



**TÓPICOS DE FÍSICA QUÂNTICA EM VERSOS DE CORDEL E ARTE DOS
QUADRINHOS, ENSINADOS À LUZ DE UMA UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA**

SAMUEL DOS SANTOS FEITOSA
FRANCISCO AUGUSTO SILVA NOBRE

Juazeiro do Norte
Março de 2019

Sumário

| | |
|--|-----------|
| Apresentação | 3 |
| 1. A história em quadrinhos | 4 |
| 2. Proposta de uma sequência de ensino | 22 |
| 3. Situações-problemas trabalhadas | 25 |
| 4. Textos complementares para auxiliar na elaboração de versos de cordel e tirinhas | 33 |
| 5. Relato de experiência da aplicação da HQ através da sequência de ensino proposta..... | 39 |
| 5.1 O primeiro encontro..... | 39 |
| 5.2 O segundo encontro..... | 45 |
| 5.3 O terceiro encontro | 53 |
| 5.4 O quarto encontro | 55 |
| 5.5 O quinto e sexto encontro | 61 |
| 6. Considerações finais..... | 64 |
| 7. Referências bibliográficas..... | 65 |
| Apêndice..... | 66 |
| Apêndice A – considerações teóricas | 66 |
| 1 A Literatura de Cordel no ensino de Física | 66 |
| 2 Quadrinhos no ensino de Física | 71 |
| 3 A teoria da aprendizagem significativa | 75 |
| 4 A Unidade De Ensino Potencialmente Significativa - UEPS | 82 |
| 5 Referências..... | 85 |

Apresentação

Este material instrucional apresenta, ao longo das seções, orientações teóricas e práticas para a aplicação, em sala de aula, da história em quadrinhos “*Os moldos e pelepas do átomo clássico até o átomo quântico*”, através de uma sequência de ensino. Ambos os recursos foram desenvolvidos como produto educacional do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF.

Tais ferramentas pedagógicas destinam-se ao ensino de tópicos de mecânica quântica, apresentando o conteúdo em versos populares e ilustrações da arte dos quadrinhos na perspectiva de facilitar a compreensão de conceitos e fenômenos abstratos que envolvem fenômenos que descrevem o comportamento da estrutura da matéria. A HQ e os textos complementares que trabalham o conteúdo de Física tiveram como referências principais as obras Hewitt (2002) e Pietrocola (2010).

Para realizar trabalhos em aulas de Física com os recursos didáticos citados acima este guia exhibe, inicialmente, a história em quadrinhos desenvolvida, a proposta de uma sequência de ensino para aplicação dessa ferramenta em aulas de Física e um material complementar para ajudar no desenvolvimento de etapas da sequência. Ele ainda apresenta as situações-problemas trabalhadas com os discentes e descreve uma experiência em sala de aula com a aplicação dessas ferramentas.

Vale ressaltar que as etapas da sequência de ensino são pautadas em aspectos sequenciais da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e nos fundamentos da teoria da aprendizagem significativa.

O apêndice apresenta seções com argumentos teóricos e experiências exitosas da utilização da literatura de cordel e das histórias em quadrinhos (HQS) no ensino de Física. Em seguida realiza-se uma descrição da teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2000) e da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) de Moreira (2011), para fundamentar o arcabouço teórico da proposta e orientar o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem.

O professor que desejar se aprofundar nas discussões teóricas sobre os tópicos de Física Quântica abordados na História em Quadrinhos elaborada, o uso da Literatura de Cordel e da História em Quadrinhos no ensino de Física, além dos aspectos principais da Teoria da Aprendizagem Significativa e da UEPS podem consultar o apêndice deste material ou a própria dissertação que deu origem a este produto educacional.

1. A história em quadrinhos

Este produto apresenta o conteúdo em duas partes. Inicialmente retrata aspectos históricos sobre o estudo do átomo e descreve experiências científicas que corroboraram com o desenvolvimento da teoria clássica do átomo. Esta primeira parte é uma contextualização preparando os estudantes para o estudo de tópicos de Física Quântica, que surgem em fenômenos e teorias, estudados na parte 2 da HQ.



olá, sou o professor George Ronan.
Meu personagem foi criado em homenagem
a uma pessoa muito especial com o mesmo
nome, que dedicou sua vida a mostrar aos
seus alunos que "A Física é linda" com seu
jeito alegre e divertido de dar aula. E en-
por aqui farei o mesmo, convidando vocês a
dar um passeio por esse mundo
espetacular que é a Física!



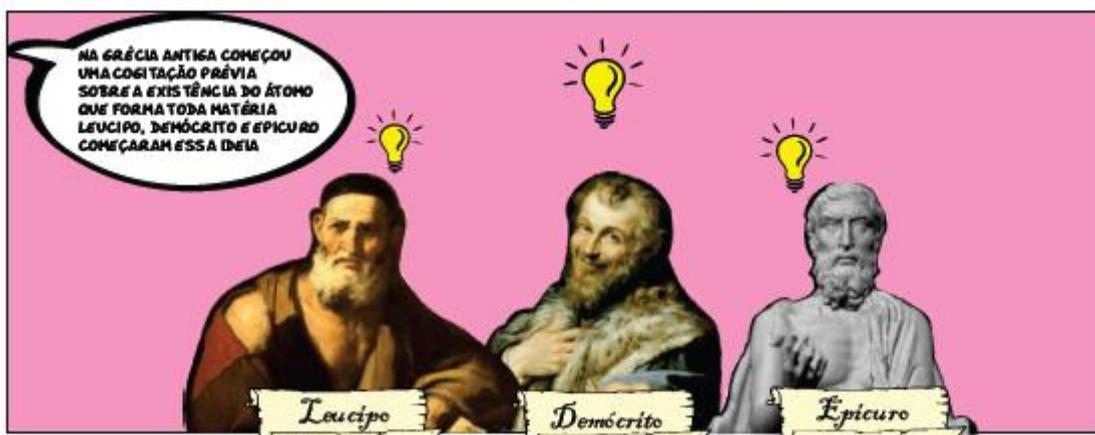
Este é o produto educacional fruto da dissertação de mestrado desenvolvida por Samuel dos Santos Feitosa, sob orientação do professor Francisco Augusto Silva Nobre, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, Pólo 31, da Universidade Regional do Cariri - URCA.

O autor desenvolve o enredo da História em Quadrinhos "Os moidos e peijas desde o átomo clássico até o átomo quântico", apresentando o conteúdo de mecânica quântica em versos de Cordel.

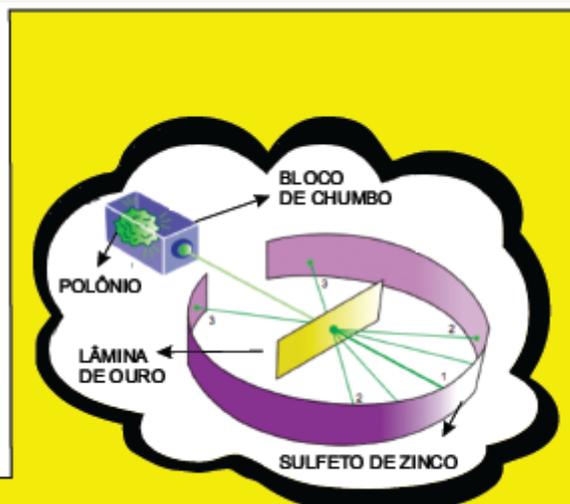
As ilustrações foram produzidas por Khennya Maria Gonçalves de Araújo, que com sua brilhante criatividade e afinidade com a arte dos quadrinhos também tecer desenhos que enriqueceram a comunicação da história.



PARTE 1 - FÍSICA CLÁSSICA







UM ÁTOMO COM NÚCLEO RUTHERFORD IMAGINOU NA REGIÃO CENTRAL MAIOR MASSA ELE INDICOU AO REDOR GRANDO ELÉTRONS DESSA JEITO ELE EXPLICOU

ISSO ENTÃO PROVOCOU UMA GRANDE CONFUSÃO POIS A FÍSICA CLÁSSICA JÁ TINHA UMA EXPLICAÇÃO QUE CARGAS EM MOVIMENTO EMITEM RADIAÇÃO

OS ELÉTRONS ACELERADOS TERIAM QUE IRRADIAR ENERGIA ELETROMAGNÉTICA AO SE MOVIMENTAR NA FORMA DE ESPIRAL E COM O NÚCLEO TOPAR

O MODELO DE RUTHERFORD PARECIA INCONSISTENTE ENTÃO FOI NECESSÁRIO SOLUÇÃO MAIS COERENTE AOS POUCOS A FÍSICA FOI FICANDO DIFERENTE

NAQUELE REBULIÇO BUSCANDO OUTRA EXPLICAÇÃO OS CIENTISTAS INICIARAM UMA GRANDE DISCUSSÃO SOBRE ESTRUTURA DA MATÉRIA QUAL SERIA A SOLUÇÃO?

SE O ELÉTRON SÓ GIRAVA SEM PERDER SUA ENERGIA ENTÃO SEU MOVIMENTO RADIAÇÃO NÃO EMITIA E AS LEIS DA FÍSICA CLÁSSICA NO ÁTOMO NÃO VALIA

COM O NÚCLEO POSITIVO E ELÉTRONS AO REDOR FOI A VEZ DE UM CABÓCO CHAMADO DE NIELS BOHR USAR A TEORIA QUÂNTICA E EXPLICAR TUDO MELHOR

Niels Bohr

POR ENQUANTO É SÓ ISSO MAS O ASSUNTO NÃO ACABOU PROMETO VOLTAR EXPLICAR COMO FICOU ATRAVÉS DE UMA NOVA FÍSICA QUE AO MUNDO SE MOSTROU

CONTINUA...

PARTE 2 - FÍSICA QUÂNTICA

TIO GEORGE ESTÁ DE VOLTA PRA ESTUDAR A NATUREZA DA ESTRUTURA DA MATÉRIA TRABALHANDO COM CLARETA TÓPICOS DA FÍSICA QUÂNTICA PRA ENTENDER SUA BELEZA

Teoria Quântica

NO INÍCIO DO SÉCULO XX TEVE UMA REVOLUÇÃO COM A TEORIA QUÂNTICA PROPONDO NOVA VISÃO PARA OS ESTUDOS DA MATÉRIA APRESENTOU EXPLICAÇÃO

A ORIGEM DA TEORIA QUÂNTICA FOI A PLANCK ATRIBUÍDA AO EXPLICAR QUE A RADIAÇÃO POR UM CORPO TRANSMITIDA OCORRE DE FORMA QUANTIZADA EM PACOTES EMITIDA

Max Planck

O QUE PLANCK QUIS DIZER MEI AQUI EXEMPLIFICAR QUANDO ÁTOMO ADUECER E ENERGIA LIBERAR LUZ COM CORES DIFERENTES ELE IRÁ IRRADIAR

| Temperatura Ambiente | Temperatura 2000K | Temperatura 4000K | Temperatura terna 600K |
|----------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
| | | | |

NO FINAL DO SÉCULO XIX SE BUSCAVA EXPLICAÇÃO PARA OS GASES AQUECIDOS QUE EMITEM RADIAÇÃO COM LINHAS COLORIDAS SEPARADAS NO SEU ESPECTRO DE EMISSÃO

POIS SE A RADIAÇÃO ESTIVER SENDO LANÇADA PARA UM PRISMA TRANSPARENTE ONDE ELA É DESVIADA OCORRE A DISPERSÃO SUA LUZ É ESPALHADA

Gás

Bico de Bunsen

Prisma

Espectro de Emissão

O ARRETTADO MAX PLANCK PENSOU NUMA SOLUÇÃO: PROPOZ A ENERGIA DE SER CONTINUA NA ABSORÇÃO E NA TRANSMISSÃO LIBERADAS EM PACOTES: QUANTA DE RADIAÇÃO

DA IDÉIA DESSE MACHO VEM SURTIR A QUANTIZAÇÃO AO ESTUDAR TROCA DE ENERGIA SEJA NA ABSORÇÃO OU EMISSÃO DOS CORPOS AQUECENDO QUE EMITEM RADIAÇÃO

| | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Temperatura 300K | Temperatura 3200K | Temperatura 1750K | Temperatura 300K |
|------------------|-------------------|-------------------|------------------|

A TEORIA QUÂNTICA DO ÁTOMO SURTIU COM NIELS BOHR AO JUNTAR A IDÉIA DE PLANCK E O ESTUDO DE ROTHERFORD USOU CONCEPTO DE QUANTIZAÇÃO PRA EXPLICAR TUDO MELHOR

ÓRBITAS
NÚCLEO
ELÉTRON
NÍVEIS DE ENERGIA

O NÚCLEO CONTINUOU NO CENTRO RODEADO POR CAMADAS SEPARADAS UMAS DAS OUTRAS EM ÓRBITAS E SPAÇADAS ELAS SÃO OS NÍVEIS DE ENERGIA POR ELÉTRONS OCUPADAS

NA ELETRONERA A ENERGIA DO ELÉTRON É QUANTIZADA EM CADA CAMADA O SEU VALOR TERÁ MEDIDA FIXADA E A DISTÂNCIA DE CADA ÓRBITA PRA O NÚCLEO É VARIADA

TEM O MENOR NÍVEL DE ENERGIA, ESTADO FUNDAMENTAL, DEPOIS SEGUNDO, TERCEIRO... SEGUNDO A ORDEM NATURAL COM ENERGIA VAI AUMENTANDO NÉSSA ESTRUTURA SEQUÊNCIA

BORH MELHOROU AS ÓRBITAS COM A SUA TEORIA EXPLICOU O SALTO QUÂNTICO ONDE O ELÉTRON PULARIA DE UMA CAMADA PARA OUTRA AO MUDAR A ENERGIA

ESSE FENÔMENO INTERESSANTE NÓS IREMOS ESTUDAR POIS SALTOS ENTRE CAMADAS OS ELÉTRONS PODEM DAR PULANDO DE NÍVEL PARA OUTRO SE A ENERGIA VARIAR

PERTO DO NÚCLEO UM ELÉTRON PODE ESTAR COM VALOR DE ENERGIA FIXA NA ÓRBITA QUE OCUPAR POIS A MEDIDA É QUANTIZADA NO NÍVEL QUE ELE FICAR

O ELÉTRON NÃO LIBERA LUZ POR ESTAR ACCELERADO ELA VEM DO SALTO QUÂNTICO POR ELE REALIZADO EMITINDO RADIAÇÃO PELO FÓTON LIBERADO

O ELÉTRON RECETE RADIAÇÃO E SOBE PARA OUTRO ESTADO QUANDO PERDE ENERGIA O FÓTON É EJETADO ELE VOLTARÁ UM NÍVEL MENOR DEIXA TUDO EQUILIBRADO

AS LINHAS NOS ESPECTROS APARECEM COLORIDAS DEPENDEM DAS FREQUÊNCIAS PELOS FÓTONS TRANSMITIDAS VÁRIOS ELÉTRONS ESTÃO AL TANDO TENDO LUZES EMITIDAS

FÓTONS SÃO PARTÍCULAS DE LUZ COM FREQUÊNCIA ASSOCIADA ELA DEPENDE DA RADIAÇÃO NA TRANSIÇÃO LIBERADA QUANTO MAIOR O SALTO MAIS ENERGIA É LIBERADA

O MODELO ATÔMICO DE BOHR FOI UMA CRIAÇÃO ARRETTADA A ENERGIA DO FÓTON POR ELE FOI CALCULADA MULTIPLICANDO A CONSTANTE DE PLANCK COM FREQUÊNCIA IRRADIADA

energia

$$E = hf$$

constante de Planck

frequência

A RADIAÇÃO DO ELÉTRON TEM SU A MEDIDA IGUAL A ENERGIA DO ESTADO FINAL SUBTRAÍDA A INICIAL É LIBERADA PELO FÓTON NO SALTO FENOMENAL

NESTE TIPO DE SALTO QUÂNTICO OS ELÉTRONS VÃO PERDER UMA QUANTIDADE DE ENERGIA QUE O FÓTON VAI RECEBER COM TODA ESSA EXPLICAÇÃO FICOU FÁCIL DE ENTENDER

NÚCLEO

E_1

E_2

ENERGIA LIBERADA $E_2 - E_1$

JÁ QUANDO ABSORVER RADIAÇÃO OS ELÉTRONS VÃO AUMENTAR O SEU NÍVEL DE ENERGIA E DE ÓRBITA MUDAR QUANTO MAIOR A QUANTIDADE MAIS LONGE PODE SALTAR

NÚCLEO

E_1

E_2

ENERGIA RECEBIDA $E_2 - E_1$

QUANDO O ÁTOMO RECEBE ENERGIA NÃO ESPECTRO DE ABSORÇÃO MAS SE UMA QUANTIDADE FOR LIBERADA TEM O ESPECTRO DE EMISSÃO ESSAS TROCAS SÓ ACONTECEM DEVIDO A QUANTIZAÇÃO

O FÓTON É EMITIDO OU LIBERADO EMITE RADIAÇÃO POIS O ELÉTRON PERDE ENERGIA E SOFRE UMA TRANSIÇÃO DE UM MAIOR NÍVEL DE ENERGIA PRA O MAIS BAIXO MEU PATRÃO

A ENERGIA DESSE FÓTON TEM A VER COM AS CAMADAS POIS DEPENDE DA DISTÂNCIA QUE SEPARAM AS CAMADAS O VALOR SERÁ MAIOR ESTANDO MAIS AFASTADAS

A COR DESSE FÓTON SERÁ INFLUENCIADA PELA QUANTIDADE DE RADIAÇÃO QUE POR ELE É LEVADA QUANTO MAIS ENERGIA MAIOR FREQUÊNCIA AGREGADA

FÓTON DE ALTA ENERGIA

FÓTON DE BAIXA ENERGIA

ENTÃO PRESTE ATENÇÃO POIS É FÁCIL ENTENDER QUE A ENERGIA DESSES FÓTONS É SEM SIMPLER DE PREFERIR QUANTO MENOR O SEU VALOR BAIXA FREQUÊNCIA ELE VAI TER

É IMPORTANTE ENTENDER. PRESTE ATENÇÃO VOU CONTAR QUE PARA CADA ELEMENTO SEU ÁTOMO VAI MOSTRAR PRÓPRIOS NÍVEIS DE ENERGIAS COM ARRANJO SINGULAR.

HIDROGÊNIO

CARBONO

HÉLIO

MERCÚRIO

HIDROGÊNIO

HÉLIO

MERCÚRIO

POR ISSO CADA ELEMENTO É QUE IRÁ APRESENTAR SUAS LINHAS ESPECTRAIS COM PADRÃO PARTICULAR OS SALTO DOS SEUS ELÉTRONS CORES ÚNICAS VAI DAR

O ÁTOMO DE CADA ELEMENTO TEM PRÓPRIA DIMENSÃO ÚNICO NÚMERO DE ELÉTRONS QUE OBEDECEM UM PADRÃO SUA DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA TEM ÚNICA ARRUMAÇÃO

HIDROGÊNIO

CARBONO

PRÓTONS: 1
ELÉTRONS: 1

PRÓTONS: 6
ELÉTRONS: 6

EM 1924 DE BROGLIE APRESENTOU UMA NOVA EXPLICAÇÃO PARA O MOVIMENTO DO ELÉTRON QUE APRESENTA OSCILAÇÃO SE COMPORTANDO COMO ONDA BRILHANTE INTERPRETAÇÃO

Louis de Broglie

COM MOVIMENTO ONDULATÓRIO O ELÉTRON INDICARÁ DIFERENTES NÍVEIS DE ENERGIA QUE NO ÁTOMO HAVERÁ QUANTO MAIS EXTERNA A ÓRBITA MAIS VEZES OSCILARÁ

QUANDO O ELÉTRON OSCILAR VAI PERCORRER UMA DISTÂNCIA REALIZANDO UM MOVIMENTO SEM PERDER SUA ELICIDADE ENTÃO VAMOS ENTENDER PORQUE ISSO TEM IMPORTÂNCIA

AO COMPLETAR O MOMENTO O ELÉTRON VAI APRESENTAR NÚMERO DE OSCILAÇÕES PARA ENTÃO DETERMINAR CADA NÍVEL DE ENERGIA COM VALOR PARTICULAR

Nível 1
1 comprimento de onda

Nível 2
2 comprimentos de onda

Nível 3
3 comprimentos de onda

Nível 4
4 comprimentos de onda

órbita 1
órbita 2
órbita 3
órbita 4

QUERO DIZER QUE CADA ÓRBITA TERÁ SUA DIMENSÃO DADA PELO COMPRIMENTO DE ONDA E O TOTAL DE OSCILAÇÃO QUE MULTIPLICADOS DÁ O VALOR DA EXTENSÃO

comprimento circunferência

$$C = n\lambda$$

número de oscilação

comprimento de onda

A CIRCUNFERÊNCIA DA ÓRBITA ONDE O ELÉTRON HABITAR TERÁ MAIOR COMPRIMENTO QUANTO MAIS ELE VIVERÁ JÁ NA ÓRBITA MAIS INTERNA SÓ UMA VEZ VAI OSCILAR

NO SEGUNDO NÍVEL DE ENERGIA DUAS VEZES VAI VETERAR NO TERCEIRO NÃO É DIFERENTE TRÊS VEZES ATÉ PARAR SEGUINDO DAS OSCILAÇÕES QUANTAS VEZES PRECISAR

CADA ÓRBITA TEM COMPRIMENTO E A MENSA É PADRÃO O MOVIMENTO DO ELÉTRON EXPLICA A QUANTIZAÇÃO A ENERGIA EM CADA NÍVEL É FRUTO DA OSCILAÇÃO

n=1

n=2

n=3

n=4

NO ÁTOMO QUÂNTICO MODELO MAIS ATUAL NÃO SE LOCALIZA O ELÉTRON EM POSIÇÃO PONTUAL CALCULAMOS A PROBABILIDADE DELE ESTÁ EM UM LOCAL

ORBITAIS TRIDIMENSIONAIS SCHRÖDINGER INVENTOU E OS FENÔMENOS ATÔMICOS TAL TEORIA EXPLICOU ATRAVÉS DA FUNÇÃO DE ONDA QUE ESSE CABRA FORMULOU

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + U\psi = E\psi$$

NUVENS ELETRÔNICAS APARECEM PARA ILUSTRAR OS DIVERSOS LOCAIS ONDE O ELÉTRON PODE ESTAR SÃO ONDAS DE PROBABILIDADE QUE PODEMOS CALCULAR

Schrödinger

A AMPLITUDE DA ONDA NOS FORNECE A INFORMAÇÃO DA PROBABILIDADE DO ELÉTRON ESTÁ NUMA REGIÃO MAS NÃO DEFINE EXATAMENTE QUAL A SUA POSIÇÃO

DA FÍSICA CLÁSSICA À QUÂNTICA FOI UMA LONGA CONSTRUÇÃO ESPERO QUE VOCÊS BUSQUEM MAIS INFORMAÇÃO POR AQUI VAMOS FICANDO ENCERRANDO A DISCUSSÃO

FIM

Agradecimentos:

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico FUNCAP, pelo suporte financeiro para o desenvolvimento deste trabalho.

E a Sociedade Brasileira de Física - SBF, por abraçar o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF / PROFISICA.



Autor:
Samuel dos Santos Feitosa



Desenhos e Arte Final:
Khennya Maria Gonçalves de Araújo



Diagramado e impresso em:
Garagem Gráfica



*Universidade Regional
do Cariri - URCA*

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo 31 - URCA - Juazeiro do Norte-CE



2. Proposta de uma sequência de ensino

O processo de intervenção proposto a seguir prever que o trabalho ocorra em no mínimo 9 aulas de 45 minutos. As etapas da sequência se baseiam em atividades que tentam obedecer a ordem cronológica dos aspectos sequências de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), objetivando trabalhar o conteúdo de forma sistematizada, pautado na busca por soluções para situações-problemas e no desenvolvimento da criatividade dos discentes. Destaca-se na metodologia de ensino aqui proposta, o relevante papel da participação ativa dos estudantes.

No primeiro encontro deve ser esclarecido para os discentes como se dará a participação deles nas etapas da intervenção, enfatizando que na sequência de ensino estão previstas atividades coletivas e colaborativas, com dinâmicas de ensino que colocam o aluno como protagonistas do processo de construção do conhecimento. Ou seja, as principais ações do processo de ensino-aprendizagem serão desempenhadas pelos discentes.

Deve ficar evidente que esta sequência de ensino tem inspiração em aspectos teóricos e sequenciais de uma UEPS, envolvendo atividades que contemplem aspectos relevantes da teoria da aprendizagem significativa. Porém, em alguns momentos envolverá peculiaridades da ferramenta de ensino trabalhada e da realidade do público local.

A ferramenta pedagógica será trabalhada pela recitação típica dos cordéis e pela elaboração de situações-problemas que exigirão a interpretação do seu enredo. Ela também será utilizada para aguçar o pensamento criativo do estudante, que serão estimulados a produzirem versos de cordel e tirinhas sobre tópicos do conteúdo. Outro fator que irá determinar as ações das etapas da sequência proposta a seguir será a dinâmica dos alunos na instituição e a respectiva distribuição de aulas.

A quadro abaixo apresenta os encontros e etapas da sequência de ensino, além da descrição das atividades a serem realizadas ao longo do processo de intervenção.

| ATIVIDADES | DESCRIÇÃO |
|--|---|
| 1. <i>Apresentação da proposta</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Apresentar a metodologia do processo de intervenção, a métrica sextilha para escrever estrofes em versos de cordel e como produzir algumas modalidades de quadrinhos. |
| 2. <i>Esquema conceitual para trabalhar o conteúdo presente na parte 1 da HQ</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver um esquema conceitual a partir de perguntas introdutórias sobre tópicos do conteúdo da estrutura da matéria no âmbito da Física clássica no intuito de realizar um diagnóstico dos conhecimentos prévios da turma a respeito do |

| | |
|---|--|
| | tema. |
| 3. <i>Recitação da HQ parte 1 – Física Clássica</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Apresentar os conceitos iniciais e aspectos históricos com eventuais explicações clássicas para os fenômenos da estrutura da matéria necessários para o melhor entendimento de futuros conceitos a serem estudados na introdução do conteúdo de mecânica quântica. |
| 4. <i>Apresentação das situações-problemas relacionadas a parte 1 da HQ</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Destacar na apresentação das questões os conceitos e fenômenos mais relevantes que envolvem a parte inicial do quadrinho sobre o estudo da Física clássica. |
| 5. <i>Buscando soluções em equipe para as primeiras situações-problemas</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Trabalhar situações-problemas de forma introdutória sobre as explicações da Física clássica para os conceitos, eventos e fenômenos atômicos, em consonância com o esquema conceitual inicial que envolve os conhecimentos prévios dos discentes. |
| 6. <i>Primeira atividade colaborativa</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar a negociação de significados pelo diálogo entre as equipes que buscam soluções para os problemas através do trabalho com situações-problemas, porém através de uma dinâmica coletiva de colaboração. |
| 7. <i>Organizando o conhecimento para os conceitos e fenômenos investigados na parte 1 da HQ.</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Ajudar os discentes a superar os obstáculos encontrados na compreensão de fenômenos e conceitos. Permitindo ao professor que acompanhou as ações dos alunos a possibilidade de atuar de forma objetiva para otimizar o processo de organização do conhecimento. |
| 8. <i>Diagnóstico do conhecimentos prévios e introdução do conteúdo</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Fazer um diagnóstico prévio do conteúdo a ser ensinado através da construção de um esquema conceitual, abordando os tópicos mais relevantes do conteúdo presente na parte 2 da HQ. Neste momento surgem os primeiros temas relacionados ao estudo da mecânica quântica. |
| 9. <i>Recitação da HQ parte 2 – Mecânica Quântica</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Apresentar os conceitos e fenômenos mais relevantes do tema estudado, através da recitação do conteúdo que envolve o estudo de tópicos de mecânica quântica. |
| 10. <i>Apresentação das situações-problemas relacionadas a parte 2 da HQ</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Trabalhar novas situações-problemas destacando os aspectos mais relevantes do conteúdo, trabalhando os conceitos mais importantes. As questões envolvem um nível maior de complexidade em relação as trabalhadas na parte 1 da HQ e sua elaboração passa pelo objetivo de fazer os discentes investigarem os fenômenos e conceitos dos tópicos de mecânica quântica. |
| 11. <i>Buscando soluções em equipe para as segundas situações-problemas</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver trabalho em equipes para a construção de soluções para as situações-problema relacionadas a parte 2 da HQ. Tais questões envolvem um nível maior de complexidade e devem ser trabalhadas pela leitura e interpretação do quadrinho. O professor acompanhará de perto todo o processo de investigação, provocando e estimulando o debate entre os membros das equipes para que possam propor alternativas para solucionar os problemas. |
| 12. <i>Segunda atividade colaborativa</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Estimular a capacidade de diálogo entre as equipes pela troca de trabalhos. Um grupo terá acesso ao trabalho de outros colegas para que |

| | |
|--|---|
| | <p>analisem as respostas, aprendam e proponham novos caminhos para as soluções. Está deve configurar-se como uma atividade de colaboração e complementação de informações. A negociação de significados passa pelo processo de reflexão e internalização dos conceitos e fenômenos estudados.</p> |
| <p><i>13. Nova fase de organização do conhecimento</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Organizar o conhecimento levando em consideração o processo de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. O professor deve atuar de forma mais tradicional, trabalhando o conteúdo de forma expositiva. Ele vai centralizar as ações do processo de construção do conhecimento. Ele deve trabalhar o conteúdo partindo de conceitos mais gerais até os mais específicos para ajudar as equipes a superarem os obstáculos que dificultam o processo de assimilação e retenção significativa. |
| <p><i>14. Planejamento para produção de estrofes com versos de cordel e tirinhas</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Estimular a produção de versos de cordel e tirinhas. O professor deve dividir os tópicos principais do conteúdo, aqueles que envolvem conceitos e fenômenos quânticos na matéria de estudo, e propor que cada equipe faça a contextualização do conteúdo produzindo cordéis e tirinha. |
| <p><i>15. Apresentações dos versos de cordel e tirinhas produzidas pelas equipes</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Avaliar o processo internalização de conceitos e desenvolvimento da capacidade criativa e imaginativa dos discentes pelo processo de produção artística envolvendo a descrição de conteúdo. |

3. Situações-problemas trabalhadas

As questões trabalhadas com os discentes foram divididas em duas partes e ocorreram em momentos distintos da sequência de ensino. Elas envolvem gradativamente maior nível de complexidade.

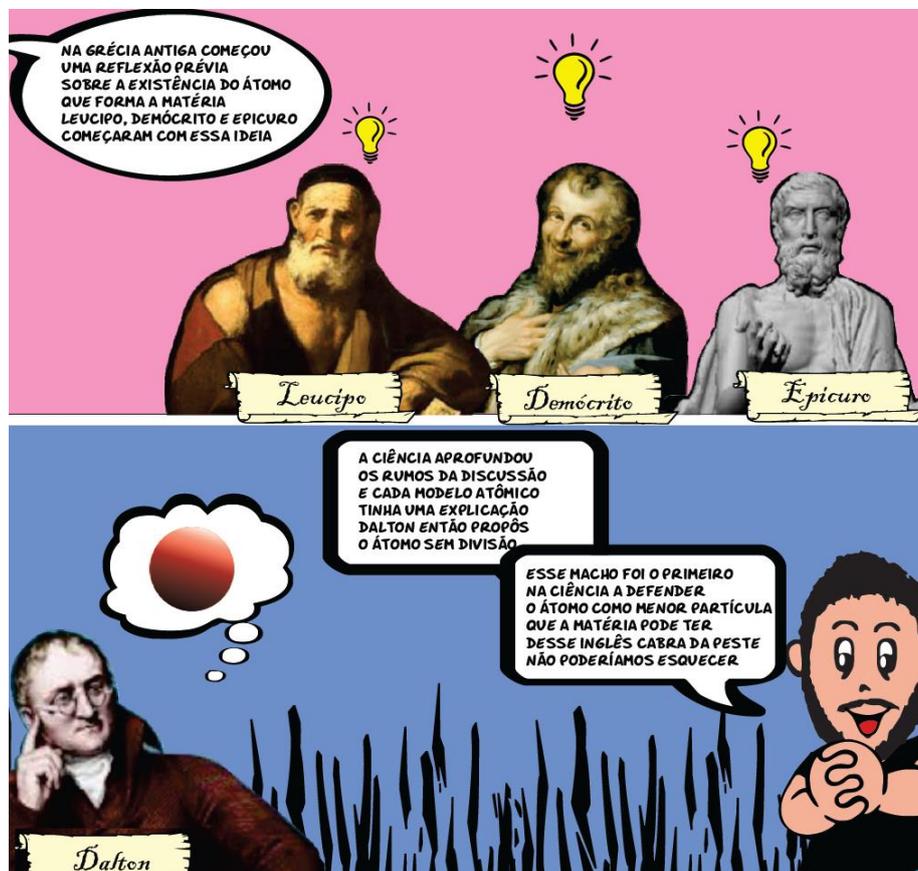
QUESTÕES COM A PARTE 1 DA HISTÓRIA EM QUADRINHOS

As primeiras situações-problemas abordavam o contexto histórico da ideia de existência do átomo. Também aparecem algumas experiências científicas que contribuíram para a ideia clássica dos modelos atômicos.

1º SITUAÇÃO-PROBLEMA

As primeiras ideias tratando da existência de átomo, como partícula fundamental que constitui a matéria, surgiram na Grécia Antiga. Mesmo com as discussões atomistas vigentes ao longo dos séculos XVII e XVIII, somente no início do século XIX que esse tema passa a adquirir o status de teoria científica. Através do trabalho de Dalton surgiu a teoria atômica científica.

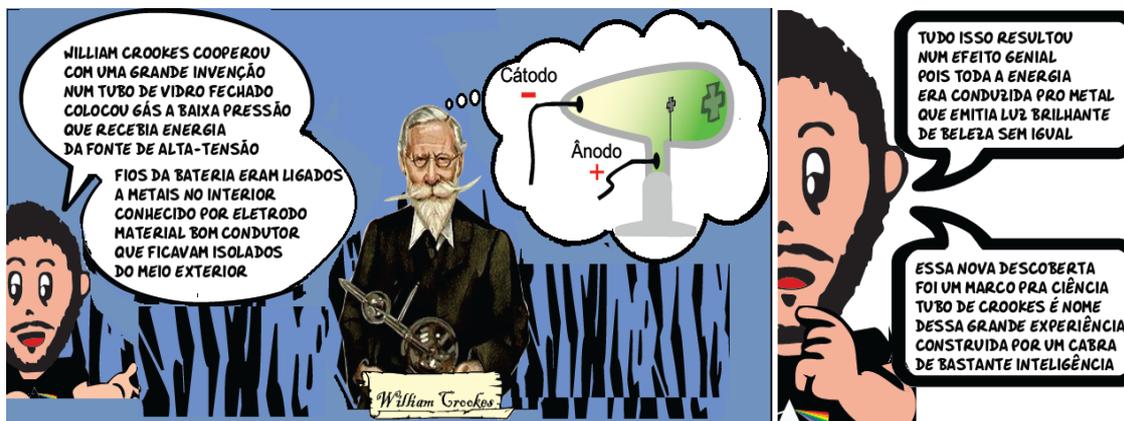
É importante ressaltar que o átomo grego não é um precursor do átomo de Dalton. A ideia de um átomo como a menor parte da matéria, discutida por Leucipo, Demócrito e Epicuro, no século V a.C., apresenta caráter intuitivo, especulativo e teórico. Já o atomismo de Dalton, que data de 1808, surge de evidências experimentais, com bases conceituais e epistemológicas típicas de uma teoria científica.



Diante do colocado acima, descreva as principais similaridades entre a ideia de átomo proposta pelos filósofos gregos e ao modelo atômico proposto por Dalton. Também explique em que sentido o átomo dos gregos é diferente do modelo atômico proposto por Dalton.

2º SITUAÇÃO-PROBLEMA

O século XIX chega ao fim com a constatação de que átomo não é o último limite de divisão da matéria. As primeiras indicações de que poderia haver partículas ainda menores na composição dos átomos foi obtido pelo cientista inglês William Crookes, ao realizar descargas elétricas com baterias em tubos de raios catódicos.



Descreva o material utilizado por William Crookes para realizar suas experiências em tubos de vidros e explique o procedimento experimental realizado por ele. Em seguida fale qual foi o efeito provocado por esse experimento e o que os resultados indicavam.

3º SITUAÇÃO-PROBLEMA

Em 1897 Joseph John Thomson (1856-1940) fez um relato das suas investigações com descargas elétricas em tubos de raios catódicos. Na época haviam divergências quanto a natureza dos raios catódicos. Alguns acreditavam que eram algum tipo de onda. Outros acreditavam que os raios catódicos eram compostos por partículas. Depois de realizar algumas mudanças no experimento de William Crookes, o físico britânico Joseph John Thomson conseguiu determinar uma relação entre a carga e a massa dos raios catódicos. Então ele concluiu que se tratava de partículas carregadas.

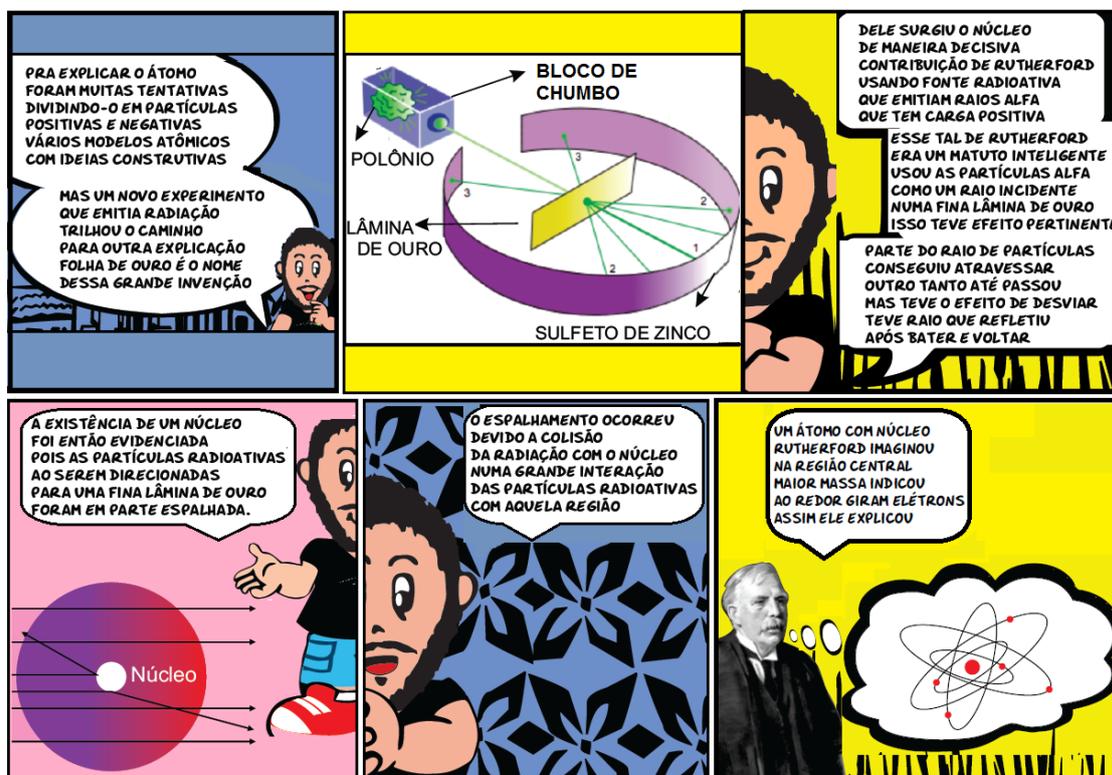
Thomson ainda verificou que esses corpúsculos carregados eletricamente eram exatamente os mesmos, quaisquer que fossem os elementos do catodo, do anodo e do gás dentro do tubo. Então ele demonstrou empiricamente, que os raios catódicos seriam formados por constituintes universais de matéria, ou seja, mostrou que o átomo não é indivisível e tem partículas menores.



A seguir explique qual a partícula descoberta por Thomson e a natureza da sua carga. Descreva o modelo atômico proposto por Joseph John Thomson.

4º SITUAÇÃO PROBLEMA

Em 1911, através do conhecido experimento da folha de ouro, Rutherford deu uma grande contribuição para a Física de Partículas Experimental. Ele fez incidir um feixe de partículas α (alfa) sobre uma lâmina de ouro no laboratório. Os resultados de suas experiências o levaram a propor um novo modelo atômico.



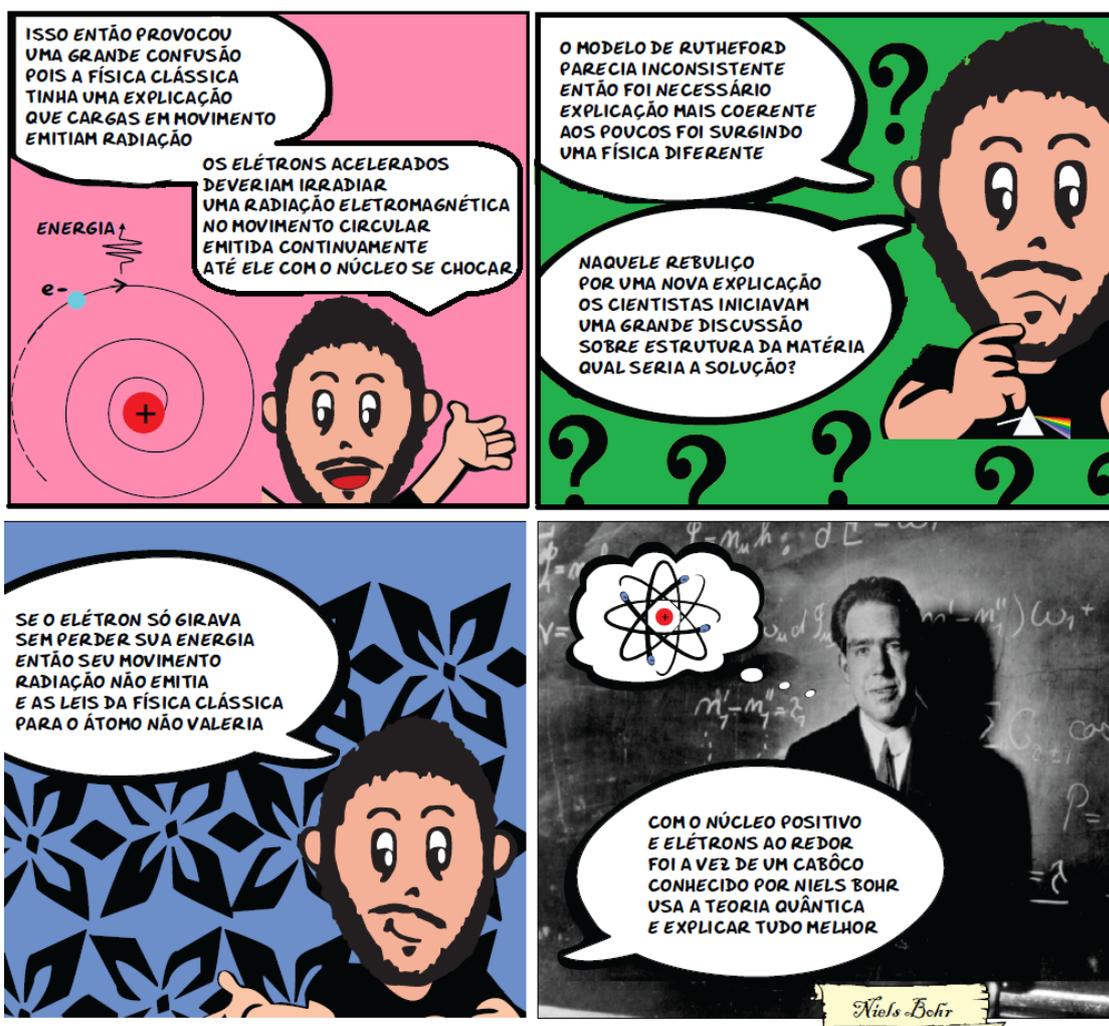
Baseado nas informações acima resolva os tópicos a seguir:

- Descreva o experimento da folha de ouro realizada por Rutherford.
- O que os resultados dessa experiência indicaram?

c) Explique o modelo atômico proposto por Rutherford.

5º SITUAÇÃO PROBLEMA

Mesmo após as descobertas de Rutherford não foi possível resolver o problema da estabilidade do átomo. Logo se percebeu que o modelo de Rutherford apresentava inconsistências impossíveis de serem explicadas pelas teorias da Física Clássica.



Explique as inconsistências que o modelo atômico proposto por Rutherford apresenta quando tentamos explicar o átomo através da teoria clássica.

QUESTÕES COM A PARTE 2 DA HISTÓRIA EM QUADRINHOS

As situações-problemas da parte 2 da HQ iniciam os estudos e conceitos de tópicos de Física Quântica relacionados a compreensão dos fenômenos inerentes ao comportamento da estrutura da matéria.

6º SITUAÇÃO-PROBLEMA

A luz do sol quando passa por um prisma emite espectro contínuo. O mesmo ocorre com a radiação emitida por corpos opacos (sólido ou fluido muito denso) quando são aquecidos. Já os gases quando passam pelo processo de aquecimento emitem um espectro discreto. O estudo da espectroscopia deu uma grande contribuição para o desenvolvimento da Física Quântica.

NO FINAL DO SÉCULO XIX SE BUSCAVA UMA EXPLICAÇÃO PARA OS GASES AQUECIDOS QUE EMITIAM RADIAÇÃO COM LINHAS COLORIDAS SEPARADAS NO ESPECTRO DE EMISSÃO QUANDO A ENERGIA RADIANTE TEM SUA LUZ DIRECIONADA PARA UM PRISMA TRANSPARENTE ONDE A LUZ É DESVIADA OCORRE A DISPERSÃO E SUAS CORES SÃO ESPALHADAS

AO AQUECER A AMOSTRAS DE GÁS COM UMA CHAMA TRANSPARENTE BUNSEN E KIRCHHOFF PERCEBERAM A EMISSÃO DE LUZ DISCRETAMENTE NAS OS CIENTISTAS NÃO ENTENDIAM ESPERAVAM EMISSÃO CONTINUAMENTE

O ESPECTRO QUANDO É DISCRETA TEM AS LINHAS ESPAÇADAS QUANDO PRÓXIMAS SÃO CONTÍNUAS E NÃO APARECEM SEPARADAS ENTENDER ESSA CONFUSÃO FOI UMA GRANDE EMPREITADA

ESSE FORMA DE RADIAÇÃO A FÍSICA CLÁSSICA NÃO EXPLICAVA O QUE ISSO PROVOCARIA JAMAIS SE IMAGINAVA NOVAS IDEIAS FORAM SURGINDO E SÓ NISTO SE FALAVA

O ESPECTRO COM LINHAS COLORIDAS MUDAVAM PARA CADA GÁS ELAS FICARAM CONHECIDAS COMO RAIAS ESPECTRAIS CADA ELEMENTO TEM UM ARRANJO ATÉ PARECEM AS DIGITAIS

HIDROGÊNIO
HÉLIO
MERCÚRIO

Baseado no que foi estudado até aqui, responda:

- O que é o espectro?
- Explique a diferença entre o espectro contínuo e discreto (descontínuo).

7º SITUAÇÃO-PROBLEMA

Um novo e revolucionário conceito foi introduzido na Física por Max Planck (1858-1947), em 1900. Ele propôs que a radiação emitida por um corpo negro só pode assumir determinados valores de energia. Foi estudando a emissão de radiação por corpos aquecidos que Planck conseguiu explicar o espectro de radiação emitido por um corpo negro. As ideias de Planck dão origem ao desenvolvimento da Física Quântica, diante da insuficiência que a Física Clássica apresentava quando tentava explicar os fenômenos que envolviam a compreensão da estrutura dos átomos.

A ORIGEM DA TEORIA QUÂNTICA FOI A MAX PLANCK ATRIBUÍDA AO EXPLICAR QUE A RADIAÇÃO POR UM CORPO TRANSMITIDA OCORRE DE FORMA QUANTIZADA E EM PACOTES É EMITIDA

CALMA QUE AINDA VOU DIZER O QUE PLANCK QUIS EXPLICAR POR ENQUANTO BASTA SABER QUE ELEMENTOS PODEM IRRADIAR LUZ COM CORES DIFERENTES QUANDO SUA TEMPERATURA AUMENTAR

| | | | |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Temperatura Ambiente | Temperatura 2000K | Temperatura 4000K | Temperatura 6000K |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|

O ARRETADO MAX PLANCK ENTÃO PROPÔS UMA SOLUÇÃO NA QUAL A ENERGIA DE UM CORPO SERIA DESCONTINUA NA TRANSMISSÃO POIS SÃO LIBERADAS EM PACOTES CHAMADOS QUANTA DE RADIAÇÃO

FOI DA IDEIA DE MAX PLANCK QUE SURTIU A QUANTIZAÇÃO AO ANALISAR COMO A ENERGIA TEM SUA EMISSÃO EM CORPOS AQUECIDOS QUE EMITIAM RADIAÇÃO

| | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Temperatura 500K | Temperatura 3200K | Temperatura 1750K | Temperatura 5500K |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|

Explique qual foi a ideia e conceito que surge no estudo de Planck ao explicar a radiação emitida por um corpo aquecido.

8º SITUAÇÃO-PROBLEMA

As explicações de Planck, tratando da energia emitida por corpos aquecidos, contribuíram para que Bohr desenvolvesse a Teoria Quântica do átomo. O modelo atômico de Bohr resolveu a instabilidade do átomo de Rutherford, explicando a distribuição da energia dos elétrons por camadas.

Leia cuidadosamente os quadrinhos das páginas 7, 8 e 9, apresentados pelo personagem George, e responda.

- O que as órbitas representam para os elétrons no modelo atômico de Bohr?
- Explique o que são saltos quânticos e em que ocasião o elétron libera o fóton (luz) na forma de radiação?

9º SITUAÇÃO-PROBLEMA

Em 1924 De Broglie apresentou uma teoria ondulatória para o movimento do elétron.

EM 1924 DE BROGLIE APRESENTOU UMA NOVA EXPLICAÇÃO PARA O MOVIMENTO DO ELÉTRON QUE APRESENTA OSCILAÇÃO SE COMPORTANDO COMO ONDA FOI UMA GRANDE INTERPRETAÇÃO

Louis de Broglie

COM SEU COMPORTAMENTO ONDULATÓRIO O ELÉTRON VAI DETERMINAR OS DIFERENTES NÍVEIS DE ENERGIA QUE O ÁTOMO PODE APRESENTAR QUANTO MAIS EXTERNA A ÓRBITA MAIS OSCILAÇÕES ELE TERÁ

QUANDO O ELÉTRON OSCILAR VAI PERCORRER UMA DISTÂNCIA REALIZANDO UM MOVIMENTO COM BASTANTE ELEGÂNCIA ENTÃO VAMOS ENTENDER PORQUE ISSO TEM IMPORTÂNCIA

AO COMPLETAR A OSCILAÇÃO O ELÉTRON VAI APRESENTAR CERTOS COMPRIMENTOS DE ONDA QUE IRÃO DETERMINAR CADA NÍVEL DE ENERGIA COM VALOR PARTICULAR

Nível 1: 1 comprimento de onda
Nível 2: 2 comprimentos de onda
Nível 3: 3 comprimentos de onda
Nível 4: 4 comprimentos de onda

órbita 1
órbita 2
órbita 3
órbita 4

QUERO DIZER QUE CADA ÓRBITA TERÁ A SUA DIMENSÃO DADA PELO COMPRIMENTO DE ONDA VEZES A QUANTIDADE DE OSCILAÇÃO QUE O ELÉTRON REALIZAR POR TODA A SUA EXTENSÃO

comprimento circunferência
 $C = n\lambda$
número de oscilação
comprimento de onda

A CIRCUNFERÊNCIA DA ÓRBITA QUE O ELÉTRON OCUPAR TERÁ MAIOR COMPRIMENTO QUANTO MAIS ELE OSCILAR JÁ NA ÓRBITA MAIS INTERNA UMA OSCILAÇÃO ELE VAI REALIZAR

NO SEGUNDO NÍVEL DE ENERGIA DUAS OSCILAÇÕES O ELÉTRON TERÁ NO TERCEIRO NÃO É DIFERENTE TRÊS VEZES VAI OSCILAR E ASSIM SEGUÊ A SEQUÊNCIA PARA CADA ÓRBITA QUE ELE OCUPAR

CADA ÓRBITA TEM COMPRIMENTO E NÍVEL DE ENERGIA QUE É PADRÃO ESSE MOVIMENTO DO ELÉTRON EXPLICA A QUANTIFICAÇÃO DA ENERGIA EM CADA NÍVEL QUE É FRUTO DA OSCILAÇÃO

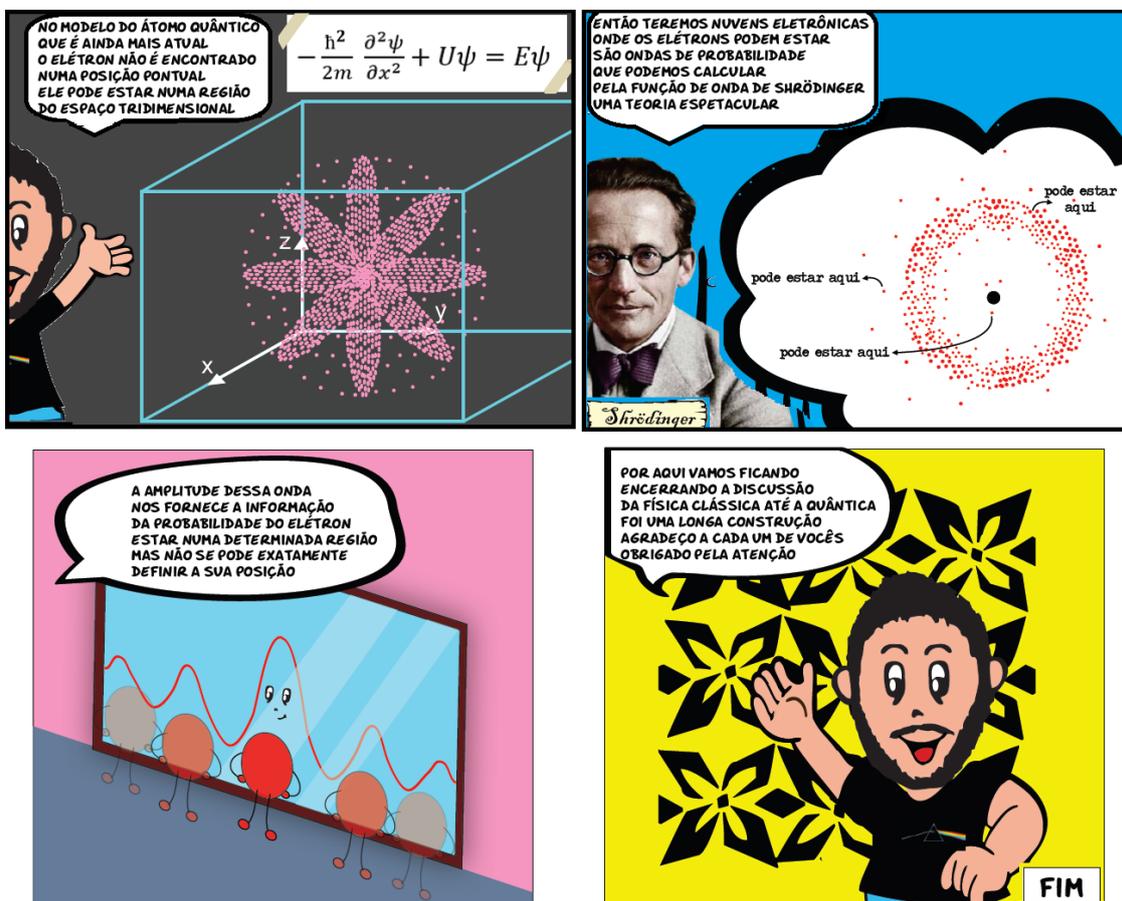
n=1
n=2
n=3
n=4

Baseado na história em quadrinhos, resolva as questões colocadas abaixo:

- Descreva como De Broglie explica as orbitas dos elétrons e o seu respectivo comprimento.
- Qual a relação do movimento ondulatório do elétron e o fato dos níveis de energias serem quantizados em cada camada ou órbita (níveis de energia).

10º SITUAÇÃO-PROBLEMA

Schrödinger propõe um modelo matemático para o átomo e não um modelo visual. A teoria quântica ondulatória desse cientista discute que o elétron pode estar em qualquer lugar do átomo. Segundo ele não é possível determinar exatamente a posição dessa partícula, sendo apenas possível determinar a probabilidade de o elétron ser encontrado em uma região específica do átomo.



Em um dos quadrinhos acima vemos que o elétron está diante do espelho, ficando mais visível no centro, local no qual a onda apresenta maior amplitude. Neste sentido, o que indica a maior amplitude da onda quando se tenta localizar o elétron em determinada região do átomo?

4. Textos complementares para auxiliar na elaboração de versos de cordel e tirinhas

OBJETIVO DA EQUIPE 1 - DESENVOLVER VERSOS DE CORDEL OU TIRINHAS PARA EXPLICAR

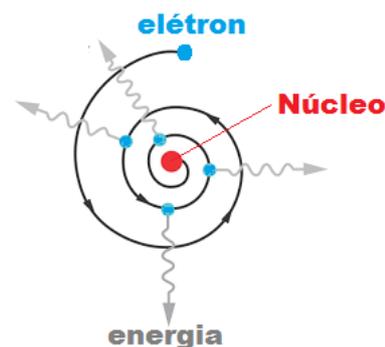
- A inconsistência do átomo de Rutherford
- O que é o espectro; espectro contínuo e discreto

INCONSISTÊNCIA DO ÁTOMO DE RUTHERFORD (COLAPSO DA MATÉRIA)

Em 1911, o físico neozelandês Ernest Rutherford realizou o experimento da folha de ouro, que derrubou o modelo de Thomson. Partículas alfa, emitidas por núcleos radioativos, lançadas contra uma fina folha de ouro, passavam em sua maioria através desse metal como se estivessem no vazio. Algumas eram violentamente desviadas de suas trajetórias após passarem pela folha, e uma pequena parcela era refletida no sentido contrário ao de seu movimento original.

Os resultados dessas experiências levaram Rutherford a criar um novo modelo de átomo, formado por uma parte positiva localizada numa região relativamente pequena no centro do átomo, que chamou núcleo atômico, e por uma parte negativa constituída pelos elétrons, ocupando uma vasta região externa envolvendo o núcleo, conhecida até hoje como eletrosfera.

Para garantir a estabilidade do átomo, os elétrons estariam em movimento ao redor do núcleo, em órbitas circulares, de modo semelhante aos planetas ao redor do Sol. Esse modelo ficou conhecido como modelo planetário do átomo ou modelo atômico de Rutherford. Porém, havia um sério problema com o modelo de Rutherford. Os elétrons em órbita estariam acelerados e, de acordo com a teoria da Física Clássica da época, cargas aceleradas emitem radiação, perdendo energia. Nesse caso, os átomos estariam continuamente emitindo radiação e, o que é mais grave, os elétrons deveriam "cair" sobre o núcleo, provocando o colapso da matéria. Esse fenômeno previsto pelo modelo atômico de Rutherford nunca foi observado. Portanto, era preciso aperfeiçoar o modelo.



Veja na figura ao lado o que deveria acontecer no átomo segundo os estudos de Rutherford: o elétron, ao emitir radiação, perderia energia e iria de encontro ao núcleo atômico. Seria o colapso da matéria.

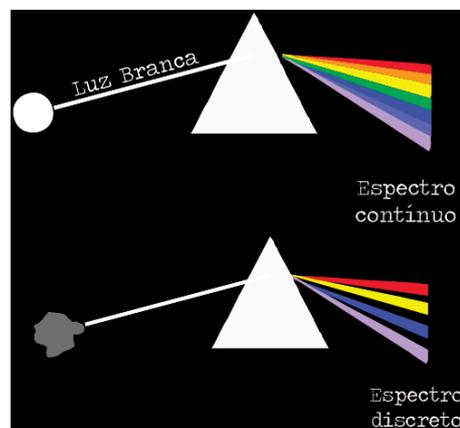
ESPECTROSCOPIA

Ao passarmos a luz por um prisma ela se decompõe nos diferentes comprimentos de onda, formando um arranjo de cores chamado espectro. Um espectro bem conhecido é o arco-íris formado quando a luz do sol atravessa gotas de chuva.

Quase toda informação sobre as propriedades físicas das estrelas são obtidas direta ou indiretamente de seus espectros, principalmente suas temperaturas, densidades e composições.

Bunsen e Kirchhoff, observaram os espectros de diversos elementos colocados na chama e observaram que o espectro formado, não era contínuo, e sim constituído de séries de linhas brilhantes que variavam de elemento para elemento.

A luz do sol quando passa por um prisma emite espectro contínuo. O mesmo ocorre com a radiação emitida por corpos opacos (sólido ou fluido muito denso) quando são aquecidos. Já os gases quando passam pelo processo de



aquecimento emitem um espectro discreto. O estudo da espectroscopia deu uma grande contribuição para o desenvolvimento da Física Quântica. Veja na figura ao lado a representação do espectro contínuo e do espectro discreto.

OBJETIVO DA EQUIPE 2 - DESENVOLVER VERSOS DE CORDEL OU TIRINHAS PARA EXPLICAR

- A ideia de quantização de Planck para corpos aquecidos que emitem radiação (energia)

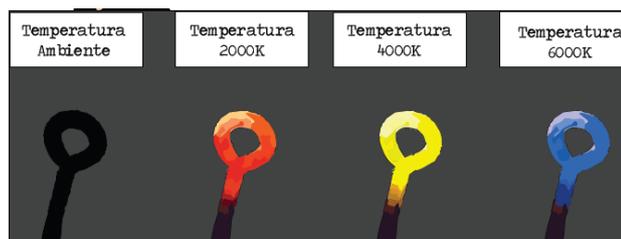
TEORIA DE PLANCK PARA A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO

Na tarde de 14 de dezembro de 1900, na sede da Sociedade Alemã de Física, o físico alemão Max Planck, da figura ao lado, revelava ao mundo que havia chegado a resultados tão importantes para a ciência quanto os alcançados por Newton, dois séculos antes. Nascia ali uma nova Física, a Física Quântica. Essa teoria estabeleceu uma linha divisória na Física. Tudo o que existiu antes dela é denominado Física Clássica. Tudo o que se fez depois dela, aplicando as ideias de Planck, é chamado de Física Moderna.



A teoria de Planck, também conhecida como Teoria dos Quanta, era, ao mesmo tempo, simples e revolucionária: na natureza, a energia é emitida ou absorvida em quantidades mínimas e discretas denominadas quanta (plural de quantum). Essa hipótese, hoje já plenamente confirmada, rompia definitivamente com a concepção secular segundo a qual a energia "escoava" continuamente de um sistema para outro sem nenhuma limitação de quantidade.

Vamos entender melhor o que a Teoria de Planck explica. Saiba que todo corpo, em qualquer temperatura que esteja, emite radiação eletromagnética, frequentemente denominada radiação térmica. As características dessa radiação dependem da temperatura e das propriedades do corpo que a emite. Em baixas temperaturas, a maior



taxa de emissão está na faixa do infravermelho, tipo de onda eletromagnética não captada por nossos olhos. Com o aumento gradativo da temperatura, o corpo começa a emitir luz, de início de cor avermelhada, passando para amarela, verde, azul, até chegar à branca, em temperaturas suficientemente altas, como ocorre com os metais representados ao lado.

Uma análise mais acurada da radiação emitida revela que ela consiste numa distribuição contínua de comprimentos de onda que vão desde o infravermelho, passando pelo visível, até a região do ultravioleta do espectro eletromagnético.

Em 1900 o físico teórico alemão Max Planck lançou a hipótese de que os corpos aquecidos emitiam energia radiante em "pacotes" discretos, que ele chamou de quanta (quanta é a forma plural de quantum, da mesma forma que momenta é o plural de momentum). De acordo com Planck, a energia de cada pacote de energia é proporcional a frequência da radiação. Essa hipótese iniciou uma revolução de ideias que mudou por completo a maneira segundo a qual nós pensamos a respeito do mundo físico.

No modelo de Planck, a radiação era emitida e absorvida em pequenos pacotes de energia, denominados quanta, de onde vinha o nome teoria dos quanta, ou teoria quântica. Essa teoria teve por base duas arrojadas hipóteses sobre a origem da radiação emitida pelas partículas na superfície dos corpos aquecidos:

1. As partículas oscilantes que emitem radiação podem ter apenas determinadas quantidades de energia, em valores discretos;
2. As partículas emitem ou absorvem radiação em quantidades discretas denominadas quanta (plural de quantum).

A quantização, ou seja, a ideia de que o mundo natural é granular ao invés de um contínuo suave, certamente não é uma ideia nova para a Física. A matéria é quantizada; a massa de um tijolo de ouro, por

exemplo, é igual a um número múltiplo inteiro da massa de um único átomo de ouro. A eletricidade é quantizada, pois uma carga elétrica qualquer é sempre um número múltiplo inteiro da carga de um único elétron.

A Física quântica estabelece que no micromundo do átomo a quantidade de energia de qualquer sistema é quantizada, ou seja, nem todos os valores de energia são possíveis. Isso é análogo a dizer que uma fogueira pode ser quente em certos valores de temperatura. Ela poderia arder numa temperatura de 450 °C ou 451 °C, mas de maneira alguma a 450,5 °C. Você acredita nisso? Bem, não deveria, pois até quanto pode ser medido por nossos termômetros macroscópicos, uma fogueira pode arder em qualquer temperatura, desde que ela esteja acima do valor requerido para haver a combustão. Mas a energia da fogueira, curiosamente, é uma energia composta de um grande número e de uma grande variedade de unidades elementares de energia. Um exemplo mais simples é o da energia de um feixe de luz laser, que é um número múltiplo inteiro de um único valor mínimo de energia — o quantum. Os quanta da luz, e da radiação eletromagnética em geral, são os fótons.

A radiação luminosa não é emitida de maneira contínua, mas como uma corrente de fótons, cada um dele vibrando com uma frequência e transportando energia. O fóton com baixa frequência também tem baixa energia e quanto maior a frequência maior será a energia.

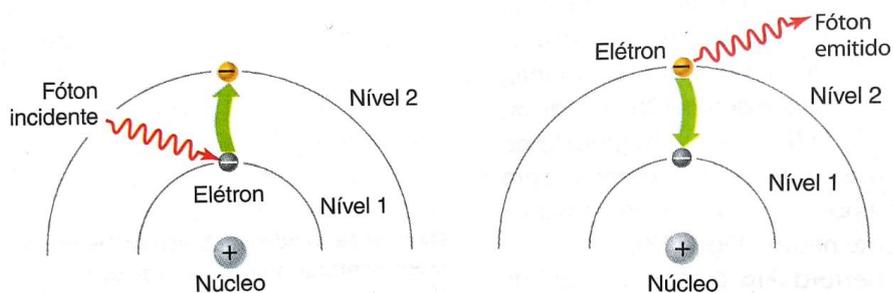
OBJETIVO DA EQUIPE 3 - DESENVOLVER VERSOS DE CORDEL OU TIRINHAS PARA EXPLICAR

- O átomo de Bohr;
- Os saltos quânticos e a emissão de fótons (partículas de luz) pelas transição dos elétrons entre as camadas.

O MODELO ATÔMICO DE BOHR E OS SALTOS QUÂNTICOS

Em 1913, para escapar da teoria da contínua emissão de radiação dos átomos, o físico dinamarquês Niels Bohr admitiu que a teoria da Física Clássica não seria aplicável a sistemas em escala atômica ou subatômica. Utilizando a ideia da quantização da energia de Planck, Bohr tomou como verdade que, no átomo, os elétrons estão confinados em certos níveis estáveis de energia, nos quais não há emissão de radiação. Esses níveis estáveis de energia foram chamados de estados estacionários. Ao passar de um nível "inferior" para outro "mais elevado", o elétron absorve energia do meio externo, em quantidade estritamente suficiente para isso. Ao retornar ao nível original, ele emite de volta a energia absorvida na forma de radiação.

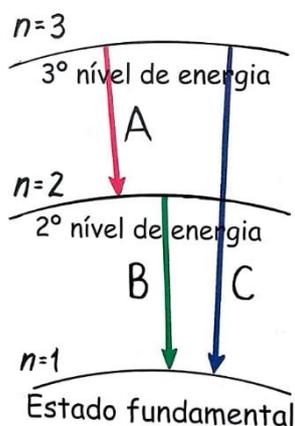
Veja na figura abaixo o salto quântico que ocorre segundo o Modelo de Bohr, descrevendo a emissão de radiação pelos átomos. Veja na figura que o elétron absorve a energia do fóton incidente e salta para um nível mais elevado. No outro caso o elétron emite a mesma quantidade de energia absorvida, na forma de radiação eletromagnética, retornando ao nível de origem.



Entenda que Bohr aplicou a teoria quântica de Planck ao átomo nuclear de Rutherford e formulou o bem se modelo atômico. Bohr considerava que os elétrons "ocupassem" estados "estacionários" (de energia fixa, e não posição fixa) a diferentes distâncias do núcleo, e que os elétrons pudessem realizar "saltos quânticos" de um estado de energia para outro. Ele considerou que a luz é emitida quando ocorre um desses saltos quânticos (de um estado de energia mais alta para outro de energia mais baixa).

As explicações de Bohr constituíram uma ruptura importante, pois ele nos diz que a frequência do fóton (luz) emitido não é igual à frequência clássica na qual o elétron está oscilando, mas, ao invés, é determinada pela diferença de energias do átomo. Ou seja, na Teoria Clássica, os elétrons acelerados irradiam energia na forma de ondas eletromagnéticas. Portanto, um elétron acelerado orbitando em torno de um núcleo deveria irradiar energia continuamente. Essa emissão de energia deveria fazer com que o elétron espiralasse em direção ao núcleo. Bohr corajosamente rompeu com a Física clássica ao estabelecer que um elétron, de fato, não irradia luz enquanto está acelerado em torno do núcleo numa órbita simples, mas que a irradiação acontece apenas quando o elétron salta de um nível de energia mais alto para um mais baixo. A energia do fóton emitido é igual à diferença de energia entre os dois níveis. A cor vista depende do salto realizado. Portanto, a quantização da energia luminosa equivale simplesmente à quantização da energia do elétron.

Bohr resolveu o mistério dos espectros atômicos ao mesmo tempo em que forneceu um modelo útil do átomo. Suas ideias acerca dos saltos quânticos e das frequências serem proporcionais às diferenças de energia continuam fazendo parte da teoria moderna atual do átomo.



Três dos inúmeros níveis de energia de um átomo. Em vermelho é mostrado um elétron saltando do terceiro para o segundo nível, e, em verde, um elétron saltando do segundo nível para o estado fundamental. A soma das energias (e das frequências) correspondentes a esses dois saltos é igual à energia (e à frequência) do salto único, do terceiro nível diretamente para o estado fundamental, mostrado em azul.

OBJETIVO DAS EQUIPES 4 E 5 - DESENVOLVER VERSOS DE CORDEL OU TIRINHAS PARA EXPLICAR

- A ideia de de Broglie para explicar as orbitas (camadas) e seus respectivos níveis de energia quantizado
- Schrödinger explicando a probabilidade de encontrar o elétron em uma região do átomo pela amplitude da onda

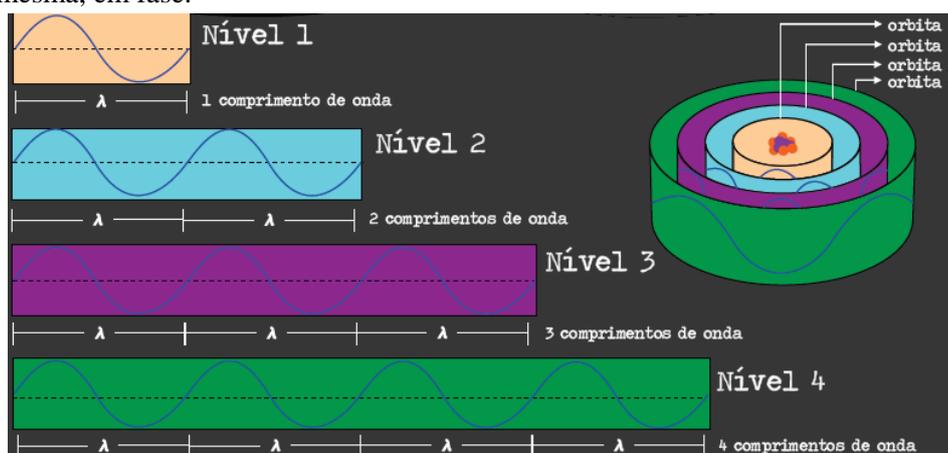
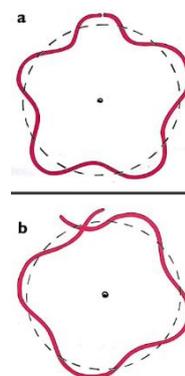
AS ORBITAS E SEUS NÍVEIS DE ENERGIA SEGUNDO DE BROGLIE

A ideia de que os elétrons possam ocupar apenas determinados níveis causava realmente muita perplexidade nos primeiros pesquisadores e ao próprio Bohr, porque o elétron era considerado como sendo uma partícula circulando ao redor do núcleo como um planeta girando em torno do Sol.

Movendo-se entre todas as órbitas, os elétrons seriam capazes de emitir luzes com todas as possíveis energias. Mas não é o que acontece na realidade. A razão para que o elétron ocupe apenas níveis discretos de energia é alcançada considerando-se que ele seja uma onda, e não uma partícula.

Louis de Broglie introduziu o conceito de ondas de matéria em 1924. Ele formulou a hipótese de que uma onda está associada com cada partícula. Usando a ideia do comportamento ondulatório do elétron, de Broglie mostrou que os valores discretos dos raios das órbitas de Bohr são uma consequência natural do movimento do elétron. Existe uma órbita de Bohr onde uma onda eletrônica fecha-se sobre si mesma. Nessa visualização, o elétron é concebido não como sendo uma partícula localizada em algum ponto dentro do átomo, mas como se sua massa e sua carga estivessem espalhadas em uma onda estacionária circundando o núcleo atômico — com um número inteiro de comprimentos de onda ajustando-se exatamente às circunferências das órbitas.

Veja na figura ao lado que em (a) um elétron em orbita forma um nível de energia (camada) apenas quando a circunferência da órbita é igual a um número múltiplo inteiro do comprimento de onda. Já em (b) vemos que quando a onda não se fecha sobre si mesma, em fase, ela não forma o nível de energia (camada). Daí que as orbitas existem apenas onde as ondas se fecham sobre si mesma, em fase.



A circunferência da órbita mais interna, de acordo com esta visualização, é igual a um comprimento de onda. A segunda órbita possui uma circunferência de dois comprimentos de onda eletrônicos, a terceira três, e assim por diante. Como as circunferências das órbitas eletrônicas são de valores discretos, os raios de tais órbitas, e daí também os níveis de energia, são discretos. Veja figura ao lado que as órbitas eletrônicas de um átomo têm raios discretos

porque suas circunferências são números múltiplos inteiros do comprimento de onda do elétron. Isso resulta em um estado discreto de energia para cada órbita.

SCHRÖDINGER E AMPLITUDE DA ONDA DE PROBABILIDADE

No modelo ondulatório atômico ainda mais moderno, as ondas eletrônicas movem-se não apenas ao redor do núcleo, mas também dentro e fora, em direção ao núcleo e para fora dele. A onda eletrônica espalha-se tridimensionalmente. Isso leva à visualização de uma "nuvem" eletrônica. Como deveremos ver, esta é uma onda de probabilidade, não uma onda formada por um elétron pulverizado, espalhado pelo espaço. O elétron, ao ser detectado, permanece mostrando-se como uma partícula pontual.

O físico austro-alemão Erwin Schrödinger conseguiu formular uma equação, na qual a função de onda, também chamada amplitude de probabilidade fornece informação sobre a probabilidade de encontrar o elétron em determinada região do átomo. As ondas materiais na equação de Schrödinger são entidades matemáticas não observáveis diretamente.

Portanto, a equação de Schrödinger não pode dizer a um físico onde o elétron pode ser encontrado num dado momento qualquer, mas apenas a probabilidade de encontrá-lo lá.

Veja também a história em quadrinhos para tentar fazer uma representação desse conteúdo.

5. Relato de experiência da aplicação da HQ através da sequência de ensino proposta

Descreve-se nesta seção o processo de intervenção, com as etapas distribuídas em 6 encontros. O planejamento se deu pela distribuição das aulas semanais de Física, mas segue fielmente as atividades previstas na sequência de ensino.

5.1 O primeiro encontro

No primeiro encontro ocorreu as 3 etapas iniciais da sequência de ensino, dentro de um tempo correspondente a uma aula de 45 minutos. Inicialmente teve a apresentação da metodologia do processo de intervenção e da produção de estrofes de cordel com versos obedecendo à métrica sextilha. Em seguida surgiu a apresentação de uma mídia sobre a utilização de quadrinhos em sala de aula.

Por fim teve a construção de um esquema conceitual para explanação de tópicos do conteúdo que envolve interpretações da Física clássica sobre o estudo da estrutura da matéria. Os conceitos trabalhados inicialmente tiveram a intenção de preparar o cognitivo dos alunos, organizando as informações iniciais, para ao longo do processo de intervenção serem apresentados gradualmente os tópicos de Física Quântica ligados aos estudos da estrutura da matéria.

Na dinâmica de construção do esquema conceitual os próprios alunos indicaram palavras, conceitos, fenômenos, experiências, aplicações tecnológicas, fatos históricos e do cotidiano que tinham relação com o tema. Dessa forma, buscou-se levantar e coletar dados que possibilitassem um diagnóstico dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o estudo do átomo e ao mesmo tempo introduzir aspectos gerais da teoria clássica que seriam importantes para a compreensão dos fenômenos quânticos a serem estudados em outro momento da experiência.

Na última etapa do primeiro encontro ocorreu a recitação da parte 1 da HQ, com ênfase nas rimas e explicando os principais tópicos do conteúdo de Física Clássica, ainda considerado uma preparação para se ter uma melhor compreensão do conteúdo que envolve as interpretações da mecânica quântica dos fenômenos do comportamento da estrutura da matéria.

Apresentação da proposta

A sequência de ensino teve início com a apresentação do cronograma de atividades e da metodologia de aplicação do produto. As atividades foram

desenvolvidas em 1 aula de 45 minutos. Foi no primeiro encontro que a turma tomou conhecimento do planejamento e do método de ensino com o uso da história em quadrinhos “*Os moidos e pelejas desde o átomo clássico até o átomo quântico*” em sala de aula.

Ficou esclarecido que tal ferramenta pedagógica está escrita em versos de cordel e apresenta ilustrações típicas de quadrinhos, na perspectiva de contextualizar o conteúdo e facilitar sua compreensão. Os discentes também tiveram conhecimento que a história em quadrinho utilizada neste trabalho é produto de uma pesquisa de mestrado, desenvolvida na perspectiva de auxiliar o ensino de Tópicos de Física Quântica. Aqui falou-se um pouco como se deu a construção do quadrinho e sobre os principais assuntos que ela aborda. Os alunos tiveram a primeira ideia de como os eventos e conceitos seriam estudados.

Durante a apresentação da metodologia de trabalho, os discentes tiveram ciência que em determinado momento da sequência iriam produzir e apresentar tirinhas e/ou versos de cordel sobre tópicos do conteúdo estudado. Nesse sentido foi necessário apresentar para eles algumas explicações sobre a rima e métrica presentes em versos que constituem as estrofes do cordel e também algumas características peculiares da arte dos quadrinhos.

Diante da perspectiva de pautar o trabalho na temática de estímulo ao desenvolvimento da criatividade e capacidade imaginativa dos estudantes, ensinando Física diante de um contexto artístico cultural, foi apresentado para a turma métodos de elaboração dos versos rimados de cordel na métrica sextilha.

Coincidentemente, a intervenção teve início durante a semana que comemorava o dia do nordestino. Então, diante do sentimento de identidade, foram trabalhados com os alunos versos e estrofes de cordel que retratam alguns costumes e características peculiares da região nordeste e do homem nordestino. Foram recitados os seguintes versos:

*Eu amo o nordeste
Aqui é o meu lugar
Posso até ir lá fora
Mas ligeiro irei voltar
Pra matar a saudade
Dos amores que ficar*

*Tem a cabocla e a morena
Formosuras do Sertão
Nosso rei canta o xote
E cordel tem tradição
A felicidade e poesia
Encantam o São João*

*Ser nordestino é orgulho
E jamais será defeito
Aqui tem povo honrado,
Que merece mais respeito
Falar mal do meu sotaque
É burrice, preconceito*

S. Feitosa

Um dos alunos da turma se dispôs a recitar parte dos versos elaborados em homenagem ao dia do nordestino. Surpreendentemente, a recitação foi empolgante,

destacando as rimas. Empolgada com a atividade, a turma aplaudiu a recitação com bastante entusiasmo. Em seguida ocorreram as devidas explicações sobre o método de desenvolvimento de estrofes com versos de cordel na métrica sextilha.

Ao final dessa parte ainda foi reforçado para os estudantes que durante alguma etapa da sequência de ensino eles iriam elaborar versos sobre o conteúdo estudado. Motivado por tal atividade, um dos alunos da turma também perguntou sobre o cordel construído com rimas em quadra. Após a explicação sobre a rima, métrica e construção da estrofe em quadra, esta etapa da sequência de ensino foi concluída.

Para tratar da arte dos quadrinhos houve a apresentação da mídia *“Saiba a diferença entre quadrinhos, tirinhas, cartum, charge e caricatura”*. O vídeo é uma reportagem da TV Pernambuco, que data de 27/10/2016, no qual a Professora Fernanda Bérghamo explica as características dos gêneros que aparecem no título da reportagem. Ela também destaca a riqueza com que os diversos estilos aparecem no formato de quadrinhos, podendo ser trabalhados em sala de aula.

Na reportagem há a participação de Alexandre Beck, criador do personagem Armandinho, que aborda temas educacionais no contexto de tirinhas, afirmando que *“...aprender tem que ser uma coisa divertida. A nossa língua é um bocado complicada. Então quando a gente consegue juntar meios pra gente ter prazer com aquele aprendizado a coisa funciona muito melhor.”*

Explicou-se para os alunos que a proposta de ensinar temas de Física Quântica através de quadrinhos também busca tornar o ensino de Física mais divertido, tentando facilitar a compreensão do conteúdo dentro de uma estratégia que desvincule o conteúdo de Física do excesso de cálculos. Ficou claro que a ferramenta pedagógica seria o principal recurso didático nas atividades da sequência de ensino, buscando explicar os eventos e fenômenos científicos em rimas dos versos de cordel e em ilustrações da arte gráfica dos quadrinhos.

A turma também tomou conhecimento que a história em quadrinhos *“Os moidos e pelejas desde o átomo clássico até o átomo quântico”* apresentaria o conteúdo em dois momentos. Na primeira parte ela abordaria as explicações da Física Clássica sobre a natureza do átomo, o comportamento de suas partículas e as limitações dessas teorias para descrever os fenômenos. A segunda parte do quadrinho apresentaria o surgimento das primeiras ideias quânticas tentando descrever os fenômenos atômicos.

Diante da expectativa de estudar temas da Física dentro do universo da arte dos quadrinhos, uma aluna fez o seguinte comentário: *“Que bom, pois Física é uma matéria*

muito difícil”. Isso evidencia a dificuldade que alguns alunos para compreender a linguagem científica tradicional presente na maioria dos livros didáticos e textos científicos, necessitando de diversidades de alternativas para ter uma melhor compreensão dessa Ciência.

Para exemplificar o uso da arte dos quadrinhos no ensino de Física ocorreu a apresentação de uma tirinha com gato Garfield. Na tirinha aparecem dois personagens dentro de um pequeno texto abordando grandezas como massa, força peso e gravidade através de um contexto irônico e engraçado. Ao final da leitura e interpretação da tirinha foi possível identificar as gargalhadas de alguns alunos, envolvidos pelo enredo da mesma.

Esquema conceitual para trabalhar o conteúdo presente na parte 1 da HQ

Após os devidos esclarecimentos sobre os objetivos da pesquisa e sobre a natureza da metodologia de desenvolvimento das aulas, teve início a construção de um esquema conceitual. Essa dinâmica possibilitou fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos discentes que possibilitou ter um diagnóstico do grau de conhecimento da turma a respeito do tema.

Os estudantes tiveram liberdade de expor o que sabiam sobre o conteúdo, após serem provocados por perguntas introdutórias. A participação de cada discente, para as questões, conceitos, fenômenos colocados foram escritos no quadro, introduzindo aspectos gerais do conteúdo.

Para a construção do esquema conceitual foram colocadas algumas perguntas introdutórias, que aparecem listadas abaixo junto com as respostas da turma:

| <u>PERGUNTAS</u> |
|---|
| O que vocês entendem e imaginam quando se fala sobre o átomo? |
| O átomo é a menor parte da matéria ou com o tempo surgiram indícios de partículas menores que o constituíam? |
| Qual foi a primeira partícula constituinte do átomo a ser descoberta? Qual a natureza da sua carga? A partir de qual experiência os cientistas suspeitaram de sua existência? |
| Como surgiram as ideias da existência de um núcleo atômico? Qual experimento trouxe indícios de sua existência? |

A participação dos discentes na dinâmica do esquema conceitual foi um fator muito relevante para o processo de ensino-aprendizagem, pois o primeiro princípio que norteia a UEPS, em (Moreira, 2011, p. 44), diz que “*o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel)*;”. Dessa forma é importante destacar que tal dinâmica de coleta conseguiu levar os alunos a externalizarem seus conhecimentos prévios. Então a dinâmica do esquema conceitual permitiu introduzir o conteúdo a partir das informações prévias existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Com as duas etapas descritas acima, definiu-se junto aos discentes os tópicos de estudo e a metodologia de ensino. Além disso, através do esquema conceitual, foi possível realizar uma apresentação de tópicos gerais, envolvendo aspectos históricos, conceitos e fenômenos da teoria clássica do átomo, que serão importantes para o estudo da mecânica quântica. As informações levantadas, ao interagirem com a estrutura cognitiva dos estudantes, teve o intuito de subsidiar na compreensão dos assuntos mais abstratos que serão estudados em etapas seguintes do processo de intervenção. Com essas dinâmicas descritas acima também foi possível fazer um diagnóstico preliminar do grau de conhecimento da turma a respeito do tema de estudo.

Identifica-se uma aproximação das atividades realizadas acima com o que Moreira (2011) propõe no primeiro e segundo tópico dos aspectos sequenciais da UEPS. Houve a definição do que se vai ensinar e também ocorreu o desenvolvimento de uma atividade que possibilitou os alunos externalizarem seus conhecimentos prévios. Então, traçando um paralelo entre a Sequência de Ensino desenvolvida neste trabalho e a UEPS, é possível afirmar que tais aspectos foram perfeitamente contemplados nos métodos aqui desenvolvidos. Moreira (2011, p. 45) apresenta:

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;

Recitação da HQ parte 1 – Física Clássica

Após a construção do esquema conceitual ocorreu a recitação dos versos de cordel presentes na parte 1 do quadrinho. Ainda trabalhando os subsídios, apresentando conceitos e eventos clássicos importantes para a compreensão dos tópicos de Física

Quântica, esta etapa buscou enfatizar acontecimentos históricos que deram significado ao surgimento da teoria quântica do átomo, que é o principal assunto a ser apreendido.

Cada aluno recebeu uma versão impressa do quadrinho e acompanhavam a recitação atentamente. Aspectos relevantes desta etapa do conteúdo, como o surgimento de modelos atômicos, a descoberta do elétron e do núcleo atômico, foram relacionados às respostas que os alunos tinham dado durante a construção do esquema conceitual. Assim foi possível aproximar os conceitos fundamentais, fatos históricos e experiências científicas com os conhecimentos prévios dos estudantes, provocando uma interação da nova informação com as informações prévias existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Sobre o papel da recitação Nobre (2017, p. 132) afirma que:

É importante entendermos a importância da leitura declamada em voz alta, pois a rima e a declamação eram e ainda são táticas dos poetas cantadores e cordelistas para que suas histórias, suas notícias, seus romances, etc, sejam assimiladas pelos ouvintes. O declamar em sala, como os poetas fazem, é essencial na utilização dos *folhetos* como ferramenta didática, e é parte crucial da sequência de ensino proposta, pois a alma do *folheto* é a sua **declamação** em voz alta, e não somente a leitura pura e simples.

Foi perceptível o envolvimento da turma com a recitação dos versos, identificando-se com o linguajar, pois as palavras que apareciam nos versos descrevendo os conceitos e eventos históricos eram mais próximas do linguajar cotidiano deles. Quando oportuno, após a recitação de algumas estrofes, eram explicados alguns fenômenos e conceitos, ajudando os alunos a interpretar os versos de cordel e as ilustrações da HQ.

Ao final da recitação a turma aplaudiu a atividade. A participação e o envolvimento ocorreu dentro do que Moreira (2011) chama de predisposição para aprender. De acordo com o autor, esse é um dos princípios que norteia o desenvolvimento de uma UEPS, pois “*é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin)*”. (Moreira, 2011, p. 44)

Nesse sentido, a dinâmica de construção do Cordel, a apresentação das características da arte dos quadrinhos, a participação dos estudantes na construção do esquema conceitual e a recitação dos aspectos introdutórios do conteúdo na recitação do cordel, promoveram uma maior integração dos alunos com o tema, fortalecendo a predisposição para aprender.

Finalizando o primeiro encontro foi explicado para os alunos a dinâmica de atividades que seriam desenvolvidas no encontro seguinte, através de uma dinâmica de resolução de situações-problemas relativas a interpretação do conteúdo.

5.2 O segundo encontro

O segundo encontro se desenvolveu em duas aulas de 45 minutos, no qual ocorreu uma reflexão dos principais tópicos visto na recitação da parte 1 da HQ. Aqui foram apresentados situações-problemas sobre o conteúdo e em seguida ocorreu uma dinâmica de atividade coletiva e colaborativa para resolver os problemas. Já na última fase do encontro houve a etapa de organização do conhecimento, com o processo de ensino típico de aula expositiva com os alunos recebendo as informações. Isso ocorreu na perspectiva de organizar os conceitos e informações trabalhadas ao longo da aula, após o acompanhamento de atividades centradas nas ações dos alunos.

Para o trabalho de resolução das situações-problemas em equipe, a turma de 23 alunos foi dividida em 4 grupos, nomeadas por A, B, C e D. Foram trabalhadas 5 situações-problemas abordando aspectos históricos, conceitos e experiências científicas que contribuíram para a interpretação da teoria clássica do átomo. Tais questões são uma preparação para o estudo dos tópicos da teoria quântica do átomo. A compreensão do desenvolvimento de teorias a respeito da estrutura da matéria servem de subsídios para que o aluno aprofunde o entendimento de conceitos e fenômenos mais abstratos trabalhados na Física Quântica.

A HQ foi construída de forma didática, abordando inicialmente os aspectos históricos sobre o desenvolvimento dos modelos atômicos explicados no âmbito da teoria clássica. Pois as contribuições científicas deixadas por esse contexto histórico têm relevância contribuição para a compreensão do surgimento da Teoria Quântica do átomo. Então foi estratégico iniciar o trabalho do conteúdo, através de situações-problemas, abordando os principais eventos e experiências relacionados ao desenvolvimento da teoria clássica do átomo.

O trabalho com situações-problemas teve a intenção de exigir dos alunos uma postura investigativa e reflexiva na construção do conhecimento, discutindo e desenvolvendo caminhos para as soluções. Moreira (2011, p. 44) afirma que “*são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para aprendizagem significativa.*”

É importante perceber que as situações-problemas são utilizadas neste trabalho como mecanismo central para a apropriação de conceitos no processo de ensino-aprendizagem.

A Sequência de Ensino aqui desenvolvida, buscou em Moreira (2011) um equilíbrio para se trabalhar as situações-problemas em sala de aula. Mas foi a partir do trabalho de Nobre (2015, 2017) que surgiu a ideia de propor uma sequência de ensino pautada em situações-problemas elaboradas com os versos de cordel. Porém com a HQ utilizada nesta experiência, as situações-problemas elaboradas surgem com versos de cordel dentro de ilustrações típicas dos quadrinhos. Tal metodologia foi a base para o processo de ensino-aprendizagem aqui desenvolvido.

A primeira parte da história em quadrinho apresenta uma preparação para aquilo que se pretende ensinar. Entender os aspectos mais relevantes da teoria clássica do átomo, e suas respectivas limitações, é fundamental para se ter uma melhor compreensão do surgimento da teoria quântica. Neste sentido, as situações-problemas trabalhadas nesta fase da sequência tinham um nível introdutório de ideias e conceitos, se aproximando do aspecto sequencial 3 da UEPS proposta por Moreira (2011, p. 45), segundo a qual deve-se:

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;

Apresentação das situações-problemas relacionadas à parte 1 da HQ

Diante das considerações levantadas acima, as atividades do segundo encontro começaram com uma breve apresentação das situações-problemas para a turma. Vale salientar que a dinâmica de apresentação dessas questões não se resumiu a uma leitura dos versos poéticos. O momento permitiu ao professor provocar nos alunos o aspecto investigativo e objetivo, destacando os tópicos mais relevantes para a construção das soluções.

Buscando soluções em equipe

Após as devidas considerações colocadas para cada situação-problema, as equipes começaram a leitura e debates, investigando caminhos para as soluções. O trabalho em equipe durou cerca de trinta e cinco minutos, com os alunos dialogando, pesquisando e refletindo sobre cada problema.

Tal dinâmica também buscou inspiração na sequência de ensino desenvolvida por Nobre (2015, 2017), para o trabalho com cordéis em sala de aula. Em seus trabalhos o autor propõe que as duas etapas iniciais da sequência de ensino sejam: apresentação da proposta e recitação do material com ênfase nas rimas dos versos. Para a terceira etapa ele sugere que o professor desenvolva alguma dinâmica na qual os alunos possam ler o texto rimado e interpretem as estrofes. Nobre (2017, p. 133) escreve:

A seguir, podemos dividir a turma em grupos de 2 a 4 estudantes, para que cada grupo leia, discuta e faça a interpretação de texto do folheto, em especial sob o aspecto científico. Aqui também, nos grupos, é necessário declamar cada estrofe, seguindo da discussão do conteúdo. É importante que se faça anotações sobre qual conhecimento o folheto aborda, além de observações dos próprios estudantes sobre o que entenderam e discordaram do assunto abordado. É sugerido que se faça a declamação, interpretação e as anotações estrofe por estrofe.

A busca por soluções coletivas exigiu dos discentes a interpretação do material que descrevia o conteúdo. As situações-problemas trabalhadas nessa etapa inicial de introdução da matéria de ensino foram justamente elaboradas de forma que exigiam dos alunos a leitura e interpretação dos versos de cordel e ilustrações presentes na história em quadrinhos.

Quando o fenômeno, evento ou experiência investigada exigia maiores abordagens, as questões traziam um pequeno texto em sua elaboração. Essa contextualização apresentava informações relevantes e complementares. Vale salientar que a HQ, principal ferramenta de ensino trabalhada com os alunos, não foi desenvolvida para aprofundar determinados tópicos do conteúdo, apresentando limitações em relação ao detalhamento de informações.

Ainda nesta etapa, algumas explicações sobre as questões facilitaram o entendimento dos grupos diante de dúvidas. As atividades precisaram ser acompanhadas de perto, pois em alguns momentos alunos ficaram dispersos ou apresentavam dificuldades para encontrar soluções. Nesses momentos eram realizadas pequenas interferências no diálogo entre os membros das equipes, com questionamento e ações que pudessem melhorar o andamento dos trabalhos.

Primeira atividade colaborativa

Após cerca de trinta e cinco minutos as equipes foram concluindo as primeiras propostas de soluções. Deu-se o início a atividade colaborativa, na qual cada grupo teve acesso ao trabalho de outros grupos. Foram orientados a analisar as atividades desenvolvidas pelos colegas para contribuírem com sugestões e também complementarem seus trabalhos pelo raciocínio encontrados nas soluções dos colegas.

As equipes **A** e **D** trocaram os trabalhos entre si e alguns minutos depois as equipes **B** e **C** também realizaram a mesma dinâmica. Após uns 15 minutos de análises, com cada grupo questionando e tentando compreender e as soluções propostas pelos colegas, as equipes **B** e **D** também decidiram trocar os trabalhos para complementarem suas respostas.

Na atividade colaborativa houve o mínimo de interferência, sendo os diálogos e trocas de informações realizadas principalmente entre os discentes. Por iniciativas deles os grupos se reuniram e passaram refletir coletivamente sobre as questões.

Nesta dinâmica os membros das equipes se misturavam, faziam sugestões uns aos outros e questionavam as respostas dos colegas. Muitos tinham dúvidas quanto a caligrafia dos colegas e nem sempre conseguiam entender ou interpretar as soluções. Tal atividade estimulou o diálogo e isso foi fundamental para a construção coletiva de respostas para as questões.

Organizando o conhecimento para os conceitos iniciais

No segundo encontro foram realizadas 4 etapas da sequência de ensino: apresentação das situações-problemas, trabalho em equipe para propor soluções, atividade colaborativa de reconciliação de ideias e organização do conhecimento.

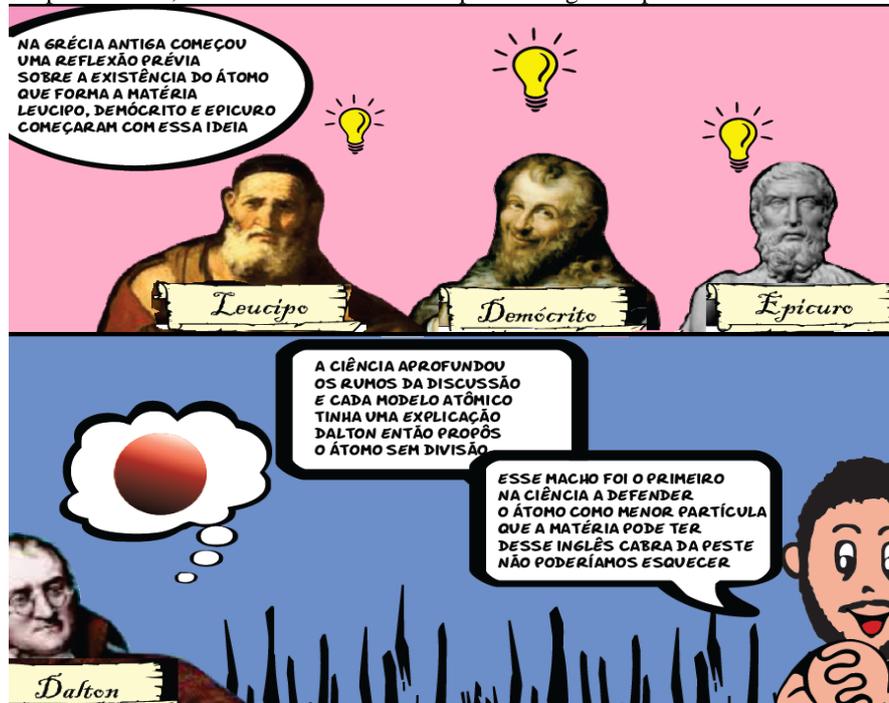
O tempo total da atividade colaborativa foi de aproximadamente 25 minutos. Era chegado o momento da etapa de organização do processo de assimilação e retenção de significados. Restavam 20 minutos para o término da aula quando os pontos mais relevantes do conteúdo abordado na parte 1 da HQ e as dúvidas apresentadas pelos discentes foram esclarecidas.

Os quadros abaixo apresentam as situações-problemas trabalhadas. O primeiro tópico trabalhado com os alunos foi a necessidade de compreensão das primeiras ideias tratando da existência do átomo.

1º SITUAÇÃO-PROBLEMA

As primeiras ideias tratando da existência de átomo, como partícula fundamental que constitui a matéria, surgiram na Grécia Antiga. Mesmo com as discussões atomistas vigentes ao longo dos séculos XVII e XVIII, somente no início do século XIX esse tema passou a adquirir o status de teoria científica. Foi através do trabalho de Dalton que surgiu a teoria atômica científica.

É importante ressaltar que o átomo grego não é um precursor do átomo de Dalton. A ideia de um átomo como a menor parte da matéria, discutida por Leucipo, Demócrito e Epicuro, no século V a.C., apresenta caráter intuitivo, especulativo e teórico. Já o atomismo de Dalton, que data de 1808, surge de evidências experimentais, com bases conceituais e epistemológicas típicas de uma teoria científica.

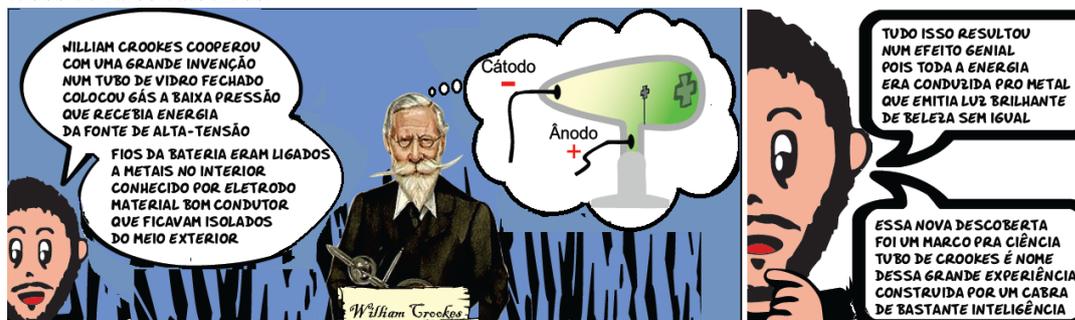


Diante do que foi colocado acima e de acordo com o quadrinho descreva as principais similaridades entre a ideia de átomo proposta pelos filósofos gregos e ao modelo atômico proposto por Dalton. Também explique em que sentido as ideias discutidas pelos atomistas gregos se diferem do que é apresentado no modelo atômico proposto por Dalton.

A segunda questão abordava a contribuição do experimento de Willian Crookes para a descoberta do elétron e qual foi o procedimento experimental realizado por ele.

2º SITUAÇÃO-PROBLEMA

O século XIX chega ao fim com a constatação de que átomo não é o último limite de divisão da matéria. As primeiras indicações de que poderia haver partículas ainda menores na composição dos átomos foi obtido pelo cientista inglês Willian Crookes, ao realizar descargas elétricas com baterias em tubos de raios catódicos.



Descreva o material utilizado por Willian Crookes para realizar suas experiências em tubos de vidros e explique o procedimento experimental realizado por ele. Em seguida fale qual foi o efeito provocado por esse experimento e o que os resultados indicavam.

A terceira questão exigia dos alunos a compreensão da importância do trabalho de Thomson para o desenvolvimento da compreensão da estrutura da matéria.

3º SITUAÇÃO-PROBLEMA

Em 1897 Joseph John Thomson (1856-1940) fez um relato das suas investigações com descargas elétricas em tubos de raios catódicos. Na época haviam divergências quanto a natureza dos raios catódicos. Alguns acreditavam que eram um tipo de onda, outros acreditavam que os raios catódicos eram compostos por partículas. Depois de realizar algumas mudanças no experimento de William Crookes, o físico britânico Joseph John Thomson conseguiu determinar uma relação entre a carga e a massa dos raios catódicos. Então ele concluiu que se tratava de partículas carregadas.

Thomson ainda verificou que esses corpúsculos carregados eletricamente eram exatamente os mesmos, quaisquer que fossem os elementos do catodo, do anodo e do gás dentro do tubo. Então ele demonstrou empiricamente, que os raios catódicos seriam formados por constituintes universais de matéria, ou seja, mostrou que o átomo não é indivisível e tem partículas menores.



A seguir explique qual a partícula descoberta por Thomson e a natureza da sua carga. Descreva o modelo atômico proposto por Joseph John Thomson.

A quarta situação-problema está relacionada ao experimento da folha de ouro realizado por Rutherford, exigindo das equipes o entendimento do processo experimental e as consequências do resultado dessa experiência para o desenvolvimento dos modelos atômicos.

4º SITUAÇÃO-PROBLEMA

Em 1911, através do conhecido experimento da folha de ouro, Rutherford deu uma grande contribuição para a Física de Partículas Experimental. Ele fez incidir um feixe de partículas α (alfa) sobre uma lâmina de ouro no laboratório. Os resultados de suas experiências o levaram a propor um novo modelo atômico.

PRA EXPLICAR O ÁTOMO FORAM MUITAS TENTATIVAS DIVIDINDO-O EM PARTÍCULAS POSITIVAS E NEGATIVAS VÁRIOS MODELOS ATÔMICOS COM IDEIAS CONSTRUTIVAS

MAS UM NOVO EXPERIMENTO QUE EMITIA RADIAÇÃO TRILHOU O CAMINHO PARA OUTRA EXPLICAÇÃO FOLHA DE OURO É O NOME DESSA GRANDE INVENÇÃO

DELE SURTIU O NÚCLEO DE MANEIRA DECISIVA CONTRIBUIÇÃO DE RUTHERFORD USANDO FONTE RADIOATIVA QUE EMITIAM RAIOS ALFA QUE TEM CARGA POSITIVA

ESSE TAL DE RUTHERFORD ERA UM MATUTO INTELIGENTE USOU AS PARTÍCULAS ALFA COMO UM RAIO INCIDENTE NUMA FINA LÂMINA DE OURO ISSO TEVE EFEITO PERTINENTE

PARTE DO RAIO DE PARTÍCULAS CONSEGUIU ATRAVESSAR OUTRO TANTO ATÉ PASSOU MAS TEVE O EFEITO DE DESVIAR TEVE RAIO QUE REFLETIV APÓS BATER E VOLTAR

A EXISTÊNCIA DE UM NÚCLEO FOI ENTÃO EVIDENCIADA POIS AS PARTÍCULAS RADIOATIVAS AO SEREM DIRECIONADAS PARA UMA FINA LÂMINA DE OURO FORAM EM PARTE ESPALHADA.

O ESPALHAMENTO OCORREU DEVIDO A COLISÃO DA RADIAÇÃO COM O NÚCLEO NUMA GRANDE INTERAÇÃO DAS PARTÍCULAS RADIOATIVAS COM AQUELA REGIÃO

UM ÁTOMO COM NÚCLEO RUTHERFORD IMAGINOU NA REGIÃO CENTRAL MAIOR MASSA INDICOU AO REDOR GIRAM ELÉTRONS ASSIM ELE EXPLICOU

Baseado nas informações acima resolva os tópicos a seguir:

- d) Descreva o experimento da folha de ouro realizada por Rutherford.
- e) O que os resultados dessa experiência indicaram?
- f) Explique o modelo atômico proposto por Rutherford.

A quinta questão elaborada para as equipes refletirem aborda as limitações da Física clássica para explicar os fenômenos relacionados a estrutura da matéria, através das inconsistências do modelo atômico proposto por Rutherford.

5º SITUAÇÃO PROBLEMA

Mesmo após as descobertas de Rutherford não foi possível resolver o problema da estabilidade do átomo. Logo se percebeu que o modelo de Rutherford apresentava inconsistências impossíveis de serem explicadas pelas teorias da Física Clássica.

ISSO ENTÃO PROVOCOU UMA GRANDE CONFUSÃO POIS A FÍSICA CLÁSSICA TINHA UMA EXPLICAÇÃO QUE CARGAS EM MOVIMENTO EMITIAM RADIAÇÃO

OS ELÉTRONS ACELERADOS DEVERIAM IRRADIAR UMA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA NO MOVIMENTO CIRCULAR EMITIDA CONTINUAMENTE ATÉ ELE COM O NÚCLEO SE CHOCAR

O MODELO DE RUTHERFORD PARECIA INCONSISTENTE ENTÃO FOI NECESSÁRIO EXPLICAÇÃO MAIS COERENTE AOS POUCOS FOI SURGINDO UMA FÍSICA DIFERENTE

NAQUELE REBULIÇO POR UMA NOVA EXPLICAÇÃO OS CIENTISTAS INICIARAM UMA GRANDE DISCUSSÃO SOBRE ESTRUTURA DA MATÉRIA QUAL SERIA A SOLUÇÃO?

SE O ELÉTRON SÓ GIRAVA SEM PERDER SUA ENERGIA ENTÃO SEU MOVIMENTO RADIAÇÃO NÃO EMITIA E AS LEIS DA FÍSICA CLÁSSICA PARA O ÁTOMO NÃO VALERIA

COMO NÚCLEO POSITIVO E ELÉTRONS AO REDOR FOI A VEZ DE UM CABÓCO CONHECIDO POR NIELS BOHR USA A TEORIA QUÂNTICA E EXPLICAR TUDO MELHOR

Explique as inconsistências que o modelo atômico proposto por Rutherford apresenta quando tentamos explicar o átomo através da teoria clássica.

Diante das etapas realizadas no segundo encontro é possível perceber que a proposta de troca de trabalhos entre as equipes, chamada aqui de atividade colaborativa, e a atividade final do segundo encontro, na qual houve o processo de organização do conhecimento, se aproximam de alguns aspectos facilitadores da aprendizagem significativa. Ambas as dinâmicas realizadas estão dentro do contexto de uma UEPS. Elas estabelecem uma reconciliação integradora por promoverem a troca de ideias entre as equipes e as informações que surgiram ao longo do processo.

A ideia de apresentar eventos históricos, no intuito de subsidiar o conhecimento dos alunos para o ensino de tópicos de mecânica quântica, partindo de questões mais gerais até as mais específicas, fortaleceram o trabalho de diferenciação progressiva e facilitou a interação de ideias novas com a estrutura cognitiva do aprendiz. Moreira (2011), ao descrever os passos de uma UEPS, usa o termo diferenciação progressiva e reconciliação integrativa para destacar a necessidade de facilitar a aprendizagem do conteúdo, interligando ideias e retomando as informações mais gerais e estruturantes.

Também em sintonia com o Moreira (2011), houve a realização de atividades colaborativas, nas quais os alunos negociaram significados. Vale salientar que a sequência desenvolvida neste trabalho tem características próprias, mas busca em a cada

etapa, mesmo que em momentos próprios, promover aspectos didático-metodológicos da UEPS.

5.3 O terceiro encontro

No terceiro encontro, que teve o tempo de uma aula de 45 minutos, foram estudados tópicos dos conteúdos relacionados às interpretações da teoria quântica para os fenômenos que envolvem o comportamento da estrutura da matéria. Nesta etapa se iniciam os trabalhos relacionados à parte dois da HQ.

Seguindo o planejamento da sequência de ensino, o terceiro encontro iniciou-se com a construção de um novo esquema conceitual, tratando das explicações quânticas para a natureza da estrutura da matéria. Em seguida ocorreu a recitação dos versos do quadrinho, introduzindo o conteúdo, e a apresentação de novas situações-problemas.

Ao final desse encontro os alunos levaram para casa as situações-problemas de forma individual para começarem a refletir e pensar soluções para elas.

Diagnostico do conhecimentos prévios e introdução do conteúdo

Após uma explanação dos eventos históricos e das interpretações clássicas relacionados ao desenvolvimento da compreensão dos fenômenos atômicos, trabalhados nos encontros anteriores, em etapas da sequência que buscavam preparar os alunos para terem uma melhor compreensão da teoria quântica, o terceiro encontro começou com a construção de um novo esquema conceitual que durou cerca de 15 minutos.

Para a construção do esquema conceitual foram colocadas algumas perguntas introdutórias, que aparecem listadas abaixo junto com as respostas da turma:

| <u>PERGUNTAS</u> |
|--|
| Vocês já ouviram falar sobre Mecânica Quântica? O que vocês entendem, imaginam ou sabem sobre Mecânica Quântica? |
| Existe relação entre fenômeno atômicos e o surgimento da Física quântica? O que estuda a teoria quântica do átomo? |

Os dois motivos descritos acima justificam o fato de alguns dos conceitos colocados pelos discentes apresentarem ideias bem próximas do objetivo de estudo.

Acredita-se que parte dos estudantes já enxergava uma relação entre os fenômenos da radiação, a emissão do espectro de alguns elementos e o surgimento da mecânica quântica. Também já parecia haver um pequeno entendimento da relação entre os fenômenos da espectroscopia, a teoria do quantum e as explicações propostas por Bohr para o átomo. A HQ faz uma abordagem desses tópicos, pois são ideias que contribuíram para o desenvolvimento da teoria quântica do átomo.

Recitação da HQ parte 2 – Mecânica Quântica

Ainda no terceiro encontro houve a recitação dos versos de Cordel da parte 2 da HQ. Esta etapa durou cerca de quinze minutos e deu início ao ensino dos tópicos mais relevantes do conteúdo, abordando os principais conceitos e fenômenos relacionados à teoria quântica do átomo.

Nos moldes da recitação que ocorreu na parte 1 da HQ, houveram pequenas interrupções da recitação para reforçar as analogias e serem feitas breves explicações sobre os tópicos do conteúdo. Tal dinâmica permitia interligar ideias, retomando informações importantes do conteúdo e organizando o conhecimento. Este trabalho permitiu contemplar aspectos facilitadores da aprendizagem previstos na UEPS.

Em acordo com NOBRE (2017, p. 131) a recitação teve importância estratégica para o processo de ensino-aprendizagem, *“já nos direcionam para pensar que caminho, que sequência de procedimentos, de ensino, devemos seguir para expor os conteúdos desejados. Surgindo aí o declamar como uma etapa essencial para a sequência de ensino proposta.*

O conteúdo apresentado na parte 2 da HQ explica a diferença entre espectro contínuo e discreto, descreve a ideia de Max Planck para esclarecer a radiação espectral emitida por corpos aquecidos, aborda a contribuição de Bohr para justificar a instabilidade do átomo de Rutherford e a sua teoria para os saltos quânticos. Nas últimas páginas da HQ ainda surgem explicações sobre o comportamento ondulatório do elétron, segundo de Broglie, e a teoria ondulatória de Schrödinger para a onda de probabilidade.

Apresentação das situações-problemas relacionadas a parte 2 da HQ

O terceiro encontro foi encerrado com a apresentação das situações-problemas para a turma, durante os 15 minutos finais da aula. Cada estudante já tinha recebido, individualmente, uma folha com as questões que seriam trabalhadas coletivamente no

encontro seguinte. Então foram orientados a levar as questões para casa e iniciarem as reflexões em busca de soluções. Para Moreira (2011, p. 44) “*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)*”.

Esta etapa da sequência de ensino, através da apresentação de situações-problemas, tem uma estreita relação com o desenvolvimento histórico de experiências que culminaram com o advento da teoria quântica para explicar a estrutura da matéria. Elas foram elaboradas levando em consideração o processo de construção do conhecimento, aumentando gradativamente o nível de complexidade dos tópicos estudados.

Então a apresentação das situações-problemas não se limitou a uma leitura despreziosa dos versos de cordel. Foi trabalhada de forma a expor os aspectos mais relevantes do conteúdo, relacionando informações, conceitos e significados que ajudaram os estudantes a compreender melhor os conteúdos, dispondo de melhores condições para elaborar as soluções para os problemas propostos.

As etapas realizadas no terceiro encontro estão dentro do contexto de ações que apresentam o conteúdo a ser ensinado, respeitando os conhecimentos prévios dos estudantes. Primeiro através da dinâmica que envolveu a construção do esquema conceitual. Depois houve a recitação da parte 2 do da HQ, apresentando novas informações e retomando aspectos relevantes estudados na parte 1 da ferramenta de ensino. Por fim houve a apresentação dos aspectos mais relevantes e específicos do conteúdo, apresentação de situações-problemas que direcionou os tópicos que precisavam ser aprofundados no processo de ensino-aprendizagem.

5.4 O quarto encontro

Neste encontro ocorreu o desenvolvimento de mais três etapas pautadas no trabalho com as situações-problemas apresentadas no terceiro encontro. Inicialmente cada equipe se reuniu para pensar e propor soluções para as questões. Em seguida os trabalhos foram compartilhados entre equipes, no intuito dos grupos poderem complementar e contribuir coletivamente com as soluções para os problemas propostos. Na última etapa desse encontro o professor atuou de forma a organizar o conhecimento e planejar junto aos alunos as atividades dos dois últimos encontros que ocorreriam na semana seguinte.

Trabalhando as situações-problemas em equipe

Após a apresentação dos problemas ocorreu a dinâmica de elaboração de soluções para as questões. Essa atividade foi acompanhada de perto pelo professor, mediando, estimulando e ajudando, sempre que solicitado, nas propostas de soluções dos alunos.

As ações desenvolvidas no terceiro encontro e o trabalho em equipe realizado pelos grupos que elaboraram soluções se aproximam do quarto aspecto sequencial da UEPS. De acordo com Moreira (2011)

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; (Moreira ,2011, p. 45)

Segunda atividade colaborativa

O quarto encontro teve início com a reorganização dos grupos para a resolução das situações-problemas relacionadas a parte 2 da HQ. Após cerca de 40 minutos a equipe A trocou o trabalho com a equipe C para compartilhamento de ideias e informações, enquanto as equipes D e B realizavam o mesmo processo. Nos mesmos moldes dos trabalhos desenvolvidos durante a resolução de situações-problemas da parte 1 dos quadrinhos as equipes construíram soluções coletivas e formularam respostas para os fenômenos investigados.

A dinâmica de atividade colaborativa apresenta afinidade com o quinto passo da UEPS, quando Moreira (2011) destaca a necessidade da reconciliação integradora e atividades colaborativas, tudo acontecendo com a mediação do professor. Neste sentido as etapas de apresentação das novas situações-problemas, o trabalho em equipe para propor soluções e a dinâmica de atividade colaborativa são indissociáveis e estão dentro de um contexto dos aspectos sequenciais de uma UEPS. Em Moreira (2011, p. 45) há uma descrição detalhada que relaciona as atividades desenvolvidas na sequência de ensino deste trabalho.

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 uma mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;(Moreira, 2011, p. 45)

Nova fase de organização do conhecimento

Na última etapa do encontro foi momento de esclarecer o que cada situação-problema tratava e as dúvidas ainda pendentes. Além disso, explicou-se de forma geral os fenômenos abordados na parte 2 da HQ. Isso ocorreu após o acompanhamento das atividades realizada pelos grupos na busca por resposta.

Então esta etapa de organização do conhecimento teve duração de cerca de trinta minutos, com abordagem sobre o conteúdo presente na parte 2 da HQ. Nos moldes do que foi realizado no trabalho com a parte 1 da HQ, houve uma aula mais tradicional, com explicações expositivas e repasse de informações com ênfase nos fenômenos que pudessem ajudar os discentes na superação dos obstáculos para a compreensão do conteúdo. Foi um momento estratégico para a retomada de informações e de conceitos importantes. O sexto passo da UEPS descreve:

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 áudiovisual, 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 apresentada se/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente; (MOREIRA, 2011, p. 45 e 46)

Vale ressaltar que a organização do conhecimento foi oportuna para mais uma dinâmica de socialização de informações. Houve uma retomada dos conceitos, fenômenos e experiências estudadas. Acredita-se que através disso o aluno teve oportunidade de organizar os significados. Veja que os passos da sequência sempre buscam valorizar o processo de diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

Para Moreira (2011, p. 44) a *diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel).*

Planejamento para produção de estrofes de versos de cordel e tirinhas

Antes de finalizar o encontro houve o planejamento dos encontros subsequentes, nos quais os alunos foram reorganizados em grupos para elaborar versos de cordel e tirinhas abordando tópicos do conteúdo estudado.

A seguir estão descritos os principais eventos envolvidos na busca por solução para as situações-problemas trabalhadas no quarto encontro. Seguem as principais indagações, as sugestões das equipes para outros grupos e as propostas de soluções finais.

A situação-problema que inicia as investigações da parte 2 da HQ trabalha a compreensão do espectro. As equipes deveriam descrever conceitualmente o espectro e diferenciar o espectro contínuo do discreto.

6º SITUAÇÃO-PROBLEMA

A luz do sol quando passa por um prisma emite espectro contínuo. O mesmo ocorre com a radiação emitida por corpos opacos (sólido ou fluido muito denso) quando são aquecidos. Já os gases quando passam pelo processo de aquecimento emitem um espectro discreto. O estudo da espectroscopia deu uma grande contribuição para o desenvolvimento da Física Quântica.

NO FINAL DO SÉCULO XIX SE BUSCAVA UMA EXPLICAÇÃO PARA OS GASES AQUECIDOS QUE EMITIAM RADIAÇÃO COM LINHAS COLORIDAS SEPARADAS NO ESPECTRO DE EMISSÃO

QUANDO A ENERGIA RADIANTE TEM SUA LUZ DIRECIONADA PARA UM PRISMA TRANSPARENTE ONDE A LUZ É DESVIADA OCORRE A DISPERSÃO E SUAS CORES SÃO ESPALHADAS

AO AQUECER A AMOSTRAS DE GÁS COM UMA CHAMA TRANSPARENTE BUNSEN E KIRCHHOFF PERCEBERAM A EMISSÃO DE LUZ DISCRETAMENTE MAS OS CIENTISTAS NÃO ENTENDIAM ESPERAVAM EMISSÃO CONTINUAMENTE

O ESPECTRO QUANDO É DISCRETA TEM AS LINHAS ESPAÇADAS QUANDO PRÓXIMAS SÃO CONTÍNUAS E NÃO APARECEM SEPARADAS ENTENDER ESSA CONFUSÃO FOI UMA GRANDE EMPREITADA

ESSE FORMA DE RADIAÇÃO A FÍSICA CLÁSSICA NÃO EXPLICAVA O QUE ISSO PROVOCARIA JAMAIS SE IMAGINAVA NOVAS IDEIAS FORAM SURGINDO E SÓ NISTO SE FALAVA

O ESPECTRO COM LINHAS COLORIDAS MUDAVAM PARA CADA GÁS ELAS FICARAM CONHECIDAS COMO RAÍAS ESPECTRAIS CADA ELEMENTO TEM UM ARRANJO ATÉ PARECEM AS DIGITAIS

HIDROGÊNIO
HÉLIO
MERCÚRIO

Baseado no que foi estudado até aqui, responda:

- O que é o espectro?
- Explique a diferença entre o espectro contínuo e discreto (descontínuo).

O sétimo tópico trabalhado com os alunos busca provocar as equipes a compreensão da teoria da radiação do corpo negro desenvolvida por Planck e investigar o entendimento do conceito de quantização para o estudo da mecânica quântica.

Um novo e revolucionário conceito foi introduzido na Física por Max Planck (1858-1947), em 1900. Ele propôs que a radiação emitida por um corpo negro só pode assumir determinados valores de energia. Foi estudando a emissão de radiação por corpos aquecidos que Planck conseguiu explicar o espectro de radiação emitido por um corpo negro. As ideias de Planck dão origem ao desenvolvimento da Física Quântica, diante da insuficiência que a Física Clássica apresentava quando tentava explicar os fenômenos que envolviam a compreensão da estrutura dos átomos.

A ORIGEM DA TEORIA QUÂNTICA FOI A MAX PLANCK ATRIBUÍDA AO EXPLICAR QUE A RADIAÇÃO POR UM CORPO TRANSMITIDA OCORRE DE FORMA QUANTIZADA E EM PACOTES É EMITIDA

CALMA QUE AINDA VOU DIZER, O QUE PLANCK QUIS EXPLICAR POR ENQUANTO BASTA SABER QUE ELEMENTOS PODEM IRRADIAR LUZ COM CORES DIFERENTES QUANDO SUA TEMPERATURA AUMENTAR

| | | | |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Temperatura Ambiente | Temperatura 2000K | Temperatura 4000K | Temperatura 6000K |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|

O ARRETADO MAX PLANCK ENTÃO PROPÔS UMA SOLUÇÃO NA QUAL A ENERGIA DE UM CORPO SERIA DESCONTINUA NA TRANSMISSÃO POIS SÃO LIBERADAS EM PACOTES CHAMADOS QUANTA DE RADIAÇÃO

FOI DA IDEIA DE MAX PLANCK QUE SURTIU A QUANTIZAÇÃO AO ANALISAR COMO A ENERGIA TEM SUA EMISSÃO EM CORPOS AQUECIDOS QUE EMITIAM RADIAÇÃO

| | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Temperatura 500K | Temperatura 3200K | Temperatura 1750K | Temperatura 5500K |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|

Explique qual foi a ideia e conceito que surge no estudo de Planck ao explicar a radiação emitida por um corpo aquecido.

A oitava situação-problema foi elaborado no intuito de provocar nos alunos uma investigação sobre a ideia de Bohr para inserir o conceito de quantização nos fenômenos atômicos e a compreensão dos saltos quânticos.

8º SITUAÇÃO-PROBLEMA

As explicações de Planck, tratando da energia emitida por corpos aquecidos, contribuíram para que Bohr desenvolvesse a Teoria Quântica do átomo. O modelo atômico de Bohr resolveu a instabilidade do átomo de Rutherford, explicando a distribuição da energia dos elétrons por camadas.

Leia cuidadosamente os quadrinhos das páginas 7, 8 e 9, apresentados pelo personagem George, e responda.

- a) O que as órbitas representam para os elétrons no modelo atômico de Bohr?
- b) Explique o que são saltos quânticos e em que ocasião o elétron libera o fóton (luz) na forma de radiação?

A questão nove, desenvolvidas para que os alunos compreendessem a ideia do movimento ondulatório do elétron proposta por de Broglie e investigasse como ele justifica os níveis de energia nos átomos.

9º SITUAÇÃO-PROBLEMA

As explicações de Planck, tratando da energia emitida por corpos aquecidos, contribuíram para que Bohr desenvolvesse a Teoria Quântica do átomo. O modelo atômico de Bohr resolveu a instabilidade do átomo de Rutherford, explicando a distribuição da energia dos elétrons por camadas.

Em 1924 De Broglie apresentou uma teoria ondulatória para o movimento do elétron.

EM 1924 DE BROGLIE APRESENTOU UMA NOVA EXPLICAÇÃO PARA O MOVIMENTO DO ELÉTRON QUE APRESENTA OSCILAÇÃO SE COMPORTANDO COMO ONDA FOI UMA GRANDE INTERPRETAÇÃO

COM SEU COMPORTAMENTO ONDULATÓRIO O ELÉTRON VAI DETERMINAR OS DIFERENTES NÍVEIS DE ENERGIA QUE O ÁTOMO PODE APRESENTAR QUANTO MAIS EXTERNA A ÓRBITA MAIS OSCILAÇÕES ELE TERÁ

QUANDO O ELÉTRON OSCILAR VAI PERCORRER UMA DISTÂNCIA REALIZANDO UM MOVIMENTO COM BASTANTE ELEGÂNCIA ENTÃO VAMOS ENTENDER PORQUE ISSO TEM IMPORTÂNCIA

AO COMPLETAR A OSCILAÇÃO O ELÉTRON VAI APRESENTAR CERTOS COMPRIMENTOS DE ONDA QUE IRÃO DETERMINAR CADA NÍVEL DE ENERGIA COM VALOR PARTICULAR

EM 1924 DE BROGLIE APRESENTOU UMA NOVA EXPLICAÇÃO PARA O MOVIMENTO DO ELÉTRON QUE APRESENTA OSCILAÇÃO SE COMPORTANDO COMO ONDA FOI UMA GRANDE INTERPRETAÇÃO

LEONARDO DE BROGLIE

Nível 1
1 comprimento de onda

Nível 2
2 comprimentos de onda

Nível 3
3 comprimentos de onda

Nível 4
4 comprimentos de onda

órbita 1
órbita 2
órbita 3
órbita 4

QUERO DIZER QUE CADA ÓRBITA TERÁ A SUA DIMENSÃO DADA PELO COMPRIMENTO DE ONDA VEZES A QUANTIDADE DE OSCILAÇÃO QUE O ELÉTRON REALIZAR POR TODA A SUA EXTENSÃO

comprimento circunferência

$C = n\lambda$

número de oscilação

comprimento de onda

A CIRCUNFERÊNCIA DA ÓRBITA QUE O ELÉTRON OCUPAR TERÁ MAIOR COMPRIMENTO QUANTO MAIS ELE OSCILAR JÁ NA ÓRBITA MAIS INTERNA UMA OSCILAÇÃO ELE VAI REALIZAR

NO SEGUNDO NÍVEL DE ENERGIA DUAS OSCILAÇÕES O ELÉTRON TERÁ NO TERCEIRO NÃO É DIFERENTE TRÊS VEZES VAI OSCILAR E ASSIM SEGUE A SEQUÊNCIA PARA CADA ÓRBITA QUE ELE OCUPAR

CADA ÓRBITA TEM COMPRIMENTO E NÍVEL DE ENERGIA QUE É PADRÃO ESSE MOVIMENTO DO ELÉTRON EXPLICA A QUANTIZAÇÃO DA ENERGIA EM CADA NÍVEL QUE É FRUTO DA OSCILAÇÃO

n=1

n=2

n=3

n=4

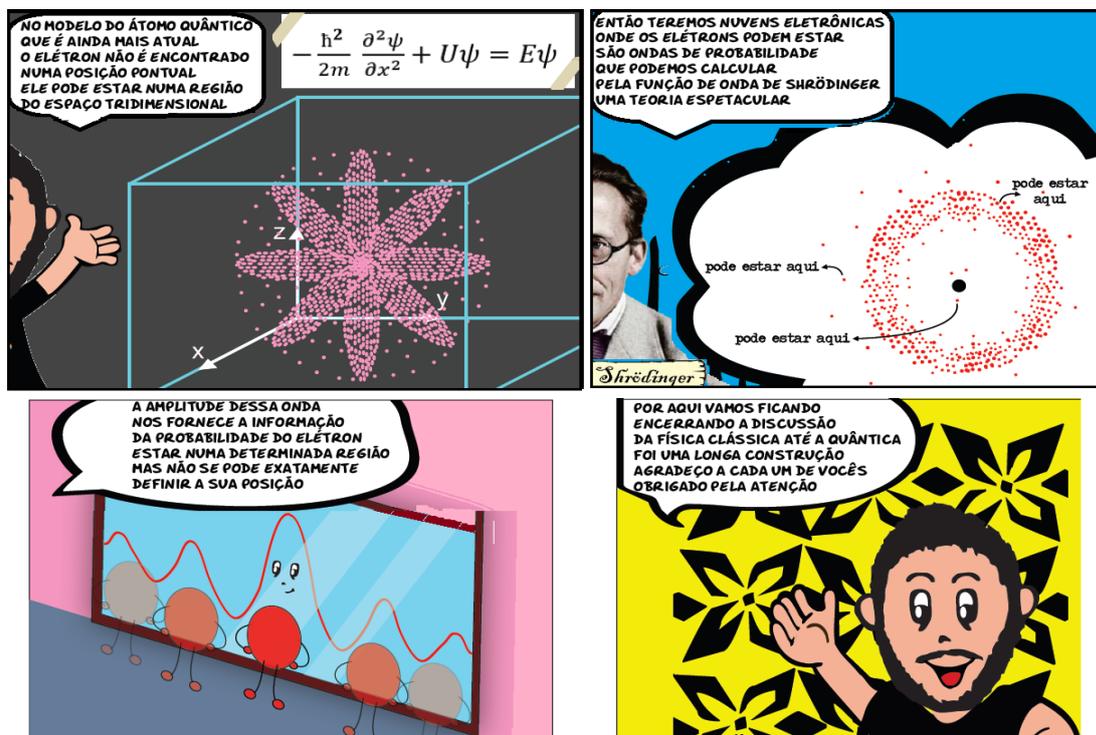
Baseado na história em quadrinhos, resolva as questões colocadas abaixo:

- a) Descreva como de Broglie explica as orbitas dos elétrons e o seu respectivo comprimento.
- b) Qual a relação do movimento ondulatório do elétron e o fato dos níveis de energias serem quantizados em cada camada ou órbita (níveis de energia)?

A última situação-problema busca promover nas equipes uma investigação sobre o comportamento do elétron segundo a teoria ondulatória de Schrödinger e quais informação a amplitude da equação de onda fornece a este respeito.

10º SITUAÇÃO-PROBLEMA

Schrödinger propõe um modelo matemático para o átomo e não um modelo visual. A teoria quântica ondulatória desse cientista discute que o elétron pode estar em qualquer lugar do átomo. Segundo ele não é possível determinar exatamente a posição dessa partícula, sendo apenas possível determinar a probabilidade de o elétron ser encontrado em uma região específica do átomo.



Em um dos quadrinhos acima vemos que o elétron está diante do espelho, ficando mais visível no centro, local no qual a onda apresenta maior amplitude. Neste sentido, o que indica a maior amplitude da onda quando se tenta localizar o elétron em determinada região do átomo?

5.5 O quinto e sexto encontro

Antes da apresentação do material produzido pelos alunos, versos de cordel e tirinhas, previsto para os últimos encontros, cada equipe deveria entregar as propostas de soluções finais relacionados aos problemas trabalhados nos momentos anteriores da sequência. Em todos os encontros os alunos desenvolveram atividades que demonstravam o avanço na aquisição e retenção de significados, no qual a aprendizagem e a avaliação ocorriam de forma progressiva.

O material produzido ao longo da sequência teve suma importância para avaliar a aprendizagem dos estudantes e para a compreensão das variáveis envolvidas no processo de construção do conhecimento. Sobre a avaliação Moreira (2011, p. 46) escreve na sétima etapa da UEPS que:

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;

Apresentações dos versos de cordel e tirinhas produzidas pelas equipes

Para finalizar a sequência ensino, o quinto e sexto encontro teve o intuito de estimular a capacidade dos estudantes comunicarem os conhecimentos aprendidos, demonstrando compreensão do conteúdo e captação de significados. Então, foi proposto para eles desenvolverem versos de cordel e tirinhas sobre tópicos do conteúdo estudado. A apresentação dos trabalhos de cada equipe não teve o intuito de validar ou não as atividades desenvolvidas. Buscou realizar uma atividade na qual os alunos buscassem relacionar conceitos e fenômenos de forma criativa, em vez de estarem preocupados em apenas decorar respostas prontas. Tal etapa se aproxima do que é colocado por Moreira (2011, p. 46)

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.

O material produzido pelos discentes permitiu uma melhor interpretação do processo de ensino-aprendizagem. A intenção não foi definir se ocorreu aprendizagem, mas exercitar nos estudantes a capacidade de comunicar e contextualizar os conceitos e fenômenos estudados, através de versos de cordel ou enredo de tirinhas. Com essa dinâmica foi possível compreender com mais clareza o processo de construção do conhecimento, além das possibilidades e limitações do uso da HQ e das atividades desenvolvidas na sequência em aulas de Física.

O primeiro grupo ficou responsável por elaborar tirinhas ou quadrinhos abordando as inconsistências do modelo atômico proposto por Rutherford e tratando de configuração de espectros contínuos e discretos

A segunda equipe ficou responsável por elaborar algo abordando a radiação do corpo negro segundo estudos de Max Planck. O grupo criou seis estrofes de cordel abordando conceitos e características desse tópico do conteúdo. Também tiveram a ideia

criar um personagem, chamado Átomo, para construir uma tirinha e reforçar os principais tópicos da teoria da radiação do corpo negro dentro de outro contexto.

Um terceiro grupo ficou responsável por produzir algo relacionado ao modelo atômico de Bohr e os fenômenos dos saltos quânticos. Esse grupo decidiu construir estrofes típicas de uma quadra, ou seja, construídas em 4 versos, nos quais o primeiro rima com o terceiro e o segundo com o quarto. Ao final da produção eles decidiram colocar o significado de uma das palavras que aparecem nos versos

Para descrever de forma mais detalhada os saltos quânticos a equipe decidiu produzir uma tirinha no qual dois personagens dialogam sobre a luz emitida pelos átomos. Diante de uma interpretação equivocada desse fenômeno um dos personagens consegue explicar para o colega em quais ocasiões o átomo libera fótons devido aos saltos dos elétrons entre camadas.

A quarta e quinta equipe ficaram responsáveis por desenvolver, cada uma, produções que abordassem as contribuições de de Broglie para a explicação dos níveis de energia quantizadas para os elétrons nos átomos e a ideia de amplitude da onda de probabilidade que existe na Teoria de Schrödinger.

Explicando as contribuições de Schrödinger para o comportamento dos elétrons no átomo, os integrantes do grupo desenvolveram uma tirinha.

Através do diálogo entre o aluno e professor aparece a contextualização para explicar que através da teoria ondulatória de Schrödinger é possível determinar a probabilidade de se encontrar o elétron em uma região do átomo.

A última equipe a se apresentar desenvolveu várias estrofes, se envolvendo em relatos da vida de de Broglie e Schrödinger, apresentando de forma contextualizada os principais tópicos de suas respectivas teorias estudados em aulas anteriores. Essa equipe ainda demonstrando uma excelente interpretação daquilo que foi estudado na teoria de de Broglie e Schrödinger ao desenvolver uma tirinha na qual os personagens científicos dialogam sobre a contribuição de suas ideias para a Física Quântica. Com um criativo tom de comédia eles abordam como ambos os cientistas entendiam o comportamento do elétron.

A etapa de produção de versos de cordel e de tirinhas abordando tópicos do conteúdo, por parte dos alunos, surge no intuito de promover e estimular o desenvolvimento da criatividade e da capacidade imaginativa dos discentes. O incentivo a atividades dessa natureza torna o ensino mais dinâmico e lúdico, estimulando os

estudantes a pesquisarem e fazer uso de instrumentos de sua afinidade para relacionar o conteúdo de sala de aula com algo mais prazeroso.

6. Considerações finais

Inovar e superar as dificuldades estruturais das escolas, rompendo com o excesso de aulas expositivas com o professor centradas nas ações de todo o processo, é uma tarefa árdua, porém necessária. Neste sentido, o trabalho com desenvolvimento de versos poéticos típicos da literatura popular e a criação de enredos com ilustrações características das histórias de quadrinhos mostrou-se um excelente recurso didático para o processo de ensino-aprendizagem, por diversificar as aulas de Física, superando os massivos métodos tradicionais e envolvendo os discentes em atividades reflexivas. As atividades foram concretizadas com sucesso devido o estudo prévio e reflexivo para elaboração da uma sequência de ensino, planejada no intuito de colocara os estudantes como protagonistas das ações do processo de ensino-aprendizagem e organizando os tópicos do conteúdo de forma a facilitar a construção do conhecimento.

O trabalho com situações-problemas, exigindo dos discentes interpretações de conceitos e fenômenos indicaram a compreensão do conteúdo ensinados, tendo em vista que para todas as questões trabalhadas as equipes conseguiram apresentar soluções coerentes. Algumas equipes indicaram maior capacidade de contextualização e em nenhuma das questões os discentes indicaram entendimento insatisfatório. Tais resultados foram apresentados de forma qualitativa e quantitativa, procurando apresentar de forma mais fiel possível as soluções propostas por cada grupo.

Do ponto de vista do envolvimento dos alunos nas atividades da sequência e de estímulo ao desenvolvimento da criatividade para o aprendizado de ciências os resultados foram surpreendentes. Pois mesmo diante de temas abstratos os grupos desenvolveram versos de cordel e tirinhas contextualizando os fenômenos e conceitos que envolveram o surgimento da velha mecânica quântica, corroborando com a ideia de que o ensino de ciências relacionado ao campo da cultura e arte pode estimular a capacidade criativa dos estudantes.

Vale ressaltar que a sequência de ensino não deve ser entendida como uma receita que levará ao sucesso da aprendizagem. O professor deve estar preparado para mudanças ao longo do processo, pois a mesma se desenvolve levando em consideração as peculiaridades da turma e da escola. Medidas inovadoras requerem um ambiente

favorável que é possível com diálogo, conquistando a comunidade escolar através da negociação de negociação e não pela imposição de qualquer autoridade.

7. Referências bibliográficas

HEWITT, P. G. “*Física Conceitual*”; Ed. Bookman. RG. 9ª 2002.

MOREIRA; *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS*. Aprendizagem Significativa em Revista, 2011, Vol. 1, N. 2, pp. 43-63

_____; *Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS*.

Aprendizagem Significativa em Revista / Meaningful Learning Review, 1(2), 43-63, 2011.

NOBRE, F. A. S. *Folhetos de Cordel Científicos: Um Catálogo e uma Sequência de Ensino*. São Leopoldo: Trajetos Editorial, 2017.

_____, *Os folhetos de Cordel como ferramenta didática para o ensino das ciências*, p. 149-170. In. VOZES DA CULTURA POPULAR: Tradição, Movência e Ressignificações. Organizado por Daniel Conte e Rafael Hofmeister de Aguiar. Leopoldo-RS: Trajetos editorial, 2015.

PIETROCOLA, M., POGIBIN, A., ANDRADE, R. de, ROMERO, T. R. *Coleção Física em contextos: pessoal, social e histórico*, v. 3. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010.

Apêndice

Apêndice A – considerações teóricas

Nesta seção são apresentados argumentos e trabalhos relevantes relacionados a utilização da literatura de cordel e da história em quadrinhos em sala de aula. Ambas as artes enfrentaram dificuldades para ganhar o campo da educação formal, mesmo tendo natureza de ferramentas pedagógico, até se estabelecerem como recursos didáticos.

Na perspectiva de planejar, entender e otimizar o processo de ensino-aprendizagem os tópicos finais da seção descrevem aspectos relevantes da teoria da aprendizagem significativa e os fundamentos teóricos e sequencias para o desenvolvimento de uma UEPS.

1 A Literatura de Cordel no ensino de Física

Neste sentido a abordagem de temas de natureza científica em versos de cordel, numa temática diferente e complementar aos livros didáticos, pode despertar nos estudantes uma maior motivação para estudar temas dessa natureza. Já existem alguns trabalhos que propõem o cordel no ensino de ciências, na perspectiva de contribuir com o processo de ensino-aprendizagem na escola básica, defendendo que os versos de cordel podem possibilitar a contextualização dos conceitos e fenômenos a serem ensinados, facilitando a compreensão dos estudantes.

Lima (2013) destacou a linguagem simples e atrativa da literatura de cordel, enfatizando o seu potencial para o ensino e a comunicação da ciência. No seu trabalho foi realizada uma catalogação e análise dos cordéis científicos no acervo de literatura de cordel na biblioteca *Átila Almeida* da Universidade Estadual da Paraíba. O autor ainda descreve atividades de sucesso realizadas com alunos de escolas públicas no Estado da Paraíba, nas quais foram apresentados conteúdos de Física na linguagem poética da literatura de cordel. No entanto, Lima (2013) deixa claro que o trabalho com cordel não substitui a linguagem formal dos livros didáticos e que o mesmo pode ser utilizado como ferramenta auxiliar para o ensino de Física.

Nobre (2017) apresenta um catálogo com alguns cordéis que podem ser utilizados no ensino de ciências, em áreas como Física, Matemática e Química. Ele destaca os aspectos positivos da utilização do cordel científico como ferramenta didática. Além disso, propõe uma sequência de ensino para o uso dos versos em sala de aula, exemplificando o passo a passo dessa sequência e sua contribuição para o processo de

ensino-aprendizagem através de cordéis que tratam de conteúdos da Física. Neste sentido o autor defende que:

os folhetos de cordel não devam ser preservados somente como relíquias da tradição nordestina, ou como Literatura, ou algo pitoresco e visto muitas vezes de forma preconceituosa. Queremos usá-los como disseminadores das ciências, mas também em sala de aula como mais uma ferramenta didática, num processo de ensino-aprendizagem que seja interativo, dialogado e contextualizado, e, ao mesmo tempo, pretendemos incentivar uma maior produção dos chamados *folhetos* científicos. (Nobre, 2017, p. 47)

Além das contribuições que aparecem na citação acima, é possível relatar duas experiências de sucesso que envolve a utilização da literatura de cordéis científicos no ensino de Física. Na primeira delas, Silva, Rafael, Nobre e Araújo (2017) trabalharam a obra *Física Conceitual em Folhetos de Cordel: Transferência de Calor*, de autoria do poeta Ênio José Gondim Guimarães, em uma escola pública da cidade de Juazeiro do Norte – CE. A segunda experiência aparece em Rafael, Silva, Nobre e Vieira (2018), na qual foi trabalhado a obra *Folheto de Cordel: Física conceitual: Calor, Temperatura e Dilatação*, também de autoria do poeta Ênio José Gondim Guimarães, em uma escola pública da cidade de Crato – CE. Em ambos os trabalhos foram desenvolvidas etapas de uma sequência de ensino, para investigar o potencial didático-pedagógico do cordel no ensino de Física. Tais experiências apresentaram resultados que indicaram relevante contribuição para a o envolvimento dos alunos nas atividades desenvolvidas.

Mesmo reconhecendo e valorizando os argumentos e aspectos positivos relatados nas experiências citadas acima, este trabalho suscita o surgimento de novos elementos relevantes para a utilização dos versos poéticos da literatura de cordel no ensino de Física. Aqui se busca analisar também o potencial de desenvolvimento do pensamento criativo e da capacidade imaginativa dos estudantes através da utilização do cordel no ensino de Física, estimulando os alunos a construir versos de cordel sobre os conteúdos trabalhados em sala de aula. Também se trabalha na perspectiva de ilustrar os conceitos e fenômenos descritos nos versos poéticos do cordel para facilitar a interpretação do conteúdo e estimular os discentes para o desenvolvimento destas habilidades.

Entende-se que, enquanto forma de expressão humana, a Ciência e a Poesia pertencem a campos diferentes do conhecimento. Elas apresentam distinção quanto ao método de produção e, geralmente, afloram de formas antagônicas quando o ser reflete e interage com as experiências e fenômenos. A poesia surge de uma expressão subjetiva do sentimento individual, enquanto a construção do conhecimento na ciência,

geralmente, é fruto de ações coletivas, das quais emergem ideias e teorias objetivas que descrevem experiências e fenômenos através de um conhecimento anterior já disseminado. No entanto, poesia e ciência tem berço na criatividade humana e derivam da sua capacidade imaginativa. Para Moreira (2002, p. 17) “*Ciência e poesia pertencem à mesma busca imaginativa humana, embora ligadas a domínios diferentes de conhecimento e valor*”.

Os grandes adventos científicos e o desenvolvimento tecnológico trouxeram transformações para a humanidade, provocando mudanças na forma como as pessoas enxergam, pensam, interagem e se expressam no mundo. Esse processo de influências é perceptível em obras de filósofos, pensadores, autores, pintores, poetas e artistas das mais diversas áreas de expressões humanas.

As produções artísticas e científicas, por estarem dentro do universo de criação e divulgação humana, acabam se influenciando mutuamente. Exemplo disso pode ser verificado no trabalho de Andrade, Nascimento e Germano (2007), no qual se percebe a influência que elementos e ideias da Teoria da Relatividade e da Mecânica Quântica causaram em parte da obra do pintor espanhol Salvador Dali.

O trabalho de Nobre (2017) reforça a entendimento de que poesia e ciência se relacionam e caminham junto com a necessidade de expressão do pensamento humano ao longo dos séculos, pois na coletânea de cordéis presente em seu catálogo aparecem obras de vários poetas que escreveram sobre temas científicos em diferentes épocas. A primeira versão desse catálogo, em constante construção, traz *folhetos* que abordam a Física, a Astronomia, a Química e a Matemática e os grandes vultos das ciências e filosofia.

Almeida, Massarani e Moreira (2016) também catalogaram e fizeram uma análise de 50 cordéis, os quais apresentam em seus versos temas científicos relacionados à biografia de cientistas e questões relacionadas ao meio ambiente. Além disso, através do livro “*Cordel e ciência – a ciência em versos populares*”, os autores apresentam uma coletânea de 22 folhetos que retratam descobertas científicas, temas da área de saúde, eventos astronômicos, meio ambiente e episódios da vida de cientistas.

Já Moreira (2002) analisa diversos temas da Física presentes em vários poemas de autores influentes da literatura portuguesa e brasileira. No referido trabalho também é possível encontrar poemas de grandes pesquisadores do Brasil que expressavam sua arte poética pela influência de temas da Física. De acordo com Moreira (2002, p. 17)

As aproximações entre Ciência e poesia revelam-se, no entanto, muito ricas, se olhadas dentro de um mesmo sentimento do mundo. A criatividade e a imaginação são o húmus comum de que se nutrem. Na origem desses dois movimentos, as incertezas de uma realidade complexa que demanda várias faces que podem transformar-se em versos, em *gedankensou* ser representados por formas matemáticas.

É possível que, o tratamento reducionista e isolado de temas relacionados ao ensino de Ciências nas escolas, trabalhados de forma completamente dissociada de outros processos de criação e expressão humana, desconstrua alguns aspectos encantadores que surgem no ato de estudar Física. Neste sentido, acredita-se ser possível desenvolver ferramenta potencialmente significativa para o ensino de Física através da literatura de cordel, tendo em vista que suas rimas podem proporcionar uma relação da ciência com a poesia na perspectiva de estimular o desenvolvimento da criatividade dos estudantes e professores para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem. Em relação a isso Moreira (2002, p. 17) afirma que *“existem relações profundas entre Ciência, cultura e arte no processo de criação humana. No entanto, a discussão integrada dessas dimensões raramente se realiza nas salas de aula”*.

Ao analisar alguns versos poéticos de cordéis que abordam o tema astronomia, Medeiros e Agra (2010) detectam a necessidade do rigor conceitual descritos nas poesias para que o mesmo seja utilizado em sala de aula. Os autores destacam contribuições que essa ferramenta pode trazer ao ensino de ciências, mas também falam sobre as limitações que o cordel pode apresentar quando utilizado com viés pedagógico. Pois se faz necessário a análise da precisão conceitual presente nos versos poéticos. O cuidado com a informação correta, sendo fiel a descrição de conceitos e fenômenos, é um critério exigido em textos pedagógicos.

Medeiros e Agra (2010) defendem que, se a literatura de cordel for utilizada de forma correta, podem enriquecer e trazer beleza no tratamento de conceitos durante a descrição dos conteúdos, com possibilidade ainda de se aprofundar em temas complexos. Diante de uma estrofe na qual o famoso cordelista Gonçalo Ferreira da Silva, através do cordel intitulado *“Trigésimo Aniversário da Conquista da Lua”*, entra na temática da necessária reflexão dos limites da ciência em compromisso com a ética, os autores reconhecem que *“a beleza da veia poética do cordelista se sobressai por vezes ao rigor conceitual científico, mas que consegue paradoxalmente repousar por vezes em terrenos até mesmo mais complexos...”* (Medeiros e Agra, 2010, p. 8).

Os autores citados acima destacam que o potencial pedagógico dos folhetos pode contribuir para despertar a curiosidade do aluno em relação à determinado conteúdo; também podem facilitar a compreensão de conceitos e fenômenos nas aulas de ciências. De acordo com Medeiros e Agra (2010, p. 5)

Certo é, contudo, que o cordel tem o seu espaço garantido enquanto legítima forma de expressão e de valorização da cultura popular. A tensão entre poesia e ciência, entre livre criação artística com ênfase na estética e o esforço para articular argumentos em textos científicos, aparece, portanto, como um elemento vital a ser encarado na definição das potencialidades e das limitações do papel pedagógico do cordel.

Silva e Ribeiro (2012) refletem sobre a possibilidade da utilização da literatura de cordel como material didático auxiliar em aulas de ciências. Argumentam que a literatura popular apresenta estreita relação com a comunicação e divulgação de acontecimentos históricos da região nordeste. Tal peculiaridade possibilita o desenvolvimento de trabalhos interdisciplinares que aproximem a ciência da realidade local, contextualizando conceitos e fenômenos científicos dentro de uma conjuntura que pode tornar o ensino de ciências mais compreensível. De acordo com os autores, o distanciamento do conhecimento produzido pelas ciências naturais de outros saberes e manifestações humanas, como arte e a cultura, acaba por contribuir com a dificuldade de aproximar o ensino de Física do cotidiano do aluno.

Para Silva e Ribeiro (2012) a aproximação entre arte e ciência ainda pode contribuir com o estímulo ao desenvolvimento da criatividade dos estudantes, afirmando que:

A Física ainda é erroneamente considerada por muitos como um campo exclusivo da razão, e para muitos ela ainda se apresenta de forma determinista, evidenciando um rigor descritivo e uma precisão exata. Características essas que talvez ocupem o espaço da sensibilidade e da liberdade de criação que são mais comumente associados à arte. Essa aparente ausência de aspectos próprios de atividades humanísticas, seguramente acaba por tornar a ciência, aos olhos dos estudantes, algo distante da cultura, conseqüentemente, de seu cotidiano. Portanto, utilizar obras artísticas nas aulas de Física, pode favorecer a visualização de aspectos relacionados à estética da Física, pode também possibilitar um reconhecimento do papel da criatividade no fazer científico. (Silva e Ribeiro, 2012, p. 235).

É preciso entender que ciência, tecnologia, arte, religião, cultura e outras formas de saberes e expressões da criação humana, estão presentes na diversidade da sociedade brasileira. Todos esses aspectos são inerentes ao convívio social e convergem dentro do ambiente escolar através das concepções prévias dos alunos e professores. Tentar

contextualizar conteúdos científicos dentro de uma perspectiva mais holística do processo de produção do conhecimento, relacionando poesia, arte e ciência, pode tornar o ensino de Física mais lúdico, interessante, motivador para os estudantes. Então a proposta do uso da Literatura de Cordel no ensino de Física pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem voltado para a promoção da criatividade e do desenvolvimento da capacidade imaginativa. Para Moreira (2002, p. 17) “o professor, com imaginação, dedicação e tempo, poderá com certeza construir seu próprio conjunto de belos e instigantes poemas, todos eles associados a temas científicos.”

2 Quadrinhos no ensino de Física

Nos trabalhos de Caruso, Carvalho, Silveira (2002), utilizando tirinhas e histórias em quadrinhos no ensino de Física, há um destaque do potencial dessa ferramenta para o estímulo ao pensamento criativo dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem. Os autores entendem a produção de quadrinho como uma manifestação artística de características particulares e enxergam que a relação arte/educação pode promover o desenvolvimento do pensamento criativo, além de causar um maior estímulo dos discentes em aulas de Física.

Para os autores, a abordagem de temas da Física através da arte dos quadrinhos pode integrar uma metodologia de ensino junto à produção artística. Na concepção deles, ferramentas dessa natureza ultrapassam a ideia de ser apenas mais um instrumento didático para transmitir informações. Ela desponta como uma produção autêntica, inserida dentro de um universo artístico, que pode estimular a criatividade dos alunos e promover desenvolvimento do pensamento científico dos mesmos.

A ciência e a arte são manifestações do pensamento humano, fruto da sua capacidade inventiva. Nesse sentido, abordar temas da Física, através da arte dos quadrinhos, pode ser um método eficiente para auxiliar professores dentro do complexo contexto que envolve os processos de ensino-aprendizagem.

Criar, escrever, comunicar, interpretar, ilustrar, ensinar e aprender são ações correlacionadas e inerentes ao desenvolvimento do pensamento científico e artístico, além de envolverem a dinâmica de professores e alunos dentro do universo educacional. Nesse contexto é importante desenvolver ferramentas de ensino que busquem motivar o estudante a ler mais e melhorar sua capacidade interpretativa. Na criatividade também mora o campo do imaginário, muitas vezes explorado para o desenvolvimento de teorias

científicas. Então estimular o desenvolvimento do potencial de abstração dos estudantes, quando o concreto não é o caminho mais plausível, é fundamental para o aprendizado. Para Caruso e Silveira (2009, p. 233)

Os quadrinhos e as tirinhas podem ser importante instrumento capaz de motivar o aluno para a leitura e para os estudos. Eles ensinam o aluno a construir uma narrativa, imaginando e criando o que está subentendido entre um quadrinho e outro na sequência da história. Contribuem, portanto, para o desenvolvimento da própria linguagem, do poder de síntese, da criatividade e de conceitos importantes.

Diante disso, utilizar a história em quadrinhos como ferramenta de ensino vai além da mera função de transmitir informações ou apresentar a descrição de determinado conteúdo. Ela pode ser trabalhada em um sentido amplo, no qual ciência e arte se completam no processo de estímulo a criatividade, interpretação e produção do conhecimento. Através da relação entre Arte e Ciência, utilizando-se quadrinhos no ensino de Física, busca-se estimular o desenvolvimento do pensamento criativo. A esse respeito Caruso, Carvalho, Silveira (2005, p. 33) afirmam

Embora as artes se cristalizem no plano sensível, e as ciências no plano do pensamento formal, é preciso não perder de vista que ambas advêm de um pensador criativo que desconstrói a natureza para construir e estudar, respectivamente, fenômenos formalizados na instância cognitiva ou expressos no mundo da experiência estética.

É importante ressaltar que a retenção e aquisição de significados relacionados ao conhecimento científico não está necessariamente dissociada das manifestações criativas da arte, religião, cultura popular e outras formas de saberes e conhecimentos. É importante que os estudantes vivenciem um ensino de ciências no qual o conhecimento a ser adquirido não se limite a uma mera transmissão de informações, conceitos, experiências, fenômenos e métodos aparentemente isolados e dissociados de outras manifestações que são fruto da atividade do pensamento criativo humano.

A produção do conhecimento é inerente ao pensamento criativo e está inserido dentro de uma sociedade dinâmica, que mantém tradições e costumes, enquanto produz novas tendências, necessidades e conhecimentos através da ciência, da arte e da tecnologia. Então, através da percepção de um ensino de ciências dentro de um contexto holístico e multidisciplinar será possível desenvolver inovadoras ferramentas de ensino que permita a contextualização do ensino de Física.

No entanto, produzir alternativas de ensino capazes de provocar um interesse dos estudantes pelo mundo científico é um exercício inquietante para o professor de Física. Na realidade do seu trabalho o profissional de educação sente a necessidade de

planejar metodologias de ensino que resultem em um satisfatório processo de ensino-aprendizagem. Geralmente os aspectos matemáticos que envolvem os fenômenos físicos e a descrição dos mesmos, dificultam o interesse dos alunos por essa Ciência. Então, o profissional que conseguir inserir o contexto científico dentro de uma temática mais conceitual e lúdica pode construir um caminho alternativo para estimular o interesse do aluno pela Física. As múltiplas conexões da arte com a ciência através de histórias em quadrinhos aparece como uma alternativa para auxiliar na dinâmica de sala de aula. Nesse sentido Caruso e Feitas (2009, p. 364) afirmam que

As tirinhas, por seu caráter lúdico, podem ser utilizadas pelo professor como instrumento de apoio em suas aulas capaz de “prender a atenção” dos alunos. Elas têm a vantagem de permitir que qualquer assunto de Física ou de Ciências possa ser abordado sem recorrer, num primeiro momento, à matematização do fenômeno. Levando-se em conta que muitas vezes é a deficiência em Matemática que desestimula o jovem a estudar ciências, recorrer aos quadrinhos pode ser uma decisão efetiva no sentido de motivar o estudante.

A contextualização do conteúdo que aparece na linguagem não verbal das imagens dos quadrinhos tem o potencial de provocar a reflexão do aluno para interpretar conceitos e fenômenos. Os conteúdos descritos nos quadrinhos, através de uma abordagem mais conceitual, lúdica e rica em ilustrações, tendem a colocar o leitor diante de uma narrativa que prende a sua atenção. Dessa forma, o discente não estará na posição de mero receptor de informações que devem ser memorizadas e repetidas através de exercícios.

É fato que o abuso de atividades pautadas na repetição e reprodução de informações e exercícios do livro didático, comuns em metodologias de ensino tradicional, geralmente não consegue conquistar a atenção do aluno e atender a realidade da sala de aula das escolas brasileiras do século XIX. Então, através da história em quadrinhos e de outras ferramentas lúdicas, é possível desenvolver práticas pedagógicas para dinamizar o ensino. Medidas dessa natureza, que priorizam o estímulo à criatividade, podem motivar o aluno a assumir o papel de protagonista da construção do conhecimento. Para Caruso e Feitas (2009, p. 359)

O que torna interessante o uso das Histórias em Quadrinhos como fonte de motivação para os alunos em seus estudos é justamente a sua forma e a sua linguagem características, que misturam elementos específicos e resultam em uma perfeita interação entre palavras e imagens. Em uma sociedade que passa por mudanças cada vez mais velozes e na qual a imagem se impõe de forma marcante, a rápida decodificação dos quadrinhos é um elemento facilitador do aprendizado, pois é fácil notar a diminuição do poder de concentração dos jovens em uma atividade específica, principalmente se ela diz respeito aos estudos.

Dentro do ambiente escolar, os quadrinhos são mais frequentemente encontrados nos materiais didáticos da educação infantil e nas séries iniciais do ensino fundamental, geralmente abordando temas educativos relacionado ao meio ambiente, ética, respeito e coletividade. Esse tipo de ferramenta, também no formato de tirinhas, costuma aparecer em propagandas de produtos ou na educação informal, buscando instruir, conscientizar ou informar crianças, jovens e adultos sobre determinados temas. Testoni (2004) classifica ferramentas dessa natureza, com enredos mais bem elaborados, por histórias em quadrinhos de caráter explicativo. O autor afirma que

A História em Quadrinhos de, com cunho explicativo, é muito utilizada em campanhas publicitárias que almejam a conscientização de grandes massas em um curto intervalo de tempo. Como exemplo pode-se citar as edições que buscam informar a população (principalmente crianças e adolescentes) sobre temas vitais, tais como efeito estufa, economia de energia elétrica, a destruição da camada de ozônio, combate à dengue, entre outros. (Testoni, 2004, p. 25)

Segundo Testoni (2004), quadrinhos ou tirinhas que aparecem nos livros didáticos de Física buscam ilustrar fenômenos, motivar o aluno a pesquisar sobre determinado tema e/ou instigar o discente a pensar e refletir a respeito de determinado assunto. No entanto, histórias em quadrinhos elaboradas no sentido de explicar conteúdos de Física raramente aparecem nos livros ou são trabalhados em sala de aula. Para Testoni (2004, p. 25)

A função explicativa busca representar um conjunto de Histórias em Quadrinhos que, através de um enredo, tentam explicar um fenômeno físico, abordando-o na forma de Quadrinho. Por tentar chegar a uma explanação didática a respeito do assunto, este tipo de HQ ocupa um espaço bem maior que as tiras e Quadrinhos pedagógicos tradicionais, o que faz com que seja pouco encontrada em livros-texto de Física.

A utilização de histórias em quadrinhos em sala de aula se coloca como uma linguagem complementar ao livro didático, tentando facilitar a compreensão dos conteúdos. Ela pode contribuir para ressignificar a compreensão dos alunos que geralmente buscam apenas memorizar as informações e conceitos apresentados nos livros textos.

O aspecto lúdico dos quadrinhos pode proporcionar qualidades relevantes para o contexto educacional, pois suas características linguísticas e imagens suscitam condições didático-pedagógicas relevantes para o processo de ensino-aprendizagem.

A História em Quadrinhos desenvolvida durante esta pesquisa contém um enredo que descreve experiências relevantes desenvolvidas por cientistas, fazendo uso de analogias e metáforas para descrever fenômenos. Para representar graficamente sua narrativa foram desenvolvidas ilustrações criativas que transmitem informações através de uma linguagem não-verbal.

Escrita em versos poéticos de cordel, pressupondo o emprego de uma linguagem mais simples, a história em quadrinhos apresenta analogias e metáforas diante de um enredo com tons humorísticos. Além disso, ela se coloca como um material de fácil interpretação, tendo em vista sua riqueza de imagens na descrição de um conteúdo, assim tenta se distanciar dos processos de memorização mecânica. Neste sentido há uma expectativa de que ela provoque no estudante uma maior disponibilidade para vivenciar o aprender-ensinar. Segundo Caruso, Carvalho, Silveira (2002, p. 5) “*o quadrinho é construído na perspectiva de ser um material lúdico, motivador, passível de releituras e estimulador de novas criações para os alunos e professores.*”

3 A teoria da aprendizagem significativa

A teoria cognitiva da aprendizagem significativa de David Ausubel descreve como se dá o processo de assimilação e retenção do conhecimento, levando em consideração o contexto educacional de sala de aula. Segundo Moreira (1999) a teoria de Ausubel dá ênfase a aprendizagem cognitiva: que trata do “*armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva.* (MOREIRA, 1999, p. 152).

O termo aprendizagem significativa no meio educacional se aplica ao processo cognitivo no qual uma determinada informação lógica, ao interagir com conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, ganha um significado psicológico. Naturalmente, o caminho mais comum para a aquisição de um novo conhecimento, passa pela necessidade de se ensinar a partir do que o aluno já sabe. Moreira (2016, p. 47) afirma que:

Aprendizagem significativa é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-literal) à estrutura cognitiva do aprendiz. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito.

É importante diferenciar o processo de aquisição e retenção de significados de outros processos que envolvem a memorização de informações desenvolvida através de métodos de instrução e de aprendizagem mecânica. A aprendizagem significativa engloba um conjunto de conceitos e assuntos organizados que vão se estruturando hierarquicamente no cognitivo do aprendiz, de forma a promover a produção e construção do conhecimento pela interação de novas informações com os significados existentes na sua estrutura cognitiva. No entanto, a aprendizagem mecânica implica na absorção de informações passivas e não críticas, adquiridas por um processo de memorização. Ausubel (2000, p. 3) afirma que:

É importante reconhecer-se que a aprendizagem significativa não implica que as novas informações formem um tipo de ligação simples com os elementos preexistentes na estrutura cognitiva. Pelo contrário, só na aprendizagem por memorização ocorre uma ligação simples, arbitrária e não integradora com a estrutura cognitiva preexistente. Na aprendizagem significativa, o mesmo processo de aquisição de informações resulta numa alteração quer das informações recentemente adquiridas, quer do aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva, à qual estão ligadas as novas informações. Na maioria dos casos, as novas informações estão ligadas a um conceito ou proposição específicos e relevantes.

Em Moreira (2016) entende-se que a relação não-arbitrária de informações na assimilação e retenção de significados, ocorre quando a novo conhecimento a ser apreendido interage com informações relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, através de um processo organizado, no qual a nova informação promove novos significados ao conjunto de informações prévias já existentes no cognitivo do indivíduo. Moreira (2012a, p. 2) afirma que:

Assim, a *aprendizagem significativa* ocorre quando novos conceitos, ideias, proposições interagem com outros conhecimentos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade.

Para Ausubel (2000) a aprendizagem mecânica geralmente ocorre através de fragmentos de informações triviais que se relacionam de forma arbitrária e superficial com a estrutura cognitiva do aprendiz. Geralmente este tipo de aprendizagem possui utilidade limitada e não contribui para o aumento do conhecimento. Já na aprendizagem significativa há condições específicas que a diferencia dos processos de memorização, através de variáveis de motivação, desenvolvimento e prontidão que levam a recepção e retenção de significados que vão interagir com a estrutura cognitiva do aprendiz.

Ainda de acordo com o autor existem condições, mesmo em aulas expositivas, que corroboram no processo de aprendizagem e retenção de significados no contexto da

sala de aula. Nessas condições o autor destaca a necessidade de conhecer a estrutura cognitiva existente no estudante, pois nela se encontram os conhecimentos prévios, ou seja, aquilo que o aprendiz já sabe. Sobre esse aspecto Ausubel (2000, p. 5) descreve:

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.

São os conhecimentos prévios a variável principal para a aquisição e retenção de novos conhecimentos. Para Ausubel (2000) os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, chamados de “subsunçores”, funcionam como “âncoras” que vão relacionar uma nova informação com um conceito já existente no cognitivo do indivíduo, contribuindo para a aquisição e produção de novos conhecimentos. Para Moreira (2016, p. 47)

O conhecimento prévio serve de matriz ideacional e organizacional para a incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos quando estes “se ancoram” em conhecimentos especificamente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Novas ideias, conceitos, proposições, podem ser aprendidos significativamente (e retidos) na medida em que outras ideias, conceitos, proposições, especificamente relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do sujeito e funcionem como pontos de “ancoragem” aos primeiros.

Segundo Ausubel (2000), mesmo na aprendizagem mecânica há uma interação das informações com a estrutura cognitiva do aprendiz, mas esse processo não gera a aquisição de novos significados e ocorre apenas diante de tarefas simples que envolvem um processo de memorização. Neste sentido a interação da aprendizagem mecânica com a estrutura cognitiva do aprendiz ocorre de forma arbitrária e literal, ficando retida no cognitivo por um curto período de tempo. A esse respeito Moreira (2016, p. 48) escreve que *“a diferença básica entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica está na relacionabilidade à estrutura cognitiva: não arbitrária e substantiva versus arbitrária e literal (ibid.). Não se trata, pois, de uma dicotomia, mas de um contínuo no qual elas ocupam os extremos.”*

Quando não há subsunçores ou quando os mesmos não estão sendo mais usados na estrutura cognitiva do aprendiz a aprendizagem significativa pode ocorrer pela utilização de organizadores prévios. Segundo Moreira (2012a, p.2) eles atuaram como *“ancoradouros provisórios para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos, ideias e proposições relevantes que facilitem a aprendizagem subsequente.”*

Eles serão facilitadores da aprendizagem significativa, utilizados estrategicamente de forma introdutória, antes da apresentação do conhecimento a ser apreendido, destacando certos aspectos do conteúdo. Neste sentido Moreira (2016, p. 63) afirma que

Provavelmente, o maior potencial didático dos organizadores está na sua função de estabelecer, em um nível mais alto de generalidade, inclusividade e abstração, relações explícitas entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio do aluno já adequado para dar significado aos novos materiais de aprendizagem. Isto porque mesmo tendo os subsunçores adequados muitas vezes o aprendiz não percebe sua relacionabilidade com o novo conhecimento.

Quando a nova informação não encontra subsunçores na estrutura cognitiva do indivíduo o organizador prévio utilizado é definido como expositivo. Caso o organizador prévio apresenta alguma relação com o que o aprendiz dispõe no cognitivo será denominado de organizador comparativo. Moreira (2012a, p. 2 e 3) afirma que:

No caso de material totalmente não familiar, um organizador “expositivo”, formulado em termos daquilo que o aprendiz já sabe em outras áreas de conhecimento, deve ser usado para suprir a falta de conceitos, ideias ou proposições relevantes à aprendizagem desse material e servir de “ponto de ancoragem inicial”. No caso da aprendizagem de material relativamente familiar, um organizador “comparativo” deve ser usado para integrar e discriminar as novas informações e conceitos, ideias ou proposições, basicamente similares, já existentes na estrutura cognitiva.

Ausubel (2000) ainda ressalta a importância da repetição de informações para a aquisição e retenção significativa, no entanto as ideias e conceitos devem aparecer dentro de contextos que tragam significados relevantes a estrutura cognitiva do aprendiz. Porém, a repetição de uma informação ou conceito dentro da perspectiva da aprendizagem significativa terá maior valor se for trabalhada de forma multicontextual, ou seja, evitando que a informação ocorra sempre dentro de um mesmo contexto.

Ele também fala da importância de se trabalhar com materiais de instrução apropriados, que serão chamados de ferramentas potencialmente significativas. Então o processo de aprendizagem significativa, no contexto escolar, está relacionado ao aprendizado de novos significados para o educando, a partir da utilização de materiais potencialmente significativos, elaborados de forma organizada para possibilitar a interação entre as informações do conteúdo a ser aprendido e os aspectos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Para uma aprendizagem por recepção significativa em aulas expositivas, que é método de ensino mais comum dentro do contexto de escolas e universidades, é necessário o uso adequado dessas ferramentas no contexto de sala de aula. Ausubel (2000, p. 1) afirma que:

A aprendizagem por recepção significativa envolve, principalmente, a aquisição de novos significados a partir de material de aprendizagem apresentado. Exige quer um mecanismo de aprendizagem significativa, quer a apresentação de material *potencialmente* significativo para o aprendiz. Por sua vez, a última condição pressupõe (1) que o próprio material de aprendizagem possa estar relacionado de forma *não arbitrária* (plausível, sensível e não aleatória) e *não literal* com *qualquer* estrutura cognitiva apropriada e relevante (i.e., que possui significado ‘lógico’) e (2) que a estrutura cognitiva *particular* do aprendiz contenha ideias *ancoradas* relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material.

Mesmo diante de uma ferramenta potencialmente significativa, o processo de aquisição e retenção de significados exige um mecanismo apropriado para que o aprendiz possa aprender significativamente. Neste sentido, o processo de ensino-aprendizagem deve provocar uma interação de novos significados potenciais com as ideias ancoradas relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Para Ausubel (2000) o reconhecimento da estrutura cognitiva existente no estudante é essencial para várias práticas que envolvem o contexto da aprendizagem escolar. A apropriação de conceitos, o desenvolvimento da criatividade, o aprimoramento de habilidades para a resolução de problemas e a reflexão crítica do aprendiz diante do conteúdo estudado são práticas que envolvem a necessidade de reconhecimento de sua estrutura cognitiva. Tais práticas ganham significados por meio da relação de conhecimentos prévios com novas ideias; através de um mecanismo que possibilite a interação de novos e antigos conceitos, fazendo o uso de ferramentas potencialmente significativas.

O processo de aprendizagem significativa é longo, crescente e faz emergir novos significados, aumentando a composição do conhecimento. Esse processo é fruto da interação de materiais de instrução, que carregam significados potenciais, com as ideias existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. É neste sentido que a aprendizagem significativa permite a construção e apropriação de novos significados. Então, para o contexto da realidade das salas de aula, nos quais há a predominância de aulas expositivas, se faz necessário refletir o processo de ensino-aprendizagem pelo desenvolvimento de metodologias e práticas pedagógicas que estejam relacionadas ao uso de materiais didáticos e ferramentas de ensino que se apresentem potencialmente significativas para a realidade dos discentes. Ausubel (2000, p. 6) afirma:

A natureza e as condições da aprendizagem por recepção significativa activa também exigem um tipo de ensino expositivo que reconheça os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora nos materiais de instrução e que também caracterize a aprendizagem, a retenção e a organização do conteúdo das matérias na estrutura cognitiva do aprendiz. O

primeiro princípio reconhece que a maioria da aprendizagem e toda a retenção e a organização das matérias é hierárquica por natureza, procedendo de cima para baixo em termos de abstração, generalidade e inclusão. A reconciliação integradora tem a tarefa facilitada no ensino expositivo, se o professor e/ou os materiais de instrução anteciparem e contra-atacarem, explicitamente, as semelhanças e diferenças confusas entre novas ideias e ideias relevantes existentes e já estabelecidas nas estruturas cognitivas dos aprendizes.

Moreira (2016) entende que a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora estão inseridas pedagogicamente no contexto da aprendizagem significativa como facilitadores do processo de aprendizagem. A assimilação e retenção de significados serão facilitadas em termos substantivos e programáticos. Substantivamente é necessária uma análise crítica e detalhada do conteúdo, adequando suas informações mais importantes aos os conhecimentos prévios dos estudantes. Então, em termos substantivos a facilitação da aprendizagem significativa passa pela atenção com o conteúdo, aquilo que se vai ensinar, e com a estrutura cognitiva do aprendiz.

Segundo o autor a facilitação programática está dividida em quatro fatores: diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, organização sequencial e consolidação. Inicialmente, conteúdo a ser ensinado deve aparecer a partir de conceitos e ideias mais gerais e inclusivas, aparecendo progressivamente os temas mais específicos e os detalhes. Este facilitador programático é denominado de diferenciação progressiva. Moreira (2016, p. 64) descreve que *“diferenciação progressiva é o princípio segundo o qual as ideias e conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo da matéria de ensino devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade.”*

A reconciliação integrativa, também chamada de integração reconciliadora, consiste da necessidade de se descrever e apresentar o conteúdo de forma integrada, relacionando os conceitos, definições, experiências, fatos históricos e fenômenos. Moreira (2016, p. 64) afirma que *“a reconciliação integrativa é, então, o princípio programático segundo o qual a instrução deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes.”*

Ainda no âmbito da programação do conteúdo a ser ensinado é preciso manter a coerência na ordem sequencial das informações, conceitos, ideias, experiências, fenômenos e fatos históricos. A construção do conhecimento naturalmente passa pela organização lógica do conteúdo, chamada aqui de organização sequencial. Segundo

Moreira (2016, p. 31) “*a organização sequencial é o princípio programático segundo o qual se deve tirar partido das dependências sequenciais naturais existentes na matéria de ensino.*”

O último princípio programático, denominado de consolidação, passa pela apropriação das informações apresentadas. Antes de passar para novas etapas da construção do conhecimento é necessário que o aprendiz demonstre domínio do que já foi ensinado. Segundo o autor isso está relacionado ao fato de que um novo conhecimento é aprendido a partir do que o indivíduo já sabe. Para Moreira (2016, p. 64):

O princípio da consolidação, por sua vez, é aquele segundo o qual insistindo-se no domínio (ou mestria) do que está sendo estudado, antes que novos materiais sejam introduzidos, assegura-se contínua prontidão na matéria de ensino e alta probabilidade de êxito na aprendizagem sequencialmente organizada. O fato de Ausubel chamar atenção para a consolidação é coerente com sua premissa básica de que o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe.

Percebe-se que a produção de um material potencialmente significativo deve ser pensada substantivamente e programaticamente, dentro do contexto da aprendizagem significativa. Então, estudar bem o conteúdo para adequá-lo à realidade do aluno e apresentá-lo dentro de uma organização sequencial lógica de ensino, levando em consideração a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, são condições determinantes para facilitar a aquisição, retenção e organização do conhecimento na estrutura cognitiva do aprendiz. Dentro do contexto da aprendizagem significativa esses fatores devem estar bem definidos e estabelecidos no processo de ensino-aprendizagem, cujas etapas só podem ser concluídas respeitando a consolidação do que foi ensinado. Segundo Ausubel (2000, p. 6)

A aprendizagem por recepção significativa é, por inerência, um processo activo, 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.

Outro aspecto relevante para que ocorra a aprendizagem significativa de determinado conteúdo é a repetição de informações dentro de contextos diferentes, com a retomada de conceitos e fenômenos relevantes para a organização dos significados na estrutura cognitiva do aprendiz. Para Ausubel (2000) um material potencialmente

significativo deve ser produzido levando em consideração a retomada de informação, relacionando os conceitos mais gerais do conteúdo com os mais específicos.

A motivação também é um fator determinante para a aprendizagem significativa, pois o aluno só aprende quando está pré-disposto a aprender. Então é necessário que as ferramentas de ensino utilizadas para apresentar o conteúdo disponham de aspectos lúdicos que provoquem a curiosidade dos discentes e apresentem condições que levem o indivíduo a se motivar para aprender. Deve estar associado ao recurso didático uma metodologia de ensino que instigue a participação do estudante no desenvolvimento de atividades, pois os discentes devem ser protagonistas no processo de construção do seu conhecimento.

4 A Unidade De Ensino Potencialmente Significativa - UEPS

Tendo como marco teórico teorias cognitivas de aprendizagem e partindo do pressuposto filosófico de que só há ensino se houver aprendizagem significativa, Moreira (2011) desenvolveu a sequência didática denominada de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Segundo o autor as práticas clássicas de ensino, na qual o professor apresenta o conteúdo através de narrativas e os alunos copiam e repetem as informações mecanicamente, são comuns nas instituições de ensino, sendo um modelo a ser superado, tendo em vista que as informações trabalhadas não interagem significativamente com a estrutura cognitiva do aprendiz. Neste sentido a UEPS apresenta passos na tentativa de modificar as práticas clássicas predominantes.

Para Moreira (2011) o desenvolvimento da aprendizagem significativa passa pela utilização de materiais potencialmente significativos e que os passos da UEPS, definidos por ele de aspectos sequenciais, facilitam o processo de construção do conhecimento: sejam eles declarativos e/ou procedimentais.

Existem alguns princípios que norteiam os passos de desenvolvimento de uma UEPS, sendo o planejamento das aulas uma atividade de responsabilidade do professor. Então cabe a este profissional respeitar tais princípios quando for trabalhar o conteúdo em sala de aula.

Ainda de acordo com Moreira (2011), a construção da aprendizagem em uma sequência didática dessa natureza também passa pela predisposição do aluno em aprender, cabendo ao professor articular métodos de apresentação do conteúdo que

permita uma interação das novas informações com os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Dessa forma, as atividades de ensino em uma UEPS buscam facilitar a aprendizagem através de ferramentas e estratégias de ensino potencialmente significativas.

Os aspectos substantivos e programáticos, facilitadores da assimilação e retenção significativa, aparecem como princípios da UEPS e devem ocorrer em atividades que contemplem a reconciliação integradora, a diferenciação progressiva e a organização sequencial de matérias, sempre respeitando a consolidação da aprendizagem. Desenvolver dinâmicas de interação social, o trabalho em equipe, tendo o professor como mediador das ações e organizador do conteúdo são princípios inerentes ao contexto da UEPS. Além das questões descritas acima, Moreira (2011) destaca a importância de se trabalhar situações-problemas que possibilitem os alunos desenvolverem modelos e estratégias de solução.

Tratando-se da ordem cronológica dos aspectos sequenciais da UEPS, Moreira (2011) sugere que se inicie a sequência didática com a definição da estratégia procedimental e que no segundo momento se realize uma atividade que permita aos discentes externalizar os conhecimentos prévios. Dando andamento, o autor define no terceiro passo, a necessidade de se trabalhar situações-problemas que funcionem como organizadores prévios e possibilitem a introdução do conteúdo a ser estudado. Apenas no quarto passo da UEPS é que se deve apresentar de forma organizada, dando destaque aos tópicos mais aprofundados do conteúdo, o conhecimento central do processo de ensino-aprendizagem.

Moreira (2011) propõe que após a apresentação do conteúdo seja desenvolvida alguma dinâmica de atividade colaborativa, retomando partes importantes do conteúdo trabalhado para que os discentes troquem informações que complementem o aprendido. Esta seria a segunda apresentação do conteúdo. Para a sexta etapa o autor sugere trabalhar novas situações-problemas de forma coletiva, exigindo maior grau de compreensão dos estudantes. Para os dois últimos passos da UEPS, Moreira (2016) prever a avaliação do conhecimento aprendido pelos discentes e a validação da sequência, que será exitosa caso demonstre indícios de assimilação e retenção de significados por parte do público envolvido. Se apresente necessidade, o autor destaca a importância de se fazer reformulação de atividades para a UEPS desenvolvida.

Moreira (2011) chama de aspectos transversais a necessidade de se trabalhar materiais e estratégias diversificadas de ensino durante os passos da UEPS, sempre provocando questionamentos e provocações aos discentes para que construam soluções ao invés de se buscarem respostas prontas para as perguntas. Também é importante propor que os discentes desenvolvam situações-problemas relativos ao conteúdo estudado. Por fim, mesmo privilegiando a avaliação progressiva e coletiva é importante analisar o processo de construção da aprendizagem de forma individual.

5 Referências

AUSUBEL, David. P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2000.

CARUSO, Francisco; CARVALHO, Miriam; SILVEIRA, Maria Cristina. *Uma proposta de ensino e divulgação de ciências através dos quadrinhos*. *Ciência & Sociedade*, Rio de Janeiro, n.8. 2002.

_____; CARVALHO, Miriam; SILVEIRA, Maria Cristina. Ensino não-formal no campo das ciências através dos quadrinhos. *Ciência & Cultura*, Campinas, ano 57, n.4, p. 33-35, out.-dez. 2005.

_____; FEITAS, Nilton. *FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: O ESPAÇO-TEMPO DE EINSTEIN EM TIRINHAS*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 26, n. 2: p. 355-366, ago. 2009.

_____; SILVEIRA, Cristina. *Quadrinhos para a cidadania*. *História, Ciências, Saúde - Manguinhos*, v. 16, n. 1, jan-mar, 2009, pp. 217-236.

_____; OGURI, V., *Física Moderna, Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos*, Editora Campus, 2006.

GERMANO, M. G. ; ANDRADE, R. R. D. ; NASCIMENTO, R. S. *INFLUÊNCIAS DA FÍSICA MODERNA NA OBRA DE SALVADOR DALÍ*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 24, n. 3: p. 400 - 423, dez. 2007.

LIMA, J. M. *Literatura de cordel e ensino de Física: uma aproximação para a popularização da ciência*. 2013. 113f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

MEDEIROS, A. e AGRA, J. T. N. *A astronomia na literatura de cordel*. *Física na Escola*, v.11, n.1, p.5-8, 2010.

MOREIRA, I. C. *Poesia na sala de aula de ciências? A literatura poética e possíveis usos didáticos*. *Física na Escola*, v. 3, n. 1, 2002.

MOREIRA, I. C.; MASSARANI, L.; ALMEIDA, C. *Representações da ciência e da tecnologia na literatura de cordel*. *Bakhtiniana*, São Paulo, 11 (3): 5-25, Set./Dez. 2016.

- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Ed. da UnB, 1998.
- _____; A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. In: _____. **Teorias da Aprendizagem**. 1. Ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária – EPU, 1999. Cap. 10.
- _____. *Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. A Teoria de Aprendizagem significativa*; Instituto de Física, UFRGS, 2009 (1ª edição), 2016 (2ª edição revisada) Porto Alegre, Brasil.
- _____; *Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa*(Advancedorganizersandmeaningfullearning); Revista Chilena de Educación Científica, ISSN 0717-9618, Vol. 7, N°. 2, 2008 , pp. 23-30. Revisado em 2012a.
- _____; *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS*. Aprendizagem Significativa em Revista, 2011, Vol. 1, N. 2, pp. 43-63
- _____; *Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS*. Aprendizagem Significativa em Revista / Meaningful Learning Review, 1(2), 43-63, 2011.
- NOBRE, F. A. S. *Folhetos de Cordel Científicos: Um Catálogo e uma Sequência de Ensino*. São Leopoldo: Trajetos Editorial, 2017.
- _____, *Os folhetos de Cordel como ferramenta didática para o ensino das ciências*, p. 149-170. In. VOZES DA CULTURA POPULAR: Tradição, Movência e Ressignificações. Organizado por Daniel Conte e Rafael Hofmeister de Aguiar. Leopoldo-RS: Trajetos editorial, 2015.
- _____; SILVA, R. M. ; RAFAEL, R. F. ; ARAÚJO, K. M. G. *ESTUDANDO TRANSFERÊNCIA DE CALOR UTILIZANDO FOLHETOS DE CORDEL CIENTÍFICOS*. Revista do Professor de Física. Brasília, vol. 1, n. 1, 2017.
- _____; SILVA, R. M. ; RAFAEL, R. F. ; VIEIRA, L. A. *O ESTUDO DA TERMODINÂMICA COM O USO DE FOLHETOS DE CORDEL*. Experiências em Ensino de Ciências V.13, No.1, 2018.
- PEREIRA, M. L. A. A. ; OLENKA, O. ; OLIVEIRA, P. E. D. F. Física em ação através de tirinhas e histórias em quadrinhos. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 896-926, dez. 2016.

SILVA, M. S., RIBEIRO, D. M. S. *Ensino de Física no Sertão: Literatura de cordel como ferramenta didática*, Revista Semiárido De Visu, v.2, n.1, p.231-240, 2012.

SILVA, J. J. A. *A utilização da literatura de cordel como instrumento didático-metodológico no ensino de geografia*. 2012. 157f. Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN, João Pessoa.

TESTONI, L. A. *Um corpo que cai: as Histórias em Quadrinhos no Ensino de Física*. 2004. 158p.:II. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo.