhecimento prévio-apresentação gráfica terceira questão- importância da ciência.....	66
Figura 18: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria medicina. ....	68
Figura 19: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria tecnologia.....	68
Figura 20: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria medicina/tecnologia.....	68
Figura 21: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria produção de conhecimento. ....	69
Figura 22: Conhecimento prévio-apresentação gráfica terceira questão-pontos positivos .....	69
Figura 23: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria questão bélica .....	71
Figura 24: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria questão ambiental.....	71
Figura 25: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria compulsão em função de tecnologias. ....	71
Figura 26: Conhecimento prévio-apresentação gráfica terceira questão-pontos negativos.....	72
Figura 27:Respostas primeira questão-Grupos que descreveram 5 ou 6 modelos.....	74
Figura 28: Respostas primeira questão-Grupos que descreveram 3 ou 4 modelos.....	75
Figura 29: Respostas primeira questão-Grupos que descreveram pelo menos 2 modelos.....	75
Figura 30: Apresentação gráfica-diferenciação dos modelos atômicos. ....	76
Figura 31: Respostas segunda questão-defenderam os três aspectos.....	78
Figura 32: Respostas segunda questão-defenderam dois aspectos.....	79
Figura 33: Respostas segunda questão-defenderam apenas um aspecto. ....	79
Figura 34:Apresentação gráfica-segunda questão-fatores influentes ao desenvolvimento científico. ....	80
Figura 35:Respostas terceira questão-defenderam três aspectos. ....	82
Figura 36: Respostas terceira questão-defenderam dois aspectos.....	83

Figura 37: Respostas terceira questão-defenderam apenas um aspecto ..... 83

Figura 38: Apresentação gráfica- tecnologias e teria de atômica..... 84

## Lista de Quadros

Quadro 1: Esquema de pesquisa-equipe modelo de Dalton **Erro! Indicador não definido.**

Quadro 2: Esquema de pesquisa-equipe modelo de Thomson... **Erro! Indicador não definido.**

Quadro 3: Esquema de pesquisa-equipe modelo de Rutherford. **Erro! Indicador não definido.**

Quadro 4: Esquema de pesquisa-equipe modelo de Bohr.. **Erro! Indicador não definido.**

Quadro 5: Esquema de pesquisa-equipe modelo de Schrödinger ..... **Erro! Indicador não definido.**

Quadro 6: Descrição das etapas da UEPS - Considerando carga-horário padrão para aulas da rede pública estadual de ensino- 55 minutos ..... 100

Quadro 7: Quadro expositivo quanto a delimitação da temática, seguida dos principais cientistas representando os modelos atômicos que deverão ser trabalhados pelas equipes..... 101

Quadro 8: Esquema de pesquisa produzido para orientação das equipes de trabalho. .... 102



# Capítulo 1

## Introdução

A valorização da Educação Básica é fundamental, na promoção do Ensino de Física, integrado a nossa sociedade como conhecimento cultural através de instrumentos tecnológicos, dando condições para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com pensamento crítico, capaz de refletir, questionar, e se posicionar dentro de sua realidade social. Nesse sentido os PCNS+ afirmam que:

*“Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade”*  
(BRASIL, 2002, pg. 1).

Os documentos oficiais da Educação (BRASIL, 1998; 2002; 2006) assinalam que alguns aspectos da Física Moderna são fundamentais para o entendimento acerca da constituição da matéria, e que os estudos dos modelos teóricos podem favorecer a compreensão do mundo material microscópico, bem como facilitar o entendimento de novas tecnologias. E sugerem que a perspectiva do ensino de Física a partir de temas estruturantes, no que tange aos conteúdos envolvendo matéria e radiação, podem desenvolver nos jovens habilidades e competências para compreender o mundo contemporâneo, que é cada vez mais construído através de tecnologias baseadas na utilização de radiações aplicadas à microtecnologia.

Diante disso, os PCNS (2002) recomendam que os modelos atômicos podem ser problematizados, por exemplo:

- Para explicar diferentes propriedades dos materiais (térmicas, elétricas, magnéticas etc.).
- Relacionar os modelos de organização dos átomos e moléculas na constituição da matéria às características macroscópicas observáveis em cristais, cristais líquidos, polímeros, novos materiais, etc.
- Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de micro-ondas, tomografia, etc.);

- Compreender os processos de interação das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias;
- Avaliar efeitos biológicos e ambientais do uso de radiações não-ionizantes em situações do cotidiano;
- Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos;
- Conhecer a natureza das interações e a ordem de grandeza da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina;
- Avaliar os efeitos biológicos e ambientais, assim como medidas de proteção, da radioatividade e radiações ionizantes;
- Identificar a presença de componentes eletrônicos, como semicondutores, e suas propriedades nos equipamentos contemporâneos;
- Identificar elementos básicos da microeletrônica para compreender o processamento de informação (processadores, microcomputadores, etc.), redes de informática e sistemas de automação;
- Acompanhar e avaliar o impacto social e econômico da automação e informatização na vida contemporânea.

Diante do exposto, fica evidente a importância de se trabalharem situações-problema envolvendo modelos teóricos da Física como proposta de ensino para organizar e planejar estratégias didáticas, no sentido de introduzir conhecimentos mais diferenciados, principalmente no que tange às áreas de conhecimento das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

Nesse contexto, a nossa ideia foi criar uma metodologia de ensino/aprendizagem, à luz da aprendizagem significativa de Ausubel (2000), que possa facilitar a introdução de conteúdos de Física Moderna, através da problematização dos modelos atômicos discutidos no contexto da História da Ciência.

Dessa maneira, essa dissertação de Mestrado discorre sobre o processo criativo que produziu nossa proposta didática mediante o enfoque de Moreira (2011), assim como descreve seus aspectos sequenciais de aplicação, e mostra a análise qualitativa de seus resultados verificados segundo as orientações de Moraes (2003). Para tanto, foi fundamental a valorização do conhecimento prévio do aluno na elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), ressaltando a importância de

estratégias que promovam a diferenciação progressiva de conceitos, através da problematização de situações-problema dentro de uma perspectiva integradora, com a finalidade de facilitar a assimilação e retenção de conceitos e significados, observados como possíveis indicadores de aprendizagem significativa.

Acreditamos que trazer reflexões epistemológicas para dentro da sala de aula, pode contribuir de modo significativo para desconstrução de uma visão tecnocrática do fazer científico, que define tudo a partir de parâmetros técnicos e científicos. Nesse sentido, destacamos a História da Ciência como substrato teórico/conceitual de fundamental importância na elaboração de questionamentos, que possam demonstrar que a ciência é na verdade um pouco mais complexa, do que possa parecer à primeira vista (Gama e Zanetic, 2009; 2013). Nossa proposta é fazer com que os próprios estudantes produzam seu conhecimento acerca da temática através de pesquisas orientadas e outras atividades, que irão problematizar em sala de aula os principais modelos teóricos, através de situações-problema que levem em consideração vários fatores, não somente o aspecto técnico-científico, mas também outros como, por exemplo, o contexto sociocultural, político-econômico, filosófico-religioso e etc.

Portanto, a ideia foi de abordar conteúdos de Física através de uma perspectiva epistemológica da Ciência (Kuhn, 1997), que, além de tornar o ensino mais interessante, pode também fazer o estudante compreender o fato de a ciência ser uma construção humana, produto histórico dialético, que evolui de forma não linear e através de várias rupturas teórico/conceituais.

*“Esse enfoque está em consonância com o desenvolvimento da competência geral de contextualização sociocultural, pois permite, por exemplo, compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época.” (BRASIL, 2006, pg. 64).*

Esperamos que nossa proposta possa colaborar para formação de outros estudantes, através da contribuição direta com seus professores, no sentido de aprimorar suas estratégias de argumentação através de bases científicas, que lhe permitam discutir, compreender e emitir juízos de valor quanto a possíveis cenários de conflitos, concernente a questões polêmicas inerentes à temática, como por exemplo: instalação de usinas termoeletricas, rejeitos e acidentes radioativos, arsenais nucleares, etc.



Diante das considerações supracitadas, nossa proposta de ensino/aprendizagem foi estruturada em seis capítulos, cuja síntese dos pontos fundamentais está descrita na sequência.

A introdução é apresentada no capítulo I, em que é feita uma breve contextualização dentro daquilo que nossa pesquisa se propõe a investigar, e desenvolve na sequência uma síntese dos principais capítulos do trabalho.

No capítulo II, é feita uma revisão literária, como finalidade de sondar o maior número de trabalhos que estejam alinhados a nossa proposta de ensino/aprendizagem. Nesse sentido mapeamos através de alguns dos principais veículos de divulgação de conhecimento científico, entre revistas e periódicos de Ensino de Ciência-Qualis A1 e A2. E das buscas realizadas através do filtro de seus conceitos-chave, conseguimos encontrar 8 trabalhos, associados à termos como: modelos atômicos, modelo de Bohr e História da Ciência. Sendo que destes, apenas 4, de fato se apresentavam como proposta de atividades pedagógicas, desenvolvidas como metodologias de ensino/aprendizagem (Apêndice A).

O referencial teórico é trabalhado no capítulo III, o qual descreve grande parte da pesquisa que nos auxiliou na produção de nossa metodologia didática. Esse capítulo é um dos mais importantes de nosso trabalho, pois contém toda fundamentação teórico/conceitual de nossa pesquisa. Nele são destacadas as obras mais importantes de teóricos de educação como, por exemplo, Marco A. Moreira, cujos trabalhos nos orientaram na formalização de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa-UEPS, fundamentada e estruturada à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, Novak e seus colaboradores. E o não menos importante, Thomas Kuhn, que foi de fundamental importância para trabalhar o desenvolvimento das teorias atômicas através de uma perspectiva epistemológica da História da Ciência.

No capítulo IV, descrevemos a metodologia que trata todos os aspectos procedimentais norteadores do desenvolvimento de nossos trabalhos. Este capítulo foi dividido em duas subseções para facilitar o entendimento e a compreensão de nossa proposta. A metodologia didática apresenta os objetivos estratégicos, assim como as etapas e protocolos de execução da UEPS. E a metodologia investigativa tem a finalidade de delinear toda caracterização do contexto de aplicação, assim como a descrição da análise qualitativa dos resultados.

Os resultados são apresentados no capítulo V. Através da sistematização e aprofundamento de análise textual (Moraes, 2003; Moreira e Galiuzzi, 2006), procuramos

observar possíveis indícios de aprendizagem, através da assimilação e retenção de significados, creditando metodologias fundamentadas na Aprendizagem Significativa.

No capítulo VI, tratamos sobre as considerações finais de nosso trabalho. Neste espaço procuramos construir uma narrativa capaz de sintetizar toda a nossa pesquisa. Descrevemos o resumo dos procedimentos de implementação da proposta de ensino/aprendizagem. Também são feitas algumas orientações e recomendações no sentido de melhorar a eficiência da aplicação do produto didático. E, por fim, são feitas algumas considerações quanto à justificativa, no sentido de valorizar o conhecimento produzido em função dos resultados bastante expressivos da proposta didática.

No apêndice A, é apresentada a UEPS para ensino de Modelos Atômicos, como produto didático submetido como avaliação do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física. A proposta de ensino/aprendizagem versa sobre a problematização dos principais modelos teóricos, que tentaram descrever os constituintes da matéria, sendo apresentados e discutidos pelos próprios alunos através de situações-problema no contexto da História da Ciência. Neste capítulo, são apresentados e detalhados todos os procedimentos instrucionais que nortearam nossos trabalhos em sala de aula.

## Capítulo 2

### Revisão Literária

O nosso trabalho versa sobre uma proposta de ensino/aprendizagem, problematizando os principais modelos atômicos, no contexto da História da Ciência. Nesse sentido, nos despossemos a verificar quais pesquisas e artigos estão relacionados a nosso produto didática. Nossa verificação pelos principais trabalhos alinhados a nossa proposta, limitou-se a pesquisar em revistas digitais, palavras chaves como: Modelos Atômicos, Modelo de Dalton, Modelo de Thomson, Modelo de Rutherford, Modelo de Bohr, Modelo de Schrödinger e História da Ciência, sendo que limitamos a busca dos trabalhos dentro do período compreendido entre os anos de 2013 a 2018.

Levando em conta a reputação e competência, na divulgação de conhecimento científico e tecnologias de ensino/aprendizagem, consideramos as seguintes revistas e periódicos de Ensino de Ciência-Qualis A1 e A2, sendo estes: Ciência e Educação, Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Física, Revista de Educación de las Ciencias, Acta Scientiae: Revista de Ensino de Ciências e Matemática, Alexandria – UFSC, Amazônia – Revista de Educação em Ensino de Ciências e Matemática, Areté – Revista Amazônica de Ensino de Ciências, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, Investigações em Ensino de Ciências, Latin-American Journal of Physics Education, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Revista de Ensino de Ciências e Matemática, Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, Revista de Educação em Ciências e Matemática, e Revista Electrónica de Investigación en Enseñanza de las Ciencias.

Das buscas feitas através das revistas e periódicos acima mencionados, filtramos 8 trabalhos que estejam de certo modo alinhados a nossa temática, por se concentrarem em conceitos-chave como: modelos atômicos, modelo de Bohr e História da Ciência. Diante disso, dispusemos os artigos selecionados segundo duas categorias, de acordo com finalidades práticas na atividade docente, sendo estas:

1. **Como proposta de atividade pedagógica:** criada como ferramentas de apoio no processo ensino/aprendizagem, que auxilie o professor na elaboração e condução de suas estratégias didáticas, destacamos 4 destes trabalhos (Apêndice A);
2. **Como acervo bibliográfico:** criado como repositório conceitual, servindo como espaço em que o docente possa, sempre que quiser, ter

Recuperado para enriquecer seu repertório teórico/conceitual, destacamos outros 4 (Apêndice B).

Dos artigos criados como propostas didáticas, para o ensino de conteúdos através de procedimentos instrucionais, através da problematização de modelos atômicos, conseguimos encontrar apenas 4 trabalhos que foram criados com esse objetivo, pois problematizaram os modelos teóricos para discussão de situações-problema na condução de suas estratégias didáticas.

Dentre os 4 trabalhos, apenas Corrêa e Lopes (2017) de fato se propôs a utilizar a História da Ciência para ensinar conteúdos de primeiro ano do Ensino Médio, na disciplina de Química. A proposta deste trabalho consistiu na utilização de episódios históricos para apresentar a evolução da teoria atômica desde o modelo proposto por Dalton até o modelo de Bohr, valorizando a contextualização de cada modelo, as transformações científicas de cada período, rompendo com uma compreensão de evolução do conhecimento científico de forma progressiva e linear. Comparando este trabalho com a nossa proposta, a diferença se dá primordialmente na estratégia didática, pois, quanto ao nosso, dividimos as turmas em grupos, propondo que os alunos, tomassem a frente das atividades, sendo o professor apenas mediador, auxiliando as equipes em suas pesquisas, orientando na produção de material de ensino/aprendizagem (maquetes, simuladores, vídeos, músicas, etc.) e fazendo com que os grupos de trabalho apresentassem os modelos atômicos, que foram questionados principalmente quando a suas vantagens e limitações teóricas na resolução de situações-problema em cada contexto histórico discutido. Porém, analisando a metodologia de trabalho de Corrêa e Lopes (2017), diferente do nosso, os conteúdos são apresentados pelo professor, que conduz a sequência didática, através de aulas oral-expositivas, utilizando imagens dos cientistas, bem como seus trabalhos, discutindo o contexto técnico-científico da construção dos modelos teóricos.

Os outros 3 trabalhos, Santana e Santos (2007), Junior e Neto (2015), Silva e Braibante (2014), organizados na mesma categoria (Apêndice A), quanto propostas estruturadas como intervenções pedagógicas em sala de aula, limitaram-se, porém, ao ensino de conteúdos específicos usando os modelos teóricos como substrato teórico/conceitual, problematizando situações levando em conta apenas seu aspecto técnico-científico.

Quanto às publicações que foram organizadas como acervo teórico/conceitual para levantamento bibliográfico, produzido com objetivo de fornecer ao docente uma

base segura de teorias/conceitos na elaboração de suas práticas pedagógicas, conseguimos encontrar também 4 trabalhos (Apêndice B). Porém, como o foco dessas publicações difere muito de nossa proposta, não cabe aqui maiores análises dessas publicações. Mas foram relacionadas a título de informação, pois se propõem a produzir conteúdos inerentes à temática dos modelos atômicos e que podem, como já ratificamos, servir de grande contribuição em pesquisas de apoio.

## Capítulo 3

### Referencial Teórico

Nosso trabalho versa sobre a produção de uma metodologia de ensino que auxilie o professor em sala de aula, nesse sentido apoiamos nossa pesquisa nas obras de alguns teóricos de educação, tais como Marco A. Moreira, na formalização de uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) à luz da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e Novak. Assim como também Thomas Kuhn, que contribuiu de forma significativa para a história da ciência, haja vista a temática de nosso trabalho discorrer sobre contextos históricos que produziram teorias que tentaram descrever os constituintes íntimos da matéria.

#### **3.1 Sobre a teoria de Aprendizagem de Ausubel**

A fundamentação teórica que serviu de base para desenvolver nossa UEPS destaca os pontos principais da teoria de aprendizagem de Ausubel nas seguintes obras: *Psicologia Educacional: Um Ponto de Vista Cognitivo* (1968); *Aquisição e retenção de conhecimentos* (2000), que esclarece através de uma visão mais ampla os conceitos e fundamentos discutidos na obra *Psicologia da Aprendizagem Verbal Significativa* (1963). Os trabalhos de Ausubel deram origem à teoria da aprendizagem significativa que levou muitos pesquisadores de educação a trilharem essa mesma perspectiva, a exemplos de Joseph D. Novak e Marco A. Moreira, cujas obras relevantes têm pontos destacados no nosso trabalho, que versa sobre o ensino de Física, sendo estes pontos elencados e discutidos ao longo do texto abaixo.

Segundo Ausubel, o conhecimento é significativo por definição, e se processa de maneira ativa, integradora e interativa. Ele explica que este é o resultado de um processo psicológico, que será significativo, quando produzido a partir da interação entre o arcabouço teórico preexistente e relevante do aprendiz, e articulado a tecnologias cognitivas particulares de cada indivíduo, possibilitando a assimilação e retenção de novos conceitos e ideias. Ausubel deixa claro a importância do saber já adquirido pelo aprendiz em sua teoria de aprendizagem quando destaca, em uma de suas epígrafes de seus livros, os seguintes dizeres:

*“Se eu tivesse de reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: O fator mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aluno já sabe. Averigüe isto e ensine-o em conformidade”*  
(Ausubel, 1968)

De início há dois pontos defendidos por Ausubel. Em primeiro lugar, posicionando-se de forma contrária à tendência neobehaviorista de alguns teóricos da época, ele defende que a aprendizagem é necessariamente um processo ativo, que exige um esforço de ação e reflexão por parte do educando, e que poderá ser potencializada através de metodologias adequadas ao processo.

*“Também contrariamente a convicções expressas em muitos âmbitos educacionais, a aprendizagem por recepção verbal não é necessariamente memorizada ou passiva (tal como o é frequentemente na prática educacional corrente), desde que se utilizem métodos de ensino expositivos baseados na natureza, condições e considerações de desenvolvimento que caracterizam a aprendizagem por recepção significativa...”*

*A aprendizagem por recepção significativa é, por inerência, um processo ativo, pois exige, no mínimo: (1) o tipo de análise cognitiva necessária para se averiguarem quais são os aspectos da estrutura cognitiva existente mais relevantes para o novo material potencialmente significativo; (2) algum grau de reconciliação com as ideias existentes na estrutura cognitiva – ou seja, apreensão de semelhanças e de diferenças e resolução de contradições reais ou aparentes entre conceitos e proposições novos e já enraizados; e (3) reformulação do material de aprendizagem em termos dos antecedentes intelectuais idiossincráticos e do vocabulário do aprendiz em particular (Ausubel, 2000, pág. 21).*

Ausubel também defende que a aprendizagem significativa se dá pelo processo de recepção e não por descoberta, que, nas próprias palavras do teórico, explica dizendo que:

*“... a aquisição de conhecimentos de matérias em qualquer cultura é, essencialmente, uma manifestação de aprendizagem por recepção. Ou seja, geralmente apresenta-se ao aprendiz, numa forma mais ou menos final e através de ensino expositivo, o conteúdo principal daquilo que o*

*mesmo deve aprender. Nestas circunstâncias, apenas se exige ao aprendiz que compreenda o material e o incorpore na própria estrutura cognitiva, de forma a ficar disponível quer para reprodução, para aprendizagem relacionada, quer para resolução de problemas no futuro” (Ausubel, 2000, pág. 22).*

Ausubel enfatiza o papel da linguagem como principal mecanismo operatório na construção de estruturas potencialmente facilitadoras da aprendizagem, e destaca a visão de mundo trazida pelo aluno, como fator no mecanismo de aprendizagem, que irá sedimentar as novas ideias a serem construídas através dos processos cognitivos, ou “ancorados”, segundo Ausubel, no conhecimento já adquirido pelo aluno ao longo de sua experiência de vida (Ausubel, 2000, pág. 97).

Como já antecipamos, a linguagem tem um papel fundamental dentro da teoria de Ausubel, pois de fato, pensamos através desse mecanismo, é através da fala que o indivíduo produz, manipula e transmite a informação, representada dentro de seu campo semântico particular e condicionado pelas propriedades representacionais das palavras. Ausubel também explica que a aprendizagem é receptiva, pois foi dessa forma que evoluímos ao longo do tempo, recebendo e armazenando toda forma de conhecimento válido à nossa sobrevivência. E destaca que a função da linguagem desempenha um papel fundamental na aprendizagem escolar, pois de todo modo, a aquisição de conceitos e proposições trabalhados dentro das disciplinas depende necessariamente desse mecanismo. Portanto, é graças a esse código que é possível a complexa funcionalidade dos processos cognitivos, e conclui que a fala contribui de pelo menos três formas importantes (Ausubel, 2000, pág. 100), para recepção e retenção de conhecimento:

1. Os campos semânticos das palavras facilitam o processo de informação envolvido no pensamento;
2. A verbalização de proposições emergentes, antes da designação dos mesmos, ajuda a aperfeiçoar e melhorar os conceitos produzidos, facilitando sobretudo a sua transferência;
3. Num sentido amplo, é através da linguagem que o indivíduo tem a possibilidade de aumentar de forma significativa o seu repertório de conceitos e de princípios ao longo de sua vida.



Ausubel argumenta que a aprendizagem por recepção verbal não é necessariamente sujeita a técnicas de memorização, ou de outra forma passiva, como comumente se observa na prática pedagógica ordinária. Pelo contrário, Ausubel baseia-se na proposição de que a aquisição e retenção do conhecimento, são produtos de um processo ativo, integrador e interativo entre os materiais produzidos adequadamente as condições da aprendizagem significativa do educando.

### **Aprendizagem mecânica x Aprendizagem significativa**

Ausubel definiu aprendizagem mecânica, com conhecimento produzido com pouca ou nenhuma vinculação à estrutura cognitiva prévia disponível do aprendiz. Ele explica ainda que, sem essa interação fundamental, a estrutura de aprendizagem irá se mostrar instável e desorganizada, de modo que os novos conceitos não poderão ter referência relevante às ideias preexistentes, e serão produzidos de forma aleatória e sem articulação com aspectos especificamente relevantes da estrutura cognitiva, explicando que:

*“...é óbvio que as aprendizagens por memorização não aumentam a substância ou composição do conhecimento, enquanto a relação das mesmas para com os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva for arbitrária, não substantiva, literal, periférica e, geralmente, de duração, utilidade e significado transitórios. Normalmente, possuem (ex.: os números de telefone) uma utilidade limitada, prática e com vista a poupar tempo e esforço”. (Ausubel, 2000, pág. 10)*

Por outro lado, a aprendizagem significativa, implica necessariamente na modificação, seja das informações recentemente adquiridas, seja em aspectos relevantes da estrutura cognitiva vinculadas às novas informações. Explica que, diferente da aprendizagem mecânica, o processo envolve uma ancoragem seletiva, integradora entre a nova informação e o conhecimento preexistente do educando. Portanto, dentro da teoria de Ausubel é o conhecimento prévio relevante (subsunçores) que sedimenta novos conceitos e proposições, de forma a facilitar o processo de aprendizagem significativa. Se a estrutura cognitiva é estável, organizada e funcional, os processos de pensamento irão articular-se às novas proposições a partir de ideias pré-dispostas no intelecto do indivíduo, produzindo ideias claras e conceitos com significados precisos que podem ser retidos, pois estão “ancorados” na estrutura mental de pensamento do aprendiz.

## **O papel da estrutura cognitiva preexistente**

Segundo Ausubel, a estrutura cognitiva preexistente é o fator determinante no processo de aprendizagem. Ele chama, dentro de sua teoria, de subsunçor ou subsunçores, ao conjunto de valores, ideias, proposições e conceitos disponíveis na estrutura cognitiva. Explica que esse fator da estrutura cognitiva pode melhorar ou desvalorizar a aquisição inicial de novos conceitos e significados, dependendo da disponibilidade, relevância, clareza e capacidade de discriminação dos mesmos e, portanto, quando novas proposições encontram “encaixes” em algum aspecto comum relevante na estrutura cognitiva disponível, associadas aos subsunçores acessíveis ao aprendiz, temos um processo psicológico eficiente de aquisição e retenção de conhecimento, correspondente à aprendizagem significativa.

*“...as informações novas e potencialmente significativas ancoram-se, mais frequentemente, a ideias relevantes mais gerais e inclusivas na estrutura cognitiva do aprendiz. Tem-se vindo a referir este processo de relacionamento de novas informações com segmentos subordinantes relevantes e preexistentes da estrutura cognitiva como aprendizagem de subsunção. Uma vez que a própria estrutura cognitiva tem tendência a ser organizada, em termos hierárquicos, no que toca ao nível de abstração, generalidade e inclusão de ideias, a emergência de novos significados proposicionais reflete, de um modo geral, uma relação subordinada do novo material a ideias mais subordinantes existentes na estrutura cognitiva”. (Ausubel, 2000, pág. 93)*

Então, uma vez que os novos conhecimentos recém apropriados se estabelecem de forma adequadas, na estrutura cognitiva, consequência direta da eficiência, longevidade e organização hierárquica dos subsunçores estabelecidos, estas novas ideias recém incorporadas e retidas podem se tornar novos subsunçores, desde que assumam as seguintes características:

- Possuir uma importância de caráter específico e peculiar, que a diferencia para tarefas de aprendizagem posteriores;
- Carregar um inerente caráter explicativo que lhe possibilite transformar conceitos arbitrários e não substantivos em potencialmente significativos;

- Ser estável e substancial para que possa fornecer suporte de forma sólida aos recém assimilados conceitos e proposições, apto a organizar, articular e ancorar novos fatores relacionados em torno de um tema comum.

### **A teoria da assimilação nos processos de aquisição, retenção e organização de conhecimento**

Muitos teóricos de educação tentaram elaborar propostas educacionais que, aplicadas ao comportamento do indivíduo, identificassem as melhores condições que favorecessem o processo de ensino aprendizagem, porém, outros se debruçaram em tentar entender os fatores cognitivos inerentes ao indivíduo nesse mecanismo. Dentro dessa última perspectiva, Ausubel desenvolve uma teoria que, de forma geral, tenta explicar como ocorre o processo mental no tocante ao processamento da informação, e, para que possamos entender de forma mais ampla o processo de aquisição, retenção e organização de ideias na estrutura cognitiva, é fundamental a compreensão do conceito de assimilação. Nesse sentido, dentro de sua teoria, podemos entender a assimilação como o processo pelo qual uma nova ideia, potencialmente significativa, *a*, interage com uma outra ideia, *A*, disposta e já estabelecida na estrutura cognitiva. Por conseguinte, ambas as ideias se modificam e ficam disponíveis separadamente na forma *a'* + *A'*, durante o período denominado retenção. Anteriormente, quando a nova ideia *a* é assimilada pela ideia ancorada *A*, ocorre a construção de um produto ideário interativo *A'a'*.

Pelo esquema abaixo podemos entender de forma simplificada o processo de assimilação:

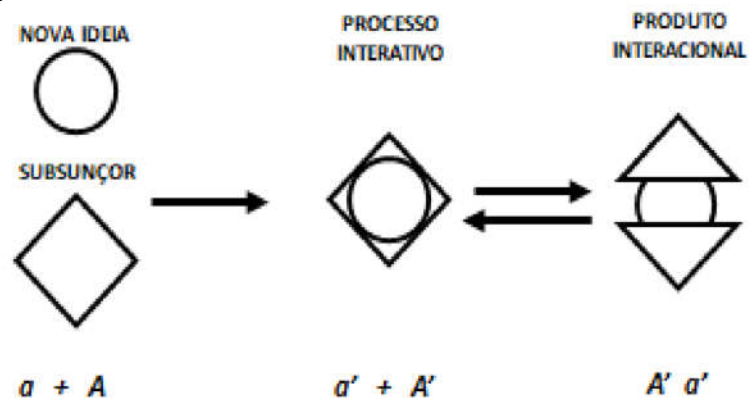


Figura 1: Representação Esquemática do processo de assimilação. Adaptado de Ausubel, 1968, pág. 90

É importante destacar que os elementos interativos *a'* e *A'* formadores do produto interacional *A'a'* permanecem constituídos em um tipo de interdependência harmônica

entre si, a partir da correlação  $A' a' \leftrightarrow a' + A'$ , integrados dentro de uma unidade compósita ligada ou em um tipo complexo ideário, descrito da seguinte forma, segundo Ausubel:

*“Porém, o mais importante é que ambos os produtos interativos  $a'$  e  $A'$  permanecem em relação um com o outro, como co-membros de uma unidade compósita ligada ou de um complexo ideário,  $A'a'$ . Por conseguinte, no sentido mais completo do termo, o produto interativo real do processo de aprendizagem significativa é não só o novo significado  $a'$ , mas também inclui a alteração da ideia ancorada e é, assim, co-extensivo ao significado compósito  $A'a'$ .” (Ausubel, 2000, pág. 106).*

Em linhas gerais, podemos dizer que o produto interativo real  $A'a'$  é tanto maior e mais complexo que apenas a integração  $a' + A'$ , em que ambos os elementos  $a'$  e  $A'$  permanecem como co-membros de uma unidade compósita da seguinte correlação  $a' + A' \leftrightarrow A'a'$ .

Depois do resultado do processo  $a' + A' \leftrightarrow A'a'$ , no qual estamos agora diante da aquisição de uma nova ideia compósita  $A'a'$ , que invariavelmente poderá sofrer alterações ao longo do tempo, por processos de retenção e esquecimento. Adiantamos que o mecanismo de aquisição não se completa tão logo terminado a aprendizagem significativa, mas continua durante certo período de tempo, quando podem ocorrer novas interações com ideias potencialmente significativas.

Em um momento posterior à aprendizagem, temos uma segunda fase denominada de assimilação *obliterante*. Depois de alcançado certa estabilidade pelo novo significado devidamente ancorado, este gradualmente vai se tornando menos dissociável do construto conceitual formado inicialmente pelo processo de assimilação, progressivamente quando a força de dissociabilidade, que pode alcançar níveis críticos, chamados de o limiar de disponibilidade.

*“o grau original de força de dissociabilidade, depois de ocorrer a aprendizagem significativa, variar com fatores tais como a relativa relevância da ideia ancorada, a estabilidade, a clareza e o grau de discriminação desta em relação ao material de aprendizagem”.* (Ausubel, 2000, pág. 110).

Em um primeiro estágio a alta força de dissociabilidade permitirá que as ideias envolvidas no processo ainda sejam dissociáveis, em um segundo momento haverá uma perda gradual de dissociabilidade entre os produtos interativos devido ao baixo nível de intensidade da força. E uma vez

alcançado o limite de disponibilidade devido o aprofundamento do processo, fará com que ideias antes ainda recuperáveis, agora não mais, até que  $a' + A'$  seja reduzido a apenas  $A'$ , ou ainda ao ponto de restar somente a ideia ancorada  $A$  original do processo. De outra forma, podemos dizer que o papel obliterante é “moldar” o produto interacional  $a' + A'$  até que este alcance um nível de indissociabilidade tal, que não possa mais ser desvinculado do conceito inicialmente ancorado e gradualmente seja modificado até tornar-se um novo subsunçor  $A'$ .

*“Na devida altura, à medida que o processo de assimilação continua a decorrer, os significados de conceitos ou proposições componentes podem já não ser dissociáveis (recuperáveis) das respectivas ideias ancoradas, afirmando-se ter ocorrido uma assimilação obliterante ou um esquecimento significativo: a assimilação relativamente completa da especificidade do novo significado faz com que este já não seja dissociável (recuperável) da generalidade da ideia mais inclusiva ancorada na estrutura cognitiva (devido à subsunção obliterante) e considera-se, por conseguinte, estar esquecido”.* (Ausubel, 2000, pág. 106).

Pelo esquema abaixo podemos entender de forma simplificada o processo de assimilação obliterante no processo de aprendizagem significativa:

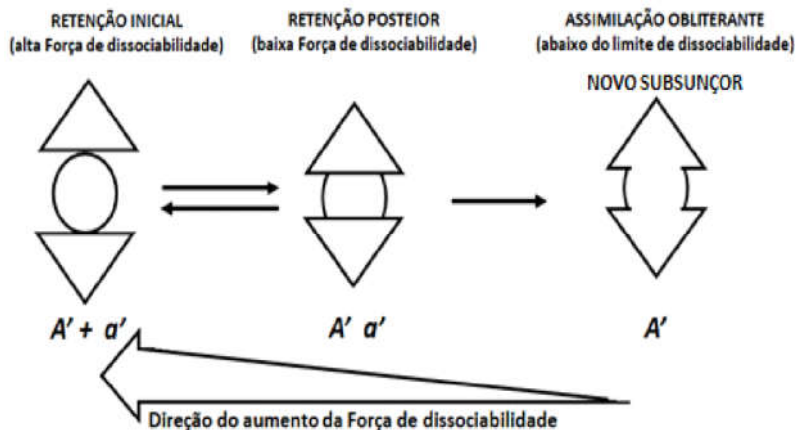


Figura 2: Representação Esquemática da Aprendizagem Significativa. Adaptado de Ausubel, 1968, pág. 90

No tocante ao processo de retenção, acredita-se que a assimilação de uma nova ideia pode ser favorecida de pelo menos três maneiras, quais sejam:

1. O processo de ancoragem, que a nova ideia potencialmente significativa constrói com um conceito já estabelecido e consolidado na estrutura cognitiva;
2. O tempo com que a nova ideia potencialmente significa se mantém ancorada junto ao conceito estabelecido será fundamental, para garantir a estabilidade do produto interacional e posteriormente o surgimento de um novo subsunçor;
3. O nível de afinidade conceitual entre as ideias envolvidas, ou seja, o quanto indissociável se mostra a correlação de conceitos no processo de assimilação.

Por conseguinte, levando em conta que o processo de ancoragem assim como exerce um papel facilitador na retenção de ideias, também é razoável que favoreça a organização cognitiva de conceitos no intelecto do estudante, organização que segundo Ausubel, constrói-se de maneira hierárquica e de forma piramidal, de maneira que significados e proposições mais refinadas e sofisticadas formem a fundação da estrutura da pirâmide informacional cognitiva, sendo que ideias mais inclusivas e menos diferenciadas, progressivamente, sejam alocadas em níveis superiores até chegar ao cume, onde são colocadas as proposições mais genéricas e vastamente explicativas.

*“Nesta, as ideias mais inclusivas e vastamente explicativas ocupam uma posição no cume da pirâmide e subsumem, de forma progressiva, ideias menos inclusivas ou mais diferenciadas, estando cada uma destas ligadas ao degrau imediatamente mais acima na hierarquia, através de laços relacionados de natureza assimilativa”.* (Ausubel, 2000, pág. 107).

Pelo esquema abaixo podemos entender de forma simplificada a organização piramidal das ideias no arcabouço teórico do indivíduo.

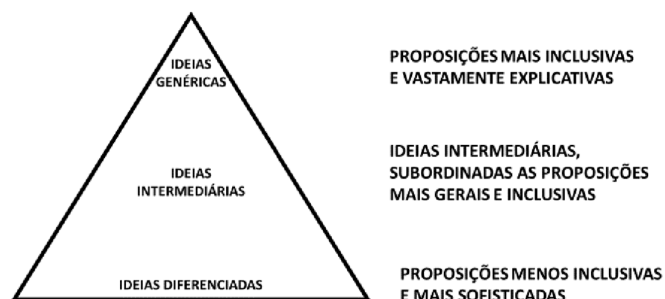


Figura 3: Representação Esquemática da organização piramidal de ideias na estrutura cognitiva

## **Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa**

A teoria da assimilação, de certo modo, parte da premissa de que novos significados podem ser incorporados, retidos e organizados no intelecto do indivíduo se encontrarem afinidade em proposições e conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva do estudante. Do mesmo modo, visando a uma organização de conteúdos didáticos aos moldes do processo de assimilação, podemos desenvolver materiais pedagógicos de modo que os processos de diferenciação e reconciliação integradora, como mecanismos inerentes à dinâmica da estrutura cognitiva, estabeleçam a ligação entre o que o aluno já sabe e o que deve aprender de forma significativa.

*“Os organizadores avançados são mecanismos pedagógicos que ajudam a implementar os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora, estabelecendo a ligação entre o que o aprendiz já sabe e o que precisa de saber, caso pretenda apreender e reter, de forma eficaz, novos materiais de instrução...”*

*A função do organizador, depois de interagir com os subsunçores relevantes na estrutura cognitiva, é fornecer um apoio ideário para a incorporação e retenção estável do material mais detalhado e diferenciado que se segue à passagem de aprendizagem, bem como aumentar a capacidade de discriminação entre este material e as ideias semelhantes ou ostensivamente conflituosas na estrutura cognitiva”.* (Ausubel, 2000, pág. 151).

Para Ausubel, a diferenciação progressiva será o resultado de sucessivas assimilações de conceitos e significados, que foram processados e organizados na estrutura cognitiva do indivíduo, através de materiais potencialmente significativos, que além de aperfeiçoá-los, também poderá potencializar a ancoragem de novas ideias.

*O processo de assimilação sequencial de novos significados, a partir de sucessivas exposições a novos materiais potencialmente significativos, resulta na diferenciação progressiva de conceitos ou proposições, no conseqüente aperfeiçoamento dos significados e numa potencialidade melhorada para se fornecer ancoragem a aprendizagens significativas posteriores.* (Ausubel, 2000, pág. 106)

Diante disso, como já acima adiantamos, os mecanismos de ensino aprendizagem, que irão facilitar a implementação dos princípios de diferenciação progressiva, dar-se-ão em função da organização do material pedagógico, no sentido de apresentar os conteúdos das disciplinas a serem desenvolvidos em uma ordem que obedeça, necessariamente, à apresentação de seus aspectos mais gerais e sendo gradualmente, diferenciados em termos de suas ideias e proposições mais específicas.

Do mesmo modo, para Ausubel, o princípio de reconciliação integradora na estrutura cognitiva deve de forma explícita explorar as relações, entre as ideias relacionadas, de maneira a evidenciar semelhanças e diferenças significativas, no sentido de reconciliar aparentes inconsistências, de promover a integração de proposições e conceitos semelhantes, que tenham grande afinidade entre si (Ausubel, 2000, pág. 168).

Nesse sentido, semelhante ao método instrucional da diferenciação progressiva, podemos elaborar com ajuda de organizadores prévios, métodos instrucionais facilitadores na reconciliação integradora, ao passo que apontem de forma clara, como relacionar os conceitos semelhantes disponíveis na estrutura cognitiva, trabalhando mecanismos pedagógicos que proponham organizar ideias similares e diferentes aos novos significados a serem aprendidos (Moreira, 2006, pág. 174).

Pelo esquema abaixo podemos entender como os materiais instrucionais podem ser orientados segundo os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. As linhas cheias sugerem a direção recomendada para diferenciação progressiva, enquanto as linhas tracejadas sugerem a reconciliação integrativa.

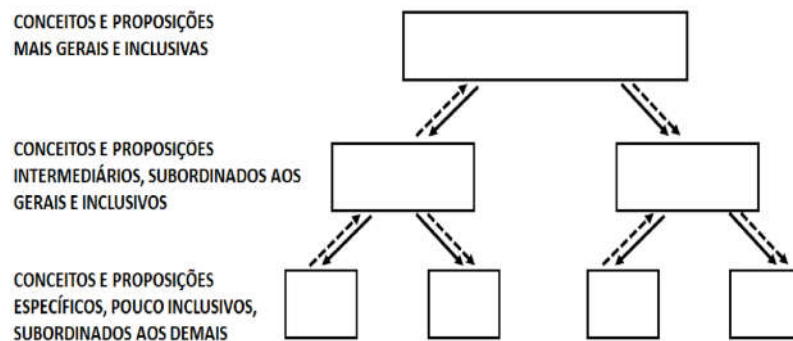


Figura 4: Representação Esquemática dos princípios de diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Adaptado de Moreira e Masino, 1980, pág. 25



Levando em conta os princípios acima discutidos na produção de material instrucional, a diferenciação progressiva deve condicionar os conteúdos de maneira tal que, primeiramente, os aspectos mais gerais sejam abordados, ou seja, a programação deve sistematizar a ordem de apresentação de modo a direcionar as ideias a partir de seus aspectos mais genéricos, passando por significados intermediários subordinados aos conceitos mais gerais e, em sucessivas diferenciações, chegar até seus aspectos mais específicos e sofisticados. E, posteriormente, a reconciliação integrativa deve fazer o caminho inverso, divergindo de uma situação ou ideias específicas mais refinadas, buscando similaridades e diferenças importantes que deverão ser problematizadas e trabalhadas em contextos amplos e interdisciplinares.

### **3.2 Moreira e o papel do educador no processo da Aprendizagem Significativa**

A partir da teoria de Ausubel, destacamos quatro fatores, que são pontuados por Moreira (2006, pág. 169), quanto ao procedimento de estruturação que o professor deve observar na elaboração de suas atividades de ensino, que são:

1. (Organizar) *A priori* o professor deve produzir um mapeamento conceitual e proposicional da matéria de ensino, identificando os conceitos unificadores e inclusivos, assim como os fatores de integração que se articulam dentro da disciplina, organizando de maneira hierárquica as ideias de maior relevância;
2. (Identificar) Em seguida o professor deverá identificar quais ideias, proposições e significados o aluno deveria ter estabelecidos de forma substantiva, clara e estável, e que deveriam estar disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz para servir de subsunçores, nos quais os novos conhecimentos serão ancorados, para que o estudante aprenda os novos conceitos de forma significativa;
3. (Diagnosticar) O professor deve desenvolver mecanismos que mostrem quais conhecimentos prévios os alunos já possuem, e quais estariam disponíveis de forma relevante, para que o professor possa conduzir seus trabalhos dentro da perspectiva da aprendizagem significativa.
4. (Executar) O professor deverá, por fim, desenvolver sua atividade pedagógica seguindo as orientações teóricas da aprendizagem significativa, sendo um facilitador e mediador da assimilação e retenção entre a estrutura conceitual da matéria de ensino para estrutura cognitiva do aprendiz de maneira significativa. Para tanto deve construir uma

estrutura didática que conduza o estudante dentro de uma sequência de pensamento que o direcione através dos conceitos, seguindo de ideias mais gerais, passando por conceitos intermediários e finalmente chegando nos mais específicos, possibilitando a criação de uma estrutura de conhecimento clara, estável e organizada;

### **Processos educacionais e aprendizagem significativa**

Ausubel destaca que, apesar da aprendizagem significativa invariavelmente depender da particularidade intelectual de cada indivíduo, por se tratar necessariamente de processos mentais, e não sendo em tese sujeito a mecanismos laboratoriais de análises, permanece sendo predominantemente o modo pelo qual o conhecimento é difundido em escolas e faculdades. Portanto, as metodologias pedagógicas e programas educacionais desenvolvidos à luz da aprendizagem significativa devem, em linhas gerais, sempre buscar a melhor forma possível de relacionar significados dentro de um arcabouço teórico relevante e que faça sentido à vida do aprendiz, de maneira a facilitar a ancoragem de novas ideias, proporcionando estabilidade na retenção e organização cognitiva de conceitos, potencializando a longo prazo a integridade memorial dos conteúdos trabalhados significativamente na estrutura cognitiva dos estudantes.

Terminado a discussão sobre os trabalhos importantes de Ausubel, Novak e Moreira que contribuíram de forma significativa na produção de nosso trabalho, passamos na sequência à observação de outro cientista, pois, como nossa proposta pedagógica tem como substrato conceitual o ensino de história da ciência, é pertinente dar ao estudante uma visão epistemológica, e, para tanto, fundamentamos nossa pesquisa nos ensaios de Thomas Kuhn, cujos pontos relevantes estão desatados em sequência.

### ***3.3 Sobre a visão epistemológica da ciência de Thomas Kuhn***

Por tratarmos sobre o ensino de conteúdos de Física no contexto da evolução dos modelos atômicos, ou seja, teorias científicas que se modificaram ou foram sendo aprimoradas em função de inúmeros fatores ao longo da história da ciência, acreditamos ser de fundamental importância que nosso trabalho tenha base em uma visão epistemológica de como a ciência se desenvolve. Dessa maneira, buscamos apoio nos trabalhos de Thomas Kuhn, que, pelo seu contato com diferentes áreas do conhecimento,

a exemplo da psicologia, epistemologia, sociologia e ciências naturais, contribuiu de forma significativa para a história da ciência, no sentido de mostrar o fazer científico como um produto do fazer humano, condicionado em um contexto histórico e sócio cultural que se articula através das relações humanas e suas contradições, e que eventualmente pode sofrer modificações ao longo do tempo através das revoluções científicas, que invariavelmente modificam os paradigmas científicos. Diante disso, primeiramente, destacamos este conceito, que segundo Kuhn:

*“Considero “paradigmas” as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (Kuhn, 1997, p.13).*

Na visão de Kuhn, o conceito de paradigma é de fundamental importância para se compreender como se dá a dinâmica da ciência ao longo dos tempos, pois, segundo ele, estes se constituem como modelos e representações de mundo que fornecem, aos membros de uma comunidade científica, os métodos e procedimentos que devem ser seguidos na sua prática. Logo, é o paradigma que norteia os passos dos cientistas em sua pesquisa, na busca de resoluções de problemas, formulações de leis, análise de variáveis, levantamento de hipóteses, proposições de metodologias e produção de modelos teóricos que possam fornecer previsões e respostas adequadas aos problemas que lhe são apresentados.

Além disso, o paradigma alcança, em certos períodos, um estado de normalidade, no qual, durante algum tempo, conseguem-se fornecer procedimentos e metodologias satisfatórias às pesquisas científicas. Kuhn desenvolve dentro desse contexto específico outro conceito, o de **“ciência normal”**, explicando que:

*“Neste ensaio, “ciência normal” significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos para sua prática posterior” (Kuhn, 1997, pág. 29).*

Para Kuhn, a ciência normal se mostra limitada em produzir grandes novidades, seja em conceitos ou em fenômenos, afirmando que os resultados esperados serão sempre pequenos se comparados às possibilidades que a imaginação pode produzir. Quando uma pesquisa não se adequa ou não segue o caminho predisposto pelo paradigma, ela será considerada equivocada em sua fundamentação teórica. Nesse sentido, os cientistas dificilmente resolvem se arriscar longe dos limites da ciência normal, pelo contrário, trabalham com afinco e empenham-se na busca de resultados, pois estes contribuem para aumentar o alcance e precisão com os quais o paradigma pode ser aplicado, de modo que a constante busca em aprimorar a precisão de soluções de problemas, dentro do arcabouço teórico da ciência normal, transforma o pesquisador em um solucionador de quebra-cabeças:

*“Resolver um problema da pesquisa normal é alcançar o antecipado de uma nova maneira.: Isso requer a solução de todo o tipo de complexos quebra-cabeças instrumentais, conceituais e matemáticos. O indivíduo que é bem-sucedido nessa tarefa prova que é um perito na resolução de quebra-cabeças. O desafio apresentado pelo quebra-cabeça constitui uma parte importante da motivação do cientista para o trabalho...”*

*Quebra-cabeça indica, no sentido corriqueiro em que empregamos o termo, aquela categoria particular de problemas que servem para testar nossa engenhosidade e habilidade na resolução de problemas” (Kuhn, 1997, pág. 58).*

Assim, um quebra-cabeça científico pode ser entendido como um processo condicionado à ciência normal, que tem como função a busca de soluções possíveis de um problema delimitado a partir de regras definidas pelo próprio paradigma.

*“Consideremos agora um outro aspecto, mais difícil e revelador, do paralelismo entre os quebra-cabeças e os problemas da ciência normal. Para ser classificado como quebra-cabeça, não basta a um problema possuir uma solução assegurada. Deve obedecer a regras que limitam tanto a natureza das soluções aceitáveis como os passos necessários para obtê-las. Solucionar um jogo de quebra-cabeça não é, por exemplo, simplesmente ‘montar um quadro’” (Kuhn, 1997, pág. 61).*

Essas regras estabelecem diferentes condições, de modo que os resultados de uma pesquisa somente serão aceitos como satisfatórios se vinculados a uma teoria derivada do próprio paradigma. Kuhn denomina de “regras da ciência normal” as condições que proporcionam informações adicionais sobre os compromissos firmados pelos cientistas na formalização de quebra-cabeças, bem como nas limitações de suas soluções.

*“A existência dessa sólida rede de compromissos ou adesões conceituais, teóricas, metodológicas e instrumentais — é uma das fontes principais da metáfora que relaciona à ciência normal à resolução de quebra-cabeças. Esses compromissos proporcionam ao praticante de uma especialidade amadurecida regras que lhe revelam a natureza do mundo e de sua ciência, permitindo-lhe assim concentrar-se com segurança nos problemas esotéricos definidos por tais regras e pelos conhecimentos existentes” (Kuhn, 1997, pág. 65).*

No que se refere à tradição metodológica que direciona as pesquisas científicas, Kuhn explica que, apesar de esta fomentar a disputa aberta na elaboração de modelos teóricos distintos na resolução de problemas, todas as pesquisas estão condicionadas dentro dos limites estabelecidos e delimitados pelo paradigma, que é capaz de prover, sem maiores transtornos, todo apoio técnico e procedimental aos membros da comunidade científica no desenvolvimento de seus trabalhos. É, portanto, dentro do paradigma que as disciplinas buscam durante algum tempo respostas e soluções para suas pesquisas.

No entanto, quando a comunidade científica se depara com situações onde os procedimentos e metodologias se mostram ineficientes diante de algum problema, temos o que Kuhn irá denominar de “**anomalias**”, um conceito destacado para explicar situações que se mostram irresolutas diante de todas as abordagens metodológicas do paradigma nas palavras de Kuhn:

*“E quando isto ocorre – isto é, quando os membros da profissão não podem mais esquivar-se das anomalias que subvertem a tradição existente da prática científica – então começam as investigações extraordinárias que finalmente conduzem a profissão a um novo conjunto de compromissos, a uma nova base para a prática da ciência” (Kuhn, 1997, pág. 25).*

E quando todas as ferramentas tradicionais se mostram inadequadas para atacar o problema, surgem rupturas que buscam alternativas procedimentais em campos teóricos distintos ao modelo estabelecido, e, na busca de um novo entendimento além dos modelos fornecidos pelo paradigma, a esse momento Kuhn irá chamá-lo de **crise do paradigma**, explicando que:

*“As revoluções científicas iniciam-se com um sentimento crescente, também seguidamente restrito a uma pequena subdivisão da comunidade científica, de que o paradigma existente deixou de funcionar adequadamente na exploração de um aspecto da natureza, cuja exploração fora anteriormente dirigida pelo paradigma. Tanto no desenvolvimento político como no científico, o sentimento de funcionamento defeituoso, que pode levar à crise, é um pré-requisito para a revolução” (Kuhn, 1997, pág. 162).*

Dentro desse contexto dialético e revolucionário, comparadas pelo próprio Kuhn, as revoluções e convulsões sociais, que se caracterizam por momentos de tensões, nos quais os modelos tradicionais são questionados justamente por não fornecerem respostas apropriadas diante de uma nova realidade insurgente, fazem com que a crise paradigmática evoluía dentro de uma perspectiva de ruptura com as bases teóricas estabelecidas, em que ocorre uma revisão profunda nos conceitos e fundamentos teóricos que antes se mostravam aparentemente sólidos. É, portanto, dentro dessas circunstâncias que nasce o novo paradigma, que irá promover a substituição de ferramentas metodológicas alternativas em detrimento das ferramentas tradicionais que se mostram inadequadas.

E ao processo de desequilíbrio desencadeado desde o surgimento de anomalias, passando pelos questionamentos conceituais até a fundamentação de um novo paradigma, Kuhn irá chamar de Revolução Científica. Este momento é marcado por rupturas conceituais profundas que o próprio teórico destaca em seus trabalhos, quando problematizou as novas concepções necessárias às proposições teóricas que Copérnico introduziu no contexto da teoria heliocêntrica, afirmando que:

*“Consideremos, por exemplo, aqueles que chamaram Copérnico de louco porque este proclamou que a Terra se movia... Do mesmo modo, a inovação de Copérnico não consistiu simplesmente em movimentar a*

*Terra. Era antes uma maneira completamente nova de encarar os problemas da Física e da Astronomia, que necessariamente modificava o sentido das expressões “Terra” e “movimento”. Sem tais modificações, o conceito de Terra em movimento era uma loucura”. (Kuhn, 1997, pág.190).*

Diante desse breve exposto, podemos verificar que Thomas Kuhn descreve o desenvolvimento da ciência estruturado em função de paradigmas, e que as crises internas geradas por anomalias serão responsáveis por rupturas conceituais, que caracterizam as revoluções científicas marcando a mudança de um paradigma para outro.

O parágrafo acima encerra a fundamentação teórica que nos auxiliou na produção de nossa proposta metodológica de ensino aprendizagem, que na medida do possível discutiu, de modo resumido, pontos importantes da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, Novak e seus colaboradores, passando pelas contribuições de Moreira na formalização da UEPS, e abordou o ponto de vista epistemológico de Thomas Kuhn, pois acreditamos ser importante que o estudante tenha essa noção epistemológica e estrutural do fazer científico, que pode ser discutida em sala de aula através de exemplos concretos da própria Física, como o emblemático contexto da revolução copernicana, que transformou completamente nossa compreensão de mundo, mudando não apenas aspectos astronômicos e cosmológicos, como também físicos, filosóficos e religiosos, e que desencadeou mudanças profundas em nossa sociedade.

Na sequência, apresentamos a metodologia empregada para verificação e análise dos dados coletados ao longo de nosso trabalho, e que nos possibilitou, em modo geral, qualificar como exitoso os resultados obtidos.

### **3.4 Análise Qualitativa dos Dados coletados**

Na verificação dos resultados de nossa proposta de ensino/aprendizagem, consideramos principalmente os dois pontos que nos guiaram nesse processo. A busca de evidências no que tange à aprendizagem de significados através do comparativo das avaliações feitas em sala de aula, no pré-teste, que visava à prospecção do conhecimento prévio do aluno, e pós-teste, que tinha como finalidade validar a metodologia de ensino, bem como a promoção da Aprendizagem Significativa como metodologia eficiente na assimilação, retenção e organização de conhecimento (Moreira, 2011). E, para analisar os dados coletados através das produções textuais dos estudantes, utilizamos a

fundamentação teórica de “Análise Textual Discursiva” (Moreira e Galiazzi, 2006) e “A Compreensão Possibilitada Pela Análise Textual Discursiva” (Moraes, 2003).

### **Análise Textual Discursiva**

De modo geral a pesquisa qualitativa se apresenta como importante ferramenta de investigações de fenômenos por meio de análises de representações textuais (Moreira, 2006). Nesse sentido, ela tem sido cada vez mais utilizada como conhecimento metodológico na sistematização e aprofundamento de análises textuais, pois tem possibilitado o surgimento de novos significados através do diálogo produzido entre técnicas de unitarização e categorização, tornando mais acessíveis os resultados da investigação dos objetos de apreciação.

*“...pode ser compreendida como um processo auto-organizado de construção de compreensão em que novos entendimentos emergem de uma sequência recursiva de três componentes: desconstrução do corpus, a unitarização, o estabelecimento de relações entre os elementos unitários, a categorização, e o captar do novo emergente em que nova compreensão é comunicada e validada. (Moraes, 2003, pág. 192)*

Como importante ferramenta de exame, a análise textual discursiva pode ser entendida como um processo de compartimentalização do texto, produzindo unidades de significados, que separadas podem fomentar um conjunto de unidades oriundas da interlocução empírico/teórica interpretada através das palavras, pois, de fato, a matéria prima da análise qualitativa se constitui como um conjunto de signos que expressam a experiência e vivência de mundo do indivíduo ou de um coletivo, que foi externada em uma linguagem textual, decifrável, e que pode ser traduzida através de exercícios de compreensão e interpretação.

Dentro dessa perspectiva, analisamos as respostas dos alunos, seguindo as orientações de Moraes (2003), considerando os seguintes procedimentos:

Em primeiro lugar, operamos a análise textual ao “desmontarmos” os textos produzidos pelos estudantes (*corpus*), no que denominamos segundo Moraes de processo de unitarização, que tem como objetivos, atingir unidades conceituais básicas. E como estamos tratando de visões de mundo que um indivíduo carrega em seu patrimônio memorial, tentamos, dentro do possível, nos colocarmos no lugar do outro, levando em conta suas especificidades e particularidades.



Assim, considerando esses aspectos, o processo analítico se dá justamente no intenso movimento de interpretação e produção de argumentos, que resultará na produção de meta-textos analíticos, que a *posteriori* irão se constituir como referência na interpretação dos textos em estudo.

*“A unitarização é processo de colocar-se no movimento dos pensamentos da consciência coletiva, de reconstrução de significados compartilhados socialmente a partir da perspectiva pessoal do pesquisador.”* (Moraes, 2006, pág. 124).

Não há dúvida quanto à grande utilidade dessa técnica de análise, pois, uma vez definidos os recortes através da fragmentação conceitual do texto principal, poderemos ponderar vários grupos de textos semelhantes, tendo agora como parâmetro-analítico a unidade textual fragmentada, elaborada como unidade conceitual pré-definida e correlacionada dentro de nossa temática. (Moraes e Galiazzi, 2006).

Em um segundo momento, através do exercício de interpretação, reunimos as unidades de significados em categorias semelhantes, diferenciando-as em vários níveis de grupos de análise. O resultado desse processo nos possibilitou uma ferramenta de mediação na produção de significados no sentido de relacionar as unidades conceituais aos conjuntos de categorias mais complexos.

O constante movimento entre os dois procedimentos anteriores, sendo estes a fragmentação em unidades conceituais básicas e a síntese de significados dentro de estruturas de categorias semelhantes, possibilita o surgimento de um novo conhecimento capaz de compreender o todo. De outro modo, conseguimos estabelecer, através da análise qualitativa, um diálogo com a produção textual dos estudantes, capaz de nos orientar no sentido de encontrarmos os conceitos e significados mais relevantes que foram trabalhados ao longo do processo didático.

Para tanto, foi necessário, a constante verificação e avaliação das categorias elaboradas em nossa análise, considerando sempre a objetivação dos resultados. Outro entendimento importante do processo foi saber que a compreensão de novos conceitos emergentes corresponde a movimentos subjacentes a aspectos ordinários e caóticos, de síntese e análise, em que a unitarização representa um movimento em direção ao caos, ou desorganizações de estruturas conceituais estabelecidas, e a categorização se define como movimento na direção da organização, da construção de uma nova ordem diferente da primeira, em que Moraes explica que:

*“A combinação da unitarização e categorização corresponde a movimentos no espaço entre ordem e caos, em um processo de desconstrução que implica construção. A unitarização representa um movimento para o caos, de desorganização de verdades estabelecidas. A categorização é movimento construtivo de uma ordem diferente do original”.* (Moraes, 2006, pág. 125).

Diante disso observamos que o processo, como um todo, é criativo, organizado e definido em dois movimentos, sendo o primeiro deles o de desconstrução, ou seja, de fragmentação dos sentidos e conhecimentos. E o segundo é de reconstrução, de organização das unidades conceituais estabelecendo novos entendimentos, de modo geral.

Das dificuldades que encontramos em nosso processo de apreciação dos resultados, destacamos as múltiplas possibilidades que todo pesquisador pode encontrar ao analisar uma produção textual, em decorrência das variadas possibilidades de múltiplas interpretações, tanto em função da ótica de seus autores/estudantes como dos referências teóricos dos leitores/pesquisadores. Portanto, nesse sentido a análise qualitativa opera em função de um conjunto de meta-textos analíticos, que irão formar a base dos textos interpretativos, aos quais o analista precisa atribuir significados, pois darão suporte estrutural à análise do objeto de estudo, possibilitando a emergência de novos sentidos e significados, capazes de transmitir informações concisas, coerentes e o mais verossímil possível. (Moraes, 2003).

Portanto, definimos até aqui o arcabouço teórico que nos orientou na análise dos trabalhos produzidos pelos estudantes, submetidos a nossa proposta de ensino. E ao final do processo, asseveramos que as técnicas de análise textual discursiva se mostraram bastantes significativas e vantajosas no que se refere a análise de pesquisas qualitativas, no sentido de reduzir à máxima subjetividade dos resultados da investigação de elementos textuais, que são constituídos de elementos como: pensamentos, ideias, significados, juízos de valor, opinião, crenças, perspectivas, e etc. Sendo que através desse conhecimento metodológico analíticos, podemos investigar, como os devidos rigores científicos, a plausível eficiência de nossa metodologia na busca de possíveis indícios de apreensão e retenção de significados, através de metodologias fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa.



## Capítulo 4

### Procedimento Metodológicos e Didáticos

Este trabalho tem a proposta de avaliar os possíveis indícios de aprendizagem significativa através da aplicação de uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa). Assim, para facilitar a compreensão da sequência de procedimentos metodológicos que foram desenvolvidos na elaboração dessa proposta de ensino aprendizagem, acreditamos ser conveniente dividir esse tópico em dois grupos, sendo estes: Metodologia Didática, que irá descrever nossa estratégia de ensino, assim como definir as etapas e procedimentos de execução da UEPS; e a Metodologia Investigativa, que terá como foco a caracterização do contexto de aplicação bem como a maneira pela qual analisamos os dados para inferir os resultados.

#### **4.1 Metodologia didática**

Levando em consideração as diretrizes dos PCNS que orientam ser o ensino de Física Moderna, indispensável para o entendimento das várias tecnologias atuais, temos que:

*“Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico.” (BRASIL, 2002, pg.70)*

Nesse sentido, nossa proposta foi a de criar uma ferramenta pedagógica que possa auxiliar o professor na introdução de conteúdos de Física Moderna, problematizando, em sala de aula, os marcos históricos mais importantes que nortearam a evolução dos

modelos atômicos. Para tanto, nosso trabalho se apoiou nas orientações de Marco A. Moreira para construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), bem como nos ensaios de Thomas Kuhn, que descrevem a evolução científica a partir das revoluções paradigmáticas. Justificamos nossa proposta porque esta possibilita ao estudante uma compreensão maior das tecnologias atuais, assim como a possibilidade de contextualização dentro de diversos cenários possíveis para discussões, sejam estes: sociocultural, político-econômico, técnico-científico, filosófico e outros que possam fomentar discussões inerentes à temática, a exemplo dos conflitos decorrentes da instalação de usinas termoeletricas, ou da produção e desenvolvimento de arsenais nucleares, entre outros. Portanto, nossa proposta poderá dar ao professor, neste sentido, grande possibilidade de estabelecer uma abordagem interdisciplinar com outros campos de pesquisa (história, geografia, biologia, medicina, informática etc.). E ao final do processo, esperamos que os alunos tenham capacidade de avaliar e resolver situações-problemas através de ideias e juízos adquiridos através de protocolos e mecanismos compatíveis com padrões de aprendizagem significativa descritos na sequência.

### **UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)**

Partindo da premissa de que não há ensino sem aprendizagem, e que o processo de assimilação de novas ideias só será efetivo se encontrar ancoragem em ideias relevantes e pré-dispostas na estrutura cognitiva dos indivíduos, M. A. Moreira se propõe a construir e orientar metodologias de Ensino-Aprendizagem para o ensino formal em sala de aula.

Isto posto, seguem abaixo as colaborações de Moreira na produção de estratégias de ensino que favoreçam a aprendizagem significativa.

#### **Aporte estratégico na produção de Unidade de ensino potencialmente significativa**

Segundo Moreira (2011, pág. 2), a construção de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas deve ser orientada pelos seguintes princípios:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);
- pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak);

- é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin);
- organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade (Vergnaud)
- frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação (Johnson-Laird);
- a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel);
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno (Vergnaud; Gowin);
- a interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados (Vygotsky; Gowin);
- um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin);
- essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (Moreira);

- a aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (Moreira).

Para orientar a produção das UEPS, Moreira propõe um conjunto de aspectos sequenciais para que o professor estruture, através de procedimentos instrucionais, a apresentação de tópicos e conteúdos didáticos. Estes são listados abaixo (Moreira, 2011, pág. 3):

1. definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
2. criar/propor situação(ões) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;
4. uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo,

do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

6. concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7. a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de



significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa; 8. a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Em suas orientações, Moreira destaca que todos os passos estratégicos e materiais didáticos devem ser pensados de forma sempre diversificada, enfatiza também que o questionamento deve ser incentivado em detrimento às respostas prontas e mecânicas, de modo a promover sempre um espaço onde os estudantes possam desenvolver seu senso de criticidade e formar juízos de valor baseados em argumentos consistente e coerentes, sendo que ao longo do desenvolvimento das atividades os estudantes também possam propor, questionar, discutir e avaliar situações outras que lhe sejam mais relevantes dentro do seu contexto de realidade local. E por fim, deixa claro que apesar das UEPS serem, *a priori*, estratégias pensadas de modo a favorecer atividades em grupo, também deve observar as individualidades e particularidades de cada membro do processo. (Moreira, 1999, 2010, 2011)

Depois de apresentadas as contribuições de Moreira, referentes à produção de ferramentas pedagógicas que possam auxiliar a prática docente, na sequência, passamos a seção que descreve a sua aplicação em sala de aula.

## **4.2 Metodologia investigativa**

Neste tópico serão discutidos os aspectos sequenciais que foram aplicados seguindo a orientação estratégica apresentada em nossa metodologia didática, assim como a caracterização do contexto de desenvolvimento da UEPS, considerando tanto o espaço físico do educandário quanto aos sujeitos participantes das atividades pedagógicas, descrevendo as fontes de coletas de dados, e as várias etapas de aplicação da proposta de ensino.

### **CARACTERIZAÇÃO DA UEPS**

**Cenário:** O presente trabalho foi realizado na Escola Estadual de Ensino Médio Rodrigues dos Santos, localizada na rua Siqueira Campos, 126, Bairro Central do município de Santarém, Pará, área comercial de grande movimentação de pessoas, produtos e serviços, e atende a alunos oriundos de diversos bairros distantes assim como do próprio centro. O prédio da escola é de alvenaria de dois andares, cobertura de telhas Brasilit, onde no térreo funcionam, diretoria, secretaria e arquivo, sala de informática, uma sala de leitura anexa à sala da coordenação pedagógica, quatro salas de aula, três sanitários masculinos e três femininos e um para funcionários, sala de instrumentos musicais, cozinha, cantina, depósito e área de alimentação. A escola não dispõe de quadra para práticas esportivas, laboratório de ciências e bibliotecário na sala de leitura. No andar superior, há cinco salas de aula, sala de professores, um corredor, dois sanitários para os educadores, um pequeno depósito de materiais de higienização e limpeza. É importante ressaltar que a estrutura do educandário não apresenta acessibilidade para receber alunos cadeirantes ou deficientes visuais devido ser um prédio residencial antigo que foi adaptado a escola. No entanto, em conformidade com a LDB, os alunos com outras necessidades educativas especiais, como dislexia, são incluídos nas turmas regulares.

**Atores:** O colégio Estadual Rodrigues dos Santos oferta a modalidade de ensino médio, e atende à demanda de pelo menos 700 alunos distribuídos em 18 turmas, organizados por séries, funcionando nos turnos Matutino e Vespertino. A forma de registro das avaliações é a nota com periodicidade bimestral. A estratégia adotada pelo Colégio para articulação com a família e comunidade se dá através de reuniões bimestrais com os pais e a participação destes nos eventos. Diante disso, ressaltamos que a aplicação da proposta de ensino teve total apoio da equipe gestora da escola que é formada por um diretor e dois

vices pós-graduados, quatro especialistas em educação e pós-graduados que atuam principalmente em ações no sentido de garantir a qualidade do processo ensino aprendizagem, desenvolvendo um trabalho integrado e democrático em parceria com a comunidade, o que de certa forma contribui grandemente para o baixo índice de evasão escolar. Nesse contexto, a metodologia de ensino foi aplicada no segundo semestre de 2017, em duas turmas de terceiro ano, no período vespertino, sendo estas: a turma 301, com 31 alunos, e 302, com 27 alunos, num total de 58 estudantes, com média de idade de 17 anos, residentes em sua maioria em bairros periféricos, ressaltando que mais de 90% dos 58 alunos já participaram das Olimpíadas de Matemática e estão se preparando também para prestar o ENEM-2018 (Exame Nacional do Ensino Médio).

**Instrumentos de coleta de dados:** Durante a implementação desta proposta pedagógica, foram utilizados vários instrumentos no sentido de registrar o processo de aplicação da UEPS, como: fotografias, diário de campo, áudios, e principalmente a análise da produção escrita pelos estudantes, sendo estes descritos na sequência abaixo:

- 1. Questionário prévio :** Este questionário possibilitou verificar o interesse e motivação dos estudantes quanto ao conteúdo inerente a temática trabalhada e, principalmente, nos ajudou a prospectar o conhecimento prévio dos alunos, que foi de fundamental importância na elaboração e condução das atividades instrucionais ao longo do desenvolvimento dos trabalhos;
- 2. Diário de bordo:** O registro escrito possibilitou destacar as principais observações ao longo de todo o processo de desenvolvimento da atividade pedagógica, principalmente dúvidas, questionamentos e sugestões que eventualmente eram discutidas com os estudantes. Essa prática exigiu tempo para refletir sobre o que se passou em sala de aula, e contribui para uma análise crítica sobre a elaboração e execução das atividades;
- 3. Registro de áudio e fotográfico:** Estes instrumentos se mostraram bastante importantes e eficientes para ajudar em nossa atividade de pesquisa, pois nos permitiram armazenar o histórico das atividades em mídias digitais, que puderam ser acessadas e organizadas da melhor forma possível no sentido de facilitar o nosso trabalho de avaliação das atividades, o que nos auxiliou em verificar momentos importantes que porventura tenham escapado ao registro do diário de bordo;

4. **Questionário final** : Este questionário foi aplicado individualmente ao término das atividades da UEPS, e possibilitou coletar a produção escrita dos estudantes, através das quais nos permitiu verificar a eficiência da proposta de ensino, analisando, portanto, o nível de aprendizagem dos estudantes quanto a assimilação e organização de novos conceitos e ideias que foram trabalhados em sala de aula.

#### **4.3 Aspectos sequenciais**

##### **Aplicação da proposta didática para o ensino de modelos atômicos usando História da Ciência.**

Este tópico terá como foco a apresentação dos protocolos procedimentais de execução desta proposta de ensino, descrita no Quadro 6, que foram aplicados em duas turmas de 3º ano do Ensino Médio, como parte das atividades avaliativas do segundo semestre de 2017, como já antecipado no tópico de caracterização desta UEPS. Portanto, cada passo de aplicação que foi executado em sala de aula, será descrito na sequência, bem como serão explicadas suas respectivas finalidades, que foram fundamentadas segundo as orientações de Moreira (2011).

##### **Primeiro Passo** (duas aulas em sequência)

Seguindo a estratégia delimitada em nossa metodologia didática, este primeiro passo tinha como objetivo a verificação do conhecimento prévio, que é a variável mais influente na aprendizagem significativa (Ausubel,1968). Assim como também a delimitação do conteúdo que foi trabalhado, e, para aplicação desta primeira etapa, utilizamos duas aulas em sequência, cujo tempo disponível foi dividido em três momentos distintos:

1. Neste primeiro momento, apenas nos restringimos apenas em apresentar a temática que foi trabalhada assim como também o nome dos principais cientistas/filósofos responsáveis pelos principais modelos atômicos desenvolvidos na história da ciência, da mesma forma como descrito no Quadro 7. De modo que os conteúdos foram delimitados, e em nenhum momento discutimos qualquer aspecto específico ou particular dos conceitos inerentes ao assunto, sendo que para isso não gastamos mais que 10 minutos;
2. No segundo momento, pedimos que de forma rápida e democrática os alunos se organizassem segundo seus respectivos grupos de trabalho, e na sequência foi

sorteado o modelo atômico que cada grupo ficou responsável por apresentar. E tão logo organizadas as equipes de trabalho, cada uma recebeu um esquema de pesquisa impresso (Apêndice E), que serviu de apoio ao longo do desenvolvimento de seus trabalhos, e nesta atividade não gastamos mais que 15 minutos;

3. E ao final desta primeira etapa, porém não com menor importância, foi aplicado um questionário que tinha como função a prospecção do conhecimento prévio do aluno. Essa avaliação individual nos deu uma amostra do que os alunos sabiam sobre a temática que foi trabalhada na sequência das atividades. E, para responder ao questionário, os estudantes tiveram a sua disposição o restante das duas aulas, pelo menos 85 minutos.

E novamente reforçando que, neste primeiro passo, não foi discutido nada em particular com as turmas, quanto às especificidades dos conteúdos, mas apenas informamos que na próxima aula todas as questões sobre o desenvolvimento das atividades seriam esclarecidas.

### **Segundo Passo** (duas aulas em sequência)

Este segundo passo tinha como objetivo promover a diferenciação progressiva, em que propomos situações-problema no sentido de apresentar de forma introdutória os conceitos-chave da proposta pedagógica, e orientar os grupos segundo o esquema de pesquisa de cada um. E para isso dividimos as atividades em dois momentos, um para cada tempo de aula, descritos a seguir:

1. nesta primeira aula, usando recursos de Datashow, conseguimos realizar a diferenciação progressiva, seguindo as diretrizes de nossa metodologia didática, que foi de apresentar os conteúdos de nossa proposta, primeiramente a partir de seus aspectos mais gerais, quando discutimos conceitos como: paradigmas, teorias e revoluções científicas. Para isso, problematizamos a passagem da visão da teoria geocêntrica de Ptolomeu/Aristóteles, para a visão heliocêntrica de Copérnico/Galileu. Na sequência, discutimos como as teorias científicas podem ser condicionadas por aspectos intrínsecos a certos contextos históricos, de maneira a chegar a ideias mais particulares, problematizando, para tanto, situações

inerentes à teoria atômica, através de conceitos como: espectros atômicos, radioatividade, termonucleares, bombas atômicas entre outros.

2. na segunda aula, determinamos que os estudantes se organizassem segundo seus respectivos grupos de trabalho, e nessa oportunidade conseguimos cumprir nosso objetivo, que foi de:
  - i. esclarecer como deveria ser feito nossa dinâmica de trabalho, passando por uma atividade expositiva e finalizamos com um questionário, que tratou sobre tudo que fosse discutido na apresentação das equipes, e também aproveitamos para tirar dúvidas dos alunos quanto aos conteúdos e discutir possíveis sugestões e questionamentos que pudessem surgir;
  - ii. reunir particularmente com cada grupo e discutir cada ponto do esquema de pesquisa, principalmente os tópicos 2, 3 e 4 do Quadro 6, que foram bastante discutidos e aprofundados nessa oportunidade, indicando quais proposições deveriam ser mais aprofundadas e explicando por que que essas proposições deveriam ser mais discutidas;
  - iii. explicar como cada equipe deveria gastar seu tempo de apresentação, e como as ideias deveriam ser encadeadas de modo que o roteiro de apresentação partisse de conceitos mais gerais de maneira a se afunilar nas ideias mais específicas;

Como a aprendizagem significativa deve ser crítica, e não mecânica, esta deve estimular o questionamento, em detrimento das respostas prontas (Moreira, 2010). Portanto, nesta oportunidade, aproveitamos também para instigarmos o questionamento dos estudantes através de situações-problema questionando a visão de mundo da turma sobre temas que se mostraram polêmicos, como, por exemplo, as vantagens e desvantagens de o Brasil investir em usinas termonucleares, assim como também os prós e contras de desenvolver arsenais nucleares, sendo que este último gerou discussões acaloradas nas duas turmas.

### **Terceiro Passo** (3 ou 4 aulas dependendo da efetividade dos grupos)

Este terceiro passo, tinha dois objetivos segundo nossa metodologia didática, o primeiro foi de promover a reconciliação integrativa através da problematização de

conceitos e ideias durante a apresentação das equipes, e o segundo foi trabalhar a Diferenciação Progressiva em uma perspectiva integradora, fomentando a problematização do contexto técnico-científico que produziu cada modelo teórico. Assim, depois de ter dado todo apoio às equipes, nas aulas anteriores, no sentido de esclarecer eventuais dúvidas e discutir quaisquer possíveis sugestões, chegou então a hora de acompanhar as apresentações, que seguiram a mesma sequência especificadas no Quadro 6, e não por acaso também obedeceu à ordem cronológica em que os modelos teóricos foram desenvolvidos.

Em nossa avaliação, podemos dizer que os grupos de trabalho se saíram bem, pois compartilharam as ideias partindo de seus aspectos mais gerais e, gradualmente, chegaram às ideias mais específicas. Assim, de modo geral, conseguiram desenvolver de forma satisfatória os conteúdos ao descrever resumidamente a biografia dos principais teóricos que produziram os modelos atômicos trabalhados, destacando suas principais contribuições nas mais diversas áreas do conhecimento científico, fazendo referência a vários contextos, quais sejam: político-econômico, sociocultural, técnico-científico que de certa forma contribui direta ou indiretamente nas pesquisas científicas, e que influenciaram na elaboração de cada modelo atômico. Cada grupo alcançou êxito em explicar os seus respectivos modelos teóricos da estrutura atômica. Além disso, também exemplificaram várias aplicações tecnológicas produzidas a partir de conhecimentos desenvolvidos mediante o arcabouço teórico da teoria atômica, seja na área da medicina, através de tratamentos e diagnósticos de doenças; no setor energético, através de usinas termonucleares; no setor agrícola, na esterilização de alimentos; no setor de defesa, através da produção de arsenais termonucleares entre outros. Porém nem todas as equipes conseguiram encontrar curiosidades sobre a vida dos cientistas que pudessem compartilhar com a turma.

Ao final de cada apresentação, levantamos algumas perguntas ou questões epistemológicas preparadas de antemão (Apêndice E), para que os conteúdos apresentados por cada grupo fossem problematizados pela turma. Essa atividade se mostrou de fundamental importância para o objetivo da proposta pedagógica, pois através desta, conseguimos promover a diferenciação progressiva através de uma perspectiva integradora, quando questionamos junto aos grupos de trabalho ideias-chave assim como proposições importantes que costuraram nossa estratégia didática, nesse sentido.

#### **Quarto Passo** (duas aulas em sequência)

Este terceiro passo tinha como objetivo promover a avaliação somativa no sentido de verificar o nível de aprendizagem dos estudantes. Nesse sentido, para que pudéssemos chegar a resultados satisfatórios dentro de nossa proposta, nos atentamos, na medida do possível, em fazer com que as duas turmas fossem submetidas às mesmas condições instrucionais descritas na metodologia de ensino. Assim, neste último passo, nosso objetivo foi de verificar se de fato houve aprendizagem, e se os alunos conseguiram assimilar e processar os conceitos que foram trabalhados pela UEPS.

Desta maneira, foi aplicado uma avaliação individual (questionário 2), no sentido de produzir registros documentais que serviram como base de nossa análise de resultados na verificação de transferência e captação de significados, que foram justificados, pois depois de examinarmos as respostas dos alunos, conseguimos constatar a capacidade em resolver situações-problema através de explicações articuladas com as novas ideias que foram problematizadas ao longo da proposta de ensino.



## Capítulo 5

### Resultados e Discussões

Neste capítulo serão apresentados os resultados de nossa proposta de ensino, obtidos mediante mecanismos de sondagem que nos possibilitaram avaliar o potencial da abordagem didática. Nesse sentido, através de análise qualitativa de questionários (Moraes, 2003; Moreira e Galiuzzi, 2006), procuramos observar indícios de assimilação e retenção de significados mediante habilidade dos estudantes na resolução de situações-problema, além de outros aspectos, que foram também observados durante a implementação das atividades, e que acrescentaram conceitos a nossa avaliação. Nesse sentido podemos destacar três momentos:

No primeiro momento, durante apresentação da temática em que discutimos alguns dos conceitos-chave que foram desenvolvidos, foi observado o nível de interesse dos alunos ou grupos de trabalho em relação a temática que foi trabalhada, ao promover a diferenciação progressiva. Nessa oportunidade, trabalhamos situações-problema em nível introdutório, partindo de considerações conceituais mais gerais que foram sendo gradualmente diferenciadas em conceitos mais simples. Dentro desse aspecto podemos observar que a problematização de conceitos como, paradigmas e revoluções científicas, foram os que mais chamaram a atenção dos alunos, e, produziram maior questionamento durante essa atividade, principalmente durante a problematização dos exemplos, que foram bastante discutidos, a exemplo do conturbado contexto de transição entre o modelo heliocêntrico para o modelo geocêntrico, que se deu através da revolução Copernicana; a mudança de visão causada pela superação do paradigma mecânico Aristotélico-Ptolomaico pela mecânica Galileu-Newtoniana, e também da grande reviravolta ocorrida na virada do século XX, no surgimento da Física Moderna, que obrigou uma profunda revisão teórico/conceitual nos fundamentos da Física.

Diante dessas observações podemos inferir que a introdução de conceitos e ideias trabalhadas através de situações-problemas no contexto da História da Ciência, se mostraram muito estimulantes ao olhar dos alunos. Tornando o aprendizado mais atrativo e interessante, promovendo a curiosidade pelo conteúdo e estimulando a geração de subsunções.

No segundo momento, levando em consideração o conhecimento prévio dos estudantes, prospectado através de questionário prévio, procuramos observar o nível de instrução conceitual que poderia ser aproveitado no aprimoramento teórico/conceitual dos estudantes. Nessa oportunidade, os conteúdos foram aprofundados e discutidos pelos grupos de trabalho, que foram orientados principalmente quanto ao esclarecimento de como as ideias deveriam ser sequenciadas de modo a favorecer diferenciação progressiva dos conceitos e ideias, porém com níveis mais elevados de complexidade. Por meio dessa atividade, observamos que alguns questionamentos importantes foram levantados, quanto à produção de material através do aprofundamento de pesquisas, que foram realizadas pelo próprio grupo de trabalho. Sendo que o acompanhamento dessa produção intelectual dos grupos de trabalho possibilitou deduzir certo aprimoramento no nível de articulação entre ideias e significados, diferenciados progressivamente em diferentes momentos da atividade pedagógica.

No terceiro momento, buscamos observar possíveis indícios de retenção de significados durante a apresentação das equipes. O momento nos deu a oportunidade de acompanhar os trabalhos que foram produzidos sob orientação supervisionada, no sentido de dar seguimento à diferenciação progressiva em uma perspectiva integradora, quando as equipes problematizaram vários aspectos no contexto da produção dos principais modelos teóricos, principalmente o porquê dos modelos atômicos se disporem a solucionar determinados problemas, enquanto se mostravam limitados em outras situações. Desta problematização, buscamos verificar, a partir das argumentações dos estudantes, certo entendimento de que a ciência não evolui de modo contínuo e linear, mas que como se constitui como uma representação do conhecimento produzido por pessoas, está sujeita a todas as possíveis contradições inerentes a nossa sociedade. Nesse sentido, as equipes alcançaram êxito, pois de fato, todas as apresentações conseguiram enfatizar esse aspecto. Além disso, nos possibilitaram também observar certa evolução nas estratégias argumentativas das equipes, que se basearam em proposições articuladas como as teses e teorias que foram problematizadas ao longo das atividades em sala de aula. E individualmente nos chamou a atenção o posicionamento/questionamento de alguns alunos, que se destacaram durante as apresentações, pois desenvolveram argumentos em uma linha de raciocínio coerente e articulado às teorias científicas como produto de vários fatores vinculados a determinado contexto histórico, defendendo a ideia de que seus respectivos modelos se preocuparam em resolver problemas conhecidos de

seu momento histórico, que estava necessariamente ligado a um determinado contexto técnico-científico, e não tinha um único modelo para prever de uma só vez todas as soluções dos problemas possíveis.

Portanto, por meio dessas considerações discutidas acima, foi que nos propusemos a avaliar e discutir o processo produtivo intelectual desenvolvido pelos estudantes. E as somamos principalmente à produção textual dos alunos, descrita na subseqüência.

Quanto à análise dos resultados da produção textual dos estudantes, obtidos mediante duas avaliações que foram aplicadas individualmente em duas situações distintas, procedemos da seguinte forma: situação 1, o primeiro questionário, aplicado logo no início das atividades, tinha como objetivo a verificação de conhecimento prévio do aluno acerca do saber já disponível em seu intelecto sobre ideias e conceitos da temática que foi trabalhada; e situação 2: o segundo questionário, aplicado ao término das atividades, tinha como objetivo o exame de possíveis indícios de aprendizagem nas respostas dos alunos referente, à assimilação de novos significados.

### **5.1 situação 1: Análise de conhecimento prévio**

Nesta seção, foi observado o conhecimento prévio disposto na estrutura cognitiva dos estudantes, e que direcionou as intervenções pautadas em nossa estratégia didática. Esta avaliação prévia continha 3 questões discursivas, discutidas e analisadas na seqüência através de análise de frequência das respostas dispostas em gráficos e tabelas.

#### **5.1.1 Análise da primeira questão**

*“Afiml, do que são feitas todas as coisas?”*

Visando avaliar o entendimento prévio do aluno acerca da estrutura da matéria, problematizamos a primeira questão trabalhando um texto inicial explicando a concepção filosófica pré-socrática (Grécia Antiga), que entendiam o universo a partir da composição de 4 elementos fundamentais, sendo estes o ar, terra, fogo, água, entendimento não mais aceito pela comunidade científica.

Através de uma pergunta simples e direta: *“Afiml, do que são feitas todas as coisas?”*, observamos cinco tipos de respostas, quais sejam: o grupo de respostas que podem claramente ser entendidas dentro do paradigma científico que é coerente à teoria atômica, pois fazem referência direta a conceitos e ideias da teoria, ao qual

denominaremos *teoria atômica*; o grupo de respostas que podem ser entendidas a partir da concepção teórica ainda compatível com ideias e proposições defendida pelos gregos, da teoria que acredita que tudo existente em nosso universo é composto de 4 elementos fundamentais, a saber: terra, fogo, água e ar, ao qual denominaremos *pensamento pré-socrático*; o grupo de respostas que se mostraram difusas, pois trazem ideias que podem ser entendidas ora a partir de concepções da teoria atômica e ora confundidas com ideias defendidas pelos gregos, ao qual chamaremos *justaposição atômico/pré-socrático*; o grupo de respostas que se diferenciam por defender que todas as coisas foram criadas por uma divindade superior, cujas ideias e afirmações podem ser entendidas dentro do paradigma escolástico, ao qual denominaremos *pensamento escolástico*; e o grupo de respostas que foram evasivas com respeito ao tema discutido na questão, ao qual denominaremos informal. Abaixo são apresentados alguns exemplos ilustrando cada uma das categorias.

#### 1. Categoria teoria atômica;

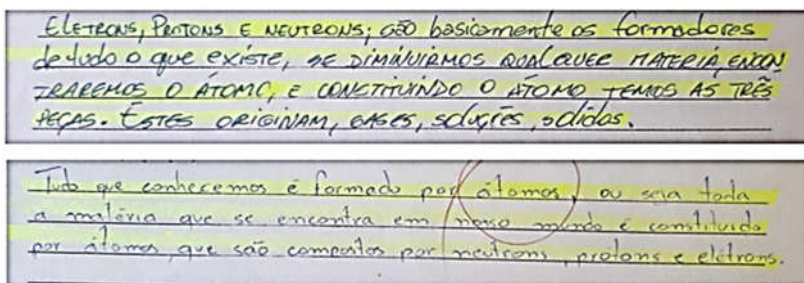


Figura 5: Conhecimento prévio-primeira questão-Categoria teoria atômica.

#### 2. Categoria pensamento pré-socrático;

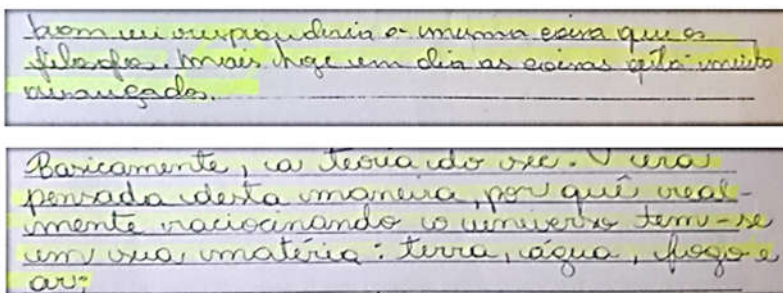


Figura 6: Conhecimento prévio-primeira questão-Categoria pensamento pré-socrático.

### 3. Categoria justaposição atômico/pré-socrático;

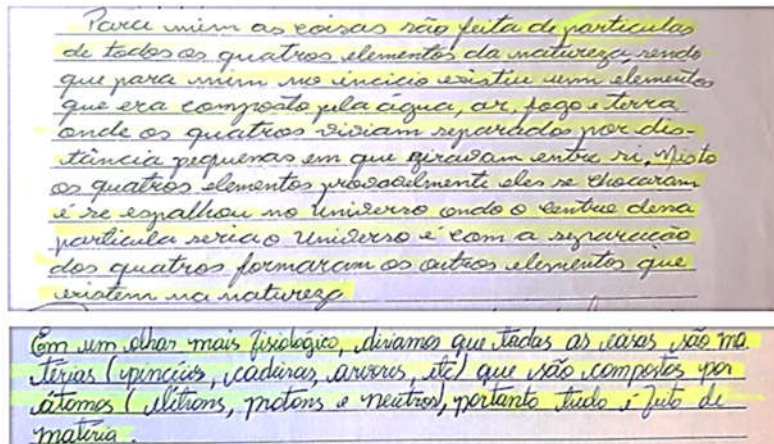


Figura 7: Conhecimento prévio-primeira questão-Categoria justaposição átomo/pré-socrático.

### 4. Categoria pensamento escolástico;

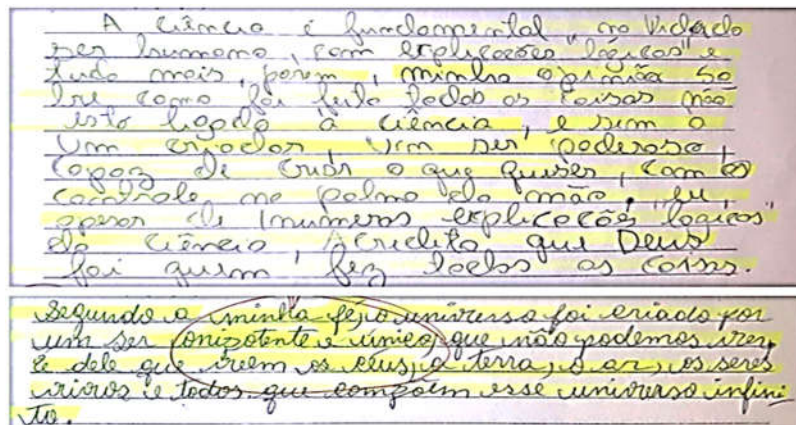


Figura 8: Conhecimento prévio-primeira questão-Categoria pensamento escolástico.

### 5. Pensamento informal

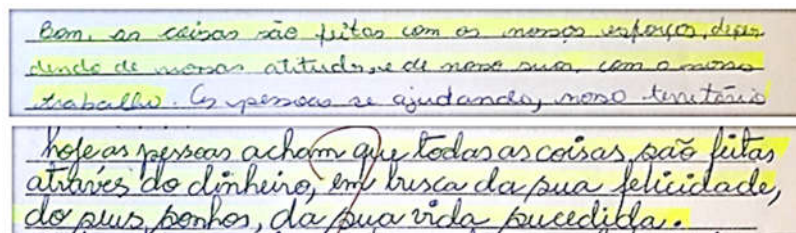


Figura 9: Conhecimento prévio-respostas dos alunos-primeira questão-Pensamento informal.

Abaixo, temos os resultados dispostos graficamente, de um total de 58 alunos, segundo ideias e concepções organizados segundo os grupos acima discutidos.

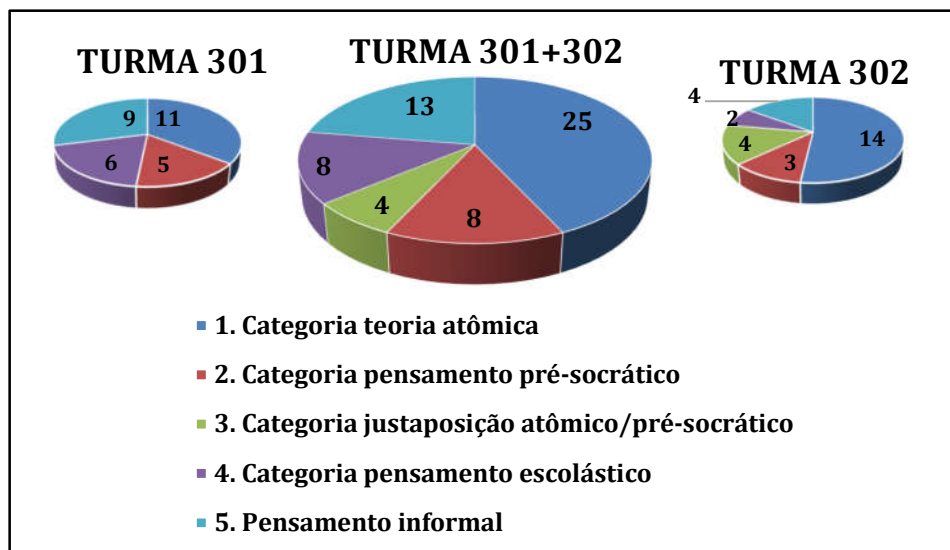


Figura 10: Conhecimento prévio-apresentação gráfica primeira questão

Percebeu-se que, dentre as respostas dos estudantes, nem todas conseguiam explicar que superados os paradigmas pré-socrático e escolástico, hoje temos a compreensão técnico-científica de que a matéria é constituída por estruturas atômicas.

### Discussão dos resultados

Diante dos resultados acima verificados com a primeira questão, que trata dos conceitos já dispostos pelos estudantes sobre a estrutura íntima da matéria, podemos observar que dos 58 alunos (as duas turmas juntas), somente vinte e cinco dos estudantes entendem a matéria a partir de ideias e conceitos coerentes com o paradigma defendido pela comunidade científica atual, ou seja, menos da metade do grupo analisado entende que a matéria é constituída de estruturas atômicas.

Observamos que 13 alunos participantes da pesquisa, ou seja, quase um quarto do grupo de estudantes respondeu de forma evasiva, fugindo totalmente do mérito do contexto bastante explícito na pergunta. Isto pode indicar fortes dificuldades no lidar com conceitos científicos tão relevantes para a compreensão de aspectos fundamentais da natureza.

Reparamos ainda que oito alunos explicaram a matéria a partir de concepções coerentes com o paradigma aristotélico, que explica a constituição da matéria formada de 4 quatro elementos fundamentais, sendo estes o fogo, a água, terra e ar. Inferiu-se isto, porque os alunos desenvolveram suas respostas fazendo referência e enfatizando palavras como: água, terra, ar, coisas, substâncias e matéria, e quando não, fazendo menção direta às concepções da filosofia grega e em nenhum momento fazendo referência às ideias da teoria atômicas.

Constatamos também que oito alunos responderam que todas as coisas foram feitas ou criadas por um ser divino, quando não, fazendo referência direta à concepção da mitologia cristã da criação do mundo. Diante disso, atestamos que as respostas dos estudantes só fazem sentido quando analisadas dentro do contexto do paradigma escolástico, uma forma de pensar desenvolvida por grupos filosóficos da Idade Média, período no qual a Igreja Católica detinha o monopólio do conhecimento e da razão no continente Europeu.

Averiguamos, por fim, que quatro alunos responderam de forma confusa, pois desenvolveram suas respostas através de uma narrativa trazendo concepções dos dois paradigmas acima discutidos, porque em certos trechos desenvolveram ideias coerentes com o pensamento pré-socrático e em outro momento trabalharam concepções da teoria atômica.

Estes resultados podem mostrar um panorama preocupante se se considera a existência de Parâmetros Curriculares Nacionais que, embora não sejam normativos, são documentos oficiais que enfatizam a importância de se trabalhar os conceitos de Física Moderna no Ensino Médio, afirmando que:

*“Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo*

*a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico.” (BRASIL, 2002).*

Nesse sentido, alguns questionamentos podem ser feitos, pois constatamos que pelo menos nessa amostragem, a maioria dos estudantes ainda não alcançou a compreensão tão almejada pelas orientações e diretrizes dos documentos oficiais que norteiam a educação básica.

### **5.1.2 Análise da segunda questão**

***“Como você pensa que a ciência evolui ao longo do tempo?”***

Visando avaliar como os alunos envolvidos na investigação compreendem a evolução da ciência ao longo dos tempos, propusemos, na segunda questão, a apreciação de uma imagem que nos remete à ideia de tecnologias aprimoradas ao longo do tempo, seguida de um texto base que retrata a diferença de concepções teóricas entre duas sociedades que se modificaram em função do avanço técnico-científico. Nesse sentido, verificamos que as respostas elaboradas pelos estudantes puderam ser organizadas em pelo menos 6 grupos e diferenciadas da seguinte forma: o grupo de respostas que podem claramente ser entendidas através da ideia de que a ciência evolui através das tecnologias, pois é constante a referência direta às palavras “tecnologia” ou “fermentas” e objetos tecnológicos como fator que faz evoluir a ciência, ao qual denominaremos *ciência tecnológica*; o grupo de respostas defendendo que a ciência evolui através das pesquisas científicas, pois em suas respostas traz a ideia de que os fatores inerentes à evolução da ciência são as pesquisas e os estudos desenvolvidos pelos cientistas, ao qual denominaremos como *pesquisa científica*; o grupo de estudantes cujas respostas podem ser entendidas a partir da concepção de que a ciência evolui através de experiências, pois em suas respostas é constante a referência direta às expressões “experiências científicas” e “métodos experimentais”, ao qual denominaremos *ciência empírica*; o grupo de respostas defendendo que a ciência evolui através de pelo menos dois fatores importantes, pois destacaram conceitos e ideias atribuídos tanto a tecnologias quanto a pesquisa científica como fatores que fazem evoluir a ciência, ao qual denominamos *pesquisa científica e tecnológica*; o grupo de respostas evasivas à temática.



### 1. Categoria ciência tecnológica;

A ciência tem o objetivo de questionar a existência das coisas e prová-las. No passado o conhecimento não era tão amplo quanto o de hoje. As tecnologias foram evoluindo. Podemos observar essa evolução em muitos aspectos. Um dos exemplos é a forma de trabalho, antes o trabalho que prevalecia era o manufatureiro, mas ao longo do tempo vimos as máquinas substituindo os mãos humanas. A ciência está presente no início da história humana a ciência se deu na descoberta do fogo. Depois de milhares, e a população em si reproduzia os mais fortes e saudáveis. (com isso se aproximava a genética humana). O homem se desenvolveu como passar do tempo e por necessidade criou invenções diversas coisas úteis; como automóveis, remédios, mapas, estruturas residenciais, formas de comunicação e etc. Todo esse desenvolvimento se deu de forma gradual e lenta.

Figura 11: Conhecimento prévio-segunda questão-Categoria ciência tecnologia.

### 2. Categoria pesquisa científica;

Com o passar dos anos estudos que já existiam há muito, passam a ser estudados melhor, e a buscar por explicar as coisas que foram descobertas que no caso que uma evolução na ciência. Tudo começa com a continuação de um estudo que a princípio não é tratado como dúvida, verdade, mas que leva a sociedade uma explicação para onde vive. A evolução da ciência não é possível por que há aquelas pessoas que buscam entender como realmente são as coisas, não se contentam com a história monótona de estudo, não se contentam com qualquer desculpa, buscam entender e melhorar a situação. Mostrar que existe outra explicação.

A ciência distribui respostas de fenômenos e questões que eram até então sem explicações, e isso evoluindo todos os dias. Hoje, ela faz tanta coisa uma grande ajuda. Com o avanço da tecnologia, ela se implementa no sociedade de maneira totalitária. Suas respostas são escritas por todos. Desde que começou, suas investigações são baseadas em fatos e relatos. Hoje a ciência tem suas próprias fontes e instrumentos. Então, olhando para isso, percebemos um grande avanço nos elos de investigação, relevância de respostas condicionadas e o avanço tecnológico e etc.

Figura 12: Conhecimento prévio-segunda questão-Categoria pesquisa científica.

### 3. Categoria ciência empírica;

A ciência utiliza o método empírico e observa o fato nos estudos, com enfoque na experimentação, para obter resultados e formular uma tese através desses fatos que, futuramente, poderão ser aprimorados ou substituídos por uma tese mais fundamentada e que torna-se a nova base a ser considerada verdade. Com isso, vários fundamentos foram desenvolvidos ou aprimorados, como as leis de Newton ou os modelos atômicos.

através dos estudos, das experiências podem ser e um processo simples

Figura 13: Conhecimento prévio-segunda questão-Categoria ciência empírica.

4. Categoria pesquisa científica e tecnológica;

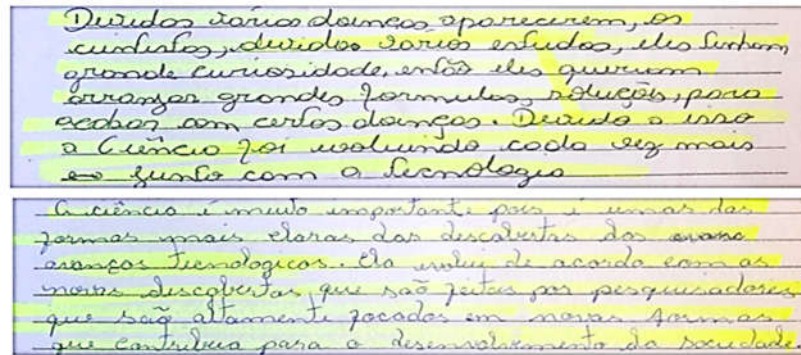


Figura 14: Conhecimento prévio-segunda questão-Categoria pesquisa e tecnologia.

5. Categoria pensamento informal.

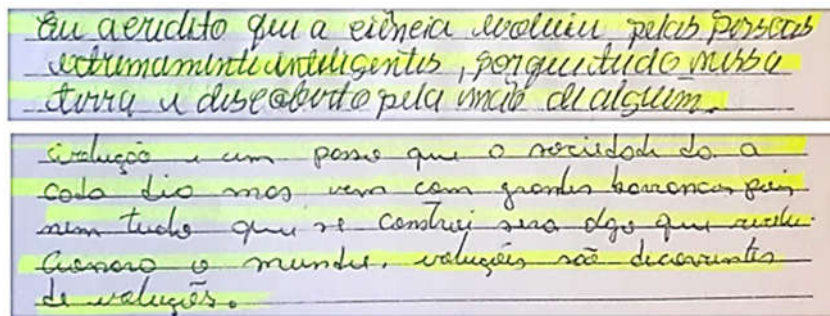


Figura 15: Conhecimento prévio-segunda questão-Categoria pensamento informal.

Apresentamos abaixo os resultados, dispostos graficamente, da análise das respostas de um total de 58 alunos, segundo ideias e concepções organizados conforme os grupos acima discutidos.

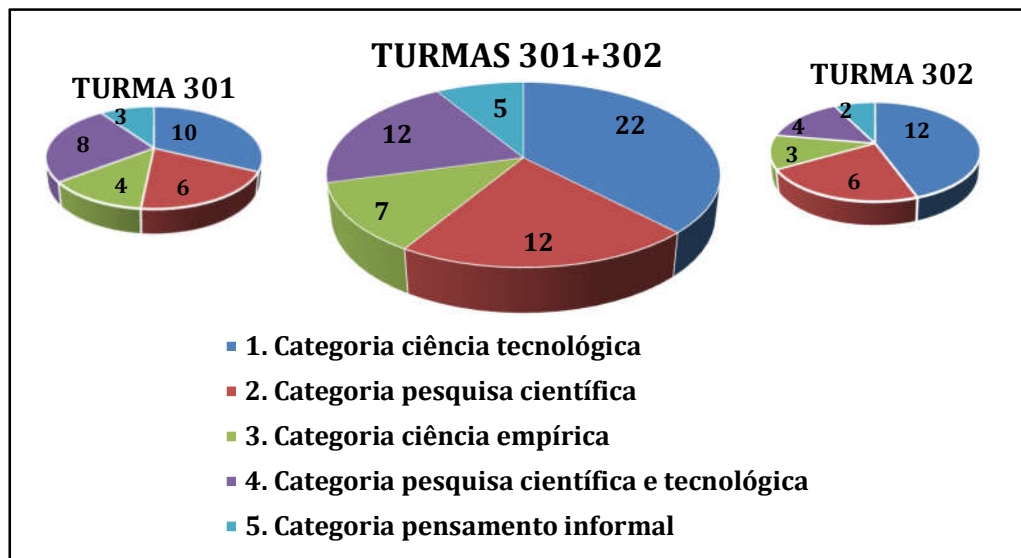


Figura 16: Conhecimento prévio-apresentação gráfica da segunda questão

## **Discussão dos resultados**

Discutimos agora os resultados da segunda questão, acima verificados, que trata dos conceitos já adquiridos pelos estudantes sobre como eles entendem a evolução da ciência ao longo dos tempos. Verificamos que 22 alunos destacaram que a tecnologia desenvolve um papel fundamental na evolução da ciência, pois trabalham suas respostas fazendo referência direta a tecnologias associadas principalmente à comunicação, mencionando quase sempre a internet, bem como também fazendo referência aos meios de transporte, e principalmente tecnologias associadas a tratamentos e diagnósticos de doenças. Em linhas gerais, a maioria enfatizou o fato de que as tecnologias trouxeram a humanidade mais conforto e segurança.

Podemos perceber que 12 alunos entendem ser a pesquisa científica grande relevância no desenvolvimento da ciência, pois destacam em suas respostas a importância dos trabalhos dos cientistas, assim como atribuem as grandes descobertas às pesquisas científicas.

Observamos também que 12 alunos acreditam que tanto a pesquisa científica quanto as tecnologias desempenham um papel de grande destaque no desenvolvimento da ciência, pois fazem referência direta aos trabalhos científicos desenvolvidos pelos pesquisadores assim como também às inúmeras tecnologias associadas às comunicações, transporte e principalmente na cura de doenças.

Ainda averiguamos que 7 alunos atribuem às experiências científicas grande importância na evolução da ciência, pois enfatizam que são as experiências empíricas que produzem conhecimento, sugerem ainda ser dentro dos laboratórios que as teorias são testadas e validadas, nesse sentido contribuindo de forma significativa para o aperfeiçoamento da ciência.

E observamos também que 5 alunos não conseguiram responder de forma coerente à pergunta sobre os possíveis fatores que contribuem para o desenvolvimento da ciência, respondendo de forma evasiva e fugindo totalmente do mérito da questão ou do contexto da pergunta.

Das respostas acima verificadas, acerca do entendimento dos estudantes quanto à evolução científica ao longo dos tempos, podemos observar que mais de três quartos dos estudantes defenderam em seus argumentos que os fatores determinantes ao

desenvolvimento científico podem ser atribuídos à pesquisa científica e principalmente a tecnologia. E menos de um décimo dos estudantes percebem as experiências científicas realizadas em laboratórios como preponderantes para o desenvolvimento da ciência.

O que podemos inferir desses resultados é que a visão de ciência é fortemente associada a aparatos tecnológicos, talvez influenciados por nossa sociedade, que culturalmente atribui evolução científica ao aprimoramento de aparelhos tecnológicos, como celulares e computadores. Tendo em vista que muitos exemplos dessas tecnologias foram bastantes enfatizadas nas respostas dos alunos.

### 5.1.3 Análise da terceira questão

*“Você acredita que a ciência tem um papel importante em nossa sociedade (ou não), você poderia destacar alguns pontos positivos ou pontos negativos?”*

A terceira questão é composta por duas perguntas, em que primeiramente questionamos se de fato o estudante acreditava que a ciência assumia um papel importante junto a nossa sociedade. Nesse sentido, de um total de 58 alunos, podemos verificar logo abaixo através dos gráficos os resultados dessa primeira abordagem.

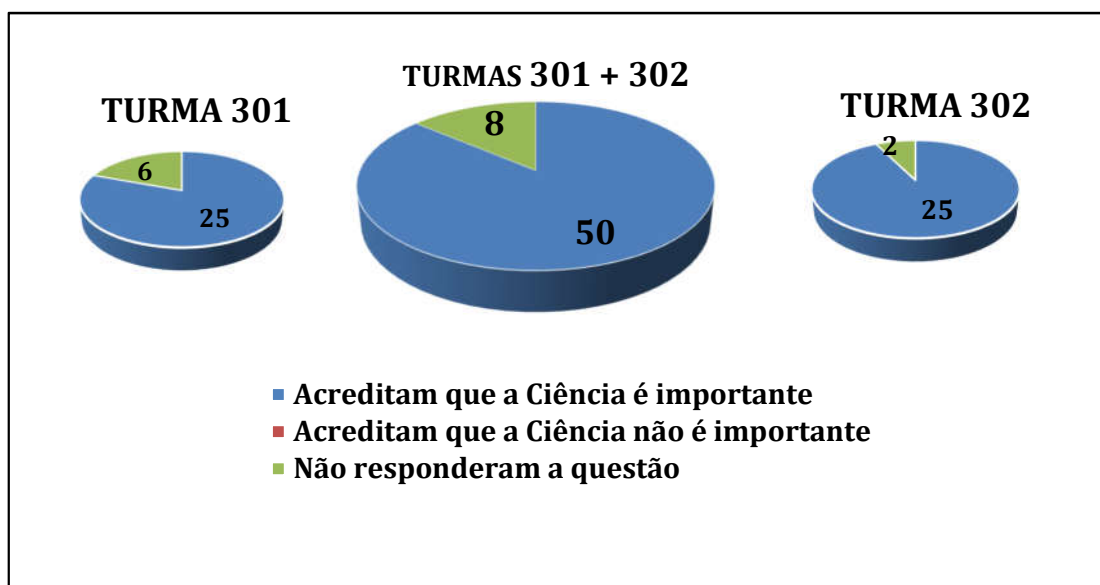


Figura 17: Conhecimento prévio-apresentação gráfica terceira questão-importância da ciência.

## **Discussão dos resultados**

Apresentamos agora os resultados da terceira questão, que faz um questionamento direto ao aluno sobre a importância da ciência em nossa sociedade. Observou-se que 50 estudantes, a grande maioria, responderam afirmativamente, destacando que a ciência assume um papel de importância na sociedade, contribuindo em diversos setores como no transporte, na comunicação e principalmente na saúde.

Averiguamos, também, que nenhum estudante defendeu que a Ciência não desempenha um papel de destaque em nossa sociedade. E verificamos, ainda, que 8 estudantes simplesmente não se dispuseram a responder à pergunta.

Os resultados acima descritos sugerem que os estudantes olham para a ciência através de uma perspectiva romântica, no sentido de apenas conseguirem perceber o fazer científico como meio de produzir melhorias para a sociedade, e não conseguirem lançar um olhar mais crítico. Isso nos chama atenção e serviu como um ponto de ancoragem na elaboração de nossa estratégia didática na criação de situações-problemas que possam discutir possíveis cenários de conflitos, a exemplo de possíveis confrontos entre potências detentoras de arsenais nucleares, ou ainda problematizar os grandes transtornos causados por instalações de usinas term nucleares, tanto em função de riscos de vazamentos quanto o problema o armazenamento dos resíduos radioativos. São questões importantes que podem ser discutidas em sala de aula, e ajudando os estudantes a se posicionarem de forma mais crítica.

### **Acerca dos pontos positivos**

Damos continuidade, a seguir, à análise da terceira questão, quando perguntamos se o estudante também poderia destacar alguns pontos positivos, bem como pontos negativos associados às influências da Ciência na Sociedade. Para melhor avaliarmos esses resultados, dividimos as respostas dos alunos primeiramente em função dos pontos positivos e em seguida dos pontos negativos discutidos na sequência.

Apresentamos abaixo, primeiramente as percepções dos estudantes acerca dos aspectos positivos da Ciência, que foram organizados em 4 grupos, dispostos da seguinte forma: o grupo de respostas que destacaram como pontos positivos, em linhas gerais, o desenvolvimento de tratamentos e diagnósticos de doenças que a ciência desenvolveu junto à medicina, ao qual chamaremos de *medicina*; o grupo de respostas ressaltando as



tecnologias associadas principalmente às comunicações, transportes, alimentação e indústrias em geral, ao qual chamaremos de *tecnologia*; o grupo de respostas apontando tanto os métodos de tratamentos e diagnósticos de doenças, como também as várias tecnologias associadas às comunicações, transporte e indústria em geral, ao qual chamaremos *justaposição medicina/tecnologia*; o grupo de respostas que atribuem como ponto positivo a evolução do nosso conhecimento, através de pesquisas e experiências científicas, ao qual chamaremos de *produção de conhecimento*.

1. Categoria medicina;

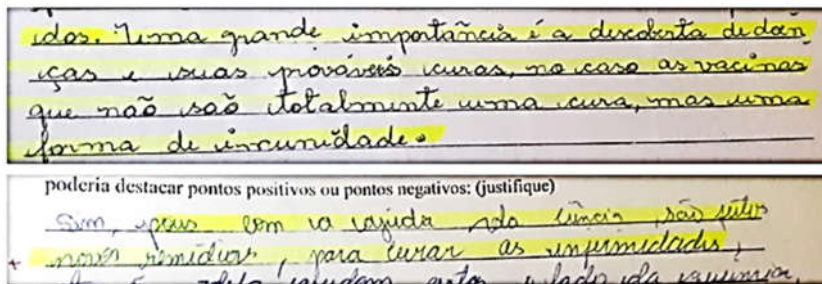


Figura 18: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria medicina.

2. Categoria tecnologia;

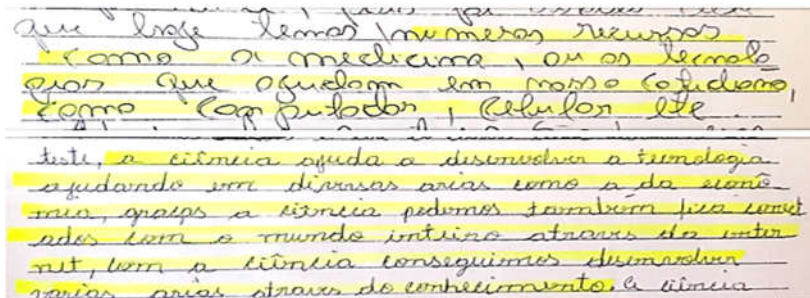


Figura 19: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria tecnologia.

3. Categoria justaposição medicina/tecnologia;

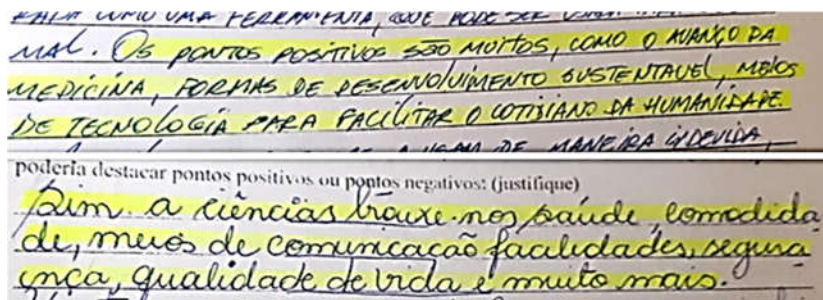


Figura 20: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria medicina/tecnologia.

#### 4. Categoria produção de conhecimento.

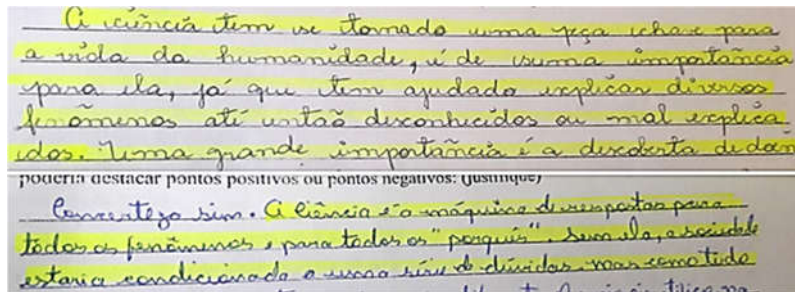


Figura 21: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria produção de conhecimento.

Temos, abaixo, os resultados dos grupos dispostos em gráficos sobre suas percepções dos pontos positivos da Ciência aplicados na Sociedade.

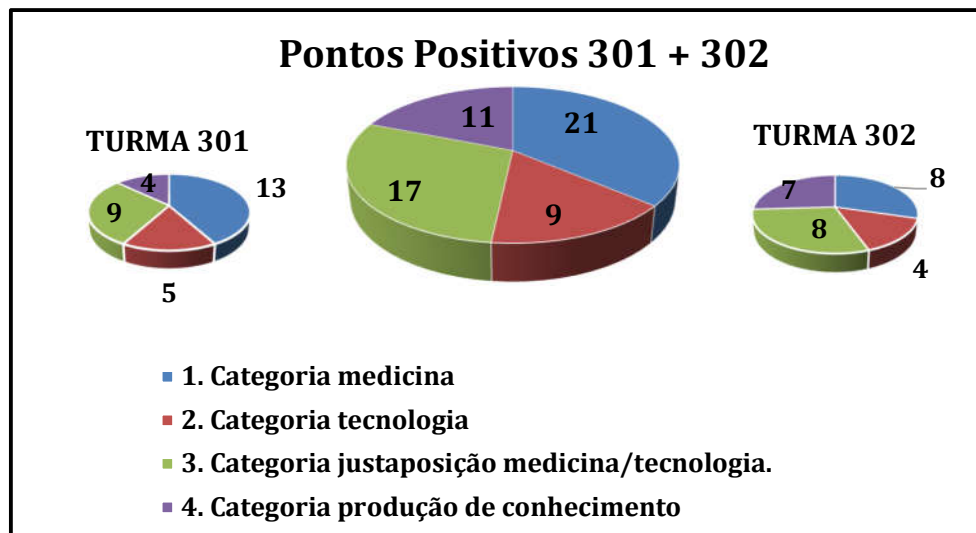


Figura 22: Conhecimento prévio-apresentação gráfica terceira questão-pontos positivos

#### Discussão dos resultados referentes aos pontos positivos

Verificamos que 21 alunos acreditam que os métodos de tratamento e diagnósticos de doenças se destacam de forma significativa em nossa sociedade, creditam a técnicas associadas a curas de doenças que antes eram desconhecidas ou incuráveis como um grande triunfo da ciência, e alguns chegaram até a mencionar que logo em poucos anos a ciência certamente encontrará a cura do câncer.

Reparamos que 9 alunos entendem que as tecnologias associadas aos mais diversos seguimentos de nossa sociedade destacam-se positivamente nela, seja na área da

educação, saúde, segurança, transporte ou comunicações. E, em linhas gerais, defendem que foi graças às inúmeras tecnologias que algumas sociedades alcançaram grande nível de conforto e segurança.

Observamos também que 17 alunos pensam que tanto os tratamentos e diagnósticos de doenças quanto as diversas tecnologias se destacam como pontos que devem ser destacados positivamente.

Podemos verificar que 11 alunos explicaram que as pesquisas científicas se destacam como fator de relevância positiva na sociedade, pois enfatizaram sua grande contribuição para o aprimoramento do conhecimento da humanidade.

Através da verificação das respostas dos estudantes, podemos inferir que a grande maioria, mais de três quartos dos estudantes, percebe que a ciência está direcionada a produzir tecnologias que possam melhorar a nossa sociedade como um todo, destacando nas suas respostas tecnologias empregadas em várias áreas, que vão desde a medicina, com aparelhos de tratamento e diagnósticos de doenças, até eletroeletrônicos, como celulares e computadores e principalmente a internet. Porém, poucas pessoas, menos de um quarto, lembraram de fazer referência à produção de conhecimento como fator positivo no desenvolvimento da ciência. O que pode ser razoavelmente compreensível, pois, de fato, vivemos em um contexto imerso em tecnologias que são integradas culturalmente em nossa sociedade.

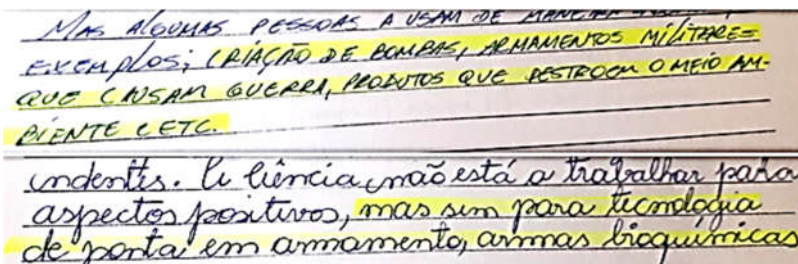
### **Acerca dos pontos negativos**

Apresentamos abaixo as categorizações das respostas que os estudantes destacaram como pontos negativos que não teria trazido benefício à sociedade, ou que de certa forma teriam prejudicado as pessoas nos seus afazeres diários. Podemos organizá-las em 4 grupos, dispostos da seguinte forma: o grupo de respostas apontando como ponto negativo a utilização do conhecimento científico para fins bélicos, como a produção de armas de destruição em massa, ao qual chamaremos de *bélica*; o grupo de respostas defendendo ser ponto negativo a degradação ambiental através da grande quantidade de lixo que é jogado nas ruas, assim como a contaminação dos rios, e também destacaram o aquecimento global, ao qual chamaremos *degradação ambiental*; o grupo de respostas afirmando serem em um ponto negativo as doenças e transtornos associados ao uso compulsivo de tecnologias principalmente associadas à internet, como crise de ansiedade,



depressão, isolamento social e outras, ao qual chamaremos de *compulsão tecnológica*; o grupo de respostas apontando que a ciência não teria pontos negativos a serem destacados ou que evadem ao tema, ao qual chamaremos de *evasiva*.

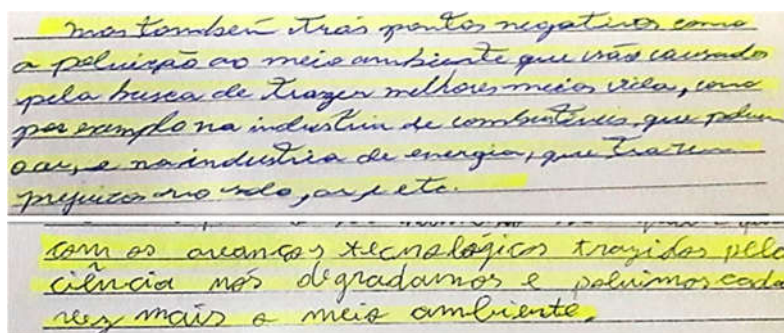
1. Categoria bélica;



MAS ALGUMAS PESSOAS A USAM DE MANEIRA  
EXEMPLOS: CRIAÇÃO DE BOMBAS, ARMAMENTOS MILITARES  
QUE CAUSAM GUERRA, PROJETOS QUE DESTROEM O MEIO AM-  
BIENTE ETC.  
videntes. A ciência não está a trabalhar para  
aspectos positivos, mas sim para tecnologia  
de ponta em armamento, armas bioquímicas

Figura 23: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria questão bélica

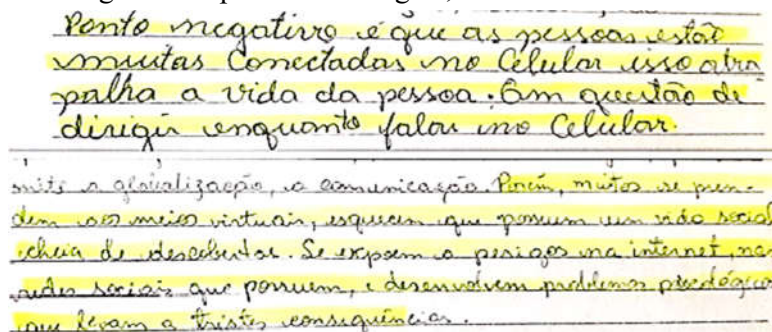
2. Categoria degradação ambiental;



mas também trás pontos negativos como  
a poluição ao meio ambiente que trás causado  
pela busca de trazer melhores meios vida, como  
por exemplo na indústria de combustíveis, que polui  
o ar, e na indústria de energia, que trata  
prejuizo no solo, ar, etc.  
com os avanços tecnológicos trazidos pela  
ciência nós degradamos e poluimos cada  
vez mais o meio ambiente.

Figura 24: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria questão ambiental

3. Categoria compulsão tecnológica;



Ponto negativo é que as pessoas estão  
muitas conectadas no celular isso atrapalha  
a vida da pessoa. Em questão de  
dirigir enquanto fala no celular.  
mits a globalização, a comunicação. Porém, muitos se perdem  
nos meios virtuais, esquecem que possuem um lado social  
cheio de desobediência. Se expõem a perigos na internet, nos  
redes sociais que possuem, e desenvolvem problemas psicológicos  
que levam a tristes consequências.

Figura 25: Conhecimento prévio-resposta terceira questão-Categoria compulsão em função de tecnologias.

4. Categoria evasiva.

Nesse sentido segue abaixo, os resultados dispostos graficamente dos pontos negativos destacados pelos estudantes.

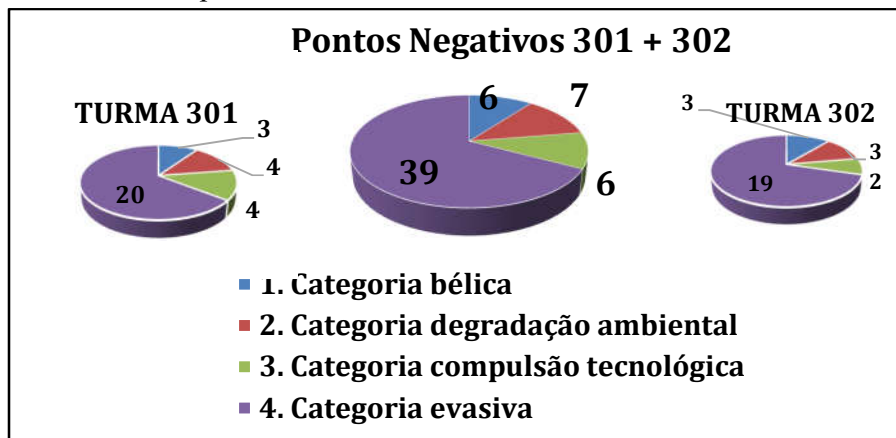


Figura 26: Conhecimento prévio-apresentação gráfica terceira questão-pontos negativos

### Discussão dos resultados referente aos pontos negativos

Apresentamos, a seguir, o resultado da categorização da terceira questão que queria saber se o estudante consegue perceber e explicar alguns pontos negativos da ciência em nossa sociedade.

Verificamos que 39 alunos, ou seja, mais da metade dos estudantes não teve habilidade e competência para responder, de forma coerente, à pergunta sobre os possíveis fatores negativos que a ciência trouxe à nossa sociedade, ou simplesmente não se dispuseram a responder à pergunta.

Observamos que 7 alunos entendem serem pontos negativos a poluição dos rios e do solo, em decorrência da grande quantidade de lixo industrial acumulada no ambiente sem nenhum tipo de fiscalização, assim como a degradação ambiental produzida pelas grandes indústrias a exemplo das mineradoras e madeireiras.

Podemos constatar que 6 alunos defendem que a produção de armas de destruição em massa, como bombas atômicas, assim como armas biológicas, é um fator negativo que pesa contra a ciência.

Ainda averiguamos também que 6 alunos concluem que a internet pode ser um fator negativo na vida das pessoas, quando seu uso é compulsivo e sem nenhum tipo de controle, causando doenças já diagnosticadas pela medicina como: depressão, transtorno de abstinências, isolamento social, vícios em jogos e outros.

Diante dos resultados, percebemos que pouquíssimos alunos conseguem lançar um olhar mais crítico ao fazer científico, do ponto de vista educacional chega a ser perturbador, haja vista uma educação que não consegue produzir pessoas capazes de avaliar o próprio contexto histórico em que vivem, pois não há como ignorar as constantes tensões entre potências atômicas no cenário geopolítico internacional. E, mesmo considerando que esses alunos não tenham Recuperadoa esses espaços de discussão, não há como ignorar os livros de história, que mostram o quanto arsenais nucleares podem ser destrutivos e devastadores. Mesmo assim, apenas 6 pessoas lembraram dessa questão, o mesmo número de alunos que atribuíram transtornos do estresse-compulsivo à utilização de tecnologias como pontos negativos, e 7 lembraram da questão ambiental. E nos chamou a atenção que a grande maioria, quase três quartos dos estudantes simplesmente não se dispuseram a responder a essa questão.

Mas uma vez como já foi discutido, é preocupante que os estudantes de certa forma se mostrem alienados a essa questão, pois de fato ou não se interessam em questionar o quanto pode ser destrutivo o uso de tecnologias para fins bélicos, a favor de produção de armas de destruição em massa, ou simplesmente ignoram toda e qualquer informação a esse respeito.

Terminada esta primeira verificação de resultados, que tinha por objetivo o levantamento do conhecimento prévio (subsunçores) já disponível na estrutura cognitiva dos alunos que, de algum modo, tivesse relação com os conteúdos da temática trabalhada. Passamos, em seguida, a análise do questionário 2, na verificação de possíveis indícios de aprendizagem.

## **5.2 Situação 2: Verificação de aprendizagem**

Nesta seção foram observados possíveis indicadores como evidências de aprendizagem (Ausubel, 2000, pág. 15;130), através da análise e discussão dos resultados verificados ao término da proposta pedagógica, que, de forma semelhante à atividade realizada para extrair o conhecimento prévio dos estudantes, esteve constituída de três questões discursivas para serem resolvidas individualmente pelos alunos. Com o objetivo de acompanhar o progresso intelectual dos estudantes através da produção textual elaborada em sala de aula, utilizamos indicadores de aprendizagem como:

1. Evolução e diferenciação conceitual realizada levando em consideração ideias ancoradas no arcabouço teórico disponível na estrutura cognitiva do estudante;

2. Articulação entre as ideias, pensamentos e significados que foram diferenciados progressivamente em diferentes momentos da atividade pedagógica;
3. Estratégias argumentativas baseadas em proposições, teses e teorias que foram problematizadas através de uma perspectiva integradora ao longo das atividades em sala de aula.

Na sequência mostraremos o resultado desta segunda avaliação, assim como a análise e discussão das respostas dos estudantes através de gráficos e legendas.

### 5.2.1 Análise da primeira questão

**“Explique as principais teorias que tentaram descrever a estrutura do átomo ao longo dos tempos?”**

Em um dos itens do primeiro questionário, que tinha a função de externar as ideias ancoradas na estrutura cognitiva dos estudantes, questionamos os alunos acerca do seu entendimento sobre a estrutura da matéria, perguntando: “do que são feitas todas as coisas?”. Consideramos, porém, neste segundo momento, que, levando em consideração principalmente a diferenciação progressiva da temática durante as atividades do processo pedagógico, houve crescimento dos níveis de complexidade na problematização dos conteúdos desenvolvidos. Desta forma, nesta segunda avaliação, exigimos mais perspicácia e sagacidade dos estudantes, questionando agora qual o entendimento destes sobre as principais teorias que tentaram descrever a estrutura do átomo ao longo dos tempos.

Nesse sentido, organizamos as respostas desenvolvidas pelos alunos em pelo menos 4 grupos, que foram diferenciados como sendo os grupos de resposta:

#### 1. Grupo que diferenciou pelo menos 5 ou 6 modelos teóricos;

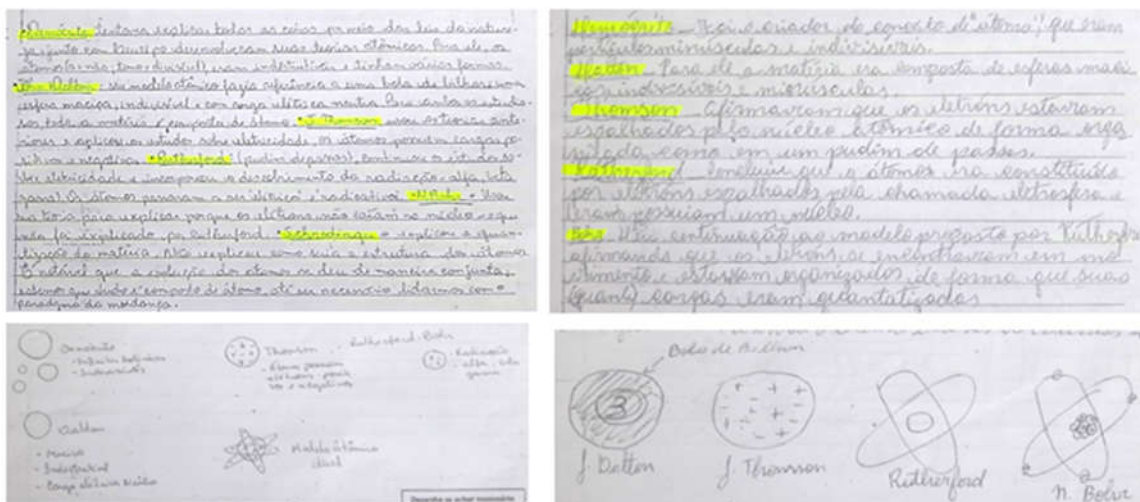


Figura 27: Respostas primeira questão-Grupos que descreveram 5 ou 6 modelos.



2. Grupo que diferenciou pelo menos 3 ou 4 modelos teóricos;

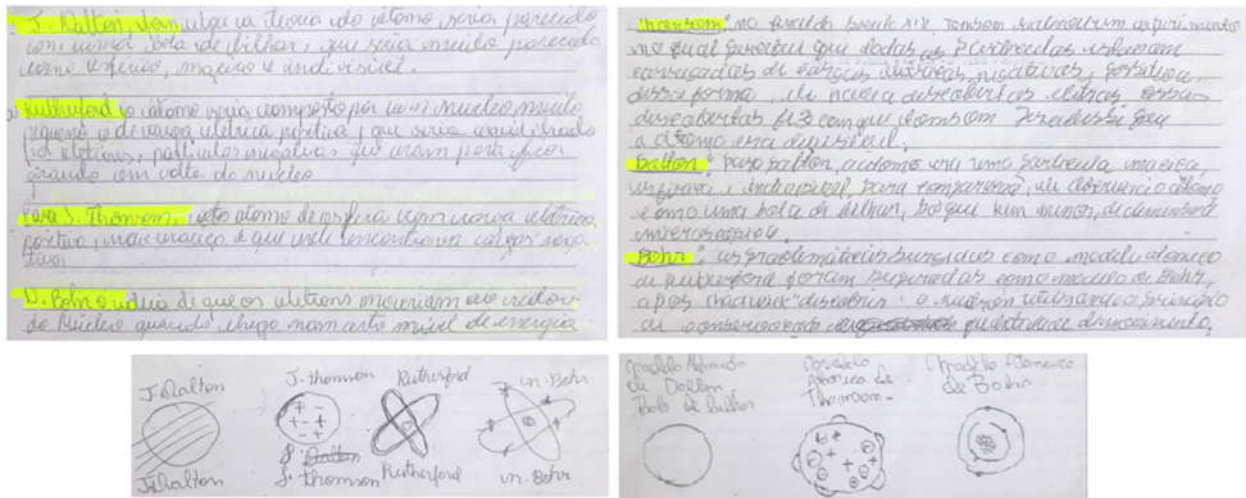


Figura 28: Respostas primeira questão-Grupos que descreveram 3 ou 4 modelos.

3. Grupo que diferenciou pelo menos 2 modelos teóricos;

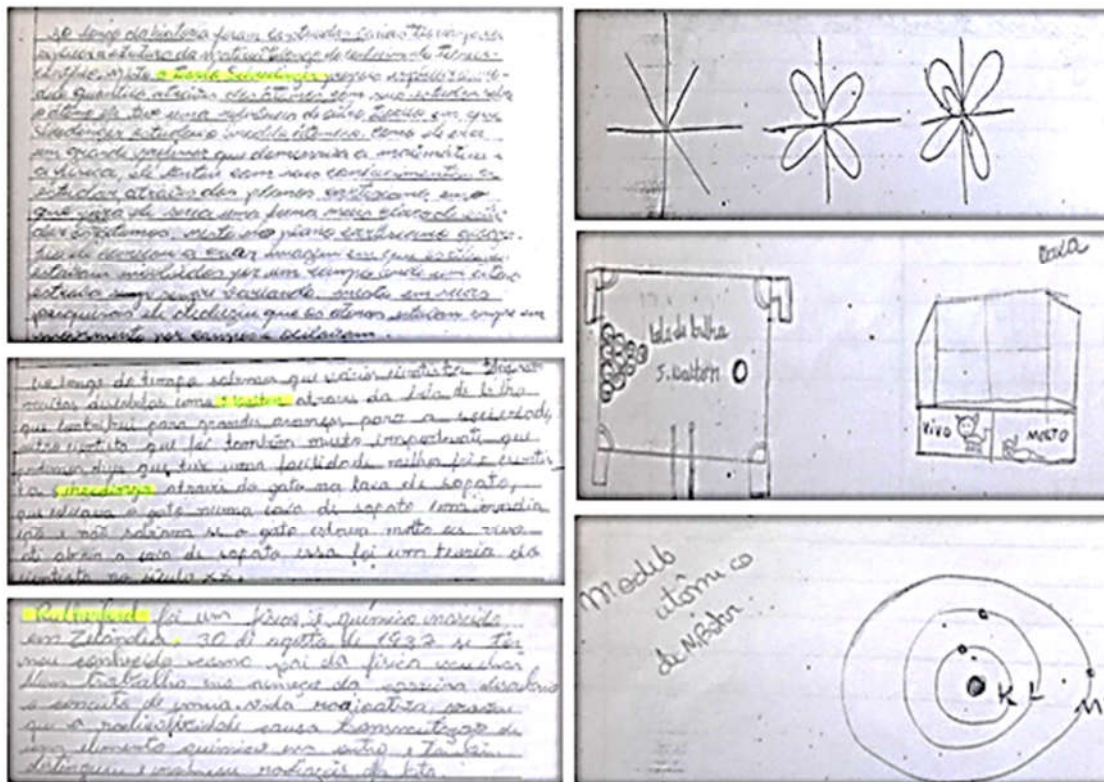


Figura 29: Respostas primeira questão-Grupos que descreveram pelo menos 2 modelos.

4. Grupo que não descrevem modelos ou simplesmente não apresentaram qualquer explicação ao problema proposto.

Abaixo, temos os resultados dispostos graficamente dos grupos organizados em função dos modelos atômicos.

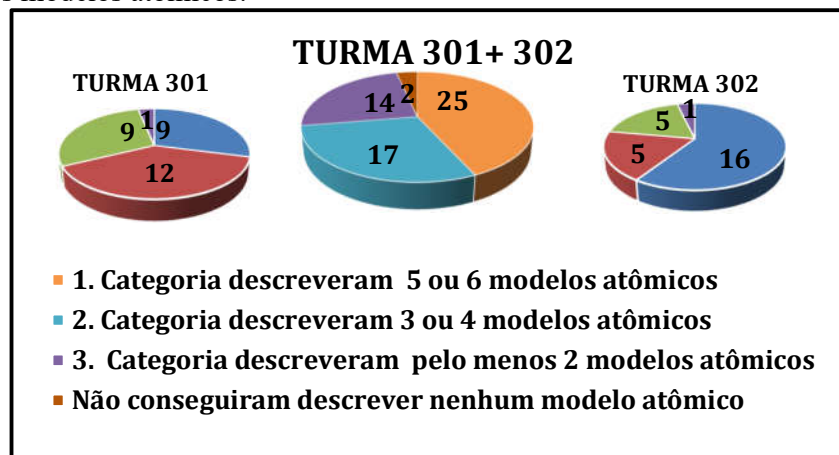


Figura 30: Apresentação gráfica-diferenciação dos modelos atômicos.

### Discussão dos resultados da primeira questão.

Diante dos resultados acima verificados da primeira questão, que trata sobre a evolução dos principais modelos atômicos elaborados até nossos dias, observamos que, do grupo de alunos, 25 destes conseguiram diferenciar e explicar de modo satisfatório as principais características de pelo menos 5 ou 6 modelos atômicos, ou seja, quase metade do grupo analisado conseguiu compreender pelo menos 5 dos 6 modelos teóricos discutidos em sala de aula. Averiguamos, também, que 17 alunos explicaram de forma coerente pelos menos 3 modelos teóricos dentro do que foi discutido nas atividades, 14 alunos parecem conseguir explicar pelos menos 2 dos principais modelos discutidos dentro da proposta pedagógica e apenas 2 alunos parecem não ter conseguido responder de forma coerente às perguntas sobre os principais modelos atômicos estudados, ou simplesmente não se dispuseram a respondê-las.

Diante dos dados acima coletados, constatamos que esses resultados são bastante expressivos, pois, se comparados aos resultados do primeiro questionário, em que 33 estudantes não atribuíam à estrutura da matéria a nenhuma teoria científica, temos um grande salto.

De fato, esses números são bastante, significativos, pois compreendemos que antes, a maioria destes estudantes, mais de 50%, não conseguia sequer elaborar uma resposta com ideias coerentes e articuladas dentro do que hoje entendemos por paradigmas científicos, mas ao final deste processo pedagógico, quase a totalidade já

conseguiu discorrer sobre o fato de a estrutura íntima da matéria estar necessariamente relacionada a parâmetros científicos. Outro ponto a destacar é que cerca de nove décimos dos alunos evidenciaram um possível entendimento de que o conhecimento sobre estrutura atômica da matéria foi produzido através da elaboração de diferentes teorias científicas marcadas pelo contexto histórico no qual foram construídas, e que foram sendo aprimoradas, modificadas ou substituídas ao longo do tempo. Também pudemos inferir, através dos resultados, que a maioria dos estudantes já conseguiam perceber que a produção científica não se desenvolve de modo constante e linear, mais que pode ser influenciada por inúmeros fatores dependendo do contexto histórico.

### 5.2.2 Análise da segunda questão

*“Você acredita que o período histórico influenciou de alguma forma o desenvolvimento das teorias científicas que estudamos?”*

Descrevemos na metodologia do trabalho que um dos objetivos deste é, também, o de fazer com que o estudante compreenda a ciência como produto do fazer humano, consequência de um processo dinâmico e não linear marcado pelas contradições de determinado contexto histórico.

Em primeira análise, buscamos entender como ocorria a compreensão dos estudantes acerca da epistemologia da ciência no que tange à evolução das teorias científicas ao longo dos tempos. Diante dos resultados, elaboramos uma estratégia para orientar que todas as equipes que trabalharam individualmente cada teoria atômica enfatizassem essa questão em suas apresentações, ou seja, discutindo porque cada modelo atômico, dentro de suas respectivas características, se propunha a resolver determinados problemas, ao passo que tinham limitações em outros em certo período da história.

Assim sendo, nesta segunda avaliação, tentamos identificar a evolução conceitual que os alunos desenvolveram durante a metodologia de ensino trabalhada em sala de aula, questionando agora qual o seu entendimento sobre os possíveis fatores históricos que poderiam ter influenciado cada teoria atômica estudada. Dessa forma, a partir de uma análise qualitativa, foi possível dividirmos as respostas dos estudantes em 4 grupos, que se organizaram a partir das proposições desenvolvidas pelos alunos, fazendo referência a fatores relevantes que podem ser entendidos dentro de pelo menos 3 contextos distintos, a saber:

- I. **contexto técnico-científico** – fatores associados ao arcabouço teórico disponível em cada momento histórico estudado, assim como ao aparato

tecnológico disponível em cada época que contribuiu de alguma forma na produção de cada teoria atômica;

- II. **contexto político-econômico** – fatores associados a questões inerentes ao cenário político que por ventura possa ter contribuído ou prejudicado o desenvolvimento da ciência na época, assim como também o aspecto econômico que porventura possa ter alavancado pesquisas que contribuíram de forma significativa em cada teoria atômica estudada em sala de aula;
- III. **contexto sociocultural** – fatores que, de certa forma, estão associados a demandas sociais de cada época e marcados por eventos vinculados a tecnologias que se utilizam da energia nuclear, como, por exemplo, o momento pós Segunda Guerra Mundial, que fez com que as sociedades olhassem de forma diferenciada para tecnologias produzidas a partir da energia nuclear tanto para fins pacíficos, como principalmente para produção de arsenais nucleares.

Portanto, levando em conta os três contextos acima diferenciados para facilitar nossa análise, inferimos que possivelmente as respostas construídas pelos estudantes se organizaram conforme segue:

- 1. o grupo que considerou em suas respostas os três aspectos;

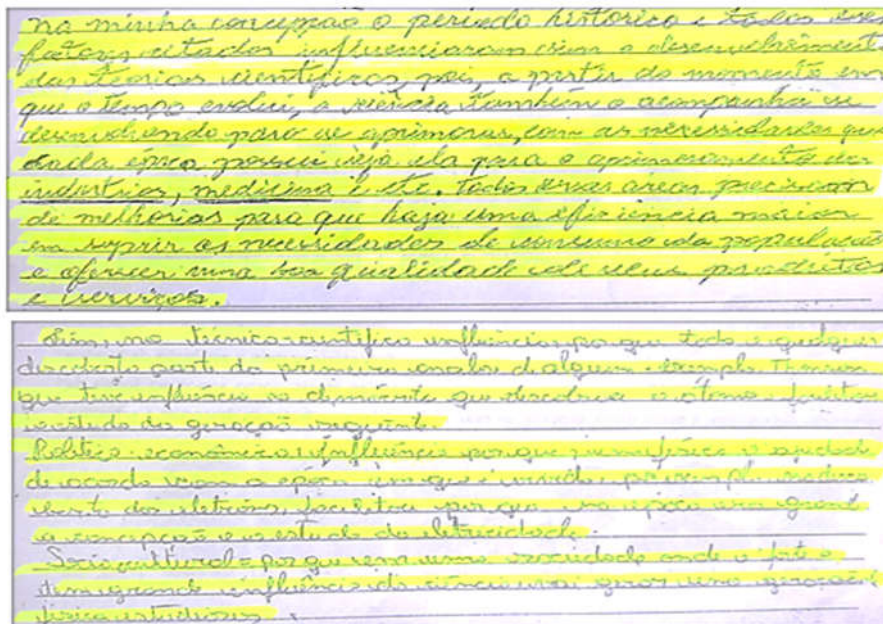


Figura 31: Respostas segunda questão-defenderam os três aspectos.



2. o grupo que considerou em suas respostas dois aspectos discutidos;

Sim, em alguns períodos da história, a ciência era limitada pela Igreja e quem desobedecesse de sua autoridade era punido - por exemplo, o tribunal da Santa Inquisição. Em outro período, era referente a primeira guerra mundial - um exemplo a ser citado é o Rutherford, que desmoronou uma parte de sua teoria nesse período.

Sim, dúvida que sim. Observamos que no início, no tempo de Demócrito, não havia tecnologias que possibilitassem o aprofundamento dos estudos dele sobre o átomo. Quando Dalton formulou sua teoria atômica, ele disse que os átomos atômicos eram neutros, pois devido ao contexto político-econômico e técnico-científico, não começaram os estudos sobre eletrificação (não havia um estudo amplo). Isso só se deu mais tarde - Thomson.

Figura 32: Respostas segunda questão-defenderam dois aspectos.

3. o grupo que considerou em suas respostas apenas 1 aspecto acima mencionado;

Sim, pois vários períodos influenciam esse físico para várias descobertas para ajudar o entendimento da estrutura atômica.  
Ex: J.J Thomson quando descobriu suas descobertas ele só teve essa chance de descobrir sua teoria por que na sua época estava sendo criada a "energia elétrica" que sem isso sua teoria não teria nascido e ajudou bastante para formular e conseguir descobrir o elétron.

Sim porque antes disso não se sabia nada sobre a estrutura atômica e segundo outras teorias eles estudavam teorias anteriores para poder construir a sua própria por exemplo, com o conhecimento dos cientistas anteriores e chegou logo a sua teoria.

Figura 33: Respostas segunda questão-defenderam apenas um aspecto.

4. o grupo dos que não se dispuseram a responder.

Abaixo, temos os resultados dispostos graficamente, segundo os três aspectos diferenciados acima e organizados segundo os quatro grupos de classificação.

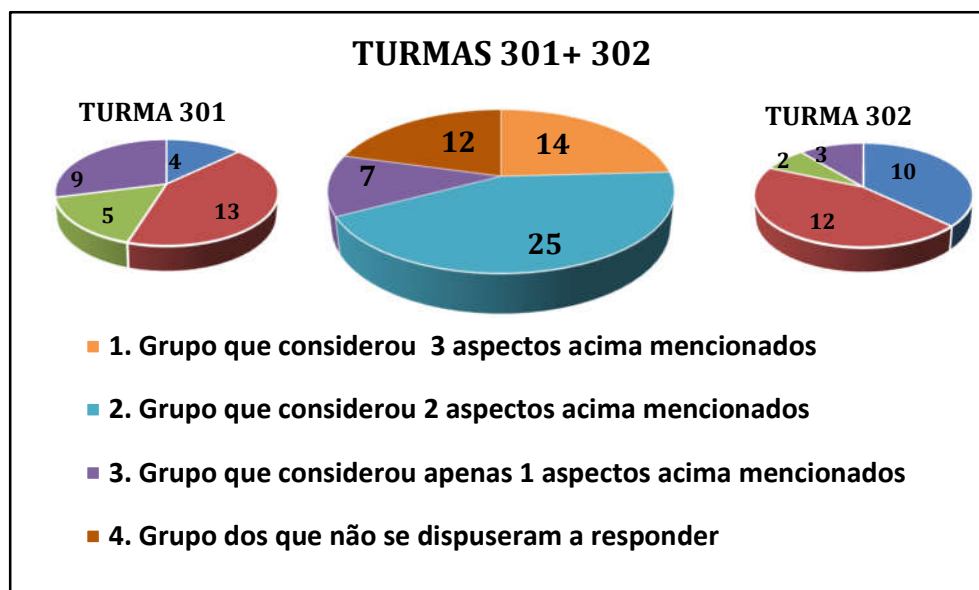


Figura 34: Apresentação gráfica-segunda questão-fatores influentes ao desenvolvimento científico.

### Discussão dos resultados da segunda questão

Após verificação dos resultados acima demonstrados através de gráficos e legendas, evidenciamos que possivelmente 14 alunos desenvolveram suas respostas levando em conta que a ciência evolui através da influência dos três fatores descritos no início da análise desta questão, sejam estes: técnico-científico, político-econômico e sociocultural. Concluímos, em nossa análise, também, que 25 alunos parecem explicar que a ciência se modifica ao longo dos tempos, levando em conta pelo menos 2 dos fatores acima destacados. Aparentemente, apenas 7 alunos trabalharam suas respostas defendendo que apenas um dos fatores destacados nessa segunda questão é decisivo no desenvolvimento científico, sendo que grande maioria destes estudantes atribuíam maior relevância ao fator técnico-científico em suas respostas. Por fim, 12 alunos não vincularam a evolução da ciência a qualquer aspecto dos que foram destacados nesta questão, ou simplesmente não se dispuseram a responder à pergunta.

Diante dos resultados acima, pudemos inferir que, em comparação aos resultados obtidos no primeiro questionário, houve também significativo avanço dos estudantes quanto à ideia de evolução da ciência, haja vista que, nas respostas analisadas no questionário prévio, observamos que quase a totalidade dos alunos desenvolvia suas

respostas afirmando que a ciência se desenvolve unicamente influenciada por aspectos associados ao fator técnico-científico (tecnologias, pesquisas, experiências e etc.). Depois das atividades, avaliamos, no entanto, uma diferenciação conceitual, pois percebemos que quase três quartos dos estudantes conseguiram trabalhar seus argumentos articulados a outros fatores, creditando que, além do fator técnico-científico, outros aspectos são também importantes, como, por exemplo: político-econômico; socio cultural; religioso ou mesmo filosófico também são marcantes no desenvolvimento científico. Estes resultados sugerem possíveis indícios de aprendizagem significativa, pois se percebe claramente a evolução conceitual a partir de novas ideias assimiladas em significados relevantes na estrutura cognitiva dos estudantes, bem como através do aprimoramento das estratégias argumentativas destes diante de situações-problema, baseadas em pensamentos e significados que foram diferenciados progressivamente em diferentes momentos da atividade pedagógica.

### **5.2.3 Análise da terceira questão**

***“Explique e dê exemplos de tecnologias desenvolvidas a partir das teorias atômicas que estudamos em sala de aula, e que hoje são empregadas em vários setores importantes de nossa sociedade.”***

No questionário de sondagem do conhecimento prévio dos alunos, questionamos o entendimento deles acerca de como eles percebem a importância da ciência no seu cotidiano, assim como também pedimos que destacassem alguns pontos positivos e negativos que a ciência poderia desempenhar em nossa sociedade.

A partir dessa análise, levamos em consideração as respostas obtidas nesta primeira avaliação, bem como os conceitos e ideias que foram explorados e problematizados em diferentes níveis de complexidades ao longo das atividades. No segundo questionário, cujo objetivo foi o de estudarmos o grau de assimilação e compreensão das proposições científicas, que norteiam o desenvolvimento da teoria atômica, trabalhadas, em sala de aula, pedimos que os estudantes identificassem tecnologias produzidas e desenvolvidas ao longo do aprimoramento das teorias atômicas e que hoje são empregadas em vários seguimentos de nossa sociedade.

Depois de verificadas as respostas dos estudantes, entendemos que para facilitar a análise qualitativa dessa questão, resolvemos desmembrar as opiniões dos alunos em 4 categorias que foram especificadas abaixo.

- I. aspectos tecnológicos associados ao setor energético, no caso de instalações de usinas termoeletrônicas;
- II. aspectos tecnológicos associados ao setor socioeconômico, principalmente vinculado a cura, diagnósticos e tratamentos de doenças;
- III. aspectos tecnológicos associados ao setor agrícola, como métodos de esterilização de alimentos;
- IV. aspectos tecnológicos associados ao setor de defesa, vinculado à produção de armas de destruição em massa e outros.

Desta forma, levando em consideração as categorias elencadas acima, as respostas elaboradas pelos estudantes foram diferenciadas em 4 grupos dispostos da seguinte forma:

1. o grupo que considerou pelo menos três aspectos tecnológicos discutidos;

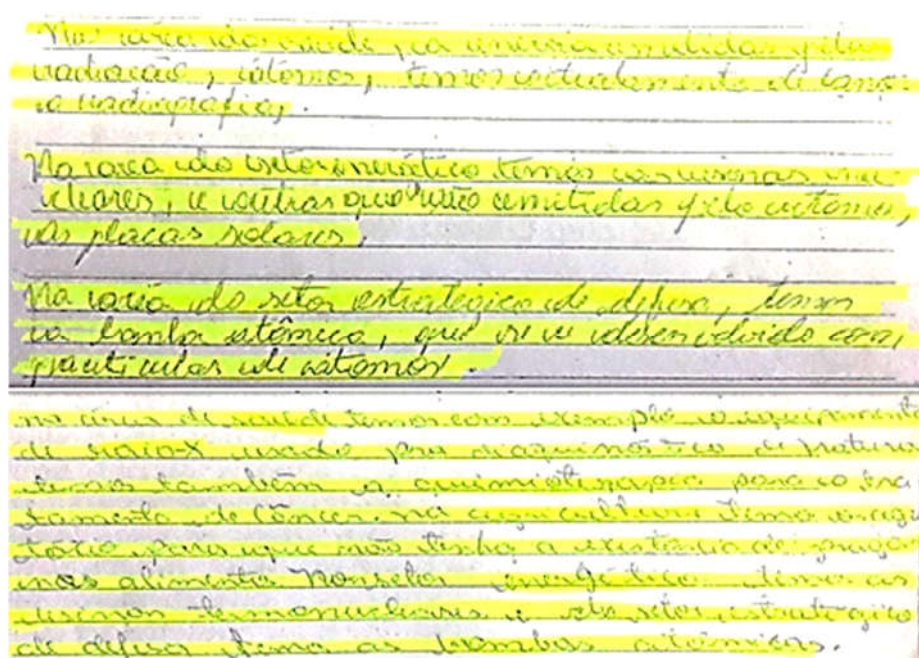


Figura 35: Respostas terceira questão-defenderam três aspectos.



2. o grupo que considerou pelo menos dois aspectos tecnológicos discutidos;

A radiatividade era considerada extremamente perigosa antes de Ernest Rutherford após fazer alguns estudos sobre ele, descobrindo como funciona a radiação emitida pela radioatividade. Isso possibilitou o desenvolvimento dos Raios X, aparelho importante na saúde.

Também foi possível com a aprimoração da teoria atômica desenvolver a criação das armas nucleares.

Temos por exemplo as usinas nucleares onde através da divisão do átomo gerase energia que possibilita o uso de eletrodomésticos. No uso de armarmentos é atualmente o poder mais destrutivo no mundo, ocorrendo através da quebra de átomos ou da fusão destes.

Figura 36: Respostas terceira questão-defenderam dois aspectos

3. o grupo que considerou apenas um dos aspectos tecnológicos discutido;

Por exemplo, hoje é possível com que haja a geração de energia nuclear graças a evolução das teorias atômicas, principalmente a partir de Rutherford com as radiações. Também é possível explicar a luz que é gerada a partir do salto dos elétrons para camadas mais energéticas e, quando retornam para o nível mais baixo novamente, liberam a energia acumulada na forma de luz.

Com esse aprimoramento da Teoria atômica possibilitou usar esse recurso em várias áreas tecnológicas. Podemos citar por exemplo na área tecnológica médica: de diagnóstico como o aparelho de raios X; a quimioterapia que utiliza raios radioativos como raios gama, alfa e beta para a destruição de células cancerígenas.

Figura 37: Respostas terceira questão-defenderam apenas um aspecto

4. o grupo que não se dispuseram a responder;

Abaixo, temos os resultados dispostos graficamente, segundo os quatro aspectos diferenciados acima e organizados segundo os quatro grupos de classificação.

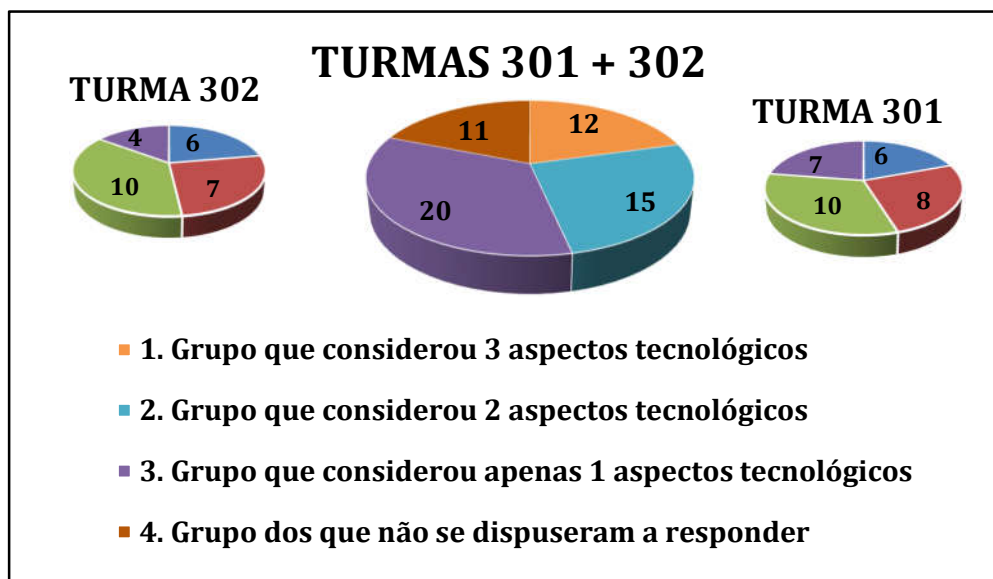


Figura 38: Apresentação gráfica- tecnologias e teria de atômica.

### Discussão dos resultados

Após a classificação dos resultados quanto à percepção dos estudantes no que se refere ao desenvolvimento técnico-científico associado às teorias atômicas, entendemos, dentro do que foi analisado, que pelo menos 4 aplicações tecnológicas foram lembradas pelos alunos em suas respostas, sejam estas: tecnologias associadas ao setor energético (termonucleares); tecnologias associadas ao setor socioeconômico (tratamento de doenças); tecnologias associadas ao setor agrícola (conservação de alimentos), e tecnologias associadas ao setor de defesa (arsenais nucleares), como já descrito nos parágrafos acima. Nesse sentido, constatamos que 20 estudantes conseguiram explicar seus argumentos considerando pelo menos três tecnologias que foram produzidas no contexto do conhecimento das teorias atômicas. 15 alunos destacaram em suas respostas pelo menos 2 tecnologias, que são amplamente empregadas em nossa sociedade e estão vinculadas à Física Atômica. 12 alunos conseguiram responder lembrando apenas de 1 tecnologia associada à teoria atômica, e destes a maioria destacava os aparelhos associados ao tratamento e diagnósticos de doenças, e principalmente dos arsenais nucleares, fazendo referências diretas às bombas atômicas que devastaram as duas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki. Por fim, observamos, também, que 11 alunos

não lembraram de nenhuma tecnologia associada às teorias atômicas ou simplesmente não se dispuseram a responder à questão.

Diante dos resultados obtidos acima e nas atividades trabalhadas ao longo do processo pedagógico, percebemos que conceitos associados a tecnologias são mais significativos e de fácil relação com ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva dos estudantes. Considerando que das respostas dos estudantes no questionário prévio, que foi proposto como avaliação diagnóstica, os argumentos se mantiveram bastante parecidos ou equivalentes, pois verificamos que os alunos lembraram praticamente das mesmas tecnologias, agora, no segundo questionário, suas respostas tiveram um pouco mais embasamento e fundamentação no que se refere à produção técnico-científica no contexto da evolução das teorias atômicas.

## Capítulo 6

### Considerações Finais

Este trabalho descreve o desenvolvimento e aplicação de uma UEPS, que problematizou o desenvolvimento das principais teorias atômicas, como tema motivador através de uma perspectiva histórica. Nesse sentido, as orientações dos documentos oficiais PCNS são claras, no que tange aos conteúdos de Física Moderna a serem trabalhados na Educação Básica, quando enfatizam que, o ensino dos modelos teóricos, bem como as interações nucleares são fundamentais para que os estudantes adquiram entendimento sobre a constituição da matéria. Esclarecendo também que estes conteúdos são fundamentais no sentido de facilitar a compreensão das novas tecnologias, que são cada vez mais baseadas em estudos das radiações, e suas diferentes interações com a estrutura da matéria microscópica. (BRASIL, 2002, pg.70).

Diante disso, a proposta pedagógica foi produzida para orientar o professor em sala de aula, ajudando-o a organizar os conteúdos facilitadores na introdução de conteúdos de Física, discutindo os marcos históricos que nortearam as pesquisas acerca da estrutura íntima da matéria.

A metodologia didática foi pensada a partir das orientações do trabalho de Moreira (2011), que foram sendo estruturadas com base na Teoria de Aprendizagem Significativa, desenvolvida por Ausubel (2000) e seus colaboradores, partindo da premissa de que não há ensino sem aprendizagem, e que o fator mais importante no processo de ensino aprendizagem é o conhecimento prévio, aquilo que o aluno já sabe, ou seja, todo o conhecimento relevante à instrução de certos conteúdos que esteja disponível no patrimônio memorial do indivíduo.

O objetivo de trabalhar os principais modelos atômicos no contexto da História da Ciência, foi mostrar que o fazer científico se desenvolve através da construção de modelos teóricos, que são produzidos, aprimorados ou substituídos, através de revoluções paradigmáticas, discutidas nessa proposta dentro da visão epistemológica de Thomas Kuhn (1997). Fazendo o estudante compreender que a ciência é um produto do fazer humano, dentro de suas mais variadas contradições, condicionada a determinados momentos históricos, sujeita a vários aspectos como político-econômicos, socioculturais, filosóficos, religiosos, e não somente influenciada pelo fator técnico-científico apenas.

Diante disso, este produto didático foi pensado e executado em 4 etapas de execução, seguindo as orientações estratégicas de sua metodologia didática, assim como



descreve, em sua metodologia investigativa, seus aspectos sequenciais de execução, isto é, como se deu sua implementação em sala de aula, fazendo uma caracterização do espaço físico, dos instrumentos de coleta de dados, e dos agentes envolvidos no processo de ensino. E, por fim, através dos comparativos dos testes individuais, foi feita a análise qualitativa de seus resultados, e finaliza considerando orientações que possam melhorar o trabalho didático na aplicação do produto, assim como futuras pesquisas complementares ao mesmo.

Nesse sentido, vem na sequência o resumo dos principais procedimentos instrucionais, que orientaram o desenvolvimento e aplicação das atividades dentro da proposta pedagógica.

A primeira atividade tinha objetivo de estabelecer a delimitação dos conteúdos a serem trabalhados dentro da temática apresentada, assim como também propor uma avaliação individual, que tinha como objetivo a prospecção do conhecimento prévio do estudante, ou seja, o que ele já sabia sobre o conteúdo que seria trabalhado, de modo a direcionar e nivelar as atividades ao perfil instrucional dos alunos.

A segunda atividade tinha como finalidade desenvolver a diferenciação progressiva, problematizando, ainda que de forma introdutória, as principais teorias que tentaram descrever a estrutura atômica, através de situações-problema considerando o conhecimento prévio dos estudantes.

A terceira atividade tinha como propósito promover a reconciliação integrativa sob uma perspectiva integradora, por meio da problematização dos paradigmas científicos através de uma perspectiva histórica, que produziu cada modelo teórico, colocando em discussão fatores não apenas técnico-científicos, como também político-econômicos, socioculturais, filosófico/religiosos, dentre outros. Considerando agora, o aumentando gradual nos níveis de complexidade de cada situação-problema em cada contexto abordado.

A quarta atividade tinha como objetivo verificar o nível de aprendizagem dos estudantes, observando os possíveis indícios de assimilação e retenção de conhecimento através da análise qualitativa dos resultados, o que nos possibilitou destacar a diferenciação de conceitos e significados nas respostas elaboradas pelos estudantes/grupos, assim como também certa preocupação em tentar desenvolver estratégias argumentativas, baseadas em proposições, e teorias, que foram problematizadas através de uma perspectiva integradora ao longo das atividades em sala de aula.

Dentre as recomendações que podemos fazer no sentido de melhorar a eficiência da aplicação deste produto didático, está necessariamente, voltada a atenção que o docente deve dedicar ao planejamento das atividades, levando em considerações principalmente o perfil instrucional dos estudantes, e as condições sociais e econômicas dos mesmos, pois, invariavelmente, estas questões influirão na estabilidade da aprendizagem de novos conteúdos e conseqüentemente na produtividade educacional em sala de aula.

O tempo também é um fator ao qual o professor deve estar atento, para que não seja surpreendido e obtenha resultado abaixo de suas expectativas. Nesse sentido, caso encontre dificuldade em adequar a proposta didática em algum cronograma mais apertado, sugerimos que ao invés de trabalhar com a diferenciação de 5 modelos teóricos, divida as equipes em função de apenas 4 modelos teóricos, ou ainda 3 modelos, dependendo do tempo que o docente tenha a sua disposição. Essa pequena mudança, ainda que por um lado reduza a amplitude das situações-problemas que poderiam se contextualizadas em função do maior número de modelos teóricos à sua disposição, pode dar, por outro lado, ao professor um quadro mais enxuto de questões a serem problematizadas. Isto pode facilitar, de certo modo, o direcionamento dos conceitos e proposições a serem diferenciados progressivamente, ajudando a reorganização de ideias semelhantes através da reconciliação integradora.

As recomendações, no que tange às pesquisas que poderiam ser desenvolvidas usando como base este produto pedagógico, também dependerão dos recursos de que o professor possa dispor junto à escola/universidade. Dessa maneira, se o professor tiver disponível uma boa estrutura na escola, como laboratórios de informática, de ciências, e biblioteca, pensamos que é plausível tentar extrair o máximo de dedicação e empenho dos alunos para que todas as etapas de execução tenham os resultados esperados, a fim de desenvolver as habilidades necessárias para trabalhar a diferenciação de conceitos e significados, através de jogos interativos, de maquetes, simuladores e outros, promovendo assim as condições necessárias a aprendizagem significativa.

Outra experiência que pode ser trabalhada é mudar o tema motivador da estratégia didática, substituindo a problematização dos modelos atômicos pela problematização, por exemplo das *crises dos paradigmas científicos*, a exemplo, da revolução copernicana do século XVI, ou ainda do momento revolucionário ocorrido no início do século XX, que marcou a transição da Física Clássica para a Física Moderna. Entre outros.

No que tange ao valor deste trabalho, acreditamos que esta proposta se justifica por dar ao estudante uma maior compreensão das tecnologias atuais, favorecendo a interdisciplinaridade através da contextualização de diversos cenários possíveis para discussões, sejam estes de âmbito sociocultural, político-econômico, tecnológico, religioso, filosófico entre outros, além de valorizar reflexões importantes à formação de um indivíduo crítico, capaz de compreender o fazer científico como produto dialético das relações humanas, que se desenvolvem de modo não linear e sujeitas a inúmeras contradições.

Após a finalização dos trabalhos, chegamos à conclusão de que, embora também precisamos destacar alguns obstáculos, que vão desde os contratemplos inerentes ao cumprimento do calendário escolar em detrimento de certos conteúdos ao desinteresse por parte de alguns alunos diante da disciplina, que pode ser atribuído a inúmeros fatores, desde a negligência com os estudos até mesmo a questões pessoais que comprometem a performance educacional em sala de aula, o trabalho apresentou evidências de resultados positivos por haver indicativos de processos e produtos de aprendizagem significativa em um campo tão pouco discutido na Educação Básica, os Modelos Atômicos.

Entretanto, diante de todas as considerações, podemos deduzir que o produto pedagógico obteve êxito em seu propósito, pois a análise dos resultados nos possibilitou inferir um aumento na apreensão de conceitos e ideias do conteúdo abordado, assim como também um significativo aumento na capacidade de argumentação diante de situações-problema em níveis mais complexos.

Portanto, em linhas gerais, os resultados sugerem que todo recurso pedagógico que venha a auxiliar na prática docente é um esforço válido, cuja pesquisa deve ser aprofundada e difundida, pois deve ser planejada e produzida levando em consideração a realidade sociocultural e econômica do aluno, e principalmente segundo Ausubel, o conhecimento já trazido pelo aluno em sua vivência de mundo, pode favorecer o processo de ensino/aprendizagem de novas ideias e conceitos de modo significativo.

## Referências Bibliográficas

Ausubel, D. P. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York, Grune and Stratton. 255p.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York, Holt, Rinehart and Winston. 685p.

Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. (1a ed). Lisboa, Plátano.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologia*. Brasília: MEC/Semetec, 1999. Recuperado em 24 agosto, 2017, de <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Linguagens, códigos e suas tecnologias*. Brasília: MEC/Semetec, 2002. Recuperado em 03 agosto, 2017, de <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semetec, 2006. Recuperado em 11 de outubro, 2017, de [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)

Bohr, N. (1958). *Física atômica e conhecimento humano: ensaios 1932-1957*. (1a ed.). Rio de Janeiro: Contraponto. 140p.

Capra, F. (1975). *O Tao da Física*. (28a ed.). São Paulo: Citrix. 374p.

Capra, F. (1982). *O Ponto de Mutação*. (26a ed.). São Paulo: Citri. 445p.

Eisberg, R.; Resnick, R. ( 1979). Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas. 25a. reimpor. Rio de Janeiro: Elzevir. 928p.

Feuner, G. ( 2010). Os Grandes Físicos que mudaram o Mundo, Trad. Constantino Kouzmin-korovaeff, São Paulo: Escala.127p.

Kuhn, T. S. (1957); A Revolução Copernicana: A astronomia planetária no desenvolvimento do pensamento ocidental (70a. ed.). Lisboa.

Kuhn, T. (1997). A Estrutura das Revoluções Científicas (6a. ed.). São Paulo: Editora Perspectiva. 257p.

Moreira, M. A. (1999). Teorias da Aprendizagem. São Paulo: Editora: Pedagógica e Universitária. 242p.

Moreira, M. A. (2006). A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Editora da UnB. Cap. 6. 185p.

Moreira, M. A. (2010). O que é afinal aprendizagem significativa? Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS. Recuperado em março, 2017, de <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>.

Moreira, M. A. (2011). Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. Recuperado em 11 de março, 2017, de <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPS.port.pdf>

Medeiros, E. A. & Amorim, G. C. C. (2017). Análise textual discursiva: dispositivo analítico de dados qualitativos para a pesquisa em educação. Laplace em revista. Recuperado em 22 novembro, 2017, de <http://www.laplaceemrevista.ufscar.br/index.php/lpg/article/view/385/600>

Moraes, R. (2003). Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. Revista Ciência e Educação, v. 9, n. 2, p. 191-211. Recuperado em 22 novembro, 2017, de

[http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S151673132003000200004&pid=S1516-73132003000200004&pdf\\_path=ciedu/v9n2/04.pdf&lang=pt](http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S151673132003000200004&pid=S1516-73132003000200004&pdf_path=ciedu/v9n2/04.pdf&lang=pt)

Moraes, R. & Galiazzi, M. C. (2006). Análise Textual Discursiva: processo constitutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação*, São Paulo, v.12, n.1, p. 117-128, abr.  
<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v12n1/08.pdf>

Novak, J. D. (1981). Uma teoria de educação. São Paulo, Pioneira. Tradução de M.A.

Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1996). Aprender a aprender. Lisboa, Plátano Edições Técnicas. Tradução ao português do original *Learning how to learn*. 212p.

Pinheiro, L. A., Costa, S. S. C. & Moreira, M.A. (2011). Do átomo grego ao Modelo Padrão. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2011. Recuperado em 12 de março, 2017, de [https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v22\\_v6\\_pinheiro\\_costa\\_moreira.pdf](https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v22_v6_pinheiro_costa_moreira.pdf)

Planck, M. (1958). *Autobiografia Científica e Outros Ensaios*. (1. ed.). Rio de Janeiro: Contraponto. 236p.

## Apêndice A

Referencial Bibliográfico dos Trabalhos como a mesma proposta de atividade pedagógica				
Referências	Objetivos	Palavra-Chave	Metodologia	Resultados
Correa, C.; Lopes, C. <b>Ensino de Modelos Atômicos usando episódios da História da Ciência.</b> X Simpósio Nacional Sobre Investigação em de Las Ciencias. 2017.	Apresentar, discutir e analisar os modelos atômicos através de uma perspectiva da História da Ciência.	modelos atômicos, ensino de química, história da ciência, ensino médio	A proposta foi dividida em 2 momentos, o primeiro tinha objetivo de extrair o conhecimento prévio dos alunos através de um questionário. E levando em conta a análise do questionário prévio, foram elaboradas e implementadas aulas na sequência das atividades, cujo foco era discutir o contexto científico da construção dos modelos atômicos.	Com base nos dados foi possível verificar que a proposta contribuiu para o aprendizado dos modelos atômicos, e serviu como experiência para aperfeiçoar os próximos planejamentos de aulas.
Santana, F. B.; Santos, P. J. S. <b>Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos Física Moderna no Ensino Médio.</b> Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 2, p. 555-589, 2017.	Contribui com a discussão acerca da inserção de conceitos de Física Moderna usando o modelo de Bohr.	Espectros Contínuos e Discretos; Quantização da Energia; Modelo de Bohr.	Através de uma sequência didática dividida em 11 aulas, em que cada aula se propunha a desenvolver suas atividades através da problematização dos conteúdos de Física Moderna, levando em conta conceitos de Espectroscopia, assim como a abordagem de vários aspectos do modelo atômico de Bohr.	Os resultados permitiram concluir que a sequência foi bem-sucedida, uma vez que mais da metade dos estudantes elaboraram respostas satisfatórias para as questões referentes às quantizações da energia e da radiação.
Junior, M. S. L. P.; Neto, J. E. S. <b>Situações-problema como Estratégia Didática para o Ensino dos Modelos Atômicos.</b> Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 8, n. 3, 2015.	Analisar como a estratégia didática do uso de situações-problema pode auxiliar no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de modelos atômicos.	Situações-problema, modelos atômicos, ensino de química.	De início foi verificado, através de questionário, o nível instrucional dos estudantes, que deu suporte nas intervenções didática (segundo e terceiro e quarto momentos de intervenção) para produção de situações-problema que pudessem provocar nos alunos operações mentais na problematização diante de modelos atômicos.	Os resultados verificaram que 35% das respostas coletadas foram consideradas satisfatórias.
Silva, G. S.; Braibante, M. E. F.; Braibante, H. T. S. <b>Oficina temática: Uma proposta metodológica para o ensino do modelo atômico de Bohr.</b> Cienc. educ., Bauru, vol. 20, n. 02, pp. 481-495, 2014.	Relacionar os fundamentos teóricos propostos pelo modelo atômico de Bohr com aspectos do cotidiano dos estudantes.	Ensino Médio. Oficina temática. Modelo atômico de Bohr. Aprendizagem.	Através de oficinas temáticas, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, extraído em um primeiro momento através de questionário, e utilizando experimentos cujo objetivo foi de relacionar o modelo atômico de Bohr com o funcionamento das lâmpadas fluorescentes, através de manipulação de compostos químicos, sendo esta atividade experimental antecipada por intervenções que problematizaram o conhecimento necessário a compreensão dos conceitos de emissão de luz proveniente dos saltos eletrônicos.	os resultados obtidos nos permitem afirmar que a oficina temática desenvolvida contribuiu para aprendizagem dos conceitos relacionados ao modelo atômico de Bohr.

## Apêndice B

<b>Trabalhos recentes que podem auxiliar o professor em suas pesquisas, selecionados mediante filtro de palavras-chave, dentro de nossa revisão literária dos últimos 5 anos.</b>
Parente, F. A. G.; Santos, A. C. F. dos; Tort, A. C. <b>Os 100 anos do átomo de Bohr.</b> Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 4, 4301.2013  <a href="http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/354301.pdf">http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/354301.pdf</a>
Parente, F. A. G.; Santos, A. C. F. dos; Tort, A. C. <b>O átomo de Bohr no Ensino Médio.</b> Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 1, 1502. 2014  <a href="http://www.scielo.br/pdf/rbef/v36n1/20.pdf">http://www.scielo.br/pdf/rbef/v36n1/20.pdf</a>
Diniz, N. P.; Furlane, J. M. S. <b>A História da Ciência no Ensino de Modelos Atômicos: análise historiográfica.</b> XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ) Florianópolis, SC, 2016.  <a href="http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0375-1.pdf">http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0375-1.pdf</a>
Ribeiro, M. T. D.; Gonçalves, T. V. O. <b>O Ensino de Modelos Atômicos na Educação Básica: Os Saberes da Docência em Questão.</b> Experiências em Ensino de Ciências V.13, No.4. 2018.  <a href="http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID509/v13_n4_a2018.pdf">http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID509/v13_n4_a2018.pdf</a>



## PRODUTO



### UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

### EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: UMA PROPOSTA EPISTEMOLÓGICA NA ELABORAÇÃO DE MODELOS TEÓRICOS PARA EXPLICAR A ESTRUTURA DA MATÉRIA

Mariel dos Santos Macedo

Prof. Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja

Santarém/Pará  
dezembro 2018

## **Introdução**

### ***Do que se trata?***

Este trabalho versa sobre a problematização dos principais modelos atômicos discutidos no contexto da História da Ciência através de uma perspectiva epistemológica da Ciência (Kuhn, 1997). Para tanto partimos da fundamentação teórico da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2000), Novak (1996) e seus colaboradores. Na elaboração de uma proposta metodológica pensada como uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) à luz dos trabalhos de Moreira (2011), no sentido de ressaltar a importância de estratégias que promovam a diferenciação progressiva de conceitos, através da problematização de situações-problema dentro de uma perspectiva integradora. Com a finalidade de facilitar a assimilação e retenção de conceitos e significados, observados como possíveis indicadores de aprendizagem significativa, valorizando principalmente o conhecimento prévio do aluno. Diante dos resultados de sua aplicação, podemos deduzir que o produto pedagógico obteve êxito ao seu propósito, pois a análise dos resultados nos possibilitou inferir um aumento na apreensão de conceitos e ideias do conteúdo abordado, assim como também um significativo ganho na capacidade de argumentação diante de situações-problema em níveis mais complexos.

### ***Por que eu deveria usar este produto?***

As orientações dos Documentos Oficiais são claras no que tange à valorização de uma educação básica que promova a Física como conhecimento cultural integrado à sociedade como instrumento tecnológico, promovendo a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, capaz de se posicionar criticamente, questionando sua realidade através de argumentos coerentes e consistentes, embasados em conhecimentos científicos.

*“Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade”*  
(BRASIL, 2002, pg. 1).

Portanto, o professor deveria usar este produto porque lhe possibilita:

- Ensinar os conceitos de Física Moderna através de uma visão Epistemológica, fazendo o estudante compreender que a ciência não se desenvolve de modo linear,

mas que é uma construção humana, produto do fazer técnico-científico, sociocultural dentro de um contexto histórico e suas contradições;

- Promover a interdisciplinaridade através da articulação entre as disciplinas e saberes com auxílio da contextualização das tecnologias atuais, possibilitando ao estudante maior compreensão do atual cenário técnico-científico e suas demandas;
- Fomentar a criticidade dos estudantes por meio de debates e discussões acerca de possíveis cenários de conflitos inerentes à temática, promovendo a dinâmica de aprendizagem em grupo, tão importante para desenvolver respeito à diversidade cultural, a pluralidade de ideias e promoção de valores democráticos;

### ***Porque os Modelos Atômicos?***

Os Documentos Oficiais assinalam que alguns aspectos da Física Moderna são fundamentais para o entendimento acerca da constituição da matéria, e que os estudos dos modelos teóricos, bem como as interações nucleares, são fundamentais, para que os estudantes adquiram entendimento sobre a constituição da matéria. Esclarecendo também que estes conteúdos são fundamentais, no sentido de facilitar a compreensão das novas tecnologias, que são cada vez mais baseadas em estudos das radiações, e suas diferentes interações com a estrutura da matéria microscópica. (BRASIL, 2002, pg.70). Nesse sentido, concernente aos conteúdos envolvendo matéria e radiação, a contextualização dos modelos atômicos através de estratégias educacionais podem desenvolver nos jovens habilidades e competências para compreender o mundo contemporâneo, que é cada vez mais construído através de tecnologias baseadas na utilização de radiações aplicadas a microtecnologia.

Portanto, este produto pedagógico, por meio dos modelos atômicos, possibilita ao professor trabalhar conteúdos para:

- Explicar diferentes propriedades dos materiais (térmicas, elétricas, magnéticas etc.).
- Relacionar os modelos de organização dos átomos e moléculas na constituição da matéria às características macroscópicas observáveis em cristais, cristais líquidos, polímeros, novos materiais etc.
- Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio

aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de micro-ondas, tomografia etc.);

- Esclarecer os processos de interação das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias;
- Capacitar o estudante para avaliar os efeitos biológicos e ambientais do uso de radiações não-ionizantes em situações do cotidiano;
- Capacitar o estudante para avaliar os efeitos biológicos e ambientais, assim como medidas de proteção de radiações ionizantes;
- Fazer o estudante compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos;
- Esclarecer sobre a natureza das interações e a ordem de grandeza da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina;
- Explicar e identificar a presença de componentes eletrônicos, como semicondutores, e suas propriedades nos equipamentos contemporâneos;
- Explicar e identificar elementos básicos da microeletrônica para fazer o estudante compreender o processamento de informação (processadores, microcomputadores etc.), redes de informática e sistemas de automação, dando condições de o estudante compreender e avaliar o impacto social e econômico da automação e informatização na vida contemporânea.

Diante das recomendações dos PCNS (2000) acima elencadas, fica evidente a importância de se trabalhar situações-problema envolvendo modelos atômicos para introduzir conteúdo de Física Moderna. Portanto, nesse sentido este produto como recurso pedagógico, se executado dentro de sua fundamentação teórica e metodológica, levando em consideração a realidade sociocultural e econômica dos alunos, e principalmente segundo Ausubel, o conhecimento já trazido pelo aluno em sua vivência de mundo, certamente, terá êxito de modo significativo no processo de ensino/aprendizagem de novas ideias e conceitos.

### ***Quais disciplinas podem utilizar este produto?***

Esta proposta foi pensada, *a priori*, para trabalhar os conteúdos de Física Moderna para explicar os aspectos inerentes à interação de matéria e radiação, que são desenvolvidos no terceiro ano do Ensino Médio. No entanto, pode ser usado no segundo ano para contextualizar os conteúdos da Termodinâmica e Estudos dos Gases.

Pode ainda ser trabalhado na disciplina de Matemática, observando as especificações de cada modelo atômico e adequando-os ao conteúdo, como, por exemplo, trigonometria, que pode ser trabalhado no contexto de desenvolvimento do modelo de Thomson, na determinação da carga elementar do elétron, além do modelo de Rutherford para o cálculo da seção de espalhamento que estimou o tamanho do núcleo atômico.

Também pode ser utilizado ao longo do Ensino Médio na disciplina de Química, para contextualizar os conteúdos que serão trabalhados. No primeiro ano, para analisar os primórdios do desenvolvimento da Química na tentativa de explicar a matéria e suas transformações, e que, dependendo do conteúdo, também pode enfatizar determinado modelo teórico, a exemplo da hipótese de Dalton, para explicar as leis de Lavoisier e de Proust. No segundo ano, destacando o modelo teórico de Thomson no contexto do estudo da Eletroquímica. No terceiro ano, todos os modelos teóricos para destacar os conteúdos de Química Orgânica, como importante ramo do conhecimento desenvolvido a partir da teoria atômica, no estudo das propriedades físico-químicas do átomo de carbono.

## **ASPÉCTOS SEQUENCIAIS DO PRODUTO PEDAGÓGICO**

### **UEPS: Uma Proposta Epistemológica para o Ensino de Modelos Atômicos Aspectos instrucionais e metodológicos**

A nossa proposta de trabalho tem como objetivo o ensino de modelos atômicos usando como apoio a História da Ciência. Para tal, estruturamos a construção dessa proposta nas orientações de Moreira (2011). A ênfase do conteúdo esteve na problematização de teorias científicas que foram marcadas por diversos fatores históricos que, em geral, são pouco ou nunca discutidos em livros didáticos, os quais frequentemente adotam como critério pedagógico a ênfase em critérios meramente técnico-científicos.

Para este fim, organizamos o produto pedagógico em 4 etapas de execução, segundo o quadro abaixo, e discutidos logo na subsequência.

n	Atividade pedagógica	Tempo estimado	Finalidade da atividade segundo a orientações de Moreira
1	Apresentação oral expositiva da temática a ser trabalhada	10 minutos	Delimitar e estabelecer os contornos dos aspectos gerais da temática a ser trabalhada
	Divisão da turma em 5 equipes de trabalho em função dos principais modelos atômicos	15 minutos	Promover a curiosidade e o interesse pela temática, estimular a geração de subsunçores
	Avaliação individual com questões subjetivas	85 minutos	Criar e Propor Situações-Problema para avaliar o conhecimento prévio dos alunos
2	(Professor) Exposição oral sobre os conceitos-chave inerentes à proposta pedagógica	55 minutos	Realizar a Diferenciação Progressiva
	Formação dos grupos de trabalhos e orientação das equipes	55 minutos	Propor Situações-Problema introdutórias para problematizar o conhecimento a ser trabalhado e que relacionem o conhecimento prévio do aluno ao que será abordado
3	(Apresentações das equipes) através de exposição oral, discutir as relações entre os conceitos e proposições inerentes a cada modelo atômico	(3 a 4 aulas, dependendo da eficiência de cada turma em expor suas ideias e discutir suas proposições conceituais)	Realizar a Reconciliação Integrativa
	(Ao término de cada apresentação) promover um espaço de discussão, fazendo a turma refletir sobre a problematização do contexto técnico-científico, que produziu cada modelo teórico condicionado a determinado momento histórico		Dar seguimento à Diferenciação Progressiva em uma perspectiva integradora, i. e., retomar os pontos mais gerais do conteúdo, mas chamando a atenção para as relações entre distintos níveis hierárquicos de conhecimento
4	Avaliação somativa: análise do rendimento dos alunos nas atividades, verificando a capacidade de argumentação e de explicação do conteúdo, etc.	55 minutos	Verificação do nível de aprendizagem através da capacidade de transferência e captação de significados

*Quadro 1: Descrição das etapas da UEPS - Considerando carga-horário padrão para aulas da rede pública estadual de ensino- 55 minutos*

Em linhas gerais, o esquema acima mostra a sequência programática de nossa estratégia didática executada, que foi organizada segundo protocolos discutidos em nossa metodologia, sendo que, na sequência, cada uma dessas atividades será discutida, bem como suas respectivas finalidades dentro das diretrizes de formalização da UEPS.

### ***Passo 1: Levantamento do Conhecimento Prévio***

Neste primeiro passo, o professor deverá deixar bem claro aos estudantes os limites da temática que será trabalhada, identificando seus aspectos mais gerais dentro do contexto da disciplina na qual este conteúdo será trabalhado, a saber: a evolução dos modelos atômicos no contexto da história da ciência. Esta apresentação deverá tão

somente restringir-se à delimitação da temática, assim como dos nomes dos principais cientistas/filosóficos que representam os modelos atômicos que serão trabalhados pelas equipes no decorrer das atividades, assim como descrito no quadro abaixo.

<p>A Evolução dos Modelos Atômicos ao Longo de Tempo</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Demócrito/ Dalton</li><li>• J. J. Thomson</li><li>• Rutherford</li><li>• Niels Bohr</li><li>• Schrödinger</li></ul>
--

*Quadro 2: Quadro expositivo quanto a delimitação da temática, seguida dos principais cientistas representando os modelos atômicos que deverão ser trabalhados pelas equipes.*

Logo depois, o professor deverá dividir a turma em 5 equipes de trabalho, em função dos principais modelos que serão apresentados e discutidos *a posteriori*. Além disso, os grupos deverão receber também um esquema de pesquisa (Apêndice E - esquema de pesquisa), produzido de antemão para nortear os trabalhos dos estudantes.

Terminadas essas duas atividades, será aplicado um questionário individual (questionário 1) com objetivo de prospectar o conhecimento prévio dos estudantes, que, segundo Ausubel, é a variável mais importante dentro do processo de aprendizagem. Isso será importante ao professor no sentido de examinar todo o saber relevante, adquirido pelos alunos, que possa contribuir para aprendizagem de novas ideias e conceitos a serem trabalhados na sequência das atividades.

Depois de aplicado o questionário prévio, e verificado o conhecimento de mundo dos estudantes através da análise qualitativa de suas respostas, o professor deverá, em posse dessa informação, adequar da melhor forma a proposta metodológica ao perfil instrucional dos alunos, e só então passar para as etapas seguintes.

### ***Passo 2: Diferenciação Progressiva/ Organizadores Prévios/ produção de subsunções***

Este segundo momento deverá ser dedicado à preparação dos estudantes ao primeiro contato com o conteúdo que será trabalhado, portanto será preciso propor situações-problema em nível introdutório, de modo a problematizar conceitos e proposições vinculando ao conhecimento prévio do aluno, de maneira a direcionar a

narrativa, partindo de proposições mais gerais e, gradualmente, alcançando ideias mais particulares e sofisticadas. Para tanto, através de apresentação oral expositiva, utilizando Datashow, o professor passará a desenvolver inicialmente os conceitos mais gerais, como, por exemplo: paradigmas, métodos e revoluções dentro do domínio científico, exemplificando situações que de alguma forma façam sentido na vida dos alunos. Preparando, gradualmente, um cenário propício à introdução de ideias mais particulares, como, por exemplo, relacionar as teorias atômicas a certo contexto histórico, condicionados a vários fatores, sejam estes político-econômico, sociocultural, técnico-científico e etc. E, finalmente, problematizar situações no sentido de exemplificar conceitos particulares inerentes às teorias atômicas, como por exemplo: radioatividade, usinas termonucleares e outros.

Tão logo terminado a exposição oral, a turma deverá ser organizada em seus grupos de trabalho, para que cada equipe seja orientada segundo seus respectivos esquemas de pesquisa (Apêndice E - esquema de pesquisa), a exemplo do esquema produzido para o modelo de Dalton, destacado na sequência.

<b>MODELO DE PESQUISA PARA A TEORIA ATÔMICA DE JOHN DALTON</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Resumo Biográfico:</b> John Dalton nasceu em _____ foi um grande _____ fez grandes contribuições nas áreas de Química e _____ seus principais trabalhos foram _____</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contexto político-econômico:</b> John Dalton viveu em uma época onde _____</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contexto técnico-científico:</b> John Dalton foi influenciado pelos trabalhos de _____ que descobriu/participou/ publicou/ inventou _____</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Descrição de sua teoria:</b> John Dalton se propunha a explicar através de sua teoria que _____, porém, sua teoria não explicava _____</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Você sabia que:</b> John Dalton foi/fez _____ A radioatividade é usada em/para _____</li> </ul>

Quadro 3: Esquema de pesquisa produzido para orientação das equipes de trabalho.

Essa oportunidade servirá para tirar eventuais dúvidas, discutir sugestões e, a principalmente, esclarecer como as ideias deverão ser sequenciadas de modo a favorecer diferenciação progressiva. Como verificado no quadro acima, os esquemas de pesquisa apenas iniciam um raciocínio que deve ser desenvolvido adequadamente pelas equipes através de pesquisas em livros, vídeos, sites e etc. O roteiro de trabalho destaca cinco pontos que podem ser relacionados entre si, através de situações-problema, que deverão



ser fornecidos pelo professor durante a orientação dos grupos, e também durante o seguimento das atividades, porém com níveis mais elevados de complexidade.

Depois de ter dado a devida atenção aos grupos, no sentido de orientar como suas apresentações deverão ser conduzidas, e quais ideias e conceitos devem ser mais destacados, a próxima fase será justamente acompanhar a apresentação das pesquisas desenvolvidas pelas equipes.

### ***Passo 3: Diferenciação Progressiva/ Reconciliação integrativa***

Nesta terceira etapa, o professor deverá se dedicar a avaliar e mediar, quando possível, os trabalhos que foram produzidos sob supervisão orientada. Será importante também ressaltar que as equipes sigam a mesma ordem de apresentação descrita no primeiro passo, que, não por um acaso, segue a mesma ordem cronológica em que os modelos teóricos foram produzidos.

Desse modo, os trabalhos dos estudantes deverão basicamente compartilhar as seguintes informações:

1. Fazer um breve resumo biográfico de cada cientista/filosófico destacando o contexto histórico, político-econômico, que este viveu, enfatizando suas contribuições para a ciência em geral, bem como sua área de pesquisa e seus principais trabalhos;
2. Na sequência, deverá ser dado destaque ao contexto técnico-científico no qual a teoria atômica foi produzida, descrevendo as principais pesquisas científicas que na época influenciaram os cientistas no desenvolvimento de seus modelos teóricos;
3. Depois de passados esses aspectos mais gerais, os grupos deverão explicar cada modelo atômico, bem como contextualizar o momento histórico no sentido de relacionar as particularidades conceituais de cada teoria atômica;
4. E por fim descrever/explicar uma aplicação tecnológica que foi desenvolvida a partir do conhecimento técnico-científico da teoria atômica, e caso seja possível, poderão comentar com a turma uma curiosidade da vida pessoal de cada teórico.

Para a apresentação dos grupos, o professor deverá incentivar as equipes na utilização de recursos como software de simuladores, ou ainda, dentro das possibilidades, produzir seus respectivos modelos atômicos com materiais de baixo custo.

Como a aprendizagem deve ser significativa e crítica, e não mecânica, ao término da apresentação de cada grupo, o professor deverá abrir espaço para questionamentos e contribuições da turma, e novamente propor situações-problema, mas agora em um nível maior de complexidade com propósito de relacionar ideias semelhantes e destacar suas diferenças, principalmente questionando o porquê de cada modelo atômico se propor a explicar certos aspectos teóricos, enquanto se mostravam limitados em relação a outros. O objetivo é estimular o grupo/turma a tentar entender o porquê da limitação de cada modelo e principalmente a que fatores estavam condicionados. Algumas situações podem ser problematizadas nesse sentido, a exemplo das questões destacadas abaixo:

1. Modelo de Dalton: Por que o modelo de Dalton para explicar a conservação da massa, considerou o peso relativo dos elementos químicos? E por que o seu modelo não faz referência à carga elétrica da matéria?
2. Modelo de Thomson: Por que Thomson levou em conta os portadores de carga elétrica em seu modelo atômico, porém não conseguiu explicar as raiais espectrais para o átomo de hidrogênio?
3. Modelo de Rutherford: Por que o modelo de Rutherford descreveu seu modelo atômico com estrutura nuclear, no qual os portadores de cargas elétricas giravam em torno desse núcleo, porém não conseguir explicar a estabilidade desse sistema?
4. Modelo de Bohr: Que estratégia Niels Bohr utilizou para resolver o problema da estabilidade do modelo de Rutherford, e por que seu modelo só conseguia prever resultados para o átomo de hidrogênio, porém se mostrava ineficiente para com os demais?
5. Modelo de Schrödinger: Por que o modelo de Schrödinger teve mais êxito que o modelo de Bohr, porém não descreve nada sobre a estrutura do núcleo atômico?

Ou ainda, além destes propor situações-problema no contexto da História da Ciência, fazendo com que os estudantes tenham que considerar vários fatores em seus argumentos, propondo possíveis soluções e hipóteses que os conduzam ao entendimento de que a ciência não evolui de modo contínuo e linear, mas como produto do fazer humano, e sujeito a todas as possíveis contradições inerentes a nossa sociedade. Como destacados nos exemplos abaixo:

1. Analisando a linha do tempo, podemos verificar que depois do modelo de Dalton, criado em 1808, se passou quase um século para que outro modelo fosse produzido. Porém, no início do século XX, em menos de três décadas, a produção de modelos teóricos foi intensa. A que fatores podemos atribuir essa questão?
2. O desenvolvimento industrial de um país passa necessariamente por uma grande demanda energética. Levando em conta a questão ambiental, no sentido de desenvolver tecnologias com baixos níveis de emissão de poluentes. Logo, as usinas termoeletricas podem ser consideradas como possíveis soluções a essa questão?
3. A questão nuclear foi um fator importante no desenrolar da Segunda Guerra Mundial, e hoje o que se pode dizer sobre a produção de arsenais nucleares?

Finalizada a apresentação de todas as equipes, seguirá a finalização da proposta pedagógica, desenvolvendo uma atividade que possibilite avaliar qualitativamente o nível de aprendizagem dos estudantes quanto ao conteúdo desenvolvido.

#### ***Passo 4: Avaliação da aprendizagem***

O quarto encontro com a turma consistirá em registrar os possíveis indícios de aprendizagem significativa, o que deverá ser feito através de uma avaliação individual (questionário 2), com questões discursivas aos moldes do primeiro questionário, que demonstre a transferência e captação de significados para que seja verificado se de fato a UEPS obteve êxito na assimilação, retenção e organização de novas ideias e conceitos.

E na sequência, segue disponível ao professor todos os materiais necessários para implementação em sala de aula do produto pedagógico:

- Questionário 1: Levantamento do conhecimento prévio;
- Questionário 2: avaliação somativa;
- Esquema de pesquisa: plano de orientações das equipes.

## QUESTIONÁRIO 1 - LEVANTAMENTO DO CONHECIMENTO PRÉVIO

Aluno(a): \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_



1. Muitos filósofos e pensadores que viveram na Grécia do século V a.C. acreditavam na teoria dos quatro elementos fundamentais. Eles explicavam que tudo no universo era formado por terra, água, fogo e ar; porém no século XXI as pessoas não pensam mais dessa forma. Então, em sua opinião, o que você responderia se alguém lhe perguntasse: “Afinal, do que são feitas todas as coisas?” (explique e desenhe se necessário)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

desenho





## QUESTIONÁRIO 2 - AVALIAÇÃO SOMATIVA

Aluno(a): \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

1. A tentativa de construir uma teoria capaz de explicar a estrutura da matéria norteia a evolução da história do conhecimento técnico-científico, desde os gregos até nossos dias atuais, como vimos ao longo da apresentação das equipes. A partir disso, explique as principais teorias que tentaram descrever a estrutura do átomo ao longo dos tempos. (explique e desenhe se necessário)



Demócrito



J. Dalton



J. Thomson



Rutherford



N. Bohr



Schrödinger

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

desenho

2. Em sua concepção, você acredita que o período histórico, seja este técnico-científico, político-econômico, sociocultural e etc., influenciou de alguma forma o desenvolvimento das teorias científicas que estudamos? Explique dando algum exemplo.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

3. O aprimoramento da teoria atômica possibilitou o desenvolvimento e aplicação de inúmeras tecnologias associadas às energias emitidas pelos átomos em vários setores importantes de nossa sociedade, seja na área da saúde, da agricultura, do setor energético, do setor estratégico de defesa e outros. Nesse sentido, explique e dê exemplo de algumas dessas tecnologias:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





## ESQUEMA DE PESQUISA

1ª-Equipe:

### O indivisível: E mais uma invenção dos gregos.

1. <b>Resumo Biográfico:</b> Demócrito de Abdera foi...
2. <b>Contexto político-econômico:</b> Demócrito viveu em uma época onde....
3. <b>Curiosidade:</b> Nessa época o Brasil vivia um período....
4. <b>Contexto técnico-científico:</b> Demócrito foi influenciado pelos trabalhos de .... que descobriu (publicou, inventou e etc.) ...
5. <b>Descrição de sua teoria:</b> Demócrito se propunha a explicar através de sua teoria que..., porém, não explicava...
<i>Você sabia que...</i>

<http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/Democrit.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=BP0ewOSFK4c>

### Modelo Atômico de John Dalton: Os primórdios da teoria atômica.

1. <b>Resumo Biográfico:</b> John Dalton foi...
2. <b>Contexto político-econômico:</b> John Dalton viveu em uma época onde....
3. <b>Curiosidade:</b> Nessa época o Brasil vivia um período....
4. <b>Contexto técnico-científico:</b> John Dalton foi influenciado pelos trabalhos de .... que descobriu (publicou, inventou e etc.) ...
5. <b>Descrição de sua teoria:</b> John Dalton se propunha a explicar através de sua teoria que..., porém, não explicava...
<i>Você sabia que...</i>

*Quadro 4: Esquema de pesquisa-equipe modelo de Dalton*

[https://pt.wikipedia.org/wiki/John\\_Dalton](https://pt.wikipedia.org/wiki/John_Dalton)

<https://www.youtube.com/watch?v=PpzkfTC2vFg&index=14&list=PLksgsMD1sK6JU73GRyKhVqs8YKTXfh7OH>

<file:///C:/Users/Usuario/Download/TCC.pdf>

<https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo>

**Situação-problema que deve ser problematizada pelo grupo durante a apresentação da equipe:**

**Modelo de Dalton:** Porque o modelo de Dalton para explicar a conservação da massa, em seu modelo considerou o peso relativo dos elementos químicos? E porque o seu modelo não faz referência carga elétrica da matéria?

## ESQUEMA DE PESQUISA

2ª-Equipe:

### Modelo de J. J. Thomson: “O pudim de passas”.

1. <b>Resumo Biográfico:</b> J. J. Thomson foi...
2. <b>Contexto político-econômico:</b> J. J. Thomson viveu em uma época onde....
3. <b>Curiosidade:</b> Nessa época o Brasil vivia um período....
4. <b>Contexto técnico-científico:</b> J. J. Thomson foi influenciado pelos trabalhos de .... que descobriu (publicou, inventou e etc.) ...
5. <b>Descrição de sua teoria:</b> J. J. Thomson se propunha a explicar através de sua teoria que..., porém, não explicava...
<i>Você sabia que...</i>

Quadro 5: Esquema de pesquisa-equipe modelo de Thomson

<http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/JohnJoTh.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=MR1DhdVtGmY&index=15&list=PLksgsMD1sK6JU73GRyKhVqs8YKTXfh7OH>

<https://www.youtube.com/watch?v=yfZrjc9I5v4&list=PLksgsMD1sK6JU73GRyKhVqs8YKTXfh7OH&index=16>

<file:///C:/Users/Usuario/Download/TCC.pdf>

<https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo>”.

### Situação-problema que deve ser problematizada pelo grupo durante a apresentação da equipe:

**Modelo de Thomson:** Porque Thomson levou em conta os portadores de carga elétrica em seu modelo atômico, porém não conseguiu explicar as raias espectrais para o átomo de hidrogênio?

## ESQUEMA DE PESQUISA

3<sup>a</sup> Equipe:

### Modelo de Ernest Rutherford: “Foi a coisa mais incrível que já me aconteceu”

1. <b>Resumo Biográfico:</b> Ernest Rutherford foi...
2. <b>Contexto político-econômico:</b> Ernest Rutherford viveu em uma época onde....
3. <b>Curiosidade:</b> Nessa época o Brasil vivia um período....
4. <b>Curiosidade:</b> Nessa época o Brasil vivia um período....
5. <b>Contexto técnico-científico:</b> Ernest Rutherford foi influenciado pelos trabalhos de .... que descobriu (publicou, inventou e etc.) ...
6. <b>Descrição de sua teoria:</b> Ernest Rutherford se propunha a explicar através de sua teoria que..., porém, não explicava...
<i>Você sabia que...</i>

Quadro 6: Esquema de pesquisa-equipe modelo de Rutherford

<http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/ErneRuth.htm>

[https://www.youtube.com/watch?v=IKA9zMOwi\\_k&index=13&list=PLksgsMD1sK6JU73GRyKhVqs8YKTXfh7OH](https://www.youtube.com/watch?v=IKA9zMOwi_k&index=13&list=PLksgsMD1sK6JU73GRyKhVqs8YKTXfh7OH)

<file:///C:/Users/Usuario/Download/TCC.pdf>

<https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo>

**Situação-problema que deve ser problematizada pelo grupo durante a apresentação da equipe:**

**Modelo de Rutherford:** Porque o modelo de Rutherford descreveu seu modelo atômico com estrutura nuclear, no qual os portadores de cargas elétricas giravam em torno desse núcleo, porém não conseguir explicar a estabilidade desse sistema?

## ESQUEMA DE PESQUISA

4ª Equipe:

**Modelo de Niels Bohr: “Logo que vi a fórmula de Balmer, tudo se tornou claro para mim”**

1. <b>Resumo Biográfico:</b> Niels Bohr foi...
2. <b>Contexto político-econômico:</b> Niels Bohr viveu em uma época onde....
3. <b>Curiosidade:</b> Nessa época o Brasil vivia um período....
4. <b>Contexto técnico-científico:</b> Niels Bohr foi influenciado pelos trabalhos de ... que descobriu (publicou, inventou e etc.) ...
5. <b>Descrição de sua teoria:</b> Niels Bohr se propunha a explicar através de sua teoria que..., porém, não explicava...
<i>Você sabia que...</i>

*Quadro 7: Esquema de pesquisa-equipe modelo de Bohr*

<http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/NielsHDB.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=1UbkoIX4L6s&index=12&list=PLksgsMD1sK6JU73GRyKhVqs8YKTXfh7OH>

<https://www.youtube.com/watch?v=pkVesdaoinU&list=PLksgsMD1sK6JU73GRyKhVqs8YKTXfh7OH&index=11>

<https://www.youtube.com/watch?v=FuIahkk9TFU&list=PLksgsMD1sK6JU73GRyKhVqs8YKTXfh7OH&index=9>

<file:///C:/Users/Usuario/Download/TCC.pdf>

<https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo>

**Situação-problema que deve ser problematizada pelo grupo durante a apresentação da equipe:**

**Modelo de Bohr:** Que estratégia Niels Bohr utilizou para resolver o problema da estabilidade do modelo de Rutherford, e porque seu modelo só conseguia prever resultados para o átomo de hidrogênio e, porém, se mostra ineficiente para como os demais?

## ESQUEMA DE PESQUISA

5ª-Equipe:

**Modelo de Schrödinger: “O desafio não é ver o que ninguém nunca viu, mas ver diferente aquilo que todo mundo vê”.  
(O surgimento de uma nova mecânica)**

1. <b>Resumo Biográfico:</b> Erwin Schrödinger foi...
2. <b>Contexto político-econômico:</b> Erwin Schrödinger viveu em uma época onde....
3. <b>Curiosidade:</b> Nessa época o Brasil vivia um período....
4. <b>Contexto técnico-científico:</b> Erwin Schrödinger foi influenciado pelos trabalhos de .... que descobriu (publicou, inventou e etc.) ...
5. <b>Descrição de sua teoria:</b> Erwin Schrödinger se propunha a explicar através de sua teoria que..., porém, não explicava...
<i>Você sabia que...</i>

*Quadro 8: Esquema de pesquisa-equipe modelo de Schrödinger*

<http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/ErwiScho.htm>

<https://www.youtube.com/watch?v=R0jyWtzQfPI&list=PLksgsMD1sK6JU73GRyKhVqs8YKTXfh7OH&index=7>

<https://www.youtube.com/watch?v=LE7uRwEx8Wo&list=PLksgsMD1sK6JU73GRyKhVqs8YKTXfh7OH&index=6>

<file:///C:/Users/Usuario/Download/TCC.pdf>

<https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo>

**Situação-problema que deve ser problematizada pelo grupo durante a apresentação da equipe:**

**Modelo de Schrödinger:** Porque o modelo de Schrödinger teve mais êxito que o modelo de Bohr, porém não descreve nada sobre a estrutura do núcleo atômico?