

Sabine Schweder

**USO DE SIMULADORES EM ATIVIDADES DE
LABORATÓRIO DE FÍSICA MODERNA:
Análise de sua contribuição para o ensino e aprendizagem na
modalidade de Educação à Distância**

Dissertação/Tese submetido (a) ao Programa de Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof (a). Dr(a). Andrea Brandão Lapa.

Coorientador: Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Schweder, Sabine

USO DE SIMULADORES EM ATIVIDADES DE LABORATÓRIO DE
FÍSICA MODERNA : Análise de sua contribuição para o ensino
e aprendizagem na modalidade de Educação à Distância / Sabine
Schweder ; orientadora, Andrea Brandão Lapa ;
coorientador, Paulo José Sena dos Santos. - Florianópolis,
SC, 2015.
138 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas.
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Ensino de Física
Moderna. 3. Uso de Simuladores. 4. Sequência Didática. 5.
Educação à Distância. I. Brandão Lapa, Andrea . II. Sena dos
Santos, Paulo José. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e
Tecnológica. IV. Título.

AGRADECIMENTOS E DEDICATÓRIAS

Primeiramente agradeço a toda minha família que sempre foi unida e bem humorada, ao meu pai Emilson e minha mãe Elenir que me ensinaram os valores que tenho hoje e me deram toda base e estrutura. Agradeço a Deus por ter nascido nesta família e convivido com pessoas especiais que guardo com muito carinho. Ao meu irmão Alberto e minha irmã Barbara, que são adoráveis e brincalhões. Agradeço aos professores que tive desde o Ensino Fundamental até a Pós-Graduação, que me servem de exemplo para a carreira que escolhi e que admiro muito.

Agradeço em especial aos maravilhosos orientadores que tive Andrea e Paulo, pela dedicação e paciência que tiveram comigo nessa caminhada, aos momentos de discussão e também pelos cafés tão ricos em conhecimento. Aos professores Fred e Marina que foram muito pertinentes na banca de qualificação.

Os grandes amigos que fiz no mestrado, principalmente ao Leo, João, Marcelo, Taise, Alessandro e Natan pelos momentos de ciancice, por tornarem tudo mais divertido no mestrado.

As gurias de Timbó, amigas que ficam para sempre Bruna, Gabi, Ana, Pamela e Yana.

Agradeço a minha grande amiga Karlinne, pelos seus “Bons dias”, pela parceria e espontaneidade. A Kaiana, pela afetividade e os abraços carinhosos. A Jé pela empolgação nas conversas e pela companhia. Ao Bruno por ser um amigo motivador. Pessoas que passaram ótimos momentos comigo Beth, Jão, Elizandro, Chico, Evera, Fábio e Ani e muitos outros, realmente é muita gente para listar, mas que sempre estarão no meu coração. Agradeço aos colegas de trabalho que tive até então, com eles pude adquirir experiência e também incentivo para continuar meus estudos. Agradeço aos alunos de Ensino Médio que tive enquanto lecionei que me fizeram refletir sobre minha prática a cada dia. Ao grupo de pesquisa Comunic que tive oportunidade de participar, pelas reuniões tão gostosas. Aos laboratórios LABIDEX e Lantec que me deram oportunidade de crescimento profissional. A Mari Brasil que me emprestou o estagiário Felipe da equipe de vídeo, pois ele teve disposição de filmar as aulas no fim de semana, foi fundamental para minha coleta de dados.

Agradeço ao CNPq que me financiou os estudos, a UFSC pela estrutura e ao PPGECT pela oportunidade de egresso.

“A arte de interrogar não é tão fácil como se pensa. É mais uma arte de mestres do que discípulos; é preciso ter aprendido muitas coisas para saber perguntar o que não se sabe”.

(Jean-Jacques Rousseau)

RESUMO

Neste trabalho nos preocupamos com o Ensino de Física Moderna (FM), pois percebemos o problema da não inserção da FM no Ensino Médio. Entendemos que existem dificuldades em relação ao entendimento de conceitos e também empecilhos na realização de experimentos de FM. A proposta desta dissertação é investigar o uso de simuladores, que vêm como uma alternativa para auxiliar na visualização e representação dos fenômenos físicos. No entanto, também é fundamental olhar para a sequência didática de uma disciplina que tenha como proposta o uso de simuladores e que seja parte integrante da formação em FM. Apontamos também a importância das perguntas para o entendimento conceitual. Dessa forma, foi escolhido um episódio de aula sobre “espectros atômicos” da disciplina de Laboratório de Física Moderna na modalidade de Educação a Distância da UFSC. A coleta de informações é feita através de uma descrição da sequência didática e gravação de áudio das falas de alunos e professores da disciplina. Para análise, criamos um instrumento para categorizar os tipos de perguntas que os licenciandos fizeram durante os momentos de aula presencial, de onde emergiram as categorias. A turma analisada compreendia um total de 20 licenciandos da nona fase do curso de Licenciatura em Física EaD da UFSC, esta, dividida em Turma A e B. A Turma A que começava com a atividade experimental e depois seguia para a atividade com simuladores, e Turma B, invertia a ordem. Como resultado de nossa análise, percebemos: que a maior parte das perguntas feitas pelos alunos foram de caráter de confirmação, sendo mais evidente nos momentos experimentais; que falta compreensão conceitual por parte dos alunos para relacionar os conceitos vistos nas disciplinas teóricas com a prática experimental; que pela mudança na sequência didática promovida na atividade com o simulador, o professor propicia um espaço para discussão com a Turma B e, como consequência disso, os licenciandos fazem mais perguntas de apropriação conceitual. Concluímos que a ordem das atividades com o uso de simuladores integrados às atividades experimentais pode auxiliar na compreensão de fenômenos, desde que sejam pensados os recursos TIC com a apropriação no ensino. Assim, para que se tenha melhor aproveitamento do uso de simuladores, deve-se repensar as atividades dentro de uma proposta de educação que promova momentos de discussões conceituais e que propicie a feitura de perguntas mais reflexivas, para que contribua para o aprendizado de FM.

Palavras-chave: Ensino de Física Moderna. Uso de Simuladores. Sequência Didática.

ABSTRACT

In this paper we care about Modern Physics (MP) Education as we perceive the problem of non inclusion of MP in high school. There are difficulties regarding the understanding of concepts and also obstacles in performing MF experiments. The purpose of this dissertation is to investigate the use of simulators, which come as an alternative to help in the visualization and in representation of physical phenomena. However, it is also critical to look at the teaching process, the didactic sequence, during a course that has the use of simulators as proposal and nonetheless it is an integral part of training in MP. We highlighted the importance of question making for conceptual understanding. Thus, it was chosen an episode of classes about "atomic spectra" content during the subject Modern Physics Laboratory in a Distance Education course at UFSC. The information was obtained through a description of the didactic sequence and audio recordings of speeches proffered by students and teachers in the class. For analyzing, we created an analytical tool to categorize the types of questions that undergraduates did during class time, giving birth to the categories. The group analyzed included a total of 20 licensees of the ninth phase of the Distance Education graduation in Physics at UFSC, divided into Group A, starting the class with the experimentation followed by the use of simulations, and Group B, which inverted the process. As a result of our analysis, we realized that: most of the questions asked by the students was confirmation-type, being more evident in experimental moments; it lacks conceptual understanding by the students to relate the concepts seen in theoretical subjects with experimental practice; by changing the didactic sequence in the use of the simulator, the teacher provides a space for discussion with the Class B and, as a result, the licensees ask more questions of conceptual appropriation. We concluded that the use of the experimental activities integrated with simulators can help in understanding phenomena. Thus, in order to achieve better results in the use of simulators, one should rethink the activities within an educational proposal that promotes moments of conceptual discussions and leads to the making of more reflexive questions, contributing to the MP learning.

Keywords: Modern Physics Teaching. Use of simulators. Didactic Sequence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Equipamento para determinação da razão e/m do elétron.	73
Figura 2: Ampola em operação.	74
Figura 3: Equipamento utilizado para a realização do experimento de Millikan.	75
Figura 4: Equipamento espectrômetro óptico.	76
Figura 5: Detector de um espectrômetro de fótons.	77
Figura 6: Simulação das trajetórias dos elétrons sob influência de campos elétricos e magnéticos no experimento de Thomson.	78
Figura 7: Simulação do experimento da gota de óleo de Millikan.	79
Figura 8: Simulação de cálculos para o experimento da gota de óleo de Millikan.	80
Figura 9: Simulação do espectrômetro óptico.	81
Figura 10: Simulador: “Contador de Radiação”.	82
Figura 11: Simulador: “Absorção da radiação gama pela matéria”.	83
Figura 12: Simulador: “Espectrômetro de fótons”.	84
Figura 13: Programa: “Gráficos”.	85
Figura 14: Princípio de funcionamento de um espectrômetro óptico.	126
Figura 15 - Simulação espectros atômicos, durante coleta de dados	130
Figura 16: Espectro de absorção de um "caldo" de folhas verdes.	132
Figura 17: Níveis de energia do conjunto de singletos e de tripletos do hélio.	135
Figura 18 - Estado tripleto e singleto	137

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 10: Comparação das perguntas - Turma A.....	106
Gráfico 11: Comparação das perguntas - Turma B.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Categorias e Subcategorias das Perguntas	91
Tabela 02: Comparação das perguntas procedimentais na aula experimental .	102
Tabela 03: Comparação das perguntas conceituais na aula experimental	103
Tabela 04: Comparação das perguntas na aula com simulação	104
Tabela 05: Comparação das perguntas na aula com simulação	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Total de perguntas.....	107
-----------------------------------	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVEA – Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem
EaD – Educação à Distância
EM – Ensino Médio
ER – Experimentação Real
EV – Experimentação Virtual
FM – Física Moderna
IES – Instituições de Ensino Superior
MABP – Modelo de Adoção Baseado nas Preocupações
NIST – Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia
TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação
UAB – Universidade Aberta do Brasil
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	43
INTRODUÇÃO.....	25
PARTE 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	29
1. OS DESAFIOS DO ENSINO E DA APRENDIZAGEM DE FÍSICA MODERNA	
1.1 CONTEXTO DA FÍSICA MODERNA.....	29
1.2 PREOCUPAÇÕES COM O ENSINO E APRENDIZADO DE FÍSICA MODERNA.....	34
1.3 A FORMAÇÃO DOS EDUCADORES EM FÍSICA.....	37
2. UMA FORMAÇÃO DE QUALIDADE.....	41
2.2 A IMPORTÂNCIA DA FORMULAÇÃO DE PERGUNTAS.....	43
2.3 TIPOS DE PERGUNTAS.....	49
3. IMERSÃO NA CIBERCULTURA.....	57
3.1 A EDUCAÇÃO MEDIADA PELA TECNOLOGIA.....	58
3.2 A EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA.....	61
3.3 NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA.....	62
3.4 USO DE SIMULADORES NO ENSINO DE FÍSICA E O DESAFIO NA DOCÊNCIA COM TIC.....	64
3.5 O POTENCIAL DO USO DE SIMULADORES INTEGRADOS A ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.....	65
PARTE 2 - CAMINHOS DA PESQUISA.....	69
1. PERCURSO METODOLÓGICO.....	69
2. CONTEXTO.....	71
3. DESCRIÇÃO DO CASO.....	87
4. CATEGORIAS ANALÍTICAS.....	91
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	97
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	107
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA.....	111
REFERÊNCIAS.....	115

8.	
ANEXOS.....	123
ANEXO 01 – DESCRIÇÃO DAS AULAS.....	123
Turma A:.....	125
Turma B:.....	137
ANEXO 02 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E	
ESCLARECIDO.....	151

INTRODUÇÃO

Na Física, procura-se investigar os fenômenos naturais. É uma área científica separada em ramos, justamente, para tratar das condições que regem os distintos fenômenos, criando modelos que nos auxiliam a melhor entender determinado comportamento físico.

Ao se tratar do ramo da Física Moderna (FM), seus conceitos, embora complexos, são importantes para a formação científica e do cidadão contemporâneo, pois esses conhecimentos dão base para descrever átomos e moléculas, como suas estruturas, espectros e comportamento químico, assim como fundamenta a tecnologia atual.

Porém, não é fácil estabelecer relações entre os conceitos de FM e o cotidiano, tendo em vista que o objeto quântico tem uma natureza diferente do objeto clássico (REZENDE JR; SOUZA-CRUZ, 2009). Temos o entendimento da complexidade da natureza quântica e da necessidade de melhorar a formação dos licenciandos em Física. Nesse sentido, questiona-se a respeito de quais fatores poderiam contribuir para o ensino e aprendizagem de Física Moderna. Dessa forma, elencamos possíveis fatores preocupantes que implicam nesse processo. Um desses fatores é a ausência da FM no Ensino Médio, o que decorre do fato de os professores não se sentirem preparados para lidar com os conceitos tão amplos inerentes ao assunto ou, ainda, por terem pouco contato com ela durante sua formação inicial ou continuada (COLOMBO JR, 2014). A falta desses conteúdos leva à insegurança, ao desconforto e à frustração por parte dos docentes (NILSSON, 2008). Outros aspectos da dificuldade da inserção da Física Moderna no Ensino Médio são: o tempo reduzido das aulas de Física para tratar tantos conteúdos, a exigência de um formalismo matemático e a falta de experimentos (NARDI, 2009). Há também problemas como a falta de material didático adaptável e dificuldades estruturais no processo de formação do professor (REZENDE JR; SOUZA-CRUZ).

Além do que foi levantado, entendemos que a formação de professores é consequência dessa ausência, pois grande parte dos professores recém-formados não tem uma concepção clara de FM, o que nos levar a defender que sua formação deve ser continuada (SOUZA; LAWALL, 2011). Também percebemos que os professores são formados sob diferentes concepções de ensino, isto é, a maneira como se dá a formação do professor de diferentes áreas implica em como será sua atuação profissional.

Preocupa-nos também o hábito dos alunos de não fazer perguntas nas aulas de Física. Em geral, eles fazem poucas perguntas em áreas de conhecimento científico e menos ainda quando envolvem atividades experimentais. Assim, discutimos o papel do questionamento na construção do conhecimento do aluno. Sabe-se que ato de perguntar, que auxilia no processo de construção do conhecimento, exige atenção sobre os conceitos. Porém, o discurso em sala de aula é dominado pelas perguntas do professor (DILLON, 1981).

Alguns autores afirmam que o aluno necessita identificar o que sabe e o que não sabe para poder expressar as suas perguntas (PEDROSA DE JESUS, NERI DE SOUZA, TEIXEIRA-DIAS & WATTS, 2001), sabendo-se da importância do questionamento e da argumentação na aprendizagem ativa para o desenvolvimento do pensamento crítico (LOUREIRO, NERI DE SOUZA & MOREIRA, 2010; PAUL & ELDER, 2001; WALKER, 2003). As perguntas de um aluno podem estimulá-lo ou servir para seus colegas formularem hipóteses, fazer previsões e refletir sobre suas ideias, o que pode dar origem a uma discussão produtiva, que poderá conduzir a uma construção significativa de conhecimento (CHIN, et al., 2002).

Pinho-Alves (2002) destaca a importância da participação dos estudantes em situação de investigação real, da liberdade de testar hipóteses presentes nos exercícios experimentais como tentativas de soluções dos desafios propostos, de propor diferentes meios ou caminhos para se chegar ao resultado desejado (PINHO-ALVES, 2002). Desse modo, valoriza-se o contexto das atividades experimentais no Ensino de Física, tornando-a um espaço para reflexão sobre a ciência e possibilitando uma visão mais crítica na concepção de ensino (BRAGA, GUERRA & REIS, 2012).

Existe o entendimento da importância em se realizar atividades de laboratório numa perspectiva colaborativa, porém, em muitos casos, isso se torna inviável por falta de recursos. Hodson (1994) aponta o computador como uma alternativa para experimentos que são demasiadamente difíceis, caros, consomem muito tempo ou são muito perigosos de serem realizados de outra maneira. Entretanto, não entendemos o uso do computador como mero auxílio tecnológico. Apoiamo-nos em uma concepção de tecnologia e de suas relações com a sociedade pautadas no criticismo.

Almejamos uma educação de qualidade. Desse modo, questionamos como o uso de tecnologias, em especial o computador, pode auxiliar no aprendizado de Física Moderna. Para responder essa pergunta, inicialmente, temos que entender as potencialidades do uso das tecnologias e de como estamos imersos nesse contexto tecnológico.

As tecnologias vêm influenciando historicamente nossa forma de interagir e nos comunicar. Percebemos que, atualmente, a comunicação e a interação entre as pessoas estão acontecendo comumente através da mídia digital, assim como pelas redes sociais, blogues, chats, entre outras Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Levando em consideração que os sujeitos que estão imersos na “cibercultura¹” procuram se inserir em comunidades de interesse e compartilham as informações de forma livre, possibilitando essa troca de maneira mais dinâmica, refletimos sobre as questões que envolvem a sociedade atual e a maneira como as pessoas fazem uso da tecnologia, ancorando-nos, assim, nos estudos feitos de Lévy (1999) e Rüdiger (2013), que buscam entender como a tecnologia está sendo utilizada no cotidiano. De certa

¹ A palavra cibercultura emerge no contexto da sociedade contemporânea para dar conta dos fenômenos que nascem das novas tecnologias de comunicação.

forma, o contexto atual aumenta os problemas de ensino e aprendizagem, mas, será que também dá uma possibilidade?

Sabendo que estamos imersos nos acontecimentos de uma sociedade que utiliza as tecnologias para a informação e a comunicação, nos interessa pensar na formação de docentes com o uso de TIC para melhorar as questões que envolvem o ensino e a aprendizagem. Assim, os estudos da mídia-educação (BELLONI, 2011; LAPA & BELLONI, 2012) nos ajudam a olhar mais atentamente para questões que envolvem a educação por meio das tecnologias.

A prática dos professores que atuam na modalidade de Educação a Distância (EaD) necessita de maior envolvimento dos docentes do uso das TIC em seu planejamento das atividades didáticas. Sendo assim, em nossa pesquisa, foi mais adequado olhar para uma disciplina da modalidade EaD que compreendesse parte da formação em FM dos licenciandos e que fizesse uso de algum recurso tecnológico. Dentro desse contexto, trazemos a reflexão a respeito das potencialidades de simulações computacionais na educação científica (FIOLHAIS & TRINDADE, 2003; GIORDAN, 2008). Sabemos que, apesar das simulações não substituírem por completo a realidade que representam, são bastante úteis para abordar experiências difíceis ou impossíveis de realizar na prática. Desse modo, estudos feitos por (ZACHARIA, 2007; JAAKKOLA & NURMI, 2011) constatam que o uso de simuladores integrados a atividades experimentais trazem mais benefícios para o aprendizado de física. Portanto, podemos apontar indícios de que a utilização de simulações pode ser favorável no processo de ensino e aprendizagem de Física Moderna em uma disciplina experimental.

Considerando que os alunos se interessam pelo que lhes é provocado e instigado, vê-se a necessidade de maior compreensão dos fenômenos envolvidos para que eles compreendam os conceitos vistos em sua formação em Física Moderna e relacionem suas atividades experimentais integrando com simuladores. Devido à dificuldade em entender os conceitos de Física Moderna, bem como a dificuldade em fazer experimentos, percebemos a vantagem do uso de simuladores, que nos permitem a visualização e a representação dos fenômenos físicos, assim como a mudança de parâmetros envolvidos. Por isso nossa questão de pesquisa é: **como o uso de simuladores contribui para o aprendizado de Física Moderna?**

A proposta desta dissertação é investigar a contribuição do uso de simuladores no Ensino de Física Moderna para licenciandos em Física na modalidade à distância. Para responder essa pergunta, vamos analisar a disciplina de Laboratório de Física Moderna no curso de licenciatura na modalidade de Educação a Distância da UFSC. Assim, em nossa análise, pretendemos responder também: **como a sequência didática influencia nas perguntas realizadas pelos alunos numa disciplina de Laboratório de Física Moderna?**

Este trabalho está estruturado em duas partes principais: a primeira trata da fundamentação teórica e a segunda da pesquisa propriamente dita.

A fundamentação teórica é subdividida em três capítulos. No primeiro capítulo, denominado **Os Desafios do Ensino e Aprendizagem de Física Moderna**, tratamos do contexto da FM num âmbito geral, dos estudos realizados e de sua natureza conceitual envolvida e também falamos a respeito das preocupações enfrentadas com o seu ensino e aprendizagem, em especial da não inserção desses conceitos no Ensino Médio.

No segundo capítulo, intitulado **Uma Formação de Qualidade**, buscamos retratar o contexto da formação dos professores de Física, a valorização das atividades experimentais durante sua formação acadêmica do curso de Física e das dificuldades que envolvem atividades de experimentação no contexto da Física Moderna. Também tratamos do hábito de não se fazer perguntas no Ensino de Física e, em contrapartida, da importância de se fazer perguntas para a compreensão de conceitos. Trazemos ainda pesquisas dos tipos de perguntas que são feitas em atividades científicas.

No terceiro capítulo, **Imersão na Cibercultura**, tratamos da nossa relação com recursos tecnológicos de informação e comunicação no cotidiano a partir da teoria da mídia-educação, que vem para discutir a apropriação das tecnologias para melhorar a prática de ensino. Além disso, falamos de como as novas tecnologias podem auxiliar o ensino de Física, em especial o uso de simulações para o ensino de FM. Defendemos que os simuladores têm grande potencialidade pedagógica se integrados a atividades experimentais para auxiliar na visualização de parâmetros envolvidos.

A segunda parte, à qual nomeamos **Caminhos da pesquisa**, é dividida em sete capítulos. No primeiro capítulo, abordamos o percurso metodológico. No segundo, apresentamos o contexto da pesquisa: o curso de Licenciatura em Física na modalidade de Educação a Distância e suas particularidades e da disciplina de Laboratório de Física Moderna. No terceiro capítulo, fazemos a descrição do caso. No quarto capítulo, apresentamos as categorias analíticas desenvolvidas de acordo com a situação descrita. No quinto capítulo, por sua vez, é feita a discussão dos resultados. No sexto capítulo, é feita a análise dos resultados. Por fim, no sétimo capítulo apresentamos nossas considerações finais e implicações para o Ensino de Física.

PARTE 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

“Sou daquelas pessoas que pensam que a Ciência guarda uma grande beleza. Um sábio em seu laboratório não é apenas um técnico, é também uma criança, posto diante fenômenos naturais que o impressionam como um conto de fadas.”

(Marie Curie)

1. OS DESAFIOS DO ENSINO E DA APRENDIZAGEM DE FÍSICA MODERNA

Um problema atual do Ensino de Física tem sido o ensino e a aprendizagem de Física Moderna (FM). Algumas das considerações mais comuns apontam para a dificuldade no entendimento de conceitos e na realização de atividades experimentais. Outro problema é a consequência da não inserção da FM no Ensino Médio. Por isso, nos preocupamos com a formação de professores de Física e nos propomos a buscar alternativas para tentar minimizar esses problemas na formação.

Desse modo, o objetivo deste capítulo também é tratar do contexto das pesquisas em FM, da importância que esses estudos têm para a construção do conhecimento científico, assim como o desenvolvimento de modelos que nos auxiliam a ter maior entendimento a respeito dos fenômenos naturais.

1.1 CONTEXTO DA FÍSICA MODERNA

A Física Moderna (FM) constitui, essencialmente, a física desenvolvida no início do século XX. Os estudos produzidos nesse período podem ser divididos em duas grandes linhas: a teoria da relatividade, proposta por Einstein, e a teoria quântica, iniciada por Max Planck.

No final do século XIX, muitos físicos especulavam que ondas com frequências elevadas poderiam produzir cargas elétricas oscilando no interior de átomos individuais. As pesquisas com os gases rarefeitos permitiram três grandes descobertas: os raios X, por Wilhelm Roentgen em 1895; a radioatividade, por Henri Becquerel e Madame Curie entre 1896-1898; e o elétron, por J.J. Thomson em 1897. Entre essas descobertas, a dos raios X característicos foi fundamental para o

estabelecimento da tabela periódica que conhecemos hoje, pois a denominação "característico" se deve ao fato dos fótons emitidos, por transição, serem monoenergéticos e revelarem detalhes da estrutura eletrônica do elemento químico. No entanto, tais especulações não eram capazes de explicar alguns dados experimentais. A explicação do espectro de linhas, o efeito fotoelétrico, a produção de raios X e outros problemas desafiavam os físicos na década de 1900.

Entre 1895 e 1898, Ernest Rutherford constatou que certas substâncias radioativas ejetavam "partículas pesadas", carregadas positivamente. Então, ele supôs que poderia utilizar essas partículas, denominadas partículas alfa, atiradas contra a matéria, para estudar sua estrutura interna. Com isso, foi possível sugerir que o átomo é constituído por um núcleo, de carga positiva, rodeado por elétrons, que orbitam ao seu redor. Porém, como consequência dessa teoria, os elétrons deveriam mover-se em trajetórias espiraladas, emitindo um espectro contínuo de radiação e cair no núcleo. Assim, esse modelo clássico estava em contradição com os dados experimentais de que o núcleo era estável e que o espectro emitido por átomos em um gás era discreto.

Em 1913, Niels Bohr introduziu o modelo atômico em que supunha que o elétron em um átomo só podia mover-se em determinadas órbitas onde não emitia radiação eletromagnética e, portanto, sua energia permanecia constante. A radiação era emitida quando o elétron "pulava" de uma órbita para a outra: um salto quântico instantâneo durante o qual o elétron não ocupava posições intermediárias no espaço. Esse modelo permitiu o entendimento do espectro de radiação discreta para o átomo de Hidrogênio observado experimentalmente. No entanto, o modelo de Bohr tem suas limitações, pois é satisfatório apenas para o caso do átomo de hidrogênio. O modelo de Bohr não consegue calcular as intensidades ou estrutura fina das linhas espectrais², por exemplo, quando os átomos eram colocados em campos magnéticos. Além disso, também não consegue explicar a ligação dos átomos para formar moléculas.

Em 1924, Louis de Broglie formulou a hipótese da dualidade onda-partícula. O cientista discutiu a natureza das ondas dos elétrons, levantando a hipótese de que os constituintes da matéria são formados

² As linhas espectrais são luzes de cores diferentes que se tornam indicador dos elementos químicos presentes num determinado material, aparecendo a partir do aquecimento de substâncias químicas.

por corpúsculos, que se comportam ora como partículas, ora como onda. Assim, introduz o conceito da mecânica ondulatória.

Em 1926, Erwin Schrödinger elabora uma importante equação para o campo da Teoria Quântica, que leva seu nome. Com essa teoria, foi possível, entre outras coisas, calcular a região mais provável onde o elétron possa estar. O físico tentou descrever o movimento de onda, já que Louis De Broglie havia afirmado que a matéria se comportava como onda e como partícula.

Segundo Werner Heisenberg, para encontrar a posição correta de um elétron, é necessário que ele interaja com algum instrumento de medida, como, por exemplo, a radiação. A radiação deve ter um comprimento de onda na ordem da incerteza com que se quer determinar essa posição. Para ele, quanto menor for o comprimento de onda, maior é a precisão do local onde está o elétron. Quando se consegue descobrir o local provável onde está o elétron, este já não mais estará neste local.

Em 1927, Heisenberg descreve o princípio da incerteza, um dos fundamentais da mecânica quântica, de acordo com o qual é difícil prever a posição correta de um elétron na sua eletrosfera, pois a função de onda não nos fornece a posição de uma partícula, mas nos permite apenas estimar a probabilidade de a partícula ser encontrada em uma dada região e, portanto, calcular valores médios para a sua posição e velocidade.

O intuito dessa breve descrição dos estudos que se dá neste período histórico é o de demonstrar a importância da compreensão desses conceitos em uma educação de qualidade. A física é uma ciência em pleno desenvolvimento, modificando-se com as pesquisas e com os avanços tecnológicos. Os conceitos que constituem a FM são complexos, como, por exemplo, a dualidade onda-partícula. Nessas circunstâncias, uma partícula é modelada como uma entidade inerentemente espalhada que não pode ser descrita como um ponto de posição e velocidades determinadas com precisão. No entanto, a mecânica quântica nos auxilia a descrever as características de átomos e moléculas, tais como suas estruturas, seus espectros e seu comportamento químico.

Contudo, apesar da sua especificidade e importância, a FM está praticamente fora do ensino de Física nas escolas de Ensino Médio. A grande questão seria identificar o porquê disso. Talvez pelo fato de os fenômenos relacionados à FM não estarem na escala do visível para nossos sentidos e os intervalos de tempo medidos serem muito pequenos para nossa percepção, a associação desses acontecimentos com a vida cotidiana se torna difícil, de modo que não é tão simples fazer alguma

relação do conteúdo de FM com as situações do dia a dia, o que resulta na necessidade de ter um modelo mais adequado para explicar os fenômenos estudados. Isso porque não são raras as vezes, como ocorre também na Física Clássica, em que analogias e comparações equivocadas acontecem nas tentativas de simplificar o fenômeno físico.

Para Rezende Junior e Souza Cruz (2009), o objeto quântico possui uma natureza conceitual diferenciada daquela do objeto clássico, diferenças essas que aparecem tanto nos pressupostos epistemológicos e na linguagem matemática, quanto nas perguntas diferentes que redefinem o objeto de estudo como um ente quântico. Quando se fala em pressupostos epistemológicos, trata-se da reflexão geral em torno da natureza, suas etapas e limites de conhecimento humano e de teoria do conhecimento.

Ao pensar no aprendizado de FM e sua inserção do Ensino Médio, ganham dimensão questões como o levantamento de discussões a respeito do desenvolvimento tecnológico, o fazer Ciência, o papel das atividades experimentais, o papel do cientista e o contexto científico da época. Colombo Jr (2014) destaca que a inserção de Física Moderna no Ensino Médio pode ser interpretada de diferentes formas: expandir o entendimento e explicar fenômenos que a Física Clássica não explica, constituindo uma nova visão de mundo, assim como a importância em reconhecer a Física como uma construção humana, possibilitar ao estudante do Ensino Médio conhecer os fundamentos da tecnologia atual, atrair jovens para carreira científica, construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar da realidade, e, ainda, propiciar ao estudante um posicionamento crítico e participativo em relação às questões científicas.

O fato de os fenômenos que envolvem conhecimentos da FM serem diferentes dos que lidamos nos fenômenos macroscópicos pode gerar implicações no Ensino de Física, pois deve-se ter cuidado com o tipo de comparação que é usado ao explicar algum conceito de FM, o que se aplica também, às demonstrações experimentais e atividades práticas, que são difíceis de serem realizadas.

A esse respeito, Santos (2009) aponta que as pesquisas em relatividade continuam essencialmente restritas aos estudos teóricos, pois os trabalhos experimentais são extremamente sofisticados, sua aplicação, quando possível, apresenta intensidades tão reduzidas que praticamente inviabilizam a detecção. No entanto, uma possibilidade oferecida ao ensino, por meio da informática, é a realização de experimentos ou demonstrações por meios virtuais. Dessa forma, o

computador se torna um aliado do aprendizado, da compreensão e da consolidação de conceitos relativos à FM.

Assim como é dada importância em ensinar Física Moderna, a literatura em Ensino de Ciências apresenta questionamentos acerca do porquê essas discussões ainda não estarem presentes na educação básica. Terrazzan (1992), ao discutir sobre o currículo de Física no Ensino Médio, indica que os conteúdos que comumente denominam-se de Física Moderna não atingem os estudantes, necessitando de uma reformulação na programação dos três anos da formação do Ensino Médio. Para tanto, aponta como alternativa a esse problema que a inserção poderia ser feita por meio da discussão dos limites dos modelos clássicos. O autor levanta outra possibilidade, que é a de se apresentar os conceitos, os modelos e as teorias da Física Moderna, sem se fazer referência aos modelos e aos conceitos clássicos.

De outra forma, Rezende Junior e Souza Cruz (2009) indicam que os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) apresentam alguns problemas, tais como falta de material didático adaptável e dificuldades estruturais no processo de formação do professor.

Nardi (2009) também aponta a dificuldade da inserção da Física Moderna no Ensino Médio devido a alguns aspectos, como: o tempo reduzido das aulas de Física para tratar tantos conteúdos, a exigência de um formalismo matemático, a falta de experimentos, como também a falta de formação necessária para os professores. Ainda segundo esse autor, essa falta na formação se deve ao formalismo no ensino de aulas inteiramente expositivas, que valorizam a memorização, pura abstração sem algo para visualizar ou representar em relação ao ensino de conceitos da teoria quântica na educação básica. Em particular, o ensino de Física Moderna se restringe ao formalismo matemático no qual os professores foram submetidos nas suas respectivas formações iniciais. Desse modo, é gerada a impossibilidade de reproduzir esse formalismo no nível médio, o que contempla também os conceitos advindos das pesquisas em Física Moderna.

Outros trabalhos, como o de Dominguni, Maximiliano e Cardoso (2012) se preocupam com a maneira com que os autores dos livros didáticos apresentam os conceitos de Física Moderna, motivo pelo qual fazem um levantamento relacionados a esses conceitos.

Para Paulo (1997), é pertinente a introdução de FMC no Ensino Médio, visto que ela faz parte do cotidiano da sociedade contemporânea. Ao ter noções de tópicos de FMC, o aluno dará sentido à Física, fazendo relações com o mundo que o cerca. Acredita, também, que a introdução da FMC no currículo das escolas pode proporcionar a superação de

certas barreiras epistemológicas fundamentais para o conhecimento do indivíduo sobre a natureza. Para esse autor, o entendimento de FMC fará o indivíduo ter uma capacidade cognitiva maior.

Infelizmente, na prática, essa inserção não tem sido percebida efetivamente. Frente ao que foi exposto, problematiza-se a formação dos docentes de física para inserir conteúdos de Física Moderna nas escolas.

1.2 PREOCUPAÇÕES COM O ENSINO E APRENDIZADO DE FÍSICA MODERNA

Parte-se do pressuposto de que a maneira como se dá à formação do professor de diferentes áreas implica em como será sua atuação profissional. Com vistas ao Ensino de Física Moderna, Colombo Jr. (2014) destaca que um dos principais motivos da não inserção de FM nas escolas pode estar vinculado ao fato de os professores não se sentirem preparados para lidar com os conceitos tão amplos inerentes ao assunto. Ou ainda por terem tido pouco contato com esse campo durante sua formação inicial ou continuada.

De modo semelhante, Souza e Lawall (2011) afirmam que professores Licenciados em Física alegam que o que estudaram durante seus cursos de formação inicial não foi suficiente para abordar diferentes tópicos de FM no EM. Nilsson (2008) conclui que a falta desses conteúdos leva à insegurança, desconforto e frustração por parte dos docentes. E com isso, acabam não abordando esses temas em suas aulas.

Além disso, os professores são formados sob diferentes concepções de ensino. Em seguida, apresentamos brevemente os tipos de concepções de ensino segundo Pinho Alves e Pinheiro (2010):

1) A concepção de ensino tradicional está relacionada à prática pedagógica de educação formal. Os autores entendem que não é apenas a aula expositiva, mas sim um ensino dogmático, ou seja, tudo o que é ensinado tem um sentido de verdade final, nada pode ou deve ser questionado. O saber estabelecido como verdadeiro deve ser assimilado para dar continuidade ao progresso social prescrito pela sociedade, de modo que é conservador, procurando conduzir os aprendizes na preservação dos valores e princípios sociais já consolidados. Esse tipo de ensino valoriza o saber pelo saber, não importando justificar seu uso. Basta o aprendiz ter noção de que aquilo que é ensinado é importante. Conexões desse conhecimento com sua vida cotidiana não se fazem necessárias. O professor assume a função de detentor do saber e sua atuação pedagógica é de mero transmissor do conhecimento, ao passo que o aluno é mero receptor deste. São enfatizadas as disciplinas

intelectuais, para que se obtenha a atenção, a concentração, o silêncio e o esforço necessários ao bom aprendizado. A escola é o local onde se relaciona e o ambiente deve ser rígido para o aluno não se dispersar. É admitido que todos os alunos estão no mesmo patamar de aprendizagem e, portanto, existe igualdade de tratamento, em que todos deverão seguir o mesmo ritmo de trabalho, estudar os mesmos livros e adquirir os mesmos conhecimentos.

2) No tecnicismo, o ensino se reorganiza no sentido de tornar-se objetivo e operacional. Aos professores, é designada a tarefa de operacionalização dos objetivos, como instrumento para medir comportamentos observáveis, válidos porque mensuráveis e passíveis de controle. Dissemina-se o uso da Tecnologia da Educação, a instrução programada, proliferam-se os testes de múltipla escolha e diversos recursos audiovisuais.

Nesse contexto, o professor transforma-se em organizador e planejador do processo de ensino-aprendizagem, planejando as tarefas, os testes, etc. Os alunos são deslocados de sua posição de receptores para uma posição mais ativa, seja na leitura do material instrucional planejado pelo professor, seja na realização de atividades de laboratório ou resolução de exercícios. O importante é que cada aluno siga seu ritmo próprio de aprendizagem, progredindo ao longo do curso com velocidade compatível com suas habilidades e disponibilidades de tempo. Entretanto, é crítico que ele demonstre domínio quase que completo do que foi estudado.

3) Na visão crítica de educação, o caráter do processo educativo é essencialmente reflexivo, implica o constante ato de reconhecer a realidade. Fundamenta-se na criatividade, estimula a reflexão e ação dos alunos sobre a realidade.

A relação professor/aluno é democrática e dialógica. Ao professor, cabe o exercício da autoridade competente. A teoria dialógica da ação afirma a autoridade e a liberdade. Não há liberdade sem autoridade. O ensino parte das percepções e experiências do aluno, considerando-o como sujeito situado num determinado contexto social. Nesse sentido, a educação deve buscar ampliar a capacidade do estudante, considerando-o como sujeito situado num determinado contexto social. Além disso, objetiva, também, desenvolver a capacidade do aluno de fazer perguntas relevantes em qualquer situação e desenvolver habilidades intelectuais, como a observação, análise, avaliação, compreensão e generalização. Para tanto, estimula a curiosidade e a atitude investigadora do aluno.

O conteúdo parte da situação presente, concreta. Valoriza-se o ensino competente e crítico de conteúdos como meio para instrumentalizar os alunos para uma prática social transformadora.

4) A concepção construtivista é mais contemporânea, sendo que o construtivismo educacional, de acordo com Ogborn (1997), considera o envolvimento ativo do aluno em situações de ensino e aprendizagem, a importância do respeito pelo indivíduo e por suas ideias, a compreensão de que a Ciência consiste de ideias criadas por seres humanos; o entendimento de que o planejamento do ensino deveria priorizar a construção de significado pelos alunos, capitalizando e usando o que eles sabem, e tratando das dificuldades que surgem decorrentes da maneira como eles imaginam que as coisas sejam.

No entanto, existem vertentes do construtivismo educacional constituído por duas correntes básicas: o construtivismo psicológico e o sociológico. O primeiro deles é historicamente originado nos trabalhos de Piaget, para quem a aprendizagem é um processo de construção pessoal e intelectual, resultante da ação do aprendiz no mundo. Nessa corrente, tem-se também o construtivismo social, iniciado por Vygotsky, para quem a linguagem tem especial importância nas construções cognitivas dos indivíduos. O construtivismo sociológico, por outro lado, tem seu início marcado no pensamento de Durkheim, caracterizando-se por desconsiderar os mecanismos psicológicos individuais e pela tese de que o conhecimento científico é social e contextualmente construído.

Preocupa-nos o ensino e o aprendizado de Física Moderna na formação dos licenciandos em Física, pois percebemos que há a necessidade de uma formação mais reflexiva para que esses futuros docentes possam pensar na sua prática e ter iniciativas de inserção da FM no EM dada a importância do entendimento de princípios básicos do comportamento da matéria e de sua estrutura atômica e molecular, de como esses conceitos se desenvolveram historicamente, da construção de modelos atômicos que auxiliam no entendimento da mecânica quântica. Dessa forma, é importante observar o processo de formação dos docentes em Física, a fim de buscar minimizar ou solucionar esses problemas. Como tem sido a formação desses professores nos cursos de licenciatura? Será que tem atendido essa perspectiva? Tendo entendimento da complexidade da natureza quântica e da necessidade de melhorar a formação de docentes de Física, questionamos também que fatores poderiam contribuir para o aprendizado de Física Moderna.

1.3 A FORMAÇÃO DOS EDUCADORES EM FÍSICA

Tendo em vista a importância da discussão sobre a inserção de Física Moderna no Ensino Médio, sobretudo no âmbito da formação inicial, no que tange à transposição de conteúdos e metodologias do Ensino Superior para a escola básica, de acordo com Rezende e Cruz (2009), os objetivos da formação em FMC não estão claros nas estruturas das Instituições de Ensino Superior (IES), fato que reflete diretamente na visão de licenciandos sobre essa temática. Considerando que esses objetivos não estão claros durante a formação do professor, questionamos como os conceitos de Física Moderna e Contemporânea estão sendo abordados na sala de aula.

Ao se pensar na apropriação dos conceitos de Física Moderna e a transposição didática para o Ensino Médio, é inevitável o surgimento de alguns obstáculos, como a diferença entre a teoria e a prática, pois, por exemplo, faltam equipamentos adequados nas escolas para realização de experimentos.

Por isso, durante a formação do licenciando em Física, deve-se, além dos conhecimentos de FM, possibilitar a compreensão do contexto científico da época. É importante que a proposta pedagógica promova discussões e busque aprofundar conceitos através de situações conflituosas de maneira a problematizar temáticas atuais. Além disso, é necessário que procure fazer o mínimo de relação com outras áreas de conhecimento. No planejamento das aulas, o professor deve procurar utilizar outros meios e saber diversificar os recursos para melhorar a representação dos conceitos visualmente, de maneira simulada, através de experimentos e demonstrações ou por meio de hipertextos, para que consiga reduzir as abstrações ou mesmo favorecer uma situação investigativa para a construção do entendimento de seus alunos.

Porém, durante a licenciatura em física, os professores da graduação, em sua maioria, apresentam uma abordagem tradicional do ensino, o que reflete, consequentemente, na prática dos licenciandos.

Desse modo, percebemos que ser professor de física exige muitas habilidades que não são desenvolvidas em sua totalidade com a formação inicial. O docente ainda precisa desenvolver outras competências a fim de contribuir, de forma mais efetiva, para o aprendizado do aluno. De acordo com Souza e Lawall (2011), os cursos de formação continuada, além de auxiliarem os professores na inserção de novos conteúdos em suas aulas, auxiliam na elaboração e desenvolvimento de novas metodologias que podem ser utilizadas no cotidiano escolar. Na pesquisa realizada pelas autoras, os professores

alegam que a falta dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea na formação inicial e a necessidade de atualização foram as principais motivações para que eles fossem buscar cursos de formação continuada. Contudo, somente a formação não suprime todas as adversidades: os docentes também afirmaram que a falta de infraestrutura das escolas é um dos principais fatores que dificultam a inserção desses conteúdos em sala de aula.

No entanto, mesmo com todos esses empecilhos, devemos pensar em como essa inserção poderia ser feita. Para Lawall (2010), o conhecimento do assunto desenvolvido ajuda o professor a relacionar os fenômenos do dia a dia e explicá-los por vários caminhos distintos, o que facilitaria a abordagem da Física Moderna e Contemporânea. Contudo, somente o conhecimento da matéria não é suficiente, uma vez que ele deve estar sempre relacionado com os outros domínios.

Segundo Souza e Lawall (2011), a preocupação dos professores em formação continuada não é somente com referência aos conteúdos, mas também aos métodos e estratégias que poderiam utilizar para trabalhar com o conteúdo de FM no EM.

Já Rezende e Cruz (2009) promovem uma discussão sobre as perspectivas de licenciandos em Física quanto à introdução de tópicos e temas de FM no Ensino Médio. Como resultado desse trabalho, os autores sugerem a ampliação da discussão sobre a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, sobretudo no âmbito da formação inicial no que tange à transposição de conteúdos e metodologias do Ensino Superior para a escola básica. Dada à importância dos conhecimentos científicos e tecnológicos, permite-se não somente uma preparação para o Ensino Superior, mas também para uma intervenção mais crítica para se pensar e interpretar o mundo.

Segundo Lawall (2010), o professor, ao levar um conteúdo para sua sala de aula, lança mão de seu conhecimento pedagógico, que é uma combinação entre o conhecimento do conteúdo e o conhecimento do modo de ensinar. Isso permite que ele exponha as ideias da forma mais adequada possível para a aprendizagem dos estudantes. Para isso, ele busca utilizar analogias, descrições, exemplos, explicações e demonstrações, buscando tornar o assunto compreensível (SHULMAN, 1986). O professor deverá possuir um amplo leque de recursos (alternativas), que podem ser baseados nas pesquisas ou na experiência de seu desenvolvimento profissional.

Diante dos problemas apresentados anteriormente acerca das dificuldades de aprendizagem de conteúdos de Física Moderna e da importância da sua presença no Ensino Médio, refletindo sobre a

necessidade do seu tratamento na formação de professores de Física, nos propomos investigar alternativas ao ensino tradicional para alcançar a educação de qualidade que defendemos anteriormente. Para tal, identificamos que existem algumas atividades pedagógicas que são fundamentais em um ensino de FM e buscaremos analisar algumas alternativas no capítulo a seguir.

2 UMA FORMAÇÃO DE QUALIDADE

Já observamos anteriormente que o ensino tradicional não tem dado conta de promover o ensino e a aprendizagem de Física Moderna (FM). Além da dificuldade na compreensão de conceitos devido à sua complexidade, as práticas pedagógicas que dominam o ensino tradicional presentes na grande maioria das escolas de Ensino Médio e também na formação de professores não favorecem o ensino e aprendizagem de FM. Mas talvez haja alguma prática alternativa, que se enfatizada ou priorizada, pode trazer melhores resultados. Esta seção visa a destacar algumas práticas pedagógicas que podem apresentar esse potencial.

2.1 A IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

O primeiro destaque que apontamos está na relevância das atividades experimentais no ensino de Física, em especial para a compreensão dos conteúdos de Física Moderna. As atividades de laboratório de física compreendem a parte prática dos conceitos com o objetivo de melhor representar e favorecer as situações problematizadoras que promovam a construção do entendimento sobre determinado conceito, de forma que a prática presencial do laboratório faça com que o aluno experimente, possa manusear e visualizar o fenômeno natural estudado.

Sabe-se que atividades de experimentação auxiliam no processo de ensino e aprendizagem em ciências, por motivar os alunos e facilitar a compreensão de conceitos (NARDI, 1998). Outros aspectos em que são valorizadas as práticas de laboratório, trazidos por Tamir (1991), são: a aproximação do concreto, pois ajuda a amenizar as dificuldades de aprendizagem, a participação dos alunos numa investigação real, que proporciona um comportamento essencial do aprendizado, o questionamento e a promoção de habilidades de resolução de problemas. O laboratório também oferece oportunidades de identificar, diagnosticar e suprir as concepções alternativas (DRIVER; BELL, 1985).

Para Pinho-Alves (2002), a participação ativa do aluno em situação de investigação real, proposta na forma de desafio, o instigará na busca de uma resposta correta, entendendo o correto como exercício de um procedimento que se baseia em uma hipótese teórica para a resolução de um problema científico. A liberdade de testar hipóteses presentes nos exercícios experimentais, como tentativas de soluções dos desafios propostos, dá a chance de propor diferentes meios ou caminhos

para chegar ao resultado desejado. Diferentes exercícios e diferentes caminhos para a solução oferecerão condições ao estudante no desenvolvimento de táticas e estratégias que possam ser utilizadas em outras situações.

De acordo com Braga, Guerra e Reis (2012), o laboratório didático tem um papel de grande importância a cumprir na formação de visões mais complexas sobre a Natureza da Ciência mediante um quadro de grandes discussões sobre questões epistemológicas relativas ao papel da experimentação na construção do conhecimento científico. Dessa forma, conformando-se um espaço para reflexão sobre a ciência, percebe-se aqui uma visão mais crítica na concepção de ensino.

Giordan (1999) afirma que os professores de ciências acreditam que a experimentação tem o papel de despertar o interesse e aumentar a capacidade de aprendizado dos alunos em todos os níveis de escolarização. No entanto, a forma como muitas vezes a experimentação é praticada nas escolas, por meio de um roteiro que deve ser seguido estritamente, pode não contribuir para potencializar o aprendizado, *“Não assegurando, por si só, a promoção de aprendizagens significativas e o estabelecimento entre teoria e prática”* (SILVA; ZANON, 2000, p. 120).

Assim, numa concepção tradicional, fazer experimentos é induzir fenômenos em condições controladas e de possíveis repetições. Sobre os resultados obtidos com esses experimentos, por meio da coleta de dados, são analisadas as variáveis envolvidas e, a partir dessa análise, são propostas relações matemáticas que descrevam o fenômeno observado.

Nessa perspectiva, o experimento é encarado de forma simplista, ou somente demonstrativa. Contudo, não é raro observar docentes que consideram essa prática como uma mera atividade de física dos alunos, deixando de lado as discussões e os questionamentos. Nesse sentido, Borges (2002) argumenta que, normalmente, os docentes dedicam muito tempo à montagem dos equipamentos, atividades de mera coleta de dados e cálculos dispendiosos, em detrimento da reflexão sobre os conceitos, significados e implicações dos resultados encontrados. Porém, a experimentação também tem o potencial de promover aprendizagens significativas, desde que promova inter-relações entre os conhecimentos teóricos e os práticos (SILVA; ZANON, 2000).

Segundo Winberg e Berg (2007), muitos professores acreditam que atividades de laboratório no ensino superior têm o potencial não apenas para ajudar os alunos a confirmar, elaborar e colocar o conhecimento teórico em um contexto significativo, mas também para ajudar no aprendizado da metodologia científica e cultivar habilidades

práticas, de forma a contribuir para que os alunos se concentrem em detalhes de manipulação, assim como questões relacionadas ao procedimento, como meio de possibilitar a promoção de relações sociais colaborativas.

De acordo com Hofstein e Lunetta (2003), o laboratório de ciência é um ambiente de aprendizagem único no qual os alunos podem trabalhar cooperativamente em pequenos grupos para investigar fenômenos científicos, além de ser importante para que os alunos desenvolvam sua compreensão de conceitos científicos, habilidades em fazer perguntas científicas e percepções da ciência. Para Hofstein e Lunetta (1982), e Lazarowitz e Tamir (1994), propor atividades de laboratório potencializa e melhora as relações sociais construtivas, bem como atitudes positivas e crescimento cognitivo, sendo o ambiente social em um laboratório menos formal do que em uma sala de aula convencional, pois o laboratório oferece interações cooperativas entre os alunos e com o professor.

No entanto, o ambiente de aprendizagem depende do planejamento das atividades desenvolvidas no laboratório, assim como das expectativas do professor e dos estudantes, e a natureza da avaliação. Também é influenciado, em parte, pelos materiais, aparelhos, recursos e ambiente físico da colaboração e interação social entre alunos e professores, bem como a natureza da investigação que é pretendida no laboratório.

Tem-se entendimento da importância em se realizar atividades de laboratório numa perspectiva colaborativa, mas que em muitos casos se torna inviável por falta de recursos. Com isso, Hodson (1994) aponta o computador como uma alternativa para experimentos que são demasiadamente difíceis, caros, consomem muito tempo ou são muito perigosos de serem realizados de outra maneira. Desse modo, questiona-se como o uso de tecnologias, em especial o computador, pode auxiliar no aprendizado de Física Moderna. Para responder essa pergunta, inicialmente, temos que entender as potencialidades do uso das tecnologias e de como estamos imersos nesse contexto tecnológico, um debate que abordaremos mais adiante.

2.2 A IMPORTÂNCIA DA FORMULAÇÃO DE PERGUNTAS

Outra ação importante que apontamos é a promoção de um ensino baseado na formulação de perguntas para uma melhor compreensão de fenômenos físicos, pois entendemos que a base do ensino de Física se constitui por problematizações. No entanto, os alunos não têm o

costume de fazer perguntas em aulas de Física. Assim, defendemos que o ato de perguntar exige atenção dos alunos sobre os conceitos e os auxilia no processo de construção do conhecimento. Porém, no ensino tradicional, quando há a formulação de perguntas, o discurso em sala de aula é dominado pelas perguntas do professor (DILLON, 1981).

O artigo de Schein e Coelho (2006) apresenta resultados de uma pesquisa, realizada com alunos das primeiras e segundas séries de uma escola particular do Ensino Médio, na qual foi investigado como as intervenções do professor e do aluno interferem na aprendizagem. Em um contexto de atividades experimentais sobre o equilíbrio dos corpos que culminaram com a construção e utilização de uma balança analítica, os autores discutem o papel do questionamento na construção do conhecimento do aluno. Tendo em vista que o questionamento desempenha, em um contexto de atividades experimentais, um papel essencial como ferramenta promotora de aprendizagem por desencadear processos importantes na construção do conhecimento científico, nos perguntamos como instigar os alunos a expressar suas ideias e o seu conhecimento prévio, a observar, a estabelecer relações entre situações de sala de aula e o seu cotidiano, a criar, a investigar, a explicar, a criticar, a adquirir consciência, a tomar decisões e a evoluir em seus conceitos, métodos e atitudes. Além disso, acreditamos que as perguntas dos alunos exercem um papel essencial na resolução de problemas, particularmente nos de nível cognitivo mais elevado.

Segundo Almeida (2007), pode-se discutir a respeito das perguntas a partir de duas perspectivas em relação a elas: a dos professores e a dos alunos, sendo que seus primeiros estudos se dedicaram às perguntas do professor, e, recentemente, estão sendo investigadas as perguntas dos alunos. Já em relação às perguntas dos alunos no Ensino de Física, praticamente nenhuma pesquisa tem sido feita. Considera-se a pergunta como um termo mais amplo, que engloba questões. No entanto, nem todas as perguntas poderão ser consideradas questões, apenas aquelas que implicarem reflexão. Para Graesser, Person e Huber (1992), uma pergunta é uma expressão através da qual o interlocutor está, genuinamente, à procura de informação do ouvinte, não necessariamente através da forma interrogativa.

Estudos voltados para as perguntas geradas por estudantes em ciências têm se dedicado a esclarecer a natureza dessas questões (WATTS & ALSOP, 1995; WATTS, GOULD, & ALSOP, 1997), as características e influência de perguntas dos alunos sobre tarefas de investigação (CHAVES, 1998), o uso de perguntas dos alunos como indicadores de seus problemas de aprendizagem (MASKILL &

PEDROSA DE JESUS, 1997) e como uma ferramenta de avaliação alternativa (DORI & HERSCOVITZ, 1999), e a dificuldade de que os alunos têm de fazer perguntas sobre conceitos abstratos (OLSHER & DREYFUS, 1999).

Sales (2009) aponta que as perguntas provocativas se configuram numa importante ferramenta pedagógica auxiliadora da aprendizagem no ensino dos procedimentos de medição de uma grandeza física experimental, posto que as perguntas provocativas seguem um discurso reflexivo entre professor e aluno, proporcionando no contexto do laboratório didático maior reflexão sobre o conceito de medição. Ademais, também é de grande importância para identificação e relação das variáveis envolvidas em atividades de laboratório.

Segundo Lorencini Jr. (2000), a adoção do modelo didático de formulação de perguntas pelo professor promove mudanças significativas em sua prática educativa. Tais mudanças se referem, fundamentalmente, à postura pedagógica do professor frente ao processo de ensino e aprendizagem articulado com suas implicações sobre o currículo de Ciências. A prática do modelo didático de formulação de perguntas promove a flexibilização da postura pedagógica do professor no que se refere à redução das suas intervenções, proporcionando maior participação dos alunos. Para o autor, as perguntas têm funcionalidade em pelo menos três fases do processo de aprendizagem: na ativação dos conhecimentos prévios, no processamento das informações e na estabilização dos conhecimentos.

O questionamento, no entanto, é uma capacidade fortemente ligada à curiosidade e à vontade de aprender mais e melhor, mas, para isso, o aluno necessita identificar o que sabe e o que não sabe; precisa de um contexto que requer confiança para poder expressar as suas perguntas (PEDROSA DE JESUS; NERI DE SOUZA; TEIXEIRA-DIAS; WATTS, 2001). Entretanto, a excessiva formalidade das situações de ensino tradicional e a inibição naturalmente gerada pela exposição diante dos colegas e do professor (DILLON, 1988) são barreiras que também devem ser superadas. Assim, a criação de um ambiente de confiança na sala de aula é de reconhecida importância (WATTSS, *et al.*, 1997). É necessário encorajar a formulação de questões pelos estudantes, inovar na configuração do curso e realizar estratégias de ensino e aprendizagem alternativas. Assim, diversos autores focam a importância do questionamento e da argumentação na aprendizagem ativa dos alunos no contexto do desenvolvimento do pensamento crítico (LOUREIRO; NERI DE SOUZA; MOREIRA, 2010; PAUL; ELDER, 2001; WALKER, 2003).

De acordo com Souza e Sasseron (2010), a pergunta do professor em sala de aula é um dos elementos da dinâmica, ou seja, o professor que dita o “ritmo” de ensino em sala de aula associado a variações discursivas. Contudo, é o professor que decide o tipo de pergunta, a ordem, quem pode participar, por quanto tempo, enquanto dos alunos são esperadas as respostas. Para Almeida (2007), a maioria dos pesquisadores considera importante o tipo de questionamento do professor, especialmente o seu nível cognitivo, uma vez que as questões do professor devem estimular no aluno um nível de pensamento elevado.

Ao propor questionamentos, o professor pode problematizar situações relacionadas ao conhecimento prévio dos alunos. Nesse sentido, Moraes (2000) afirma que as perguntas serão mais significativas quanto mais estiverem relacionadas ao conhecimento prévio dos alunos. Por outro lado, segundo Almeida (2007), as perguntas dos alunos permitem também ao professor saber quais os seus interesses e aquilo que eles pretendem saber sobre determinado assunto. Consequentemente, os professores poderão vir a dar uma resposta mais eficaz às necessidades e aos interesses dos seus alunos. Ainda conforme Almeida (2007), além do questionamento e do auto-questionamento, são também muito importantes as perguntas levantadas entre os próprios alunos, pois o questionamento recíproco promove a construção social de conhecimento, uma vez que gera um contexto de iniciativa que, por sua vez, causa o aparecimento e a resolução de conflitos sócio-cognitivos, pois os alunos constroem novos entendimentos ao transformar conhecimentos anteriores, atingindo, portanto, a compreensão. Sendo assim, as perguntas de um aluno podem estimular a si e aos outros alunos a formular hipóteses, a fazer previsões, e a refletir sobre as suas ideias, o que pode dar origem a uma discussão produtiva, que poderá conduzir a uma construção significativa de conhecimento (CHIN, et al., 2002).

Porém, quando os investigadores, ao longo das últimas décadas (DILLON, 1983; NERI DE SOUZA, 2006; ROWE, 1986; STEVENS, 1912; TEIXEIRA-DIAS; PEDROSA DE JESUS; NERI DE SOUZA; WATTS, 2005), em diferentes contextos e níveis de escolaridade, observam o padrão de questionamento e argumentação em sala de aula, percebe-se que: i) existe um predomínio do discurso do professor; ii) as muitas perguntas (e os poucos argumentos) dos professores são em média fechadas e exigem pouca reflexão (denominadas pelos autores como perguntas de baixo nível cognitivo); iii) não existe tempo nem ambiente propício para o questionamento, para a argumentação e para o

pensamento dos alunos; iv) as poucas perguntas dos alunos também são de baixo nível cognitivo.

Mais recentemente, Almeida e Neri de Souza (2010), bem como Loureiro e Neri de Souza (2013), reforçam o quadro desse padrão de interação em sala de aula explicitando que: i) os professores formulam a maioria das perguntas em sala de aula; ii) as perguntas dos professores são de baixo nível cognitivo e sem intencionalidade pedagógica³; iii) os professores não esperam pelas respostas dos alunos; iv) os alunos formulam poucas perguntas; v) as perguntas dos alunos são de baixo nível cognitivo, não científicas ou descontextualizadas; vi) não existe estímulo para que os alunos formulem perguntas, mas sim para que deem respostas.

Algumas pesquisas indicam que as perguntas realizadas por estudantes podem revelar muito sobre a qualidade do entendimento conceitual (WATTS; ALSOP, 1995; WHITE; GUNSTONE, 1992; WOODWARD, 1992) em relação ao seu raciocínio (DONALDSON, 1978) e ao que os alunos querem saber (ELSTGEEST, 1985), sendo o auto-questionamento considerado também atividade metacognitiva (WONG, 1985). Fazer perguntas auxilia no processo de aprendizagem, pois os aprendizes tentam conciliar seu conhecimento prévio e as novas informações, buscando dar sentido a elas.

O questionamento aparece como ferramenta facilitadora da aprendizagem do aluno por favorecer a explicitação do seu conhecimento prévio e o desenvolvimento de capacidades de observação, investigação e explicação, assim como por estimular o estabelecimento de um maior número de conexões entre o real e o abstrato e contribuir para o progresso do aluno para níveis de maior complexidade conceitual.

Vários autores (GIORDAN; VECCHI, 1996; MORAES, 2000; COELHO; KOHL; DI BERNARDO, 2002) destacam a importância do questionamento na aprendizagem. Segundo Moraes (2000), a atitude questionadora está diretamente relacionada com a atitude pesquisadora, estabelecendo-se uma relação de partida e contrapartida, de pergunta e de informação, cada resposta podendo ser um questionamento que, se devidamente elaborado pelo professor, passa a constituir um verdadeiro desafio ao aluno. A ausência de questionamento é concebida, muitas

³ Para os autores (ALMEIDA; NERI DE SOUZA, 2010) e (LOUREIRO; NERI DE SOUZA, 2013), a falta de intencionalidade pedagógica traduz-se em perguntas de caráter exclusivamente acadêmico sem contextualização com a vida real, ou caráter CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).

vezes, como um obstáculo na construção do saber e sua presença aparece como um dos aspectos positivos, tanto na ação do professor como na dos alunos (COELHO; KOHL; DI BERNARDO, 2002). Giordan e Vecchi (1996, p. 169) consideram essencial, portanto, criar situações científicas perturbadoras caso se deseje ir mais adiante na construção do saber. Para esses autores, é por meio de questionamentos que o aluno seleciona as informações que apreende.

Segundo Schein e Coelho (2006), em uma abordagem construtivista, é reconhecido que o aluno possui um conhecimento anterior, no qual se ancora o novo, construído através do diálogo, da pesquisa, da leitura, da reflexão e das interações com seu cotidiano, com o professor e com os próprios colegas. Ainda segundo as autoras, na concepção da educação pela pesquisa, o aluno passa a ser o centro, o sujeito e o professor, o orientador, e é este último quem propicia ao aluno ser o sujeito e o centro de processo ensino e aprendizagem. O professor deixa de ser o único detentor do conhecimento e passa a ser um pesquisador e orientador junto a seu aluno. Nesse sentido, de acordo com Demo (2000a), a educação pela pesquisa libera o aluno da passividade.

Diante do exposto, conclui-se que as atividades experimentais investigativas propiciadas pela interação entre os sujeitos e entre estes e o mundo dos objetos, assim como pelas intervenções do professor e dos alunos, favorecem a aprendizagem de conceitos. Por sua vez, percebe-se que a aquisição de novos conceitos pelos alunos passa a interferir em suas ações no decorrer da experimentação. Ainda segundo Schein e Coelho (2006), ratifica-se a ideia de que a problematização é uma das formas de colocar a mediação em prática. O professor é o agente que consegue descobrir as falhas cognitivas dos seus alunos e, para solucioná-las, promove questionamentos, uma vez que ouvir o aluno constitui-se como um exercício fundamental para que o professor possa elaborar questionamentos adequados. Da mesma forma, o tempo destinado para o aluno criar seus próprios questionamentos torna-se decisivo no processo de aprendizagem.

A análise descritiva apresentada neste trabalho sobre o papel do questionamento sugere um possível caminho que pode servir para incentivar professores a repensarem sua prática, redimensionando a importância do questionamento em suas estratégias de ensino-aprendizagem. Questiona-se: **Como a prática pedagógica pode influenciar nas perguntas realizadas pelos alunos?** Assim, tomando como foco a abordagem realizada pelo professor e como isso influencia o ato de fazer perguntas por parte dos alunos, trataremos a seguir sobre a

tradição de não se fazer muitas perguntas em áreas de ciências exatas, especificamente em física, assim como em atividades práticas de laboratório.

2.3 TIPOS DE PERGUNTAS

No esforço de analisar o papel do professor na formulação de perguntas, tentaremos melhor compreender os tipos de perguntas. Para tal, usaremos o recurso das categorizações, que servem para diagnosticar o significado e a origem das questões, e para estruturar as ações de quem responde (VAN DER MEIJ, 1994). Almeida (2007) considera duas grandes categorias para os tipos de perguntas feitas pelo professor, a saber, perguntas abertas e perguntas fechadas.

As perguntas abertas implicam que, para a mesma pergunta, várias respostas possam ser aceitas como corretas, encorajando a criatividade e o pensamento crítico. Permitem que o aluno se expresse com suas próprias palavras, revelando sua forma de pensar. As perguntas fechadas, por outro lado, solicitam respostas exatas, pontuais, normalmente curtas e pouco variadas. Dificilmente permitem identificar o nível de conhecimento dos alunos. O uso demorado de perguntas fechadas feitas pelo professor repercute em aulas nas quais prevalece a memorização. Em contrapartida, as aulas nas quais predominam perguntas abertas deixam que o aluno exponha suas ideias, permitindo ao professor analisá-las.

É importante que o professor prepare suas aulas em uma perspectiva mais dinâmica, variando os tipos de perguntas, de forma que possa acompanhar melhor o processo de aprendizagem de seus alunos.

Souza e Sasseron (2010) preocupam-se com as interações discursivas na sala de aula. Tendo em vista as perguntas que o professor propõe nesse espaço, os autores classificam as perguntas da seguinte maneira:

1) Perguntas de levantamento – Relacionadas diretamente com o trabalho com os dados e informações existentes, auxiliam os alunos a planejar e buscar soluções para um problema, explorando seus conhecimentos antes deles o resolverem. Ademais, expõem suas visões de modo a contrastá-las no percurso da atividade. É um tipo de pergunta que visa a esclarecer a situação de aprendizagem proposta. Sendo um experimento, permite entender os procedimentos, os aparelhos e métodos de medidas; sendo a discussão de um texto, ajuda a esclarecer significados, trazendo à tona as diferentes visões dos estudantes. Em suma, essas perguntas levantam as demandas do problema para que os

alunos iniciem a organização das informações necessárias para resolvê-lo.

2) Perguntas de especificação – Assim como as de levantamento, essas perguntas também estão voltadas para o trabalho com dados e informações. No desenvolvimento da investigação, elas direcionam o olhar do aluno para as variáveis envolvidas, relacionando-as, procurando um grau maior de precisão, comparando ideias, propondo inversões e mudanças. Ainda, levam o aluno a acrescentar ou descartar variáveis, modificar o problema para fixar as variáveis relevantes. Permitem, por fim, a tomada de consciência dos dados do problema.

3) Perguntas para sistematização – Com questões desse tipo, espera-se que os alunos já estejam construindo explicações para o fenômeno investigado. Buscando concretizar o aprendizado na situação proposta, levam o aluno a raciocinar sobre o assunto e a construir o modelo para explicar o fenômeno estudado. Com as perguntas dessa categoria, os alunos são instigados a defender suas ideias e, portanto, justificá-las na elaboração de seus modelos explicativos.

4) Perguntas de extrapolação – Essas perguntas referem-se à vida do aluno e à aplicação dos conhecimentos desenvolvidos em outras situações. O objetivo de perguntas como essas é promover a construção de explicações mais consistentes. Para tanto, poderão fazer referência à utilização, em outro contexto, daquela ideia construída. Assim, são questões que extrapolam o problema, fazendo os alunos traçarem conexões do conceito além daquele contexto, por meio de sua vivência. Com isso, permitem que previsões sejam delimitadas e opiniões sejam contrapostas.

Apesar das perguntas dos professores desempenharem um papel importante no processo de ensino e aprendizagem, interessa-nos olhar mais atentamente os tipos de perguntas feitas pelos alunos em aulas de ciências, especificamente os professores de Física em formação.

Segundo Bloom (1944, 1972), muitas pessoas reconhecem que a capacidade humana de aprendizagem difere de uma pessoa para outra e, por um grande período, acreditou-se que a razão pela qual uma porcentagem de discentes obtinha desempenho melhor do que outros estava relacionada às situações e variáveis existentes fora do ambiente educacional e que, nas mesmas condições de aprendizagem, todos aprenderiam o conteúdo com a mesma competência e profundidade.

Segundo Ferraz e Belhot (2010), a taxonomia de Bloom sobre o domínio cognitivo é estruturada em níveis de complexidade crescente, do mais simples ao mais complexo, o que significa que, para adquirir uma nova habilidade pertencente ao próximo nível, o aluno deve ter

dominado e adquirido a habilidade do nível anterior. De acordo com essa taxonomia, como descrevem Ferraz e Belhot (2010), só após conhecer um determinado assunto alguém poderá compreendê-lo e aplicá-lo. Assim, classificam as habilidades de domínio cognitivo em:

1. **Conhecimento:** habilidade de lembrar informações e conteúdos previamente abordados, tais como fatos, datas, palavras, teorias, métodos, classificações, lugares, regras, critérios, procedimentos, etc. Essa habilidade pode envolver lembrar uma significativa quantidade de informação ou fatos específicos. O objetivo principal dessa categoria nível é trazer à consciência esses conhecimentos.

2. **Compreensão:** habilidade de compreender e dar significado ao conteúdo. Essa habilidade pode ser demonstrada por meio da tradução do conteúdo compreendido para uma nova forma (oral, escrita, diagramas, etc.) ou contexto. Nessa categoria, encontra-se a capacidade de entender a informação ou fato, de captar seu significado e de utilizá-la em contextos diferentes.

3. **Aplicação:** habilidade de usar informações, métodos e conteúdos aprendidos em novas situações concretas. Isso pode incluir aplicações de regras, métodos, modelos, conceitos, princípios, leis e teorias.

4. **Análise:** habilidade de subdividir o conteúdo em partes menores com a finalidade de entender a estrutura final. Essa habilidade pode incluir a identificação das partes, análise de relacionamento elas e reconhecimento dos princípios organizacionais envolvidos. Nesse ponto, é necessário não apenas ter compreendido o conteúdo, mas também a estrutura do objeto de estudo.

5. **Síntese:** habilidade de agregar e juntar partes não organizadas com a finalidade de criar um novo todo. Essa habilidade envolve a produção de uma comunicação única (tema ou discurso), um plano de operações (propostas de pesquisas) ou um conjunto de relações abstratas (esquema para classificar informações).

6. **Avaliação:** habilidade de julgar o valor do material (proposta, pesquisa, projeto) para um propósito específico. O julgamento é baseado em critérios bem definidos que podem ser externos (relevância) ou internos (organização) e podem ser fornecidos ou conjuntamente identificados. Trata-se da habilidade de julgar o valor do conhecimento.

Avançando um pouco mais nas pesquisas existentes sobre o papel das perguntas dos alunos no processo de construção do conhecimento, encontramos as categorizações de Chin (2001), que

realizou um estudo em que foram identificadas questões básicas feitas por alunos de Ensino Médio durante a aula. As categorias que apresenta são:

- **Questões pontuais:** são perguntas fechadas, geralmente exigindo apenas recordação de informações, relativas à informação no livro ou alguma observação feita sobre um evento;

- **Questões processuais:** buscam esclarecer um determinado procedimento ou alguma tarefa a ser realizada.

Outras perguntas aparecem na pesquisa de Chin (2001), que foram classificadas num nível conceitualmente superior, que seriam:

- **Questões de compreensão:** são questões que procuram uma explicação de algo que não foi compreendido;

- **Questões de previsão:** envolvem alguma especulação ou hipótese verificação;

- **Questões de detecção de anomalia:** quando o aluno expressa ceticismo ou detecta algumas informações discrepantes ou conflito cognitivo e procura tratar os dados anômalos;

- **Questões de aplicação:** quando o aluno se questiona a respeito da finalidade da informação;

- **Questões de planejamento ou estratégia:** quando o aluno se pergunta como melhor proceder na próxima etapa.

Dentre esses tipos de perguntas, no resultado de sua pesquisa, a autora verificou que 65% das perguntas são de caráter processual em atividades de classe.

Outro estudo que ilumina a questão foi realizado por Pedrosa de Jesus (1991), que concluiu que as perguntas dos alunos tinham como principais funções:

- Reforço da pergunta do professor;
- Procura por concordância e/ou apoio;
- Confirmação de informação;
- Pedidos de informação;
- Pedidos de clarificação;
- Procura por orientação na identificação ou resolução de problemas;

- Procura por orientação quando fazem inferências ou testam hipóteses;

- Procura por orientação em procedimentos experimentais, e

- Perguntas de ajuda à gestão da aula (pergunta de rotina).

Nesse estudo, as principais funções das perguntas dos alunos correspondem a pedidos de informação e clarificação (53%). As

perguntas que solicitaram concordância e/ou apoio também representam uma percentagem significativa (17%), acontecendo o mesmo com as perguntas de rotina (13,7%). Apenas 6% das perguntas formuladas pelos alunos revelam um pouco mais de raciocínio.

Autores como Chin (2001) e Pedrosa de Jesus (1991) apontam que os alunos fazem mais perguntas procedimentais em aulas que envolvem conhecimento científico. Desse modo, Chin (2001) classifica como questões pontuais perguntas que requerem informação. De modo semelhante, Pedrosa de Jesus (1991) chama de pedidos de informação e de clarificação. Já para a taxonomia de Bloom et. all (1956), seriam perguntas de caráter informativo. Novamente, dentro dessa classificação, para os autores tem o objetivo de confirmar e clarificar a informação.

Pedrosa de Jesus (1991) também elenca o reforço da pergunta do professor e a procura por concordância e/ou apoio e confirmação de informação, enquanto Chin (2001) trata de questões de previsão, que envolvem especulação e hipóteses levantadas pelos alunos, e, nesse sentido, se assemelham com o que Pedrosa de Jesus (1991) trata da procura por orientação, quando os alunos fazem inferências ou testam hipóteses. Estas, segundo a taxonomia de Bloom, representam o nível de aplicação e são perguntas de utilização de conhecimentos prévios para estabelecer relações com a informação nova.

Desse modo, achamos pertinentes as classificações trazidas pelos autores, embora percebamos que estas também podem aparecer não apenas no contexto de uma atividade procedimental, mas também em outras situações, como, por exemplo, uma discussão conceitual em sala de aula.

No trabalho de Winberg e Berg (2007) foram criadas categorias devido ao aparecimento destas perguntas na atividade de laboratório, a saber:

Categoria 1: expressão equivocada. Há clara confusão de conceitos ou dos objetivos do exercício de laboratório.

Categoria 2: descreve o procedimento experimental. Essa categoria inclui, por vezes, declarações que também foram codificados em outras categorias.

Categoria 3: menções a conceitos e/ou a ideias relevantes. O estudante menciona um conceito, mas não revela qualquer sugestão de realmente compreender o significado do conceito.

Categoria 4: comentários sobre aspectos concretos de um fenômeno.

Categoria 5: o aluno usa conceitos isolados ou ideias de forma relevante.

Categoria 6: o aluno usa dois ou mais conceitos ou ideias, bem integrados, de forma relevante.

Categoria 7: o aluno implementa conceitos ou ideias fora do contexto definido pelo curso.

Entende-se que o uso combinado de atividades de simulação e experimentação tem influenciado os estudantes a fazer mais questões teóricas durante o seu trabalho de laboratório e que, durante o exercício de laboratório, as perguntas que os alunos fizeram aos seus professores foram utilizadas como indicadores de foco cognitivo. Estudos apontam que muitos professores acreditam que exercícios de laboratório de ensino superior têm o potencial não apenas de ajudar os alunos a confirmar, elaborar e colocar o conhecimento teórico em um significativo contexto, mas também de ajudá-los a aprender metodologia científica e cultivar habilidades práticas (WINBERG; BERG, 2007).

Assim, nos preocupa o fato de os alunos não fazerem perguntas de nível mais elevado ou quando, durante a sua formação, não relacionam conceitos com a prática. De acordo com os estudos de Chin (2001) e Pedrosa de Jesus (1991), as perguntas mais elaboradas exigem conhecimentos prévios. Acreditamos ser mais complexo fazer uma pergunta que relacione teoria e prática. Some-se a isso o fato de que é difícil relacionar os conceitos dessa com o dia a dia ou, então, criar hipóteses e fazer comparações entre eles.

Almejamos uma educação de qualidade que propicie o entendimento de conceitos de Física Moderna. Entretanto, os estudos mostram que são feitas poucas perguntas conceituais por parte dos alunos em áreas de conhecimento científico e menos ainda quando envolvem atividades experimentais.

Anteriormente, anunciamos que, em momento oportuno, trataríamos das potencialidades do uso das tecnologias no ensino de Física Moderna. Aqui, reforçamos essa demanda ao pensar em como uma educação poderia ser mediada pela tecnologia. Se, por um lado, temos uma maior possibilidade de exposição de fenômenos por meio das tecnologias digitais, de outro, temos as relações mediadas pelas ferramentas tecnológicas de interação social, como acontece na oferta de cursos na modalidade de Educação a Distância, por exemplo. Como o ensino de Física Moderna poderia ser influenciado por esses novos recursos e seus usos?

Dessa forma, faz-se necessário olhar para o contexto atual, em que não nos desvinculamos do uso de tecnologias para a comunicação. É

importante repensar o processo de ensino e aprendizagem com os recursos tecnológicos de maneira que potencialize seu uso, partindo-se da relação entre os pares e a mediação do professor, considerando as interfaces que viabilizam a comunicação e a aquisição do conhecimento, com o foco na autonomia dos alunos.

No próximo capítulo, trataremos da imersão na cibercultura.

3 IMERSÃO NA CIBERCULTURA

A comunicação atualmente se dá de forma interativa e mediada, isto é, ela deixa de ser imediata quando passa a depender de outros meios materiais para que aconteça. Por isso, a partir da aplicação de tecnologias da comunicação, desde os meios impressos até a nova mídia digital (que são, por exemplo, as redes sociais, portais, blogues, chats, sites, assim como o cinema, rádio, música e televisão), novas formas de comunicar têm se configurado através desses meios tecnológicos, o que tem auxiliado a estruturar a chamada cibercultura.

Pierre Lévy (1999) defende que o uso das tecnologias para a comunicação e informação gera uma nova relação com o saber, pois proporciona maior interatividade dos sujeitos por meio da comunicação virtual. Segundo ele, a cibercultura é um movimento que oferece novas formas de comunicação, refletindo a “universalidade sem totalidade”, ou seja, a interconexão mundial de computadores forma a grande rede, na qual cada nó é fonte de heterogeneidade e diversidade de assuntos, abordagens e discussões, ambos em permanente renovação. Para Rüdiger (2013), a palavra cibercultura emerge no contexto atual para dar conta dos fenômenos que nascem à volta das novíssimas tecnologias de comunicação, da chamada informática de comunicação ou mídia digital interativa.

A tecnologia pode ser compreendida, como foi apresentada por Feenberg (2010), como um meio pelo qual a ação instrumental substitui a compreensão comunicativa mediante objetivos marcados pelo interesse em qualquer esfera social. Entende-se que a teoria crítica da tecnologia de Feenberg (2010) busca compreender os esforços de resistência dos movimentos em favor da abertura das especificações das tecnologias em diferentes áreas de conhecimento (NEDER, 2010). Ao pensar historicamente no quanto a tecnologia influencia no meio social, Rüdiger vai dizer que:

Desde o séc. XVII converte-se a técnica, informada pelas ciências, em poderosa força de intervenção material, que afeta cada vez mais nosso modo de ser, a vida cultural e as formas de sociabilidade, conforme dá prova agora a própria cibercultura. A cibercultura, com efeito expressa e, às vezes, articula para o homem comum as circunstâncias históricas mais abrangentes que vão

surgir em um mundo com a progressiva informatização da era maquinística surgida naquela época. (RÜDIGER, 2013, p.12).

Conforme o autor, as transformações provocadas pela tecnociência influenciam na vida cotidiana. Assim, Rüdiger (2013) também traz três tendências sobre a relação entre homens e tecnologia na cibercultura, identificando-as como: (i) os “conservadores midiáticos”, ou seja, pessoas que veem como um desafio proteger os direitos de propriedade intelectual, dentro do contexto da tecnologia digital do século XXI; (ii) os “populistas tecnocráticos”, para quem o conhecimento passou a se disseminar horizontalmente, conferindo maior poder ao indivíduo, relativamente às organizações verticais e centralizadas nos tempos da velha mídia e das indústrias da cultura; e (iii) os “ciber criticistas”, que são pessoas que pontuam o vínculo entre cibercultura e poder, enfatizando o que esse elo provoca no indivíduo.

Para estes últimos, a tecnologia encontra-se em relação dialética com algo não técnico. A comunicação por meio do computador e a cibercultura a que isso deu lugar não se desenvolveram apenas em termos funcionais e científicos. Considera-se, então, que, nessa tendência, a tecnologia é considerada um processo social, pois os sujeitos da cibercultura procuram explorar sua identidade de forma livre, fluida e idealizada, tanto quanto se inserir em comunidades de interesse e compartilhamento de compromissos (RÜDIGER, 2013).

Entendemos que esses três posicionamentos mostram formas distintas de pensar a tecnologia, pois remetem a uma maior reflexão sobre como a tecnologia está sendo utilizada no nosso dia a dia, bem como a questões voltadas para toda a esfera social, inclusive para a educação com a utilização das mídias digitais. Concordamos com a tendência ciber criticista, pois, fazendo um vínculo com a educação, entendemos que a tecnologia é um processo social do qual os sujeitos podem usufruir e buscar informações livremente, possibilitando o compartilhamento dos resultados encontrados e conferindo ao usuário a autonomia de escolher onde e como quer buscar seu conhecimento.

3.1 A EDUCAÇÃO MEDIADA PELA TECNOLOGIA

Existem desafios quando se pensa na docência com o uso de TIC, pois, no contexto do uso de novas tecnologias no meio educacional,

acreditamos na necessidade de que a formação docente seja contínua. De acordo com Belloni (2011), as profundas mudanças socioculturais e as incríveis mutações tecnológicas ocorridas ao longo do século XX exigem dos indivíduos do século XXI novas competências comunicacionais e novos modos de aquisição do saber (aprender a aprender e reaprender constantemente).

Percebemos que, historicamente, as tecnologias influenciam na nossa forma de interagir e nos comunicar. Vemos a necessidade de olhar mais atentamente para questões que envolvem a educação por meio das tecnologias e como o aluno interage com essas tecnologias. Assim, resta saber: **Como o uso de novas tecnologias auxilia no aprendizado?**

Para compreender esse processo, é preciso também considerar o engajamento dos docentes na utilização de recursos tecnológicos. Lapa e Belloni (2012) apontam que a educação para a cidadania pela mídia-educação está associada à apropriação crítica e criativa das mídias em duas dimensões: como ferramenta pedagógica e como objeto de estudo. De acordo com as autoras, a mídia-educação propõe uma perspectiva metodológica que transcende o domínio da técnica e se ancora numa concepção construtivista, concebendo a educação como um processo ativo de formação do cidadão autônomo capaz de usar, como protagonista, os meios de comunicação disponíveis para assegurar seus direitos e ter participação ativa na sociedade. Desse modo, é importante repensar a formação de futuros docentes, em especial na formação científica e tecnológica no contexto da sociedade atual. As autoras defendem que a educação a distância pode ser um espaço de formação crítica, desde que assumida pela perspectiva da mídia-educação.

Fazendo uma relação com os sujeitos da cibercultura, que buscam a informação de forma mais livre e que interagem com os grupos de interesse, no contexto da mídia-educação, busca-se pensar em estratégias didáticas para potencializar o uso da ferramenta. Dessa forma, de acordo com Lapa e Belloni (2012), pensa-se em uma educação com e através das mídias digitais que não apenas prepare os indivíduos para o uso de novos recursos tecnológicos, mas que forme para uma apropriação crítica e consciente de seus conteúdos éticos e estéticos. Conforme Bezerra e Aquino (2011), é necessário que tanto os professores quanto os pesquisadores da educação busquem aprofundar seus conhecimentos acerca das tecnologias para desvelar suas nuances, delimitar e investigar problemas relevantes e, por fim, elaborar propostas teórico-metodológicas para a ação educativa no cenário atual.

Hall e Hord (1987, apud ESPÍNDOLA, 2010) propõem um Modelo de Adoção Baseado nas Preocupações (MABP), que tem como

objetivo descrever os processos de mudança no ensino. Parte-se do pressuposto de que a incorporação de novas práticas no ensino é um processo em desenvolvimento devido à experiência pessoal de cada educador. Esse modelo baseia-se na psicologia cognitiva e discorre sobre dois aspectos do processo de integração de tecnologias, sendo eles os aspectos emocionais, que são expressos nos tipos de preocupações dos professores, e os comportamentais, que caracterizam os níveis de uso da inovação por parte dos professores com os níveis de uso das tecnologias.

No caso do aspecto comportamental descrito, é possível mapear qual nível de apropriação do uso das tecnologias o professor se encontra, sendo que esse nível é reflexo de sua prática. De acordo com Hall e Hord (1987, apud ESPÍNDOLA, 2010, p. 32-33), os níveis são: “i) não-uso, quando tem pouco ou nenhum conhecimento sobre a inovação e não faz nenhum movimento no sentido de integrá-la; ii) orientação, quando o professor está obtendo informações sobre a inovação e explorando suas vantagens; iii) preparação, quando o professor está preparando o primeiro uso da inovação; iv) uso mecânico, caracterizado por um professor focado em resolver questões de curto prazo, não refletindo sobre o uso da inovação e adotando mudanças mais voltadas para atender as suas necessidades e não a de seus alunos; v) rotina, quando o professor já se familiarizou com a inovação e faz pouca ou nenhuma mudança no foco do seu uso, mas já reflete sobre melhorias ou sobre as consequências de sua adoção; vi) refinamento, quando o professor varia suas formas de uso, a partir das reflexões sobre sua experiência de uso anterior, visando o benefício para os alunos; vii) integração, quando há colaboração dos pares também usuários da inovação, que planejam modificações conjuntas para benefício de seus alunos; e viii) redefinição, momento em que o professor modifica e adapta a inovação conforme suas necessidades, provocando mudanças significativas na inovação e na sua prática”.

Contudo, é importante repensar a prática docente com o uso das TIC, assim como é necessário buscar a atualização de conhecimentos e competências para que o ensino não se torne rotineiro e que a sociedade em geral possa usufruir dos resultados das pesquisas e das inovações curriculares e tecnológicas:

As tecnologias permitem descortinar várias formas de captar e mostrar o mesmo objeto, representando-o sob ângulos e meios diferentes: pelos movimentos, cenários, sons, integrando o

racional e o afetivo, o dedutivo e o indutivo, o espaço e o tempo, o concreto e o abstrato (MORAN, 2007, p.164).

3.2 A EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

A modalidade de Educação a Distância (EaD) torna-se uma oportunidade para os professores que antes só atuavam no ensino presencial repensarem sua prática, pois o envolvimento do professor na EaD viabiliza maior reflexão em seu planejamento de atividades com o uso das TIC como um recurso com potencial transformador para a educação. Também exige que o docente trabalhe com uma equipe multidisciplinar para o desenvolvimento de materiais, discuta sobre o planejamento da disciplina com profissionais como Designers Educacionais, Tutores e outros professores, caracterizando-se como uma docência compartilhada.

Porém, ainda existem dificuldades devido à compreensão que se tem do uso das tecnologias, pois ainda existem docentes que resistem ao seu emprego em sala de aula, preferindo atividades mais tradicionais, problema que reflete em sua prática quando leciona na Educação a Distância (EaD). Pensando na apropriação das TIC na modalidade de Educação a Distância, Lapa e Pretto (2010) salientam que o professor, ao aceitar trabalhar na modalidade a distância, enfrenta uma série de desafios acrescidos dos que já enfrenta no ensino tradicional⁴. Portanto, o docente busca usar as novas tecnologias, mas ainda tem como referência a atividade do ensino presencial.

O desafio de mudar essa educação tradicional está também na modalidade presencial, mas o trabalho na EaD permite ao professor repensar sua prática e mudá-la porque vai ter que reformular seu planejamento de ensino, de maneira que ele aconteça mediado pelas TIC. Durante a prática do professor que leciona na EaD, além de precisar utilizar as TIC, o docente tem como apoio outros profissionais, tanto para criação e desenvolvimento de materiais como para resolver questões relacionadas a avaliação e elaboração de atividades. Não obstante a TIC não promova a mudança sozinha, ela oportuniza um

⁴ O ensino tradicional, segundo os autores (2010), é a metodologia tradicional (com ou sem TIC) de exposição de conteúdos, lista de exercícios, avaliação de conteúdo assimilado, ou seja, independente do recurso utilizado, seja quadro e giz ou *Datashow*, sua prática continua a mesma.

ensino mais colaborativo, permitindo que o professor repense sua prática e procure inovar. Do mesmo modo, Moran (2007, p.164) defende que:

[...] as tecnologias são pontes que abrem a sala de aula para espaço extraescolar, que representam/medeiam o nosso conhecimento do mundo. São apresentadas diferentes formas de representação da realidade, desde o mais abstrato ou a mais concreta, mais estática ou mais dinâmica, mais linear ou mais paralela, mas todas elas combinadas e integradas, possibilitam uma melhor apreensão da realidade e o desenvolvimento de todas as potencialidades do educando, dos diferentes tipos de inteligência, habilidades e atitudes.

Na Educação a Distância, o Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA) é semelhante a uma sala de aula, que possibilita a exploração de conceitos pela equipe docente, tratando-se de um recurso de Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) voltado para fins educativos.

Entende-se que, no contexto de ensino com uso de recursos tecnológicos, é imprescindível conhecer as potencialidades e as limitações que o recurso escolhido oferece. Porém, anterior a isso, existe um tema e um problema da área a ser tratado: como o conteúdo específico de uma disciplina e uma intenção pedagógica, ou seja, a metodologia a ser trabalhada, podem ser pensados de modo a relacionar o conteúdo e o recurso com que será feita a mediação pedagógica.

Portanto, seria interessante olhar como têm acontecido as práticas de ensino de Física no contexto da modalidade a distância, pois seu contexto de ensino é híbrido, composto por momentos presenciais e momentos a distância, estes mediados pelas TIC.

3.3 NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA

A mediação dos conteúdos no curso de Licenciatura em Física na modalidade a Distância se dá através de diferentes tipos de recursos didáticos, tais como livros didáticos, aula presencial, acesso ao AVEA, videoconferências e vídeo-aulas.

O docente que atua na EaD tem como obrigação utilizar as TIC em suas aulas. Assim, torna-se de interesse pensar como esse docente promove a mediação pedagógica por meio de recursos tecnológicos, sendo importante olhar também como acontece a prática desse professor que atua na EaD e quais são suas intenções pedagógicas com o uso desses recursos. Desse modo, pode-se repensar a forma como ocorre a mediação pedagógica através das TIC, assim como o próprio planejamento da disciplina.

Ao se relacionar com a proposta da mídia-educação, segundo Belloni (2001), o desafio se torna construir novas formas de educação voltadas para a apropriação crítica e criativa das tecnologias sem deixar de construir novos conhecimentos que fundamentem a reflexão sobre as relações entre tecnologia e sociedade, e especificamente uma sociopolítica dos usos. Logo, é necessária uma familiaridade com recursos tecnológicos na modalidade de educação a distância com vistas a promover a interação entre os alunos e professores. Gutierrez e Prieto (1994) entendem por mediação pedagógica, nesse sentido, o tratamento de conteúdos e das formas de expressão dos diferentes temas a fim de tornar possível o ato educativo. Entende-se que, para sustentar esse ato educativo, deve-se pensar em estratégias didáticas que possibilitem a interação no decorrer da disciplina.

No contexto do ensino de física, para Chaves e Shellard (2005), as novas tecnologias têm tido impacto positivo na pesquisa em ensino de física. Segundo os autores, o uso de ferramentas de hipermídia que combinam visualização, imagem, discussão, textos, vídeos, roteiros para reflexão, entre outros materiais disponíveis on-line, contribuiu para a melhoria da aprendizagem dos alunos, de modo que outras tecnologias de uso da imagem, como o vídeo, apresentam interesse como estratégias para o ensino em razão de suas múltiplas formas de utilização em sala de aula.

Segundo Chaves e Schellard (2005), as demonstrações em vídeo não substituem a atividade experimental, mas contribuem para o desenvolvimento conceitual de forma significativa. Eles chamam a atenção sobre como vem acontecendo em relação ao desenvolvimento científico e o papel da tecnologia no ensino, pois tem modificado as metas dos cursos, bem como levantado a problemática do acesso eficiente a essas tecnologias. Nesse sentido, preparar os estudantes para a sociedade de hoje não significa somente engajá-los no projeto que liga tecnologias avançadas com importantes tópicos das ciências, mas, principalmente, significa dar condições para que desenvolvam a

habilidade de usar ferramentas tecnológicas e aprender a partir da aplicação dessas tecnologias (CHAVES; SCHELLARD, 2005).

Para Belisário (2001 *apud* ABEGGI et al, 2012), a introdução de novas tecnologias para problematizar situações reais no ensino da Física não é a solução para os grandes problemas e desafios enfrentados pela educação em nosso país. Porém, é viável dizer que a utilização simultânea de animações, vídeos ou arquivos de áudio em um hipertexto trazem possibilidades para interagir com essas animações e para traçar caminhos diversos para a realização dos estudos, o que pode ser essencial para a garantia de motivação ao exigirem uma atitude mais ativa do “leitor” frente à tela do computador.

Dessa forma, é importante pensar em estratégias didáticas de uso das TIC que contemplem os problemas da área de Ensino de Física, que instiguem interesse e motivem os alunos. Percebe-se que o uso desses recursos pode ser diferenciado dependendo do tipo de fenômeno natural a ser tratado. No caso da Física Clássica, o tipo de natureza que lidamos é macroscópico, de modo que o uso de simulações e animações muitas vezes acaba sendo demasiadamente simplificado em relação à situação real e, às vezes, esses materiais parecem “infantilizados”. No entanto, quando se trata da Física Moderna e Contemporânea, o fenômeno ocorre numa escala não visível para os sentidos humanos, de forma que o uso de recursos que possibilitam a visualização pode facilitar o seu entendimento. Desse modo, interessa olhar para as particularidades de uma aula de laboratório com o uso de simuladores e as possíveis contribuições para o aprendizado de Física Moderna.

Para um maior entendimento a esse respeito, a seguir trataremos sobre o uso de simuladores para o Ensino de Física.

3.4 USO DE SIMULADORES NO ENSINO DE FÍSICA E O DESAFIO NA DOCENCIA COM TIC

Segundo Fiolhais e Trindade (2003), uma vez que as leis da Física são expressas por equações, pode-se construir um modelo e simular de imediato um dado problema físico. No caso, ao usar simulações computacionais baseadas num modelo da realidade física, as ações básicas do aluno consistem em alterar valores de variáveis ou parâmetros de entrada e observar as alterações nos resultados.

Refletindo a respeito das potencialidades de simulações computacionais como mediadores para educação científica, Giordan (2008) afirma que a simultaneidade da presença e do controle dos

fatores empíricos e teóricos do fenômeno simulado nos põe diante de cenários inexplorados de investigação sobre a construção de significados. Sendo assim, diferentemente do fenômeno real, da animação ou da reprodução audiovisual, a simulação se torna cenário ímpar de referências para o aluno elaborar significados. Assim, o ambiente simulado combina diferentes formas de representação e de ação, o que pode vir a desencadear processos de produção de sentido de alto valor cognitivo.

Apesar das simulações não substituírem por completo a realidade que representam, elas também são úteis para abordar experiências difíceis ou impossíveis de realizar na prática. No entanto, uma limitação no uso de simuladores, segundo Hennessy, Deaney e Ruthven (2006) ressaltam, é que as idealizações propostas pelas simulações computacionais podem ser relacionadas com algo invisível e inquestionável, dando a impressão aos estudantes de que todas as variáveis são facilmente controláveis.

3.5 O POTENCIAL DO USO DE SIMULADORES INTEGRADOS A ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

As simulações computacionais, bem como exercícios de papel e lápis, têm sido propostas como uma estratégia para situar o conhecimento teórico no contexto de laboratório, ajudando os alunos ativamente a analisar e elaborar conceitos centrais anteriores ao seu trabalho de laboratório (Johnstone, 1997).

Muitas vezes em simulações, a ideia central é proporcionar uma situação complexa e dinâmica na qual os alunos utilizem os seus conhecimentos sobre o conceito alvo para avaliar observações do sistema, colocando novas questões e experimentos de design para responder a essas perguntas (DE JONG; VAN JOOLINGEN, 1998).

Do mesmo modo como as simulações podem, eventualmente, simplificar alguns conceitos, elas facilitam o entendimento parcial de um fenômeno mais complexo, preparando o aluno para lidar com situações reais posteriormente, assim como fazer testes e levantamento de hipóteses. No entanto, autores como Jaakkola e Nurmi (2008) destacam que as simulações computacionais podem simplificar excessivamente sistemas que são muito complexos, e que nem sempre os alunos acreditam que as leis e princípios observados na simulação computacional se aplicam também ao mundo real.

Também existem críticas a respeito da abordagem tradicional das atividades experimentais, pois podem consumir muito tempo (BORGES, 2002) com operações de montagem dos equipamentos, atividades de coleta de dados e cálculos para obter respostas esperadas e pouco relacionadas com a reflexão sobre os significados e implicações dos resultados encontrados.

Hodson (1994) aponta o computador como uma alternativa para a realização de experimentos que são demasiadamente difíceis, caros, consomem muito tempo ou são muito perigosos para serem realizados de outra maneira. Levando em consideração as limitações de atividades computacionais simuladas, mas pensando numa melhora para o ensino e aprendizagem de Física nas escolas, Zacharia (2007) investiga o valor da combinação de Experimentação Real (ER) com Experimentação Virtual (EV) no que diz respeito às mudanças na compreensão conceitual dos alunos a respeito de circuitos elétricos. Jaakkola e Nurmi (2011) também investigam os benefícios de combinar atividades de simulação e de laboratório em vez de usá-los separadamente ao ensinar os conceitos de eletricidade.

Como mencionado anteriormente, as pesquisas feitas pelos autores Zacharia (2007) e Jaakkola e Nurmi (2011), procuram trazer evidências de que o uso integrado de simuladores e atividades experimentais tem um resultado mais efetivo no aprendizado dos alunos, o que serve de efeito comparativo de atividades que trabalharam com simuladores e experimentos isoladamente.

Apesar disso, os professores, em sua maioria, ainda valorizam muito as atividades experimentais no Ensino de Física e veem o uso de simuladores computacionais apenas como atividade complementar, como apontam Heidemann, Araujo e Veit (2010), em que avaliam as crenças e atitudes dos docentes de física, no contexto do mestrado profissional do Rio Grande do Sul (RS).

Devido aos estudos mostrados, podemos constatar que o uso de simuladores integrados a atividades experimentais traz mais benefícios para o aprendizado de Física. Entretanto, são necessárias mais investigações que explorem a utilização de simulações com a finalidade de torná-las favoráveis para o processo de ensino e aprendizagem de Física Moderna em uma disciplina experimental.

Segundo Hodson (1990), há quatro grandes tipos de curiosidade, cada qual característica de um estágio particular do desenvolvimento cognitivo: manipulativo, perceptual, conceitual e a curiosidade relacionada ao complexo, ao ambíguo e ao não usual. Se o trabalho prático serve para motivar, ele deve estimular de forma apropriada a

curiosidade. A experiência mostra que, enquanto crianças pequenas muitas vezes são estimuladas simplesmente pela oportunidade de manipular aparelhos ou fazer observações, a motivação para as crianças mais velhas frequentemente requer um estímulo cognitivo através da exploração de ideias, da investigação de inconsistências ou do confronto de problemas. Frequentemente, entretanto, o trabalho prático nas aulas de ciências é proposto com o objetivo pré-determinado de coletar dados.

Como foi visto sobre esse particular, nosso trabalho se insere em um debate acerca do ensino de Física Moderna devido à preocupação com sua ausência no Ensino Médio. Apresentamos o problema de ensino baseado na construção do conhecimento científico, da importância de entender os modelos que foram construídos, historicamente, através das pesquisas na área de FM, da complexidade da natureza quântica e de seu entendimento conceitual, da dificuldade em relacionar teoria e prática ou até mesmo em realizar atividades experimentais. Entre esses problemas também existe a defasagem na formação de professores nos cursos de licenciatura em Física, que é uma das consequências da não inserção da FM no Ensino Médio.

Com o objetivo de superar as dificuldades apontadas, defendemos a importância de repensar a prática pedagógica a partir da elaboração de atividades experimentais com o estímulo, por parte dos professores, para a formulação de perguntas dos alunos. Para que essas atividades garantissem uma formação de qualidade, deveriam integrar a experimentação com o uso de simulações, de maneira que, juntos, potencializassem a representação dos parâmetros envolvidos na atividade. Além disso, é fundamental o estímulo de perguntas mais reflexivas, tanto por parte dos alunos como do professor, pois isso possibilitaria a relação da prática com os conceitos envolvidos, já que entendemos a Física não como uma Ciência acabada, mas sim como uma construção humana.

Ademais, tratamos da oportunidade de mudança na educação a partir da inserção das TIC no ensino, isto é, a partir da tentativa de uma apropriação crítica e criativa das TIC no ensino de Física, os professores têm um espaço de possibilidade de transformar sua prática de um ensino tradicional e expositivo de conteúdos para outro, focado na experimentação e na promoção da formulação de perguntas. Tal recorte traz a relevância de um estudo que analise as práticas pedagógicas de experimentação e formulação de perguntas em um ensino mediado por tecnologias. E nos conduziu a uma investigação que respondesse à seguinte questão:

Como o uso de simuladores contribui para o aprendizado de Física Moderna?

É o que trataremos na segunda parte desta dissertação.

PARTE 2 - CAMINHOS DA PESQUISA

Para responder à pergunta de pesquisa desenvolvida na parte anterior, a saber, **como o uso de simuladores contribui para o aprendizado de Física Moderna**, nos debruçamos sobre uma experiência singular que se desdobrou no contexto da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Trata-se de uma experiência de ensino de Física Moderna na modalidade de Educação a Distância, mais especificamente com a disciplina de Laboratório de Física Moderna, ofertada no curso de licenciatura em Física EaD da UFSC. Essa disciplina tornou-se uma oportunidade ímpar de análise por ser um caso de ensino de Física Moderna em que a prática de experimentação e a elaboração de perguntas puderam ser observadas na prática docente mediada por TIC.

Neste capítulo, serão abordados o contexto da pesquisa, as particularidades da disciplina de Laboratório de Física Moderna e do modo como foi planejada a aula observada. Ainda, será apresentado o percurso metodológico por meio da descrição da metodologia utilizada, dos instrumentos de análise e das categorias analíticas.

1. PERCURSO METODOLÓGICO

A metodologia escolhida prioriza uma análise qualitativa em um Estudo de Caso. A investigação buscou compreender como a prática pedagógica influencia as perguntas feitas pelos alunos na disciplina de Laboratório de Física Moderna na modalidade EaD. Apesar de a prática acontecer em dois momentos da disciplina, uma com o experimento no laboratório e outra com o simulador, foi escolhido um episódio que trata de um conteúdo específico para serem feitas a coleta e a análise dos dados.

De acordo com Yin (2005), os estudos de caso representam estratégia quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real. Segundo André (2005), utiliza-se o Estudo de Caso perante um interesse em particular, no qual se pretende compreender profundamente essa instância particular em sua complexidade e totalidade, retratando o dinamismo de uma situação, em uma forma muito próxima de seu desenvolvimento natural. Para Ludke e André (1986), se trata de uma pesquisa qualitativa, pois se desenvolve numa situação natural, é rica em dados descritivos, tem um plano aberto

e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e no contexto do curso e da disciplina explorados.

Para obtenção dos dados, que foram coletados através da observação das aulas de Laboratório de Física Moderna, gravação de áudio e vídeo das aulas, análise documental do livro texto da disciplina, e entrevistas com professores e alunos que fizeram parte dela. A pesquisa foi realizada na turma de licenciandos do curso de Física na modalidade de Educação a Distância da UFSC, no segundo semestre de 2013, com as turmas da nona fase, 2ª oferta do curso na modalidade EaD, com um total de 20 alunos. Buscou-se retratar a realidade da disciplina, desde o seu planejamento até o momento das aulas, tanto presenciais como a distância.

É imprescindível, para o entendimento do objeto, levar em conta o contexto no qual está inserido. Portanto, com o intuito de trazer respostas quanto ao uso de simuladores em disciplinas experimentais na EaD, o caso a ser analisado foi um episódio⁵ do período das aulas presenciais de Laboratório de Física Moderna.

Inicialmente, para tomar conhecimento do corpo da disciplina, conversou-se com os docentes sobre o planejamento das aulas e de suas etapas, bem como foi feita a apropriação do material didático utilizado na disciplina - livro texto, AVEA, materiais complementares - para situar os caminhos percorridos durante a sequência didática. Foi possível fazer os experimentos antes da aula presencial, juntamente com o professor, estabelecendo uma maior aproximação do conteúdo visto e o entendimento dos equipamentos e procedimentos realizados. Também foi possível explorar os simuladores que estavam em plataforma aberta. Foi feito um diário de observação das aulas presenciais. Também foi possível contar com a ajuda de um estagiário do Laboratório de Novas Tecnologias (Lantec) para a filmagem da aula. Além disso, foram distribuídos, de acordo com o posicionamento dos alunos, mais oito gravadores, normalmente quatro em cada turma. Também foi solicitado aos alunos que enviassem o relatório final da disciplina de Laboratório de Física Moderna.

Essa gama de dados que foram coletados em situações diferentes possibilitou analisar a prática pedagógica da disciplina de Laboratório de Física Moderna na modalidade de Educação a Distância e atribuir

⁵ Momento em que foi trabalhado o conteúdo “Espectros do Hidrogênio e do Hélio”, sendo as linhas espectrais características particulares da identidade de cada elemento.

contribuições para o uso de simuladores no Ensino de Física. A seguir é feita a descrição do caso estudado.

2. CONTEXTO

Dada a importância de uma equipe multidisciplinar para a organização do curso, visou-se uma educação mais colaborativa na EaD. Para se ter uma noção dessa organização, apresenta-se a função de alguns integrantes da equipe que atuam nessa modalidade de ensino.

De acordo com Santos (2013), no Guia do Aluno do curso de Licenciatura em Física na modalidade a distância, o professor do curso de Licenciatura em Física EaD é quem procura organizar o plano de ensino, seguindo um modelo já definido para o curso, lecionando em momentos presenciais, no polo, como também em aulas realizadas por meio de videoconferências ou vídeo-aulas. O docente também participa da escolha do tutor da disciplina, que irá acompanhá-lo e auxiliá-lo no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes, assim como agendar horários para o atendimento aos alunos, seja pela interação no fórum de discussão, seja no bate-papo. É responsabilidade da equipe docente organizar o conteúdo a ser ministrado, elaborar as avaliações, realizar encontros para reuniões pedagógicas de planejamento e avaliação do curso, e desenvolver a disciplina.

O Coordenador de polo para o apoio presencial é o profissional responsável pela parte administrativa e gestão acadêmica. Já o Designer Educacional busca auxiliar no planejamento e desenvolvimento de materiais didáticos disponíveis aos estudantes, sejam materiais impressos, hipermídias, ou os vídeos que são inseridos no AVEA de cada disciplina do curso.

O tutor a distância auxilia, especificamente, no conteúdo de uma determinada disciplina, dando apoio direto ao professor e aos tutores dos polos. Esses tutores realizam seu trabalho sob a orientação direta dos professores da disciplina. Normalmente, a logística é de um tutor por disciplina, os quais costumam dinamizar sua comunicação através do ambiente virtual e de videoconferências.

O tutor polo costuma manter contato com os estudantes através do AVEA e, nos encontros presenciais no polo, busca atender as solicitações individuais dos alunos, repassar avisos importantes da coordenação, auxiliar no estudo em grupo, procurar resolver as dúvidas relacionadas aos conteúdos e orientar os estudos. A ideia é que, para resolver dúvidas relacionadas aos conteúdos, o tutor polo tenha apoio

tanto dos demais tutores de disciplinas específicas como dos professores.

Quanto aos estudantes, durante a sua formação acadêmica, utilizam recursos tecnológicos implementados pelo AVEA, tais como blogues, fóruns de discussão, wikis, simulações, animações, chats, produção de vídeos, entre outros que permitem explicitar as oportunidades proporcionadas para a feitura das perguntas.

A disciplina de Laboratório de Física Moderna EaD da UFSC é oferecida na nona fase do curso de Licenciatura em Física, momento em que os alunos já cursaram disciplinas de conteúdo específico, a exemplo das disciplinas de Física Básica e as de Cálculo. Ademais, já tiveram formação pedagógica geral, que envolve as disciplinas que discutem e analisam os processos educativos, e também boa parte da formação pedagógica específica com disciplinas que discutem a formação do professor para a área de Física, além de haverem cursado as disciplinas de Introdução à Física Moderna e Estrutura da Matéria I.

Nas disciplinas laboratoriais, diferentemente das demais disciplinas, não há o apoio direto do tutor a distância que seria responsável pelo conteúdo específico, mas há um técnico de laboratório que é responsável pela montagem dos equipamentos. Na disciplina de Laboratório de Física Moderna, particularmente, são dois professores que ministram P1 responsável pelo laboratório experimental e P2 responsável pelas atividades com simuladores.

Referente às atividades previstas na disciplina, os alunos inicialmente recebem o livro texto e fazem as atividades do livro como preparatórias para o momento presencial. As atividades preparatórias são obrigatórias e precedem as aulas teóricas e práticas. O momento de aula presencial da EaD ocorre no período de recesso dos cursos de modalidade presencial na UFSC, justamente para não dar choque de horários, de modo que os alunos da EaD possam utilizar a estrutura da universidade assim como os equipamentos de laboratório.

As atividades presenciais de Laboratório de Física Moderna ocorreram nos dias 07, 08, 21 e 22 do mês de fevereiro de 2014. Nesses dias de encontro, formaram-se grupos de três a quatro estudantes, que realizaram quatro experiências sobre os tópicos do programa da disciplina, sendo um experimento por dia. Vinte alunos participaram das atividades.

Segundo o Plano de Ensino, são objetivos da disciplina: a revisão, a complementação e a fixação dos conteúdos estudados em estrutura da matéria; o manuseio de equipamentos e aparelhos de medida para a determinação da carga do elétron; a obtenção de espectros atômicos e de

radiação nuclear; desenvolver habilidades de aquisição e análise de dados a partir da utilização de sistemas computacionais e simulações.

Segundo Silva (2010), os experimentos propostos nessa disciplina de laboratório fazem parte dos currículos dos Cursos de Física no Brasil e no mundo por seu interesse histórico e por sua capacidade de sintetizar os principais objetivos de um programa de laboratório de Física Moderna.

Segue abaixo a descrição da sequência de experimentos realizados na disciplina de Laboratório de Física Moderna EaD/UFSC:

O primeiro experimento foi a determinação da carga específica (e/m) do elétron, experimento semelhante ao realizado por J. J. Thomson, em 1897, considerado fundamental para a formação da concepção de elétron que utilizamos até hoje. Em uma série de experimentos, Thomson utilizou campos magnéticos para defletir raios catódicos produzidos em ampolas preenchidas por diferentes gases. Com isso, ele notou que a razão massa por partícula não dependia do gás contido na ampola. Por essa razão ser constante, mostrou que estava à frente de algo fundamental. Thomson verificou que o seu valor era muito pequeno se comparado com o valor obtido para o hidrogênio na eletrólise. Na Figura 01, segue a foto do equipamento utilizado nas aulas experimentais e, na Figura 02, a imagem da ampola em operação.

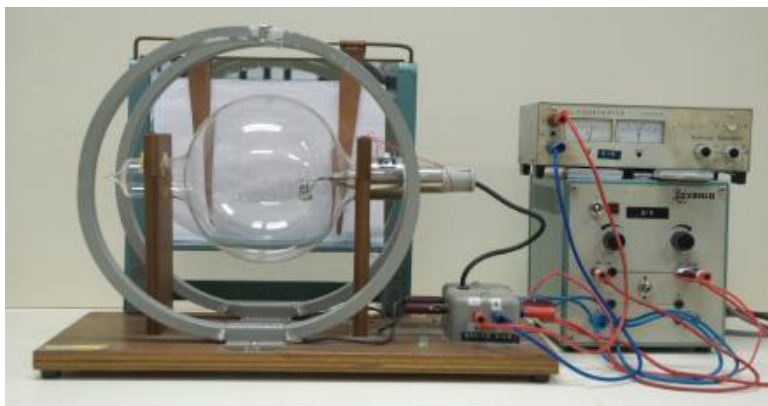


Figura 1: Equipamento para determinação da razão e/m do elétron.
Fonte: Silva, 2010, p. 17.

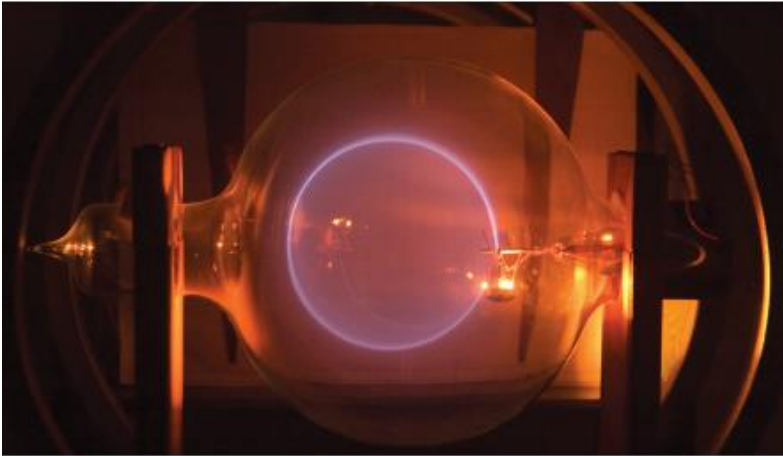


Figura 2: Ampola em operação.

Fonte: Silva, 2010, p.17.

O segundo experimento foi uma reprodução do experimento aprimorado por R. A. Millikan, durante anos, até resolver o difícil problema de evidenciar a quantização da carga elementar e determinar com precisão o seu valor. Millikan conseguiu isso balanceando cuidadosamente as forças elétricas e gravitacionais em minúsculas gotas de óleo carregadas e suspensas entre dois eletrodos de metal. Conhecendo o campo elétrico, a carga da gota poderia ser determinada. Ele repetiu o experimento com várias gotas, de forma que percebeu que os valores medidos eram sempre múltiplos de um mesmo número. Assim, interpretou esse número como sendo a carga de um único elétron, cujo valor é aproximadamente $1,602 \times 10^{-19}$ C. Na Figura 03, a foto do equipamento utilizado no laboratório mostra de cada parte dele: (1) plataforma com câmara capacitiva, fonte de luz, telescópio e dispositivos auxiliares; (2) chave de controle da diferença de potencial na câmara capacitiva; (3) multímetro digital; (4) fonte de tensão; (5) nebulizador.



Figura 3: Equipamento utilizado para a realização do experimento de Millikan.

Fonte: Silva, 2010, p.37.

O terceiro experimento permite, através da luz emitida por uma lâmpada, o estudo do espectro de emissão do átomo de Hidrogênio. Esse experimento possibilita a discussão de aspectos da quantização da energia em sistemas atômicos e a determinação da constante de Rydberg. O gás contido nas lâmpadas quando excitado por descargas elétricas, revela as regularidades dos espectros, primeiramente explicados pelo modelo de Bohr e depois entendidos em profundidade através da mecânica ondulatória de Schrödinger.

A Figura 04 mostra a imagem do espectrômetro óptico utilizado no laboratório. À esquerda do equipamento vê-se o tubo com fenda, para admissão da luz no espectrômetro; ao centro, encontra-se a plataforma com uma rede de difração, que pode ser substituída por um prisma; à direita, o telescópio de visualização. A fenda é fixa na base, e a rede de difração e o telescópio podem girar em relação à plataforma central.

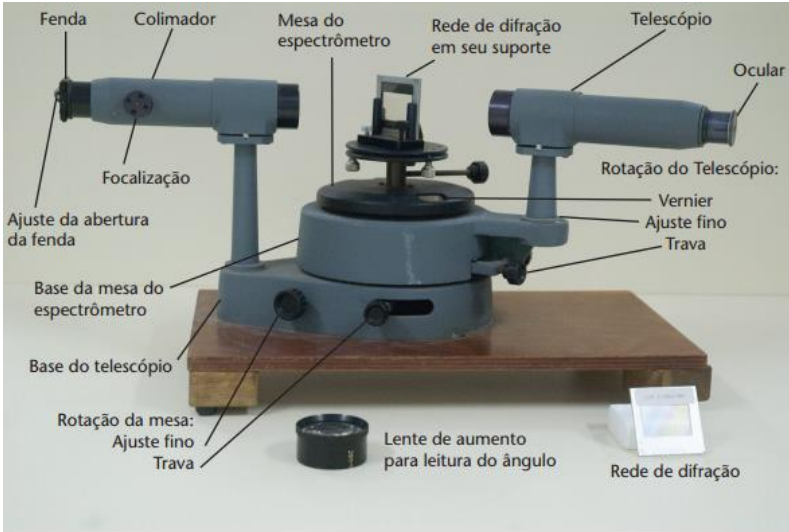


Figura 4: Equipamento espectrômetro óptico.

Fonte: Silva, 2010, p.52.

O quarto experimento utiliza a aquisição de dados computadorizados para investigar a radioatividade e suas interações com a matéria. O espectrômetro de fótons é um sistema de detecção utilizado para obter a distribuição da radiação emitida por uma fonte, ou seja, além de contar a quantidade de fótons emitidos por uma fonte, também é capaz de medir a energia de cada fóton detectado. Na Figura 05, a imagem do detector do espectrômetro de fótons utilizado no laboratório mostra que o conjunto cristal+fototubo fica dentro do invólucro de alumínio. Na parte superior, encontram-se os conectores para o cabo de alta tensão e para o cabo de dados. O conjunto está sobre um suporte com prateleiras para o posicionamento das fontes radioativas.



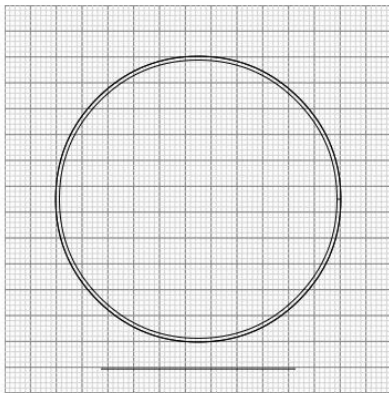
Figura 5: Detector de um espectrômetro de fótons.
Fonte: Silva, 2010, p.92.

Na disciplina oferecida na modalidade de Educação a Distância, os alunos também interagiram com simuladores, diferentemente do que acontece nas demais disciplinas de laboratório e no ensino presencial da UFSC. Porém, não há intenção de comparar essa experiência com as outras práticas de laboratório e nem com as demais modalidades de ensino, mas discutir as potencialidades do uso dos simuladores na disciplina. Para cada experimento utiliza-se uma simulação complementar para a discussão dos conceitos estudados. No caso do quarto experimento, foram desenvolvidas três simulações, pois cada uma tem uma finalidade complementar, a saber, a simulação do funcionamento do detector Geiger-Muller, a simulação de um espectrômetro de fótons - com o objetivo de determinar a atividade de uma fonte radioativa e os coeficientes de absorção de radiação para diferentes energias e materiais absorvedores - , e possibilitar levantar uma curva característica de um espectrômetro de fótons, fazendo sua calibração a partir de dados sobre fontes de energias conhecidas.

Esses simuladores foram desenvolvidos pelo professor P2, que os disponibilizou durante a disciplina numa plataforma virtual aberta

(<http://canzian.fsc.ufsc.br/ead/uab/>), mas também estão disponíveis e organizados no AVEA da disciplina. A seguir, detalhamos a sequência de simuladores utilizados nos momentos presenciais da disciplina de Laboratório de Física Moderna EaD/UFSC:

1. e/m : simulação do experimento de Thomson para a medição da razão entre a carga e a massa do elétron. É uma simulação cujo objetivo é determinar o diâmetro de um círculo mediante dois parâmetros: corrente e tensão. Segundo Silva (2010, p. 20), pode-se obter o raio da trajetória medindo o diâmetro do círculo com uma régua. A linha abaixo na Figura 06 é a referência de escala. O comprimento da linha corresponde a 7,5cm no equipamento. Extraídos os raios, é possível proceder à análise dos dados como se eles fossem reais, sendo que o diâmetro da simulação fica oscilando para tentar reproduzir as condições do experimento.



Escala: a linha sob o círculo tem 7,5 cm

$V = 90$ V $I = 0.75$ A

Figura 6: Simulação das trajetórias dos elétrons sob influência de campos elétricos e magnéticos no experimento de Thomson.

Fonte: <http://canzian.fsc.ufsc.br/ead/uab/avea/index.html>.

2. **Experimento de Millikan:** De acordo com a Figura 07, que mostra a imagem da simulação do experimento de Millikan para determinação da carga do elétron, é possível variar a velocidade da gota devido à tensão aplicada, que pode ser modificada. Segundo Silva (2010, p. 42), à direita da retícula estão os controles da simulação: *spray* para introduzir uma nova gota; *inverte* para inverter a polaridade do campo elétrico; *limpa* para remover a gota; *L/D* para ligar e desligar o cronômetro em tempo real; *reg* para registrar um determinado instante de tempo; *zera* para zerar o cronômetro. Uma lista dos tempos registrados sequencialmente é construída na extrema direita para a conveniência da análise. A Figura 08, por sua vez, representa uma segunda simulação para o experimento de Millikan. Nela, é possível variar os seguintes parâmetros: temperatura da câmara; pressão atmosférica; densidade do óleo; aceleração da gravidade; coeficiente de correção da viscosidade; distância entre os eletrodos; ddp na câmara; média dos tempos de subida; média dos tempos de descida; distância percorrida. Determinados esses valores, é possível obter os seguintes resultados: velocidade de subida; velocidade de descida; viscosidade do ar; viscosidade efetiva do ar; raio da gota; carga da gota.

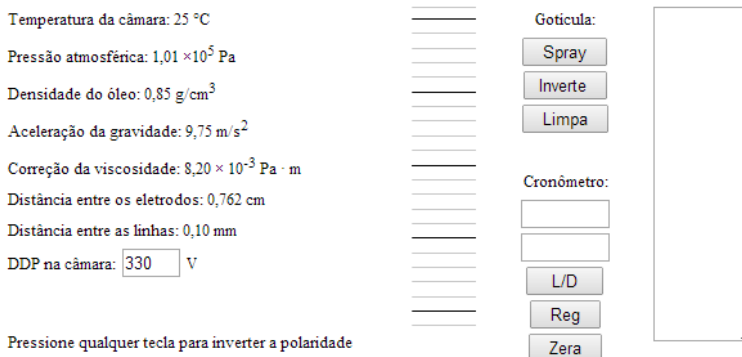


Figura 7: Simulação do experimento da gota de óleo de Millikan.

Fonte: <http://canzian.fsc.ufsc.br/ead/uab/avea/index.html>

Dados	
Temperatura da câmara:	$T =$ <input type="text" value="25"/> °C
Pressão atmosférica:	$p =$ <input type="text" value="1.01e+5"/> Pa
Densidade do óleo:	$\rho =$ <input type="text" value="0.85"/> g/cm ³
Aceleração da gravidade:	$g =$ <input type="text" value="9.7525"/> m/s ²
Coefficiente de correção da viscosidade:	$b =$ <input type="text" value="8.20e-3"/> Pa · m
Distância entre os eletrodos:	$D =$ <input type="text" value="0.762"/> cm
d.d.p na câmara:	$V =$ <input type="text" value="330"/> V
Média dos tempos de subida:	$t_s =$ <input type="text" value="3.79"/> s
Média dos tempos de descida:	$t_d =$ <input type="text" value="2.64"/> s
Distância percorrida:	$d =$ <input type="text" value="0.5"/> mm
<input type="button" value="OK"/>	
Resultados	
Velocidade de subida:	$v_s =$ <input type="text"/> mm/s
Velocidade de descida:	$v_d =$ <input type="text"/> mm/s
Viscosidade do ar:	$\eta =$ <input type="text"/> $\times 10^{-5}$ N·s/m ²
Viscosidade efetiva do ar:	$\eta_{ef} =$ <input type="text"/> $\times 10^{-5}$ N·s/m ²
Raio da gota:	$R =$ <input type="text"/> μ m
Carga da gota:	$q =$ <input type="text"/> $\times 10^{-19}$ C

Figura 8: Simulação de cálculos para o experimento da gota de óleo de Millikan.

Fonte: <http://canzian.fsc.ufsc.br/ead/uab/avea/index.html>

3. **Espectros atômicos:** simulação dos espectros do Hidrogênio, Hélio, Sódio e Mercúrio, tais obtidos com redes de difração em um goniômetro⁶. A Figura 09 mostra a imagem do simulador, que tem um detector virtual, com o objetivo de captar a luz da lâmpada que for selecionada. Existem opções de lâmpadas de Hidrogênio, Hélio, Sódio e Mercúrio. O simulador reproduz os dados fundamentados no espectrômetro do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST), que é uma agência governamental não regulatória da administração de tecnologia do Departamento de Comércio dos Estados Unidos. De

⁶ Goniômetro é um instrumento de medida em forma semicircular ou circular graduado em 180° ou 360°, utilizado para medir ou construir ângulos.

acordo com Silva (2010, p. 66), no simulador é possível modificar: sentidos horário e anti-horário, para determinar o sentido que irá girar o detector; passo, para mover o detector de um intervalo $\Delta\theta$ e registrar os dados; anda, para iniciar o movimento automático do detector; para, para o movimento do detector; zera, para retornar a 0° e limpar as áreas de registro de dados; limiar define o valor mínimo de tensão que um sinal deve ter para ser registrado; $\Delta\theta$ define o intervalo angular entre duas leituras sucessivas; θ_0 define o ângulo a partir do qual o registro de dados inicia; rede define o número de linhas por milímetro da rede de difração.

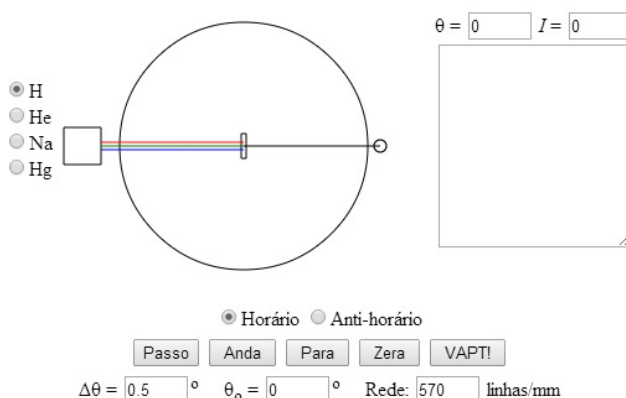


Figura 9: Simulação do espectrômetro óptico.

Fonte: <http://canzian.fsc.ufsc.br/ead/uab/avea/index.html>

4. **Contador de radiação:** simulação de um contador Geiger-Müller. É possível mudar a fonte radioativa, pois existem seis fontes com atividades e energias diferentes, sendo que a atividade é a velocidade em que a fonte se desintegra. Essa atividade depende do elemento que está sendo usado, pois cada elemento tem um tempo de meia-vida em anos. Esses dados são informados na simulação. Segundo Silva (2010, p. 98), o sistema permite definir a área sensível do detector e a distância deste da fonte. O programa supõe uma eficiência intrínseca do sistema dependente da energia de radiação incidente e desconhecida do usuário. A Figura 10 representa a simulação. Nela, é possível modificar o valor da área do detector em cm^2 , a distância entre o

detector e a fonte em centímetros, o tempo de aquisição em segundos e o número de aquisições.

Fonte	Energia (keV)	Atividade (kBq em 25/01/02)	Meia-vida (anos)
<input checked="" type="radio"/>	146	870	0.690
<input type="radio"/>	662	135	30
<input type="radio"/>	835	200	0.856
<input type="radio"/>	1250	120	5.00
<input type="radio"/>	2045	49.0	5.8×10^9
<input type="radio"/>	514	desconhecida	2.57

Área do detetor: cm²
 Distância detetor-fonte: cm
 Tempo de aquisição: s
 Número de aquisições:

média:
desvio:

Figura 10: Simulador: “Contador de Radiação”.

Fonte: <http://canzian.fsc.ufsc.br/ead/uab/avea/index.html>

5. **Absorção da radiação:** simulação da absorção de radiação ionizante pela matéria tal como medida com um contador Geiger-Müller. De acordo com Silva (2010, p. 103), esse experimento simula um feixe de radiação incidindo sobre um material absorvedor e a detecção da fração remanescente. A Figura 11 representa o programa, que oferece quatro escolhas para o material a ser imposto entre a fonte e o detector. Permite ainda modificar a intensidade e a energia do feixe de fótons incidentes e a espessura do material absorvedor.

Materiais: A B C D

Energia do fóton: keV

Espessura do material: cm

Tempo de aquisição: s

Número de aquisições:

Fótons incidentes:

Fótons transmitidos:

média:

desvio:

Figura 11: Simulador: “Absorção da radiação gama pela matéria”.
Fonte: <http://canzian.fsc.ufsc.br/ead/uab/avea/index.html>

6. **Espectrômetro:** simulação de um espectrômetro de fótons (Figura 12), composto de cristal de NaI(Tl) e fototubo para a medição da energia de radiações ionizantes⁷. É possível escolher até cinco fontes de atividades diferentes, sendo possível também variar o número de canais, para os quais existem cinco opções. Além disso, é possível modificar o valor da tensão do fototubo, do ganho do amplificador, do tempo de aquisição e, com isso, são gerados os dados da contagem em função do canal e é representado um gráfico com esses valores. Podendo gerar o espectro, com as contagens obtidas para cada energia, também se pode superpor a ele o novo espectro solicitado na opção “soma”. Para encerrar, é só clicar na opção sair.

⁷ Iodeto de sódio ativado com tálio, NaI (Tl), quando sujeito a radiação ionizante, emite fótons e é utilizado em detectores de cintilação.

Fontes (keV): 146 835 1170
1330 2167 Desconhecida

Número de canais: ▾

Tensão no fototubo: V

Ganho do amplificador: ×

Tempo de aquisição: s

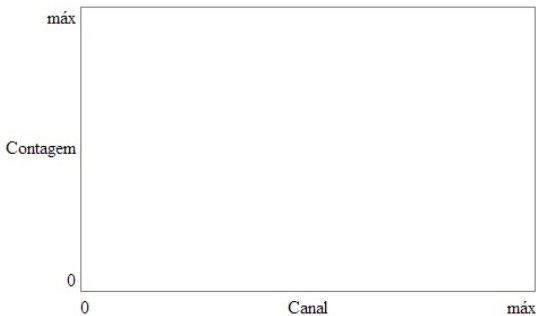



Figura 12: Simulador: “Espectrômetro de fótons”.

Fonte: <http://canzian.fsc.ufsc.br/ead/uab/avea/index.html>

Há também uma simulação de apoio para construção de gráficos (Figura 13), na qual é possível inserir uma função e obter o gráfico dessa função, sendo possível modificar os valores dos eixos x e y, configurar as dimensões do gráfico, o tipo de escala, mudar a cor, a espessura e o número de canais.

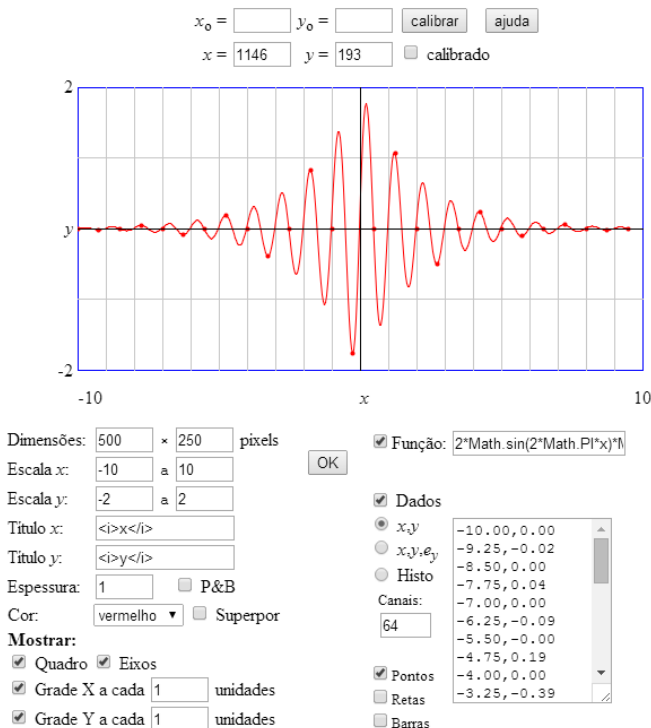


Figura 13: Programa: “Gráficos”.

Fonte: <http://canzian.fsc.ufsc.br/ead/uab/avea/index.html>

Importante salientar que os códigos das simulações são abertos, sendo possível visualizar e modificar as funções que estão embutidas no programa.

Os critérios de avaliação da disciplina se dão através dos relatórios das atividades preparatórias no início da realização do respectivo experimento e os quatro relatórios das atividades experimentais realizadas no laboratório em data definida no cronograma. Todos os relatórios têm igual peso e a nota final se dá pela média das notas obtidas em todos os relatórios. Para aprovação, além da nota mínima, é obrigatória a apresentação de, no mínimo, três relatórios de atividades preparatórias e respectivos experimentos, bem como a presença em, pelo menos, 75% das aulas presenciais.

3. DESCRIÇÃO DO CASO

As aulas iniciam sempre com um momento de discussão sobre alguma abordagem histórica que envolva o fenômeno a ser estudado no dia. Essa introdução é feita pelos professores P1 e P2 com toda a turma, constituída por vinte alunos no total, 09 do sexo masculino e 11 do sexo feminino. Posteriormente, eles são divididos em duas turmas: a Turma A, com nove alunos, e a Turma B, com onze.

Os grupos permanecem os mesmos em todas as atividades experimentais. Os grupos da Turma A correspondem aos seguintes polos: Lages, com 01 grupo de 03 alunos; Criciúma, com 01 grupo de 03 alunos, e Canoinhas, também com 01 grupo de 03 alunos. Os grupos da Turma B correspondem aos seguintes polos: Blumenau, com 02 grupos de 02 alunos cada, e 01 grupo com 03 alunos; Tubarão, com 02 grupos de 02 alunos cada, sendo que 01 aluno é do polo de Braço do Norte. Todos os dias, ocorre mudança na ordem das turmas para a realização das atividades, de modo que não seja sempre a mesma turma que inicia com o mesmo tipo de atividade.

Segundo P2, a mudança da ordem das atividades fornece oportunidades para os alunos entenderem os conceitos envolvidos na realização do experimento e partes dos processos de aquisição e análise de dados. No entanto, os equipamentos são escassos, caros e sujeitos a danos pelo uso. Assim, o uso de simuladores proporciona uma ideia prévia do que necessitam fazer e porque têm que fazer na atividade experimental. Para P2, os alunos podem aproveitar o contato físico com os equipamentos durante a parte experimental para explorar outros aspectos que vão além do experimento didático em si, como as tecnologias empregadas, detalhes construtivos, peculiaridades do arranjo experimental, entre outros. Além disso, conforme P2, o simulador tem o intuito de preparar para o experimento.

No dia 07/02/2014, todos os alunos foram reunidos numa sala em que os professores discutiram aspectos do modelo de Thomson. A Turma B iniciou com a atividade experimental com P1, enquanto a Turma A inicia com as atividades de simulação computacional com P2. Isso ocorreu no período vespertino. Já no período noturno, no segundo momento da aula, a Turma B vai para a atividade de simulação com P2 e a Turma A para o experimento com P1.

No dia 08/02/2014, foram discutidos aspectos do método de Millikan. Novamente, os alunos são divididos em duas turmas, mas, dessa vez, no período matutino, a Turma A inicia com a atividade experimental com P1 e a Turma B com as atividades de simulação

computacional com P2. No período vespertino, a Turma A vai para a atividade de simulação com P2 e a Turma B para o experimento com P1.

No dia 21/02/2014, foram discutidos aspectos dos espectros atômicos. Durante o período vespertino, a Turma B inicia com a atividade de simulação com P2 e a Turma A com a atividade experimental com P1. Já no período noturno, o segundo momento da aula, a Turma A vai para a atividade de simulação com P2 e a Turma B para o experimento com P1.

No dia 22/02/2014, os professores mencionaram o acidente de Goiânia com o elemento Césio 137. Emergem questões de física médica e de radioterapia. O experimento realizado é sobre o decaimento gama do elemento Césio 137. Nesse dia, a Turma A inicia com as atividades de simulação com P2, e a Turma B com a atividade experimental com P1 durante o período matutino. Finalizado o último momento de aula no período vespertino, a Turma B vai para a atividade de simulação com P2 e a Turma A para o experimento com P1.

Os acontecimentos dos primeiros dias serviram apenas para observar as aulas e ter um primeiro contato com a turma, de maneira que não serão analisados.

Foi escolhido o momento da aula que tratou do conteúdo de Espectros Atômicos⁸, pois os espectros são resultados experimentais a partir dos quais se consegue ter um maior entendimento sobre a estrutura da matéria. Por exemplo, as séries de linhas espectrais descrevem as emissões do átomo de hidrogênio, a série que corresponde à luz visível são as linhas de Balmer, a faixa do ultravioleta são as linhas de Lyman e a faixa do infravermelho, linhas de Paschen. As observações sobre as linhas espectrais fornecem a base para uma sequência importante de ideias como: os átomos, ao serem excitados, emitem uma fonte de luz discreta em que os níveis de energia são quantizados; os resultados de luz emitidos a partir de transições de elétrons, de um nível de energia para outro; cada fonte de luz pode ser descrita de forma única por um conjunto de níveis de energia que produzem um espectro de emissão característico.

Para Ivanjek *et al* (2014), a espectroscopia desempenhou um papel fundamental na história da física e da astronomia modernas. As observações de linhas espectrais no início do século XIX levaram à necessidade da construção de novos modelos atômicos para entender os fenômenos que a Física Clássica não conseguia explicar. O modelo de Bohr contribuiu para tentar explicar os fenômenos quânticos, em que a

⁸ Ver a descrição das aulas mais detalhadas em (Anexo 01).

energia do elétron é quantizada e a luz é emitida em forma de fótons de certas frequências discretas quando o elétron decai de um nível de energia para outro. Mais tarde, Schrödinger desenvolveu uma importante equação para o campo da Teoria Quântica, que descreve o movimento de onda, já que Louis De Broglie havia afirmado que a matéria se comportava como onda e como partícula (comportamento dualístico). Schrödinger buscava, intencionalmente, uma teoria para elétrons que incorporasse características ondulatórias (interferência e difração, existência de estados estacionários), mas que ainda preservasse atributos que normalmente atribuímos a partículas (uma posição bem definida no espaço, por exemplo).

De acordo com Ivanjek *et al* (2014), o estudo da espectroscopia começa, muitas vezes, com uma demonstração de que um feixe de luz (branca), a partir de uma fonte incandescente, produz um espectro contínuo de cores quando incide num prisma ou rede de difração. Essa observação motiva a ideia de que a luz, a partir de uma determinada fonte, é constituída por um contínuo de frequências. Com isso, os alunos estão na transição de pensar a luz como uma onda eletromagnética para o desenvolvimento de um modelo conceitual em que a luz é composta por fótons com energias discretas. Desse modo, segundo os autores, para ser capaz de se relacionar espectros de linha discretos a níveis de energia atômica, os alunos devem reconhecer que:

(1) a luz pode ser tratada como uma onda e cada cor tem uma frequência específica; (2) a luz é refratada em ângulos diferentes através de um prisma, dependendo do seu comprimento de onda; (3) a luz pode ser tratada como consistindo de fótons, cada um com uma energia E_p que depende do comprimento de onda, e (4) um espectro de linha discreto é produzido por fótons que são emitidos durante as transições de elétrons de um nível de energia para outro. (IVANJEK *et al*, 2014).

Desse modo, o estudo de conceitos de Espectros Atômicos também possibilita ao aluno melhorar sua compreensão a respeito da estrutura da matéria, relacioná-la historicamente com os modelos atômicos desenvolvidos e aceitos até então no meio científico, desde a construção dos conceitos envolvidos até a sua prática. Levando em consideração a importância dos quatro quesitos mencionados anteriormente na formação dos alunos do curso de Física, é possível

destacar e analisar quais são as perguntas feitas pelos alunos que se relacionam a esses quesitos. As perguntas realizadas pelos alunos possibilitam a verificação da influência da dinâmica proposta pelo professor na elaboração das perguntas, assim como a análise de como foi a prática docente com o uso de simuladores para o aprendizado de Física Moderna.

4. CATEGORIAS ANALÍTICAS

Tendo como foco a aprendizagem dos alunos, entendemos que não é apenas a pergunta do professor que conduz o processo de ensino e aprendizagem, motivo pelo qual nos concentramos nas perguntas feitas pelos alunos. Dada a importância de perguntas que relacionem os conceitos vistos com as atividades experimentais e de simulação, foram criadas categorias analíticas a partir das perguntas feitas pelos alunos do curso.

Após a análise das perguntas dos alunos (denominados A1, A2,..., A20), criamos três categorias mais gerais, as quais emergiram do contexto do trabalho, sendo elas perguntas procedimentais, conceituais e de relação. A partir destas, foram criadas subcategorias devido à necessidade de uma análise mais aprofundada do nível de resposta exigido. As categorias procedimentais e conceituais foram subdivididas em quatro subcategorias: a) descontextualizadas; b) confirmação; c) definição/informação; e d) explicação. Estas têm uma subdivisão hierarquizada em nível de conhecimento e de exigência de resposta. Já a categoria de relação é quando o aluno consegue relacionar dois ou mais conceitos bem articulados, ou, então, consegue extrapolar ou elaborar hipóteses, de modo que esse tipo de pergunta exige um nível maior de entendimento da teoria ao tentar fazer relação com a prática, exigindo, por isso, maior reflexão. Podem ser subdivididas as relações entre simulação/experimento, conceito/experimento, conceito/simulação, contextualizada/articulada e hipótese. No entanto, essas subcategorias não seguem uma hierarquização em nível de conhecimento e exigência de resposta entre elas, pois entendemos que uma pergunta de relação já está num nível de domínio de conhecimento maior, como é descrito na tabela 01 a seguir:

Tabela 01: Categorias e Subcategorias das Perguntas

Tipo de Pergunta	O que é?	Podem ser:
Perguntas Procedimentais	São perguntas que remetem ao procedimento, seja no	a) Descontextualizadas; b) Confirmação; c) Definição/Informação;

	manuseio de equipamentos em atividades práticas de laboratório, seja em atividades de simulação.	d) Explicação;
Perguntas Conceituais	São perguntas voltadas para o entendimento de um fenômeno físico, de seu conceito ou relativas ao conteúdo a ser estudado.	a) Descontextualizadas; b) Confirmação; c) Definição/Informação; d) Explicação;
Perguntas de Relação	São perguntas mais complexas, pois é quando o aluno percebe a relação da natureza do que se está experimentando com a teoria. Nesse momento, ele é capaz de relacionar os conceitos de modo mais articulado com o que está sendo experimentado.	a) Entre Simulação/Experimento; b) Entre Conceito/Experimento; c) Entre Simulação/Conceito; d) Contextualização/Extrapolação; e) Hipótese.

A partir da elaboração das categorias analíticas, pudemos ter um primeiro resultado na identificação dos tipos de perguntas que surgiram no decorrer da aula. A seguir, é feita a explicação de cada subcategoria com exemplos de falas dos alunos:

a) **Perguntas descontextualizadas;** são equivocadas ou não estão dentro do contexto da aula ou do conteúdo estudado. Mesmo

que perguntas descontextualizadas sejam equivocadas, elas têm sua relevância, pois o aluno expressa sua dúvida, expondo seu raciocínio.

A1 – “O que seria esse livre caminho das moléculas?”.
 P2 – “Mas é nesse experimento?”.
 A1 – “Não, existe um raio, que é do livre caminho das moléculas?”.
 P2 – “Ah... mas você lembra onde está isso?”.
 A1- “Não lembro.”
 P2- “Mas isso aí é outra coisa”.
 A1 – “É no experimento dois não é? Pois é, mas aí também tinha uma correção desse raio. Não, não... era a correção de R_{∞} e R_h .”.

Nesse caso, a aluna tira essa informação de outra referência e relaciona a constante R_{∞} com um raio, cometendo dois equívocos. No entanto, perguntas procedimentais descontextualizadas não aparecem.

b) Perguntas de confirmação: são de caráter comprobatório, diante de um conceito mencionado, quando o aluno espera uma resposta de tipo “sim” ou “não”.

A4 – “Agora você copia isso aí”.
 A1 – “tá, mas isso são os ângulos?”
 A4 – “É. Aí essa é a linha x e y do gráfico.”
 A1 – “uhum.”
 A4 – “aqui, ó, de 0 até 25. E a mesma coisa fazemos para y ou não?”

Nessa situação, são dois alunos que realizam testes no simulador e um confirma com o outro se o procedimento está de acordo com a proposta da atividade.

Nem sempre as perguntas estão na forma interrogativa, como se vê abaixo.

A15 – “Então seria como a lâmpada incandescente que os fios estão com uma temperatura muito alta, agora o vidro não chega a atingir essa mesma temperatura, ao ponto de conseguirmos colocar a mão.”
 P2 – “Sim, pois o vidro não vai estar a 2500°C como os filamentos”.

Essa discussão aconteceu durante a aula com o simulador.

A seguir, um exemplo de pergunta conceitual de confirmação:

A10 – *“O singlete é quando tem uma possibilidade de configuração, o dubleto são duas e o tripleto três. Seria isso?”*.

P2 – *“É, mas esses termos são usados para várias coisas na física, várias situações na física e às vezes tem outro sentido, mas vamos tentar conversar sobre isso”*.

Essa situação ocorreu durante a atividade de simulação, em que a aluna pediu confirmação do conceito.

c) **Perguntas de definição/informação;** são quando o aluno quer uma única resposta, que defina alguma grandeza, parâmetro, conceito a ser estudado ou, ainda, o pedido de uma informação.

A1 – *“Se esse é uma cópia, o original é feito em que material?”*

P1 – *“É de vidro”*.

Nessa situação, a aluna pergunta a respeito da fenda utilizada no laboratório experimental, pedindo informação sobre o material de que é constituída.

P1 – *“[...] então Hartree vai definir que esse último elétron s_1 está rodando num potencial efetivo que não exatamente são 11 prótons menos 10 elétrons, será um potencial próximo disso. É um método perturbativo [...] é a teoria de campo médio [...]”*.

A7 – *“De que época é essa teoria do Hartree?”*

P1 – *“1932, e essa teoria de aproximação com ela é possível começar a explicar inclusive as reações químicas[...]”*

Durante a atividade de laboratório, o professor explica sobre o método de Hartree e o aluno que saber a informação sobre época em que esse método foi desenvolvido.

d) **Pergunta de explicação;** são feitas para buscar entender alguma informação dada ou conteúdo tratado, que pode exigir uma explicação conceitual ou, no caso de perguntas procedimentais, podem surgir duas possibilidades, a saber, perguntas que exigem

explicação sobre o procedimento ou perguntas sobre o porquê do procedimento.

Exemplos de perguntas de explicação sobre algum procedimento:

A15 – “Professor e se eu quiser observar as estrelas e quero saber a “decomposição”? Eles colocam uma rede no telescópio?”
P1 – “O método é esse aqui [...]”

Durante a atividade de laboratório, o aluno quer saber sobre o procedimento para observação.

Exemplos de perguntas de explicação sobre o porquê do procedimento:

A15 – “Mas professor, como é possível ter toda a imagem espectral sem mexer na luneta? Do jeito como mostrava no cartaz da sala de laboratório”.
P2 - “Como vocês acham que poderia ser feito?”.
A15 – “Só é possível aumentando o campo de visão”.
P2 – “Somente com o olho não seria possível [...]”.

Ocorre que, durante a discussão na atividade de simulação, o aluno quer entender o porquê do procedimento para obter o resultado observado que está no cartaz exposto na sala.

Exemplo de pergunta que exige uma explicação sobre o procedimento:

A16 – “Professor eu estou com dúvidas a respeito dos valores que poderia colocar no gráfico”.
P2 – “Coloque o ângulo primeiro com valor de 0°, depois 5° e 0,05° para ver o que acontece [...]”.

Essa dúvida aparece durante o uso do simulador.

Exemplos de perguntas de explicação conceitual:

A1 – “Professor, o que acontece com os spins do tripleto para que ele tenha sempre essa posição?”
P1 – “Então olha só, já ia mesmo tocar nesse assunto. Esse sistema aqui é mais estável que este aqui [...]”.

Durante a aula de laboratório, a aluna quer uma explicação para o fenômeno descrito.

e) **Perguntas de Relação:** classificamos como uma categoria geral, pois são perguntas mais complexas, quando o aluno percebe a relação da natureza do que se está experimentando com a teoria. Nesse momento, ele é capaz de relacionar os conceitos de modo mais articulado com o que está sendo experimentado.

Exemplos de perguntas de contextualização/extrapolação:

A7 – *“Já que entrou nesse assunto de ondas e partículas, o que eu nunca entendi é a respeito do efeito fotoelétrico, pois se ele precisa do violeta para o elétron sair? Eu mudo para uma frequência mais baixa, como o azul ele não sai?”.*

P2 – *“Isso”.*

A7 – *“Porque se eu aumentar a intensidade do azul, se eu pensar a onda como partícula, porque eu não posso dizer que dois fótons atingidos ganharam energia suficiente para arrancar?”.*

Nesse caso, o aluno está discutindo intensidade e frequência ao relacioná-las com o efeito fotoelétrico. No diálogo, percebe-se que ele faz a relação entre os conceitos de forma bem articulada. Apesar disso, perguntas que relacionam teoria e prática, como simulação/experimento, conceitos/experimento, simulação/conceito ou elaboração de hipótese, não apareceram em nenhum momento. Entendemos que esse tipo de pergunta exige maior entendimento conceitual, assim como a vinculação entre os procedimentos e os modelos teóricos, pois são perguntas que são mais elaboradas e extrapolam os conceitos tratados em sala de aula. A não realização desse tipo de pergunta pode ter acontecido devido ao fato de os alunos não estarem habituados a fazer perguntas. Devido à natureza dos fenômenos relacionados à FM não é simples relacioná-los às situações do dia a dia. Portanto, para nossos sentidos, a percepção dos acontecimentos fica limitada, por isso a dificuldade em relacionar os conhecimentos com o cotidiano.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na situação didática com a Turma A (que inicia com a atividade experimental e depois realiza a atividade com os simuladores), os alunos fazem poucas perguntas conceituais, ao passo que, na situação didática com a Turma B (que inicia a atividade com simuladores e depois realiza a atividade experimental), os alunos fazem mais perguntas conceituais.

Não houve mudanças na sequência didática do professor P1 entre as duas turmas durante as atividades experimentais, somente mudança de ordem das atividades. Porém, para a Turma B, o professor P2 elenca as dúvidas dos alunos e propicia a realização de perguntas por parte destes, momento em que acontecem mais perguntas conceituais, dada a prática do professor. Na Turma A, o professor explica e ele mesmo realiza perguntas para os alunos, de modo que eles não realizam tantas perguntas conceituais.

Para analisar de que maneira os alunos se apropriaram dos conceitos sobre espectros atômicos, foi feito um recorte de acordo com Ivanjek *et al* (2014) referente à relação das perguntas que os alunos fizeram com os espectros de linha discretos a níveis de energia atômica, na expectativa de que reconhecessem alguns aspectos referentes ao fenômeno estudado. A seguir, trazemos as situações em que apareceram inferências dos aspectos conceituais nas perguntas dos alunos, realizadas apenas nos momentos de aula com o professor P2, tendo em vista que a prática de P1 não oportunizou a realização das perguntas que esperávamos:

1) **A luz pode ser tratada como uma onda e cada cor tem uma frequência específica.**

i) Neste caso, o aluno da Turma B remete a frequência específica à cor. Durante a discussão conceitual, ele faz uma pergunta para compreender o efeito fotoelétrico e tenta estabelecer relações entre a intensidade e o número de fótons para desprender um elétron.

A7 – “Já que entrou nesse assunto de ondas e partículas, o que eu nunca entendi é a respeito do efeito fotoelétrico, foi se ele precisa do violeta para o elétron sair? Eu mudo para uma frequência mais baixa, como o azul ele não sai?”.

P2 – “Isso”.

A7 – “Porque se eu aumentar a intensidade do azul, se eu pensar

a onda como partícula, porque eu não posso dizer que dois fótons atingidos ganharam energia suficiente para arrancar?”.

A7 – “Pois eu posso ter duas partículas que podem bater e ganhar energia suficiente para sair o mesmo a frequência necessária”.

P2 – “Isso. Pode, mas é raríssimo isso acontecer”.

A7 – “Mas pode acontecer?”.

ii) Novamente, o mesmo aluno da Turma B remete a frequência às linhas, tentando compreender se a frequência é a “assinatura” do elemento, como mostra o diálogo com o professor:

P2 – “[...] quando você olha o espectro, o que vai acontecer se você tiver uma temperatura muito alta, eu vejo mais linhas porque eu excitei mais, mas as que eu vejo estão sempre no mesmo lugar. É importante que a linha esteja no mesmo lugar, que é a assinatura do elemento”.

A7 – “Não é a frequência que vai fazer essa assinatura?”.

P2 – “Quando você fala de frequência você está querendo dizer o que? Frequência da luz? Ou frequência como c/λ ? É isso?”.

A7 – “Isso”.

(2) A luz é refratada em ângulos diferentes através de um prisma, dependendo do seu comprimento de onda.

Em nenhuma das turmas apareceram situações abarcando esse aspecto.

(3) A luz pode ser tratada como consistindo de fótons, cada um com uma energia E_p que depende do comprimento de onda.

i) A aluna da Turma B questiona se a contagem do número de fótons e a medida da amplitude de uma onda são a mesma coisa, observando que, dessa perspectiva, seria possível encarar a luz como onda ou como partícula, como mostra o diálogo a seguir:

P2 – “[...] se eu tenho uma onda eletromagnética, a energia dessa onda eletromagnética é proporcional a amplitude ao quadrado. Então eu posso pensar naquilo que está saindo da lâmpada como uma onda eletromagnética e o meu detector responde me dizendo a equação da amplitude que é ao quadrado da onda eletromagnética, então é

complicado porque eu posso ver isso como partículas e posso ver isso como ondas. E a gente sabe pensar nas duas coisas funcionando, pois posso contar fótons ou medir a amplitude de onda”.

A1 - “E chega sempre no mesmo resultado?”.

ii) No momento procedimental, durante a explicação do professor, a aluna da Turma A questiona a respeito do nível energético e a liberação de fótons:

P2 - “[...] passou do nível s que é $l=0$ para o nível s que também é $l=0$, o Δl aqui é igual a 0, como o fóton não existe sem momento angular, então não tem fóton saindo, não tem essa transição”.

A15 - “Mas só existe transição com liberação de fóton?”

P2 - “Não é bem isso, existe transição com liberação de fóton e sem liberação de fótons, por exemplo, quando colide um átomo em outro, se eu tenho um fóton, eu tenho um sistema que tem momento angular. Ele tem que perder ou ganhar uma unidade de momento angular”.

(4) Um espectro de linha discreto é produzido por fótons que são emitidos durante as transições de elétrons de um nível de energia para outro.

i) A aluna da Turma B não associa o espectro com a linha, durante atividade de simulação, de acordo com o diálogo a seguir:

P2 - “[...] eu estou vendo que o ruído desapareceu muito pequenininho se comparado com a minha escala. E aí eu tenho 15 linhas de mercúrio. O mercúrio tem 15 linhas? Eu vou mostrar para vocês quantas linhas tem o mercúrio”.

A10 - “Professor diz linha, mas o que é uma linha?”.

P2 - “[...] é o seguinte, justamente porque a gente enxerga esses risquinhos [...] são linhas, no gráfico a gente enxerga como linhas, então, quando eu olho para ele posso dizer que esse espectro tem 15 linhas. Rigorosamente eu estou observando 15 transições. São 15 comprimentos de ondas diferentes, não é? Aqui é um comprimento de onda, aqui é outro, mas a gente fala 15 linhas que pode gerar uma confusão enorme”.

A10 - “Estou pensando que eu já estudei isso. Qual a relação

que isso tem com o átomo?”

P2 – “Com o átomo? Então isso aí é aquela discussão, que a gente chama da assinatura do átomo”.

A10 – “Esse número 15, como que eu calculo ele?”

P2 – “Eu não disse que o átomo tem 15 linhas, eu disse que nós estamos vendo 15 linhas”.

ii) Durante discussão conceitual, um aluno da Turma B remete a energia com a probabilidade de um elétron mudar para uma camada:

A1 – “Então se ele ganhar vai para uma camada mais energética... Agora, quando ele faz essa mudança de camada ele libera essas probabilidades?”.

P2 – “Não, ele faz mudanças com essa probabilidade [...]Tem transições que são muito prováveis e transições que são muito improváveis [...]. Além do momento angular, todo o elétron está orbitando o núcleo, além desse o elétron pode ter spin para cima ou spin para baixo. Então o momento angular no estado é a soma desses momentos”.

A1 – “Então para cada um desses spins, mais o momento angular?”

P2 – “Isso, tem que somar o momento angular de cada elétron, da órbita, do spin, para dar o momento”.

A1 – “É uma combinação perfeita?”

P2 – “Como assim?”

A1 – “É uma combinação que dentro dessas probabilidades ele vai combinar os átomos até formar os 200nm comprimentos de onda?”.

iii) O aluno da Turma B tenta estabelecer relação entre a frequência e o número de linhas, mas só está associando com as transições do visível e não todas as transições possíveis, de acordo com o diálogo a seguir:

A7 – “Tenho uma pergunta de quando você estava falando do espectro... a frequência gerada pelo comprimento de onda é a energia do átomo?”.

P2 – “Não a frequência gerada, você diz de cada comprimento de onda?”

A7 – “Pego um átomo e olho para suas camadas, cada camada

gera aquela frequência”.

P2 – “Isso”.

A7 – “Por isso que o Hidrogênio tem só duas linhas?”

P2 – “Não, o hidrogênio na verdade, veja bem, o número de linhas que um elemento tem, depende de como você consegue excitá-lo. E como você consegue medi-lo, porque rigorosamente, um elemento tem infinitas linhas.”

iv) Aluno da Turma A associa o número de linhas com a identidade do elemento, durante momento da atividade com simulador:

A18 – “Para o hidrogênio era para dar sete linhas?”

P2 – “Não seriam oito?”

Contudo, com essa segunda parte de análise, percebemos que, durante a atividade experimental de laboratório, não apareceram relação com os quatro aspectos conceituais trazidos por Ivanjek *et al* (2014). No entanto, durante as aulas com uso de simulação, surgiram um total de oito perguntas, sendo que duas foram feitas por alunos da Turma A e seis por alunos da Turma B. Dessa forma, notamos que ainda são feitas poucas perguntas de apropriação conceitual, não obstante a Turma B tenha sido responsável por 75% delas, enquanto a Turma A por apenas 25%. Percebe-se, portanto, através da descrição das aulas (Anexo 01), que o professor P2, em sua abordagem, discute mais no início da aula com a Turma B, fazendo com que os alunos exponham mais suas dúvidas. Assim, percebemos mais incentivo por parte de P2 aos alunos da Turma B, atitude que, conseqüentemente, colaborou para a formulação de perguntas.

Em geral, “não existe estímulo para que os alunos formulem perguntas, mas sim, que deem respostas” (ALMEIDA; NERI DE SOUZA, 2010; LOUREIRO; NERI DE SOUZA, 2013). Sobre o uso combinado de atividades de simulação e experimental, Winberg e Berg (2007) defendem que essa combinação influencia os estudantes a fazerem mais questões teóricas durante o seu trabalho de laboratório, e que, se as simulações são trabalhadas antes da atividade experimental de laboratório, auxiliam na compreensão dos conceitos. Ou seja, além da abordagem do professor, a ordem das atividades também influencia nas questões dos alunos.

A seguir, separamos cada momento de aula e fazemos a comparação dos tipos de perguntas elaboradas durante as atividades

realizadas pelos professores da disciplina, comparação esta devido à ordem das atividades (que foi diferente entre as turmas) e a abordagem dos professores:

a) Comparação das perguntas de procedimento durante atividade experimental:

Percebe-se que em aulas experimentais predominam perguntas de confirmação durante a realização do procedimento experimental, o que corrobora com os trabalhos de Chin (2001) e Pedrosa de Jesus (1991), que apontam que maior parte das perguntas feitas pelos alunos são fechadas e de caráter processual, exigindo pouca reflexão. A tabela 02 mostra a quantidade de perguntas feitas pelas turmas.

Tabela 02: Comparação das perguntas procedimentais na aula experimental

Tipo de pergunta	Turma A	Turma B
Descontextualizada	2	0
Confirmação	26	49
Definição/Informação	10	5
Explicação	3	7
Total de perguntas por turma	41	61
Total de perguntas gerais: 102		

No entanto, os alunos da Turma B fazem mais perguntas que os alunos da Turma A neste momento de aula. Porém, ainda predominam as perguntas de caráter de confirmação.

Notamos que a proporção da natureza das perguntas entre as duas turmas é muito semelhante, apesar da Turma B fazer mais perguntas, que caracteriza também o perfil da turma. Isso mostra que o professor P1, de acordo com a descrição das aulas, seguiu uma abordagem semelhante nas duas turmas. O fato de a abordagem ser semelhante fez com que a proporção fosse semelhante. Nesse caso, a ordem da atividade não favoreceu a mudança no perfil das perguntas, assim como também pudemos notar que os alunos não fizeram perguntas que relacionem a teoria com o experimento.

b) Comparação das perguntas conceituais durante a aula experimental:

A tabela 03 a seguir ajuda a visualizar a quantidade de perguntas feitas em cada turma durante as aulas com o professor P1, que faz uma abordagem semelhante nas duas turmas, conforme foi descrito no contexto da disciplina (Item 3) e mais detalhadamente no (Anexo 01). As perguntas abaixo são de caráter conceitual, feitas no momento de atividade experimental.

Tabela 03: Comparação das perguntas conceituais na aula experimental

Tipos de perguntas	Turma A	Turma B
Descontextualizada	0	0
Confirmação	0	2
Definição/Informação	0	2
Explicação	1	0
Total de perguntas por turma	01	04
Total de perguntas gerais: 05		

Percebe-se que, durante a aula experimental, são feitas poucas perguntas conceituais (apenas cinco perguntas), isso corrobora com as pesquisas de Chin (2001) e Pedrosa de Jesus (1991), que apontam que nas atividades de laboratório os alunos fazem mais perguntas de caráter procedimental. Mesmo sendo perguntas de naturezas diferentes entre as Turmas A e B, a quantidade não foi expressiva para efeito de comparação.

Em relação à Turma A, neste momento de aula, foi feita apenas uma pergunta que caracteriza explicação de um conceito que não ficou bem compreendido.

As perguntas feitas pelos alunos da Turma B, no momento de aula com o professor P1, também foram poucas. Ocorrem duas perguntas que se caracterizam como confirmação a respeito da natureza experimental a ser estudada e mais duas que se caracterizam como definição/informação.

c) Comparação das perguntas procedimentais durante a aula com simulação:

No momento da atividade com o uso do simulador, percebe-se que a Turma B realiza mais perguntas procedimentais que a Turma A, como mostra a tabela 04.

Tabela 04: Comparação das perguntas na aula com simulação

Tipos de perguntas	Turma A	Turma B
Descontextualizada	0	0
Confirmação	6	14
Definição/Informação	1	2
Explicação	1	9
Total de perguntas por turma	08	25
Total de perguntas gerais: 33		

Notamos que os alunos da Turma A fazem apenas três tipos de perguntas e que predominam as perguntas de confirmação.

No entanto, a proporção da natureza das perguntas realizadas pelos alunos da Turma B é maior, pois estes fazem quatro tipos de perguntas, dentre as quais também predominam as perguntas de confirmação e de explicação.

d) Comparação das perguntas conceituais durante a aula com simulação:

A tabela 05 a seguir ajuda a visualizar a quantidade de perguntas feitas com cada turma durante as aulas com o professor P2. As perguntas abaixo são de caráter conceitual, realizadas no momento de atividade de simulação.

Tabela 05: Comparação das perguntas na aula com simulação

Tipos de perguntas	Turma A	Turma B
Descontextualizada	0	4
Confirmação	0	14
Definição/Informação	0	4
Explicação	2	3
Total de perguntas por turma	02	25
Total de perguntas gerais: 27		

Comparando com o momento de aula anterior, são feitas muito mais perguntas. De acordo com os dados da tabela 05, enquanto os alunos da Turma B fazem vinte e cinco perguntas, os da Turma A fazem somente duas perguntas. As perguntas dos alunos da Turma A são somente de natureza de explicação, enquanto que as perguntas feitas

pelos alunos da Turma B contemplam todas as subcategorias de perguntas, predominando, entretanto, as de confirmação.

Como dito anteriormente, houve uma mudança na abordagem feita pelo professor P2 entre as duas turmas nos momentos de aula da atividade com simulação. No momento introdutório com a Turma B, o professor organiza e elenca as dúvidas referentes ao conteúdo estudado para a realização do experimento. Com isso, ele estimula a discussão e o aparecimento de maior número de perguntas por parte dos alunos antes de mexerem no simulador. Por esse motivo, entendemos que os alunos da Turma B participaram mais e expuseram mais suas dúvidas no início da aula. Porém, os alunos continuaram a fazer mais perguntas nos dois momentos, o que pode ser também uma característica da turma.

No caso da Turma A, que havia iniciado com a atividade experimental, realizando a simulação somente no segundo momento de aula, notamos que a abordagem do professor P2 é diferente, pois é ele quem faz as perguntas para os alunos, não deixando muito tempo para que eles possam respondê-las.

Evidenciamos que a diferença quantitativa de perguntas feitas pela Turma B em relação à Turma A também se deve à abordagem adotada pelo professor. Assim, percebemos que, na Turma B, além de fazer uma maior quantidade de perguntas, estas são perguntas de naturezas diferentes, embora sigam predominando as de caráter de confirmação. A Turma A só faz duas perguntas de caráter de explicação dos conceitos, enquanto a proporção dos tipos de perguntas feitas pelos alunos da Turma B é maior, sendo que predominam as perguntas de confirmação.

Os gráficos 09 e 10 mostram uma comparação das perguntas em função da sequência didática nos momentos de aula.

e) Comparação das perguntas com as sequências didáticas antes e depois da atividade com simulação:

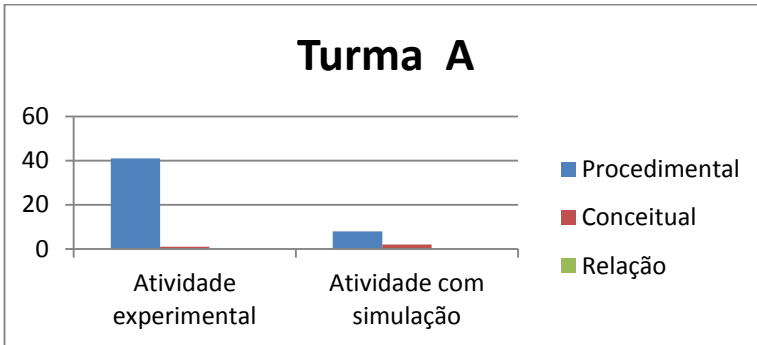


Gráfico 1: Comparação das perguntas - Turma A

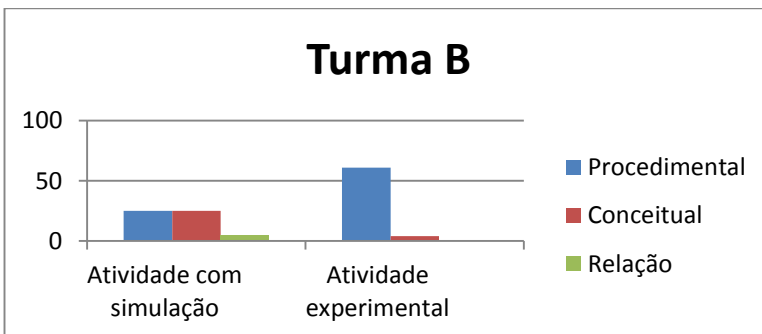
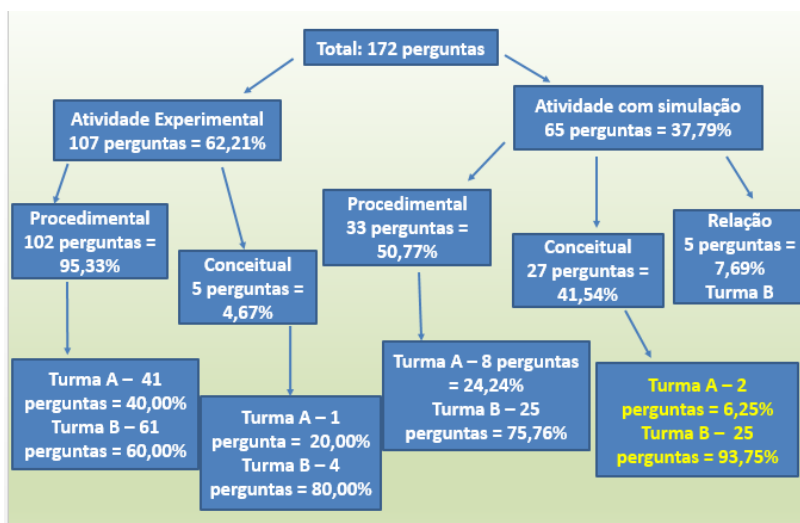


Gráfico 2: Comparação das perguntas - Turma B

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em todos os momentos a Turma B faz mais perguntas, fato que atribuímos à mudança da abordagem por parte do professor, que, portanto, potencializou o ato dos alunos em fazer mais perguntas, assim como houve o estímulo por parte do professor P2 na realização de perguntas nesta turma no início da aula. No quadro abaixo é feita uma síntese da proporção e do tipo de perguntas feitas em cada momento para cada turma.

Quadro 1: Total de perguntas



Num total, foram feitas 172 perguntas, das quais 107 ocorreram durante a atividade experimental, enquanto 65 ocorreram durante a atividade de simulação.

Notamos que o momento das atividades de laboratório experimental conduzida pelo professor P1 foi trabalhado em uma abordagem mais tradicional de ensino, seguida de um roteiro pré-estabelecido, valorizando mais a medição para a obtenção de resultados. Com isso, 102 perguntas foram de caráter procedimental, enquanto 05 perguntas foram conceituais.

Das perguntas procedimentais feitas durante a atividade experimental, 41 foram feitas pelos alunos da Turma A, enquanto 61 foram feitas pelos alunos a Turma B. Como a abordagem do professor

durante a atividade experimental foi semelhante nas duas turmas, entendemos que essa diferença do número de perguntas deve-se ao perfil das turmas.

Das perguntas conceituais que ocorreram durante a atividade experimental, 01 foi feita pelos alunos da Turma A, enquanto 04 foram feitas pelos alunos da Turma B. As perguntas conceituais durante as atividades experimentais foram poucas num geral, mas, a esse respeito, observa-se uma diferença significativa entre as duas turmas: além do perfil da Turma B de fazer mais perguntas, esses alunos vieram de uma atividade anterior com uma proposta de discussão, ou seja, uma atividade que, de certa forma, os preparou antes da realização do experimento. Nessa situação, o uso da simulação pode ter favorecido o entendimento conceitual, pois foi uma atividade preparatória para o experimento. Segundo Winberg e Berg (2007), os exercícios pré-laboratório ajudam os alunos a integrar ao conteúdo teórico conhecimentos em esquemas, que podem auxiliar na reflexão, assim como podem fornecer aos alunos um direcionamento durante a realização de seu trabalho de laboratório.

Lembrando que, durante a aula com uso de simulador, conduzida pelo professor P2, houve uma mudança em sua prática pedagógica com a Turma B, possibilitando o aumento de perguntas conceituais por parte dos alunos. Com isso, os alunos da Turma B fizeram 33 perguntas de caráter procedimental, 27 perguntas de caráter conceitual e 05 perguntas de relação durante essa aula, resultado mais equilibrado em relação ao tipo de pergunta.

Das perguntas procedimentais feitas durante a aula com o uso de simulação, 08 foram feitas pelos alunos da Turma A, enquanto 25 foram feitas pelos alunos da Turma B.

Os investigadores Dillon (1983), Neri de Souza (2006), Rowe (1986) Stevens (1912) Teixeira-Dias, Pedrosa de Jesus, Neri de Souza e Watts, (2005), ao observar diferentes contextos e níveis de escolaridade, apontam que existe um predomínio do discurso do professor. Percebemos esse predomínio na descrição da aula experimental com as duas turmas e na aula com simulação com a Turma A. Os estudos também apontam que as raras perguntas dos alunos são pouco reflexivas.

Das perguntas conceituais feitas durante a atividade de simulação, 02 foram feitas pelos alunos da Turma A, enquanto 25 foram feitas pelos alunos da Turma B. Isso significa que a abordagem proporcionou um aumento das perguntas conceituais pelos alunos da Turma B.

Segundo Lorencini Jr. (2000), a prática do modelo didático de formulação de perguntas promove a flexibilização da postura pedagógica do professor no que se refere à redução das suas intervenções, proporcionando maior participação dos alunos. Dessa forma a abordagem feita pelo professor na aula com simulação auxiliou os estudantes da Turma B a fazer mais questões conceituais durante o seu trabalho de laboratório. Além disso, os autores defendem que, quando trabalhadas antes da atividade experimental de laboratório, as simulações auxiliam na compreensão dos conceitos, o que aconteceu no caso em questão.

A ocorrência de perguntas conceituais deveu-se ao momento de discussão com a Turma B no início da aula possibilitado por P2, pois ele pergunta quais as dúvidas que os alunos têm e as elenca no quadro. Porém, com a Turma A, o professor P2 fez uma abordagem diferente, pois, em grande parte da aula, era ele quem fazia as perguntas e, além disso, dava pouco tempo de resposta, sendo que ele mesmo respondia as suas perguntas. Assim, a prática foi mais dialógica na Turma B do que na Turma A, com P2, fato que influenciou na quantidade de perguntas conceituais feitas pelos alunos da Turma B, que foi maior em todos os momentos de aula.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA

Nossa pesquisa teve o intuito de responder à seguinte pergunta: **Como o uso de simuladores auxilia no aprendizado de Física Moderna?**

Para responder a essa pergunta, inicialmente, tivemos que entender o contexto do Ensino de Física Moderna, na Licenciatura em Física na modalidade de Educação à Distância. Sabe-se que os fenômenos que envolvem conhecimentos de FM são diferentes dos que lidamos nos fenômenos macroscópicos, de modo que as demonstrações experimentais e as atividades práticas são bastante difíceis de serem realizadas. Tendo entendimento da complexidade da natureza quântica e também da necessidade em melhorar a formação de docentes em física, nos questionamos sobre quais fatores poderiam contribuir para o aprendizado de Física Moderna nesse contexto.

Nas áreas científicas, em especial no Ensino de Física, são muito valorizadas as atividades experimentais, motivo pelo qual nos interessou olhar para o contexto da disciplina de Laboratório de Física Moderna. Pesquisas também apontam que o uso de recursos tecnológicos possibilita não só a visualização dos fenômenos, mas também facilitaria o entendimento conceitual da natureza envolvida neles.

Sabe-se que as tecnologias influenciam na nossa forma de interagir e nos comunicar. Portanto, discutimos em nosso trabalho as questões que envolvem a educação por meio das tecnologias, de maneira a entender como o aluno interage com essas tecnologias.

Discutimos no decorrer do trabalho a importância de conciliar atividades de simulação integradas a atividades experimentais, pois, segundo alguns estudos (JOHNSTONE, 1997; DE JONG; VAN JOOLINGEN, 1998; JAKKOLA; NURMI, 2008; ZACHARIA, 2007), a utilização de recursos simulados potencializam o aprendizado de conceitos, desde que compreendida numa proposta pedagógica com uso de tecnologias. Segundo Winberg e Berg (2007), as simulações têm sido propostas como um meio de proporcionar interações intensas com um tópico, facilitando, assim, a sintonia do conhecimento existente sobre um determinado assunto em uma forma mais intuitiva e de maneira mais acessível, em um tempo relativamente curto.

Dessa forma, nos interessou olhar diretamente para a disciplina de Laboratório de Física Moderna no contexto da Licenciatura em Física na modalidade EaD da UFSC, que faz uso de recursos tecnológicos

durante todo o curso e também contempla uma atividade com simuladores.

Tendo como panorama o fato de que o docente que atua na EaD tem como obrigação utilizar as TIC em suas aulas, deve-se pensar como mediá-la, pedagogicamente, por meio de recursos tecnológicos, sendo importante olhar como acontece a prática desse professor que atua na EaD e quais são as suas intenções pedagógicas com o uso desses recursos. Desse modo, deve-se repensar a forma como ocorre a mediação pedagógica através das TIC, assim como o próprio planejamento da disciplina.

Ao olhar mais atentamente para o contexto da disciplina, através da descrição das aulas, nos questionamos se os alunos possuiriam conhecimentos prévios que os qualificassem a formular perguntas mais elaboradas, pois é por meio de questionamentos que o aluno seleciona as informações que apreende. Assim, também surgiu a questão: **Como a prática pedagógica pode influenciar nas perguntas realizadas pelos alunos numa disciplina de Laboratório de Física Moderna?**

De acordo com Loureiro, Neri de Souza, & Moreira, 2010; Paul & Elder, 2001; e Walker, 2003, o questionamento e a argumentação são importantes no processo de ensino e aprendizagem, pois ativa o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos. Assim, o questionamento aparece como ferramenta facilitadora da aprendizagem do aluno por favorecer a explicitação do seu conhecimento prévio e o desenvolvimento de capacidades de observação, investigação e explicação, além de estimular o estabelecimento de um maior número de conexões entre o real e o abstrato e contribuir para o progresso do aluno para níveis de maior complexidade conceitual.

Como instrumento de análise em nosso trabalho, criamos categorias das perguntas feitas pelos alunos em sala de aula durante um episódio da disciplina de Laboratório de Física Moderna: categorias de perguntas procedimentais, conceituais e de relação. As categorias gerais de perguntas de procedimento e conceituais são subdivididas em outras categorias, pois percebemos a necessidade de um tipo de resposta para cada pergunta. São elas: descontextualizadas; confirmação; definição/informação e explicação. Para as perguntas de relação, pode ser entre simulação/experimento; conceito/experimento; contextualização/extrapolação e hipótese.

Salientamos que o instrumento de análise desenvolvido em nossa pesquisa pode ser utilizado em outros contextos para análise de perguntas em sala de aula.

O instrumento de análise serve para verificar se os alunos conseguem formular perguntas de nível mais reflexivo, de forma que consigam relacionar teorias e conceitos, fazer extrapolações ou criar hipóteses.

O questionamento pode servir para incentivar professores a repensarem sua prática e suas estratégias de ensino e aprendizagem, pois a sequência realizada pelo professor influencia no ato de fazer perguntas por parte dos alunos. Para que essas perguntas sejam mais reflexivas, no entanto, o planejamento das atividades por parte do professor e sua intenção pedagógica são fundamentais. Por exemplo, como visto na situação descrita da Turma B, ao promover discussões no início da atividade, obteve-se um aumento significativo de perguntas conceituais em relação à Turma A. Outro dado importante foi que a Turma B, além do momento de discussão, realizou a atividade de simulação antes da atividade experimental o que pode também auxiliar na compreensão conceitual e na realização de algumas perguntas que relacionam conceitos.

Com esta pesquisa, pudemos evidenciar que a mudança na prática pedagógica do professor influencia nas perguntas formuladas pelos alunos, a exemplo do professor P2, que estimulou os alunos da Turma B a formularem perguntas. Destaca-se a importância em repensarmos nossa prática docente, especialmente no Ensino de Física Moderna. Conforme evidenciamos através da pesquisa, a sequência didática que usou o simulador antes da experimentação favoreceu o surgimento de mais perguntas conceituais em relação à outra turma que fez a atividade com o simulador depois do experimento, na qual ocorreram poucas perguntas conceituais.

Assim, a ordem da atividade com o uso de simuladores também influenciou na natureza das perguntas feitas pelos alunos, pois, se explorado conjuntamente as atividades práticas, o recurso tem grande potencialidade para auxiliar nas representações dos fenômenos envolvidos. No entanto, observamos que o simulador tem potencialidade, mas que esta não se deve apenas ao uso do recurso TIC, mas à sua forma de apropriação no ensino.

Em nossa pesquisa não foi possível observar turmas que tivessem realizado as mesmas atividades sem o uso de simuladores, para efeito de comparação. Também não foi possível investigar as perguntas do professor na mudança de sua prática e relacionar com as perguntas dos alunos, por exemplo. Diante da importância desses aspectos, acreditamos que estes se configuram como possíveis investigações futuras.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. G. S.A. **Questões dos alunos e estilos de aprendizagem: um estudo com um público de Ciências no ensino universitário.** Universidade de Aveiro. Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, 2007.
- Almeida, P.; Neri de Souza, F. (2010). **Questioning Profiles in Secondary Science Classrooms.** International Journal Learning and Change, 4(3), 237-251.
- ANDRÉ, M. E. D. A. **Estudo de Caso em Pesquisa e avaliação educacional.** Brasília: Liber Livro Editora, 2005.
- BELISÁRIO, A. **Educação à distância & Internet: a virtualização do Ensino Superior.** ADVIR, Rio de Janeiro, Associação de docentes da UERJ, 2001.
- BELLONI, M.L. **Educação a distância e mídia-educação na formação profissional.** 2011.
- BEZERRA, L. T. S.; AQUINO, M. A. **Ensinar e aprender na cibercultura.** Revista FAMECOS. Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 834-854, setembro/dezembro 2001. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/revistafamecos/article/viewFile/10386/7285>. Acesso em; jun. 2013.
- BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J.C. **A Física Experimental numa Perspectiva Histórico-Filosófica. Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino.** PEDUZZI, L.O.Q; MARTINS, A.F.P.; FERREIRA, J.M.H. (Org). NATAL: EDUFRN, 2012.
- BRASIL, PCN+ **ENSINO MÉDIO: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.** Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Ministério da Educação/ Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Brasília, 2002.
- BORGES, T. A. **Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências.** Cad. Brás. Ens. Fís., v. 19, n.3: p.291-313, dez. 2002.

CHAVES, A.; SHELLARD, R.C. **Pensando o futuro: o desenvolvimento da física e sua inserção na vida social e econômica do país.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

CHIN, C. **Learning in Science. What do student's questions tell us about their thinking?** Education Journal, 2001.

CHIN, C.; BROWN, D.E; BRUCE, B.C. **Student-generated questions: A meaningful aspect of learning in Science.** International Journal of Science Education, 2002.

COELHO, S. M; KOHL, E.; DI BERNARDO, S. **Formação de Professores do Ensino Médio pela Instrumentação e Pesquisa em Ciências.** In: TALLER INTERNACIONAL DE DIDÁCTICA SOBRE LA FÍSICA UNIVERSITARIA, III, 2002, Matanzas, DIDACFISU, 2002.

COLOMBO JR, P.D. **INOVAÇÕES CURRICULARES NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA: Investigando uma Parceria entre Professores e Centro de Ciências.** São Paulo, 2014.

DEMO, P. **Educar pela Pesquisa.** 4. ed. Campinas: Associados, 2000.

DE JONG; VAN JOLINGEN (1998). **Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains.** Review of Educational Research. V. 68, N. 2. 1998.

DILLON, J. T. **The Remedial Status of Student Questioning.** Journal of Curriculum Studies, 1988.

DOMINGUINI, L.; MAXIMILIANO, J.R.; CARDOSO, L. **Novas Abordagens do Conteúdo Física Moderna no Ensino Médio Público do Brasil.** IX ANPED Sul – Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2012.

DRIVER, R.; BELL, B. **Student's thinking and the learning of Science: a constructivist view.** School Science Review, 1985.

ESPÍNDOLA, M. B. de. **Integração de Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino Superior: Análise das experiências de**

professores das áreas de ciências e da saúde com o uso da Ferramenta Constructore. Rio de Janeiro/UF RJ/IBqM, 2010.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. **Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais.** Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE J. **Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, n. 3, Setembro, 2003.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados.** Ijuí. Ed. Unijuí, 2008.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. de. **As Origens do Saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos.** Traduzido por Bruno Charles Magne. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GRAESSER, A.C.; PERSON, N.K.; HUBER, J. **Mechanisms that generate questions.** London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1992.

GUTIERREZ, F.; PIETRO, D. **A mediação pedagógica: educação a distância alternativa.** Campinas, SP, Papirus, 1994.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Atividades Experimentais, Computacionais e sua Integração: Crenças e Atitudes de Professores no Contexto de um Mestrado Profissional.** XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Águas de Lindóia, 2010.

HENNESSY, S.; DEANEY, R.; RUTHVEN, K. **Situated expertise in integrating use of multimedia simulation into secondary science teaching.** International Journal of Science Education, 2006.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V.N. **The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century.** 2003.

HODSON, D. **A Critical Look at Practical Work in School Science.** School Science Review. V.71, n. 256 p33-40, 1990.

IVANJEK, L.; SHAFFER, P.S.; MCDERMOTT, L.C.; PLANINIC, M.; VEZA, D. **Research as a guide for curriculum development: An example from introductory spectroscopy.** Identifying student difficulties with atomic emission spectra. American Journal of Physics, 2014.

JAAKKOLA, T.; NURMI, S. **Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities.** Journal of Computer Assisted Learning (2008),24, 271-283.

JOHNSTONE, A.H.. **Chemistry Teaching: Science or Alchemy?** Journal of Chemical Education. V.74, N. 3, March, 1997.

LAPA, A. B.; BELLONI, M. L. **Educação a distância como mídia-educação.** Perspectiva. Florianópolis, v.30, n.1, 175-196, jan/abr. 2012.

LAPA, A. B.; PRETTO, N. L. **Educação a distância e precarização do trabalho docente.** Em Aberto, Brasília, v. 23, n. 84, p. 79-97, nov. 2010. Disponível em: <<http://emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/viewFile/1792/1355>>. Acesso em: jun. 2013.

LAWALL, I. et al. **Dificuldades de Professores de Física em Situação de Inovações Curriculares e em Curso de Formação.** XII EPEF. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Águas de Lindóia – SP, 2010.

LÉVY, P. **Cibercultura.** 2. ed. São Paulo: Ed. 34, 1999.

LORENCINI, JR. A. **O professor e as perguntas na construção do discurso em sala de aula.** Tese (Doutorado). Faculdade de Educação de São Paulo. São Paulo, 2000.

LOUREIRO, M. J.; NERI DE SOUZA, F. **A Presença de Questões em Mapas Argumentativos: Onde se Cruzam Argumentação e Questionamento?** In L. A. Pereira & I. Cardoso (Eds.) Reflexão sobre a

Escrita. O Ensino de Diferentes Gêneros de Textos (pp. 269-288). Aveiro: Universidade de Aveiro, 2013.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MORAN, J. M. **As mídias na educação**. 3. ed. São Paulo: Paulinas, 2007. p. 162-166. Disponível em: <http://www.eca.usp.br/prof/moran/site/textos/tecnologias_eduacacao/midias_educ.pdf>. Acesso em: março, 2015.

MORAES, R. É Possível Ser Construtivista no Ensino de Ciências? In: MORAES, R. (org.). **Construtivismo e ensino de Ciências**. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 103-30, 2000.

NARDI, R. (Org). MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; FILHO, J.B.B. **Dificuldades dos Professores em Introduzir a Física Moderna no Ensino Médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos**. Ensino de Ciências e Matemática, I: Temas Sobre a Formação de Professores. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

NEDER, R.T. (org.). **Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia**. Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina/Centro de Desenvolvimento Sustentável. CDS. Ciclo de Conferências, v. 01, n. 03, 2010.

NILSSON, P. **Teaching for Understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education**. International Journal of Science Education. V. 30, n. 10, 13 August 2008, p. 1281–1299. 2008.

PAULO, I. J. C. de. **Elementos para uma proposta de inserção de tópicos de física moderna no ensino de nível médio**. Cuiabá: Instituto de Educação – UFMT, 1997. Diss. Mestr. Educação.

PEDROSA DE JESUS, M.H.T. **An investigation of pupils' questions in science teaching**. Unpublished Ph.D. Thesis. University of East Anglia, Norwich, U.K. 1991.

PEDROSA DE JESUS, H., NERI DE SOUZA, F., TEIXEIRA-DIAS, J.J.C., & WATTS, M. (2001). Questioning in Chemistry at the University. In A. F. Cachapuz (Ed.), 6th European Conference on Research in Chemical Education. Aveiro: Universidade de Aveiro, Portugal.

PINHO-ALVES, J. **Atividade Experimental: Uma Alternativa na Concepção Construtivista.** p. 1-21, 2002.

PINHO-ALVES, J. F.; PINHEIRO, T.F. Instrumentação para o Ensino de Física A. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2010.

REZENDE Jr, M. F.; CRUZ, S. F. F. **Física Moderna e Contemporânea na Formação de Licenciandos em Física: Necessidades, Conflitos e Perspectivas.** Ciência & Educação, v. 15, n. 2, p. 305-21, 2009.

RÜDIGER, F. **As teorias da Cibercultura: Perspectivas questões e autores.** Porto Alegre . 2ª.Ed. Sulina, 2013.

SALES, D. R. **Um estudo da superação conceitual de estudantes do ensino médio sobre procedimentos de medição a partir de um encaminhamento didático baseado em provocações.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

SANTOS, C.A. **Física Moderna.** UFRGS, 2009. Acesso em 21.01.2015. Disponível em <
<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod01/>>.

SANTOS, M. **Guia do Aluno.** Curso de Licenciatura em Física na Modalidade a Distância. UFSC/EaD/CED/CFM, Florianópolis, 2013.

SCHEIN, Z. P.; COELHO, S. M. **O Papel do Questionamento: Intervenções do Professor e do Aluno na Construção do Conhecimento.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 23, n. 1: p. 68-92, abr. 2006.

SILVA, N. C. **Laboratório de Física Moderna.** Florianópolis: UFSC/EaD/CED/CFM, 2010.

SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. **A experimentação no ensino de ciências.** In: SCHNETZLER, R.P.; ARAGÃO, R. M. R. Ensino de

Ciências: fundamentos e abordagens. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, p.120-153, 2000.

SOUZA, A. P. G.; LAWALL, I. T. **Inovação curricular de Física Moderna: motivações, dificuldades e mudanças na prática docente.** VIII ENPEC/ I CIEC. Universidade Estadual de Campinas, 2011.
Disponível em:
<<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1106-2.pdf>>
Acessado em 27/01/2015.

SOUZA, N.; RODRIGUES, A. **Questionar e Argumentar Online: Possibilidades de Pensamento Crítico com a Utilização do Arguquest®?** I Seminário Internacional Pensamento Crítico na Educação. 1-2 julho 2013, Universidade de Aveiro. Portugal.

SOUZA, V.F.M; SASSERON, L.H. **A importância das Perguntas do Professor em Aulas Investigativas de Física: Uma Caracterização.** XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Águas de Lindóia, 2010.

TAMIR, P. **Practical work in school science: an analysis of current practice.** In WOOLNOUGH, B Practical Science. The role and reality of practical work in scholl science. Open University Press, Celtic Court, Buckingham, 13-21. 1991.

TERRAZAN, E. A. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209 - 214, dez. 1992.

VAN DER MEIJ, H. Student questioning: a componential analysis. Learning and Individual Differences, 1994.

WALKER, S. E. **Active Learning Strategies to Promote Critical Thinking.** *Journal of Athletic Training*, 2003.

WATTS, M.; ALSOP, S. Questioning and conceptual understanding: the quality of pupil's questions in Science. *School Science Review*, 1995.
WHITE, R., & GUNSTONE, R. (1992). Probing understanding. London: The Falmer Press.

WINBERG, T. M; BERG, A. R. **Students' Cognitive Focus During a Chemistry Laboratory Exercise: Effects of a Computer-Simulated**

Prelab. Journal of Research in Science Teaching. V. 44, n. 8, pp. 1108-1133, 2007.

WONG, B. Y. L. **Self-questioning instructional research: A review.** Review of Education Research, 1985.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZACHARIA, Z. C. **Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits.** Journal of Computer Assisted Learning (2007), 23, 120–132.

8. ANEXOS

ANEXO 01 – DESCRIÇÃO DAS AULAS

No primeiro momento, foi introduzido o conteúdo de espectros atômicos, pelo professor P1 com todos os 20 alunos numa sala. Ele fala que a física atômica tem muito a ver com o nosso cotidiano. Em seguida, pergunta aos alunos: “Porque que o vidro é transparente e o papel não?”. Ele explica que isso se deve a radiação que interage com os diferentes materiais. Pois existem tecnologias, como por exemplo, os detectores com a finalidade de aumentar a resolução espectroscópica.

O professor convida os alunos para fazer uma regressão até meados do séc. XIX, historicamente com o desenvolvimento dos tubos de raios catódicos que levam a descoberta do raio X. Ele pede que os alunos se atenham especialmente em recordar da série de Balmer (1885), pois nessa época os pesquisadores já tinham conhecimento das raias dos espectros dos elementos químicos. P1 reforça que quase sempre a tecnologia abre caminho para a ciência, são raros os casos em que a teoria antecede a experiência. Explica que os pesquisadores do sec. XIX precisavam de um espectrômetro, para observar o que ia saindo dos tubos ionizados. Também exemplifica a confecção dos equipamentos usados naquela época, que ainda hoje é complexa a manipulação das tecnologias envolvidas na confecção dos equipamentos, P1 fala de situações atuais de algumas empresas do Brasil como a EMBRACO que fabrica compressores, situada na cidade de Joinville/SC.

O professor mostra um cartaz pendurado na sala, explica que na fotografia, é possível visualizar as raias espectrais, que são denominadas (alfa, beta, gama, delta, etc.) seguindo as letras do alfabeto grego, do vermelho até o azul. As primeiras três são bem visíveis, no entanto a partir da quarta poucas pessoas conseguem visualizar. Sendo que os espaçamentos entre as raias e sua coloração definem as características de cada elemento, com isso, percebe-se que existe uma lei que rege esse fenômeno. Com a equação de Balmer é possível determinar os comprimentos de onda, na escala visível.

P1 fala que em 1887 Thomson desenvolveu o seu modelo para o átomo de hidrogênio e Bohr fez uma análise muito importante em 1911, da experiência de Rutherford, onde ele pegou uma fina folha de ouro e bombardeou com partículas alfa. A interpretação dos resultados, que esse átomo deveria ter suas cargas positivas extremamente concentradas

no núcleo e elétrons ao redor do núcleo, sendo que a densidade maior de carga estava toda concentrada no núcleo. Em 1913, Bohr desenvolveu um modelo que apresentava concordância quantitativa precisa com alguns dados espectroscópicos do hidrogênio, Bohr postula: 1) Um elétron em um átomo se move em uma órbita circular em torno do núcleo sob influência da atração coulombiana entre elétron e o núcleo, obedecendo às leis da mecânica clássica; 2) Em vez da infinidade de órbitas que seriam possíveis segundo a mecânica clássica, um elétron só pode se mover em uma órbita na qual seu momento angular orbital L é um múltiplo inteiro de \hbar (constante de Planck dividida por 2π); 3) Apesar de estar constantemente acelerado, um elétron que se move em uma dessas órbitas possíveis não emite radiação eletromagnética. Portanto sua energia total E permanece constante; 4) É emitida radiação eletromagnética se um elétron, que se move inicialmente sobre uma órbita E_i , muda seu movimento descontinuamente de forma a se mover em uma órbita de energia total E_f . A frequência da radiação emitida ν é igual à quantidade $(E_i - E_f)$ dividida pela constante de Planck h .

P1 explica que o átomo de Bohr foi utilizado como ponto de partida para outros estudos, como Schrödinger e Dirac que vão potencializar o conhecimento da física moderna. Enfatiza a importância de estudarem além do modelo de Bohr, pois é um modelo que descreve o átomo de hidrogênio. P1 fala que o próximo átomo depois do hidrogênio é o hélio e este é um dos átomos mais complexos para se descrever.

Ele também informa que nas atividades experimentais, os alunos irão coletar dados do átomo de hidrogênio, mas que também irão observar o espectro do hélio e do mercúrio. Como no laboratório só tem à disposição um equipamento para o hidrogênio, enquanto um grupo realiza as medidas com hidrogênio, os demais revezam a observação dos espectros de hélio e de mercúrio.

O professor P1 complementa a parte do livro que fala do átomo de hélio, este conteúdo é abordado no livro texto (p.59), em que explica o método de Hartree e sua aproximação que considera a interação coulombiana entre cada elétron com os demais elétrons do átomo e com o núcleo, porém é desprezado o efeito do movimento de cada elétron sobre o comportamento dos demais. Assim P1 demonstra no quadro um esquema, esboçando o núcleo e mais dois elétrons. Explica a configuração total dos spins, que o spin tem momento magnético, para a mecânica quântica significa que pode se orientar em (+1, -1 e 0), ou seja, são três estados energéticos na ação do campo magnético. Quando

o spin total é zero só há um único estado no campo magnético, por isso é chamado de singleto e se for 1 ou -1 é chamado de tripleto.

P1 explica que quando essas partículas têm cargas elétricas iguais, apesar de ter uma energia magnética que as coloca em sentidos contrários, elas têm uma energia de repulsão coulombiana entre elas. Quando elas estão próximas essa repulsão é maior do que quando elas estão afastadas. P1 simula com uma aluna na sala como seria o movimento desses dois spins, os dois andam em movimento circular mais afastados um do outro. No caso do singleto ele mostra que acontece o contrário, elas tendem a ficarem mais próximas, tendo um movimento correlacionado. Essa energia magnética entre os spins, que gera esse movimento correlacionado das partículas, que só existe na mecânica quântica.

O professor P2 faz uma analogia com o movimento da Lua, nisso um aluno questiona o que acontece com os spins do tripleto para que ele tenha sempre essa posição.

P1 explica que no caso do tripleto as partículas mais afastadas são mais estáveis que as do singleto que estão mais próximas. Então a interação coulombiana que é positiva será menor quando os spins estão mais afastados. No caso do tripleto, tem um tempo de vida muito maior, pois esse elétron que está nesse outro nível não pode vir para o estado fundamental, pois esse orbital não deixa que dois elétrons com spins de mesma direção ocupem mesmo nível. Para esse elétron vir para esse estado, ele vai ter que inverter o spin, só que ele precisa receber energia externa para poder inverter o spin. Essa energia ele pode conseguir com uma partícula vizinha, transferindo energia cinética para o elétron, então ele vira um átomo estável não excitado. Sendo que os termos singleto e tripleto só se aplicam para os estados excitados.

O professor P1 retorna a técnica de medida do nônio, que os alunos já fizeram no laboratório de óptica. Nisso os dois professores fazem a divisão das Turmas, sendo que metade inicia com a atividade experimental e a outra metade com a atividade com os simuladores.

Nesse momento a Turma A permanece no laboratório experimental e a Turma B é encaminhada para o laboratório de informática. A intenção de relatar os dois momentos com as turmas é para comparar a mudança na sequência didática.

Em seguida é relatado os dois momentos com as turmas, com o objetivo de analisar como as mudanças na sequência didática influenciam nas perguntas realizadas pelos alunos.

Turma A:

1) Atividade Experimental:

P1 faz um esboço no quadro da rede de difração, contextualiza sobre o espectrômetro de rede, busca a sua imagem no livro texto.

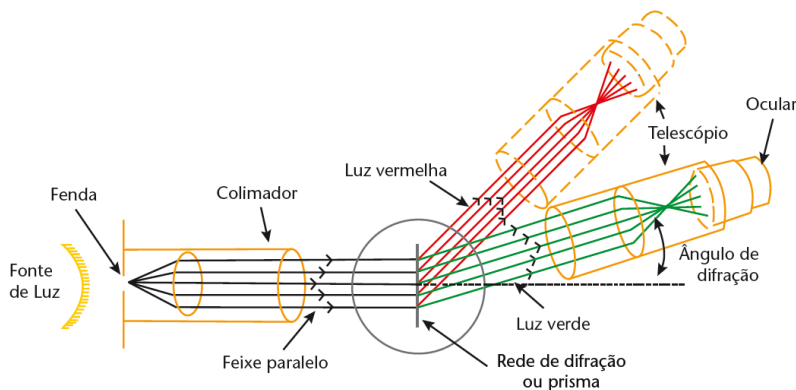


Figura 14: Princípio de funcionamento de um espectrômetro óptico.

Fonte: Silva, 2010, p. 52.

Explica que o que difere um espectroscópio⁹ de um espectrômetro¹⁰, que está mais relacionado à sua estrutura e forma de medição, através destes equipamentos é possível efetuar as medições dos espectros e observar as propriedades da luz.

Afirma que a luz produzida por uma fonte passa através da fenda, é refratada por um prisma (ou difratada por uma rede de difração) e atinge o anteparo, separada em seus comprimentos de onda constituintes.

P1 chama a atenção que existem aplicações tecnológicas com esse estudo, explica que o aço é composto de ferro com um pouquinho de carbono, ele mostra no cartaz qual a espectroscopia do ferro, que tem 1800 linhas, explica que cada elemento tem sua sequência de raios características, como se fosse à impressão digital do elemento, fazendo

⁹ O Espectroscópio é o equipamento que realiza um registro fotográfico de um espectro luminoso.

¹⁰ O Espectrômetro é um instrumento óptico utilizado para medir as propriedades da luz em uma determinada faixa do espectro eletromagnético. Sua estrutura basicamente se resume a existência de uma rede de difração e um captador.

disso uma ferramenta de análise química. Através da medida da intensidade dessas raias, é possível dizer quanto tem desse elemento.

O professor explica no quadro como se faz a medida do nônio, fala para os alunos ficarem atentos a leitura, tira algumas medidas como exemplo. P1 mostra o equipamento que será usado, só não acende a lâmpada no momento, pois cada uma tem um tempo de vida. Os alunos treinam o uso do nônio, eles têm uma lupa para ajudar na observação. O professor explicou o procedimento de leitura do nônio e em seguida pediu que os alunos fizessem um breve treinamento do processo.

O primeiro equipamento a ser observado é o do hélio e tem uma rede de 600 linhas por minuto. Um aluno questiona se tem 600 linhas por milímetro, teria que saber o tamanho da fenda. P1 responde que se trata do espaçamento entre as fendas.

O aluno insiste e questiona quanto ao tamanho da fenda, pois tem o comprimento do espaço entre elas e o comprimento delas. P1 responde que isso não interfere, pois o que interessa é a distância entre elas.

Após uma discussão sobre as unidades de medida a se utilizar e a entrega dos relatórios P1 comenta a respeito das redes de difração, e da interferência causada quando um raio de luz atravessa o vidro, sendo que a luz se propaga com uma velocidade menor. O índice de refração é a relação entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio. Os raios de luz vão chegar ao detector com uma diferença de fase com interferências construtivas e destrutivas e essas interferências se espalham em que parte passa sem influencia formando um máximo central não ocorrendo interferência, pois estão na mesma fase. Onde a interferência é destrutiva aparecem zonas escuras e onde ela é construtiva aparece luz. P1 explica que “ m ” é a ordem do espectro, que será observado o espectro de primeira ordem. Conhecidas as características da rede de difração e a geometria do sistema, é feita a conversão de posição angular para comprimento de onda segundo a lei de Bragg, dada pela equação $m\lambda = d \cdot \sin\theta$, onde λ é o comprimento de onda, d é a distância entre as fendas e θ é o ângulo de difração. O professor coloca a equação no quadro e fala para calcular o λ , também explica como medir o ângulo e como fazer as observações e tirar os dados.

Enquanto os alunos vão comparando as medidas e anotando suas observações, o professor calibra os demais espectrômetros. P1 explica que na lâmpada é aplicado um potencial muito grande em que o gás é ionizado, deixando os elétrons excitados.

P1 pede para os alunos observarem a simetria do espectro, nisso coloca um papel preso na lâmpada na parte de cima, para facilitar a

observação, também diz que o ambiente deveria ser totalmente escuro, porém isso não é possível, pois devem anotar as medições além de observar as raias. Os alunos dialogam entre si, sobre o que devem observar. O professor também chama a atenção para a fenda do hidrogênio e do mercúrio que são de 600linhas por milímetro e a do hélio de 570 linhas por milímetro.

Um aluno pergunta se o procedimento é o mesmo em ambos os equipamentos. P1 responde que a metodologia será a mesma, que será fácil de observar o espectro de primeira ordem.

Outro aluno questiona se as medidas vão ser só da primeira ordem. O professor responde que sim, mas para que entendam bem a teoria, devem olhar o espectro da esquerda e da direita, ver o espectro de primeira ordem e observar o espectro de segunda ordem que o espaçamento é bem maior e que a imagem fica mais borrada. Assim, cada grupo fica em um equipamento, inicialmente o grupo de Lages com a lâmpada de hidrogênio, Criciúma de hélio e o grupo de Canoinhas de mercúrio. Os alunos anotam cada cor e se preocupam em fazer a leitura das medidas, coletam os dados e finalizam a atividade experimental.

2) Atividade de Simulação:

No segundo momento de aula os alunos da Turma A descrevem ao professor P2 quais os experimentos fizeram anteriormente. O professor P2 pergunta se os alunos usaram as três lâmpadas Hidrogênio (H), Mercúrio (Hg) e Hélio (He) para fazer as medições. Os alunos respondem que não, somente mediram do H e as demais lâmpadas só observaram. Um aluno fala que não compararam os dados do hidrogênio entre os grupos, mas que todos os grupos fizeram suas medidas.

Uma aluna fala que é muito bonito de observar os espectros dos elementos, nisso todos concordam com o comentário dela. Ao observar a imagem do cartaz na parede questiona como é possível ter toda a imagem espectral sem mexer na luneta, ele se refere à imagem do cartaz que estava na sala de laboratório.

P2 responde perguntando aos alunos, como eles acham que poderia ter sido feita a imagem do referido cartaz. Um aluno responde que só é possível aumentando o campo de visão.

O professor afirma que somente com o olho não seria possível chegar naquela imagem, que é tirada uma foto, feita através de um filme fotográfico. Também comenta que ninguém mais faz uma imagem dessas profissionalmente, que o cartaz está na sala com o intuito de ser

um material didático. O professor explica que hoje em dia são usados detectores eletrônicos, tem a finalidade de captar a intensidade luminosa em relação ao ângulo de incidência da luz de acordo com a posição de quem observa. Ele ainda afirma que a simulação tem como objetivo a representação de um detector.

P2 explica que as linhas fortes vão aparecer mais, porém também vão aparecer linhas que o olho não consegue enxergar, pois o olho tem um limite de sensibilidade, ele não consegue acumular luz ao olhar por muito tempo uma fonte luminosa, pois as células nervosas e a retina se cansam e pioram a observação. Diferentemente do filtro do filme que acumula essa luz. Ele explica que nosso olho é um detector e foi o único detector que tivemos durante séculos para fazer medidas.

P2 afirma que na parte experimental, os alunos não tiveram problemas em realizar, a não ser a questão dos erros de medida. Pergunta aos alunos quanto fica essa margem de erro na medida feita pelo goniômetro. Um aluno responde que é 1 minuto de grau. P2 também pergunta para os alunos se o professor P1 falou mais alguma coisa sobre os níveis de energia e dos spins, mas eles responderam que não. O professor questiona ainda se os alunos realmente entenderam essa parte, porque é bastante importante e se eles perceberam que as linhas têm intensidades diferentes.

O professor propõe mostrar alguns dados para os alunos e depois discutir com eles os resultados, pergunta se alguém “brincou” com a simulação, mas apenas dois alunos se manifestam dizendo que a simulação não é simples de se entender.

O professor concorda com os alunos e lembra que a simulação tem o objetivo de representar o mesmo experimento com a substituição do olho por um detector. P2 explica as variáveis representadas no simulador. Afirma ainda que existem disponíveis quatro lâmpadas de elementos diferentes, que podem ser selecionadas uma de cada vez. Como exemplo, é selecionada a lâmpada de hidrogênio para detectar sua luminosidade é percorrido 90° do goniômetro, em passos de meio em meio grau, como mostra na figura a seguir:

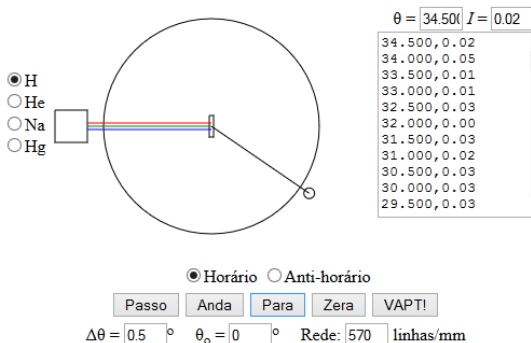


Figura 15 - Simulação espectros atômicos, durante coleta de dados

Imaginando que está detectando uma fonte de luz, o professor mostra no quadro com o simulador projetado, representando a rede de difração.

P2 fala que é possível observar que o simulador gerou os valores de intensidade de luz em função do ângulo correspondente. O professor explica que todo o sistema de medida, inclusive o olho tem um ruído, que existem dois tipos de ruídos que aparecem em um sistema de detecção, um deles seria quando a luz bate, ela provoca uma mudança nesse sistema, por exemplo, ela libera certo número de elétrons que vão para última camada. A quantidade de elétrons que muda a situação depende da energia de radiação. Também a iluminação externa na hora de tirar as medidas influencia nos dados.

O professor pergunta qual foi a linha mais forte do experimento que os alunos viram. Nisso, um aluno responde que era a cor amarela, no entanto outra aluna discorda e fala que era cor vermelha. Então o professor afirma que a lâmpada de Hélio é mais nítida a coloração amarela. Outro aluno fala que do hidrogênio era a cor vermelha que viam no meio que era mais forte.

O professor demonstra no simulador uma linha muito intensa entre 24 e 25, explica que o detector do simulador gera o ângulo e a intensidade correspondente e estes valores podem ser copiados para um gráfico, para melhorar a interpretação das informações.

O professor ao lembrar que no experimento foram observados espectros pergunta se os alunos compreendem o significado do termo. Um aluno se manifesta e explica que são linhas de cores diferentes, sendo a luz que o material emite.

Outro aluno responde que quando se fala em espectro, ele pensa em uma faixa com linhas coloridas, que demonstra o comprimento de onda, mas que também entende que o espectro não é só da luz. O professor concorda com a resposta do último aluno e diz que outro nome que se dá ao espectro é distribuição de frequência.

O professor explica que o detector pode identificar a quantidade de fótons que foram detectados nos ângulos correspondentes. Nisso ele pega os dados gerados pelo simulador e coloca no gráfico para ver como é que fica.

P2 diz que no simulador aparecem os seguintes parâmetros, o $\Delta\theta$ relacionado a variação do ângulo, o número de linhas da rede que é 570 linhas por milímetro, que são variáveis possíveis de modificar. O professor copia os dados para fazer o gráfico, para isto ele desliga a opção de função logo abaixo da tela, ao mexer nessa configuração aparecem uns pontinhos na tela, o professor explica que isso é o gráfico, e questiona os alunos porque está ruim assim a imagem. Isso acontece porque os dados estão configurados de 0° até 90° , sendo que o eixo x vai de -10 até 10, então se deve colocar essa configuração compatível.

Um aluno se atrapalha para acessar a página que está o gráfico, o professor fala para ele acessar pelo seu site (<http://canzian.fsc.ufsc.br/ead/uab/>), e que no laboratório virtual têm no canto esquerdo os gráficos. O professor orienta a respeito da mudança de parâmetros na simulação para melhorar a resolução do gráfico e com isso também melhorar a análise. P2 fala para os alunos tentarem mexer uns 10min sozinhos no simulador.

Um aluno pergunta se existe alguma relação da energia de ionização com a temperatura. O professor explica que 25°C são $0,025\text{eV}$ para nós, para ionizar um átomo de hidrogênio é preciso de $13,6\text{eV}$., então isso é quente. O professor explica que a superfície do Sol está a uma temperatura de 5000K , tem um átomo de hidrogênio ionizado para cada bilhão de átomos neutros, então nem o Sol tem tanto hidrogênio ionizado, isso na superfície, porque no núcleo tem uma temperatura maior ainda.

No entanto P2 não tem certeza, mas acha que a tensão é de 1000V ou 2000V que faz com que os elétrons sejam acelerados até 1000eV e ionizam os átomos de hidrogênio. Nesse processo está dando uma energia enorme, equivalente a temperaturas gigantescas, nisso o

professor questiona porque que não derrete o vidro. Ele explica que é porque se utiliza pouca potência durante o experimento, apesar do plasma estar numa temperatura a milhões de graus, ele não derrete o vidro, porque são poucas moléculas do gás e também pouca tensão.

Um aluno conclui que seria como a lâmpada incandescente que os fios estão com uma temperatura muito alta, agora o vidro não chega a atingir essa mesma temperatura, ao ponto de conseguirmos colocar a mão.

O professor concorda e diz que o vidro não vai estar a 2500°C como os filamentos. Quando se fala de plasma tem que ter um pouco de cuidado, porque o gás pode estar muito quente, mas como sua densidade é baixa, se eu encosto a mão nele, ele já perde energia. O professor também pede para que os alunos façam de três até quatro gráficos com parâmetros diferentes como teste. Enquanto isso o professor anda pela sala, para ver se os alunos estão com alguma dúvida. Depois o P2 testa alguns valores para ver como é que ficam os resultados. Um aluno comenta que não entendeu muito bem referente o que o professor P1 falou de porque o vidro é transparente e a folha não é. Então o professor busca uma figura do livro para tentar esclarecer.

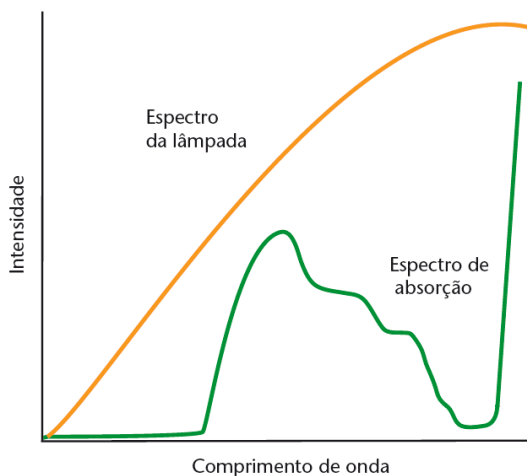


Figura 16: Espectro de absorção de um "caldo" de folhas verdes.
Fonte: Silva, 2010, p. 55.

O professor projeta a figura 16 e mostra onde está o comprimento de onda, explica que a lâmpada que foi usada emite pouca luz, pouca luz com baixo comprimento de onda, sendo uma lâmpada que tem um espectro de frequências de emissão. Exemplifica que uma lâmpada incandescente emite um monte de infravermelho, emite um pouquinho de luz visível com o pico no amarelo, também um pouco de azul, um pouco de verde, mas que o máximo se concentra no amarelo. Explica que a matéria tem espectro de absorção, o que depende desse espectro de absorção é a estrutura eletrônica do elemento.

O professor vai novamente ao quadro e projeta um espectro de absorção, explica que o que acontece quando o comprimento de onda é um número baixo, está na faixa do azul ou do verde, no que é mais alto é amarelo ou vermelho, de acordo que o comprimento de onda direciona do azul para o vermelho.

Então o professor retorna a dúvida do aluno a respeito da cor da folha, explica o que acontece nesse fenômeno. Então, o professor pergunta o que acontece com a clorofila, pois ela absorve os tons de verde e não absorve muito os tons de vermelho e amarelo. Questiona que relação disso com o vidro, explica que a clorofila é relativamente transparente e absorve principalmente as regiões azuis e vermelhas do espectro eletromagnético, e por causa destas absorções a luz que ela reflete e transmite predomina a coloração verde. O professor aponta para a figura no quadro e explica que essa absorção também varia de acordo com a espessura da folha para a absorção da luz.

Professor retoma aos gráficos e olha o que os alunos estão fazendo. Dois alunos perguntam sobre o gráfico, pois se atrapalham com os dados, o professor orienta os alunos nas escalas do simulador, nisso os alunos vão testando e mudando os valores.

No computador de uma aluna aparece um problema técnico, o professor fala para a aluna recarregar a página, pois deveriam aparecer os dados na lista ao lado.

Outro aluno compara seu gráfico com o do colega e o professor fala que é o ruído que aparece ali. Então ele questiona se o que aparece para ele é apenas ruído. O professor vai para no seu computador para exemplificar para os alunos o que aconteceu. Ele fala para os alunos fixarem outro valor para a variação angular.

Os alunos escolhem o Hélio, que vai ter só dois picos e bem definidos, o professor busca essa informação de algum material, pega os dados do simulador e coloca no gráfico. Um aluno questiona se para o

hidrogênio tem que aparecer sete linhas. P2 responde que seriam oito para o hidrogênio.

Uma aluna fala para o professor que gostaria de fazer com os dados que elas tiraram da parte experimental. O professor fala que não tem como fazer, porque não tem a intensidade. Ela pergunta se tem que calcular o valor. O professor responde que não tem como fazer porque seu olho não tem capacidade de medir a intensidade, de obter um número da intensidade.

Um aluno faz a observação de que no experimento não tinha tanto grau, como do simulador.

O professor confere alguns valores no quadro a pedido de alguns alunos, nisso dá um tempo os alunos discutem entre eles sobre seus resultados. Fala que está fazendo dois exemplos do espectro de mercúrio para discussão da evolução do detector, em um deles usou o $\Delta\theta = 0,5^\circ$ e o outro $\Delta\theta = 0,1^\circ$ para ver qual é a diferença.

Os alunos vão testando os valores que eles escolheram enquanto o professor trabalha em seu computador.

O professor retoma e começa discutindo sobre os efeitos que o tamanho do detector pode influenciar no que estamos enxergando e como podemos ser enganados se não souber direito como que funcionam as coisas. P2 fala que para o espectro do mercúrio utilizou $\Delta\theta = 0,5^\circ$ nessa configuração é possível ver sete ou oito picos do mercúrio com essa resolução angular. No entanto, P2 fez outro gráfico com outra resolução de $\Delta\theta = 0,1^\circ$, ou seja, um detector com uma resolução cinco vezes melhor. Com isso, este segundo gráfico com uma resolução melhor mostra mais picos que o anterior.

O professor faz mais algumas comparações no quadro com o último gráfico que tem mais detalhes. Quando temos uma resolução melhor às estruturas começam a aparecer, outra maneira de melhorar a resolução é aumentar o número de linhas da rede, que separa mais os comprimentos de onda, quanto mais linhas tiver, mais esparramados ficam os comprimentos de onda.

Um aluno pergunta se aquela linha que ele estava vendo podem ser duas. P2 responde que sim, que é o que está acontecendo no exemplo, mas como os comprimentos de onda são muito próximos se somam. O amarelo do sódio que se vê, são duas linhas intensas, com dois ou três nanômetros de diferença entre as duas, e vemos que as duas são amarelas. O professor levanta as questões: Por que para este gás aparecem essas duas linhas? Porque que não é tudo igual? O que são essas linhas?

Nisso, o professor pede para os alunos procurarem no livro uma figura que foi discutida anteriormente a questão do singleto e do tripleto.

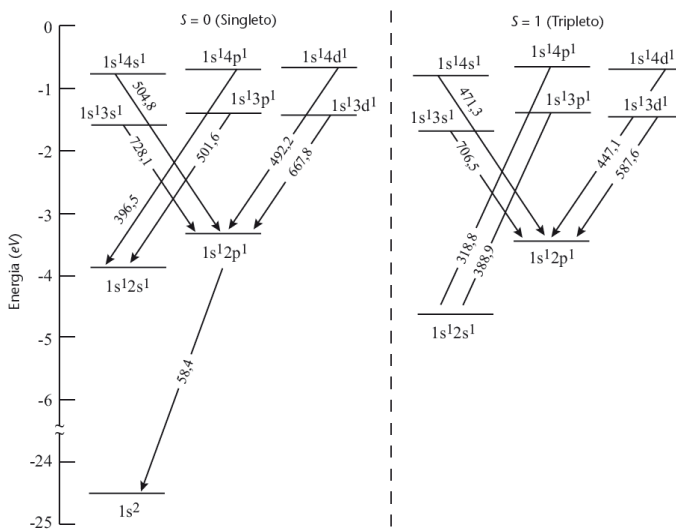


Figura 17: Níveis de energia do conjunto de singletos e de tripletos do hélio. Fonte: Silva, 2010, p. 62.

P2 explica que cada nível do tripleto, é na verdade, dividido pelo acoplamento spin-órbita, o que, por motivos de escala, não é mostrado na figura. O professor também fala sobre os níveis de energia e do momento angular do átomo de hidrogênio, explica que cada um desses níveis tem uma energia diferente, portanto as transições entre eles que são indicadas pelas setas, tem energias diferentes e isso se manifesta em comprimentos de onda diferentes. Essas linhas que se vê, essas cores que se vê, são essas transições. Nisso, o professor desenha o esquema no quadro e questiona: o elétron ao passar por uma transição solta um fóton, certo?

O professor afirma que já fizeram um experimento com o átomo de hidrogênio, que o n era igual a 600. P2 chama a atenção que tem que ser uma coisa muito bem controlada, não tem um número limite de linhas que podem emitir.

P2 questiona quantas linhas pode ter um espectro todo. No entanto, ele logo responde que são infinitas, sem deixar um tempo para que os alunos respondam. Explica que pode ter infinitas camadas e

muitas transições entre elas, assim como poderia ter muitas linhas, que o problema são condições para produzir essas excitações, pois com um gás muito quente, é possível produzir mais linhas, porque a energia para excitar os níveis mais altos e aí decaem. Então, quanto mais quente eu puder deixar um átomo, mais linhas vão aparecer no espectro.

O professor vai ao quadro e pergunta o que é esse segundo lado, que foi o que o professor P1 estava explicando no início da aula.

Um aluno fala da diferença entre o singleto e o tripleto, que para ele, os spins quando estão na configuração um para baixo e outro para cima é possível mudar de nível. No entanto, se estiverem na mesma linha não podem mudar de nível, se estiver um elétron em s e outro p com spins contrários um deles consegue trocar de nível.

O professor explica que os spins são momentos angulares associados a momentos magnéticos, no caso do singleto a soma é zero, no caso do tripleto a soma é 1, pois meio mais meio é um. Fala que mecânica quântica nos ensina que se o spin total é igual a 1, a projeção está no eixo z . O professor usa o quadro para tentar representar os vetores, diz que tinham uma projeção do momento angular que é $m=1$, $m=0$ e $m=-1$.

P2 explica que isso é a projeção do momento angular, ao longo de um eixo z . E que o eixo z tem um elétron girando em uma órbita. Então o meu momento angular nesse sistema de dois elétrons na verdade, ele pode ter uma projeção que está perpendicular ao campo magnético, como pode estar antiparalelo. Afirma que os elétrons de estado tripleto se comportam como se repelissem um ao outro, que isto tem a ver exclusivamente com as propriedades das funções próprias espaciais antissimétricas. Também explica que no caso dos elétrons de estado singleto se comportam como se atraíssem um ao outro uma vez que existe uma probabilidade de encontrá-los próximos um do outro.

A Figura 18 apresenta uma ilustração esquemática feita pelo professor em sala os casos do tripleto e do singleto para um sistema de dois elétrons. As partículas se comportam como se o seu movimento fosse influenciado por uma força cujo sinal depende da orientação relativa dos seus spins.

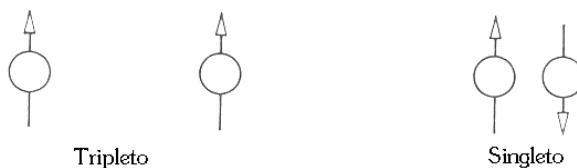


Figura 18 - Estado tripleto e singlete

P2 fala que o spin e o momento angular, têm valor tão baixo, mas ele que dá a complexidade das emissões e absorções que são possíveis no átomo. A partícula de luz que é emitida numa transição, ela também carrega momento angular. Além de tudo está girando, porque tem o momento angular. O professor questiona que consequências isso tem, no entanto o professor não deixa tempo para que os alunos respondam e afirma que é a conservação do momento angular. Também explica que quando o Δl é igual à zero, não existe momento angular, então não emite fóton, não possibilita essa transição. Um aluno pergunta se só existe transição com liberação de fóton. O professor responde que não é bem isso, existe transição com liberação de fóton e sem liberação de fótons, exemplifica que, quando colide um átomo em outro, se tem um fóton, ou seja, um sistema que tem momento angular, nisso pode perder ou ganhar uma unidade de momento angular.

Assim, finalizam a discussão e terminam essa atividade. A seguir é feita a descrição da Turma B.

Turma B:

1) **Atividade de simulação:**

P2 comenta que não sabe exatamente os livros que os alunos usaram no EaD, mas que queria reforçar dois pontos, pois não sabe qual o nível de conhecimento que eles têm do conteúdo de espectros. Pergunta se todos leram o capítulo 3 do livro texto, nisso uma aluna responde que sim.

P2 questiona se entenderam tudo. A mesma aluna responde que para fazer os exercícios tinha que ler, mas que não entendeu tudo, que sente dificuldade em expressar sua dúvida. O professor afirma que o experimento é rápido e simples, apesar da simulação ser um pouco diferente.

Uma aluna fala que não entendeu o R_{∞} , pois não sabe o que significa.

A partir deste momento, o professor começa a anotar no quadro as dúvidas dos alunos, com a intenção de construir uma explicação ao final. Outro aluno fala que não entendeu o conceito de energia de ligação.

P2 pergunta se os alunos entenderam a respeito do singlete e do tripleto. Uma aluna respondeu que somente com a leitura não ficou claro. Outra aluna responde que o singlete é quando tem uma possibilidade de configuração, o dubleto são duas e o tripleto três. Questiona se ela está correta em seu raciocínio, que são possibilidades de configuração do elétron na eletrosfera.

Nesse momento duas alunas estavam discutindo a questão número 01 da lista de exercícios que não tinham entendido. Elas queriam saber a respeito da distância, porque no enunciado dizia que eram 600linhas por milímetro. Uma delas conclui que a distância é o tamanho da fenda, mas o professor responde que não, pois a fenda é uma coisa e rede de difração é outra. A mesma aluna fala que conseguiu chegar à resposta fazendo 1milímetro dividido pela quantidade de fendas. P2 reforça que não são fendas, as fendas são as ranhuras.

Um aluno fala que só tem uma coisa que ainda não conseguiu compreender, que é o comportamento da luz, ora se comporta como onda, ora se comporta como partícula. Questiona o que se trata da dualidade onda-partícula. O professor responde que depende da situação, e exemplifica que ao analisar o comportamento de um elétron através de um microscópio eletrônico, se considera o elétron como uma onda e não como partícula. Ou como o caso da luz, que pode ser encarada como partícula, como o fóton, ou como onda eletromagnética. No entanto a descrição matemática é dual. O professor exemplifica que ao ligar um rádio, captam-se ondas-eletromagnéticas, ou seja, radiação eletromagnética captada na forma de ondas. É um campo elétrico oscilante que faz com que os elétrons da antena do rádio subam e desçam, esse sinal vai para o amplificador então se capta uma onda de rádio. O professor dá outro exemplo, o caso do raio-X, que é uma radiação eletromagnética da mesma natureza da onda de rádio, só que ao detectar o raio X, ele é capturado por uma partícula, por fóton.

P2 retoma as questões do experimento pergunta se os alunos gostaram da simulação, se já conheciam os espectros, se já sabiam o que era um espectro, espectro de emissão e de absorção. Uma aluna responde que quando o professor fala em espectros ela consegue visualizar o que se trata, mas pedir para explicar é complicado.

Outra aluna fala que o espectro é a identidade de um elemento químico, que se excitado, os elétrons que nele contém, vão mostrar a identidade dele, sendo possível visualizar. Ela fala que consegue perceber que existe algum elemento ali, por conta dessa identidade.

O professor fala que está correto, e que a aluna está colocando bem no contexto do experimento, mas a palavra espectro, ela é mais genérica que isso, não serve só para luz, pois pode ser usado para levantamento de dados. Então o espectro é um mapeamento, mostra a quantidade de parâmetros envolvidos na observação. O professor explica que será utilizado na atividade experimental o mesmo equipamento do laboratório de óptica, que separa os comprimentos de onda da radiação incidente, para contar quanto tem em cada comprimento de onda. E que na simulação é possível contar quantos fótons bateram no detector. No caso do experimento do laboratório o instrumento é o olho, em que, os fótons irão bater na retina, sendo possível enxergar as raias separadas por um ângulo. No simulador ele gera a medida da intensidade e com isso encontramos o comprimento de onda.

P2 explica que em uma onda eletromagnética, a energia é proporcional a sua amplitude ao quadrado. Sendo possível contar os fótons ou medir a amplitude de onda, caracterizando um comportamento dual. Uma aluna questiona se chega sempre no mesmo resultado, o professor responde que sim, que tem que chegar, pois só muda a leitura.

Um aluno fala que nunca entendeu a respeito do efeito fotoelétrico, pois se um elétron precisa do violeta para mudar de nível energético, se mudar para uma frequência mais baixa, como o azul ele não sai. Questiona porque quando se aumenta a intensidade do azul, pensando a onda como partícula, porque eu não posso dizer que dois fótons atingidos ganharam energia suficiente para arrancar o elétron. O professor responde que isso pode acontecer, mas a probabilidade é muito pequena. O aluno conclui que duas partículas podem bater e ganhar energia suficiente para sair com a frequência necessária. P2 concorda, mas reforça que é raro acontecer, porque os dois fótons têm que interagir simultaneamente, isso é dado devido ao tamanho das coisas o tempo das coisas, se chama ressonância dupla.

P2 fala que em sua tese de doutorado foi medir isso num núcleo, para um núcleo absorver dois fótons simultaneamente para ver se ele quebrava no meio, fala que chegou a analisar 5 milhões de eventos e não encontrou nenhum.

Uma aluna fala de uma representação de um poço, que viu num livro de Introdução a Física Moderna, em que o fóton quando não tinha

energia suficiente para arrancar, ele não saia. Pergunta se os fótons interagem entre si, se eles trocam energia.

P2 responde que não é que um fóton não pode interagir com outro, os dois fótons têm que interagir com o elétron e isso acontece, mas é muito raro. Tem uma probabilidade pequena de acontecer, o professor explica que a probabilidade de acontecer é de 1 em 1 bilhão.

O professor vai ao quadro para explicar as dúvidas, primeiro menciona a rede e da fenda, explica que no simulador é como se tivesse olhando o experimento de cima, em que nós temos uma lâmpada, que é um tubo com gás que vai passar uma descarga elétrica nele e vai emitir a luz, olha-se para a luz que passa pela fenda e explica sobre a imagem produzida pela fenda.

P2 fala que também se usa o prisma para separar os comprimentos de onda, mas a rede de difração é muito empregada em espectrômetros para a dispersão da luz emitida por uma fonte com a finalidade de determinar seus comprimentos de onda λ .

Explica que um feixe de luz que incide nesta rede é difratado e os raios provenientes das diversas fendas interferem formando uma figura de intensidade variável. A rede utilizada em laboratório é uma placa que pode ser de vidro, não precisa necessariamente ser transparente e tem que ser serrilhado, que são as 600 linhas por milímetro. O professor afirma que quanto mais fina for essa estrutura, melhor vai ser a capacidade de separar os comprimentos de onda, a rede de difração vai mostrar através de um detector. Responde a outra dúvida a respeito da distância entre as linhas, explica que é o número de linhas por milímetro, sendo $1/600$ a distância entre elas.

O professor prossegue para a dúvida sobre energia de ligação, fala que é um dos conceitos mais importantes que tem na física que está relacionado com a espectroscopia. Da o exemplo do átomo de hidrogênio que tem 01 próton e 01 elétron que estão distantes, mas se deixar eles se aproximarem, eles vão se atrair, porque um é positivo e o outro é negativo. Explica que o átomo, por motivos quânticos formam um estado ligado estável, no entanto se quiser separar o elétron do próton, tem que se aplicar uma força, dessa forma o professor explica que está fornecendo energia no sistema para poder arrancar o elétron do próton, que isso é energia de ligação.

O professor continua explicando que se pegar um próton que está no infinito e colocar numa balança, ele tem uma massa, do mesmo modo, se pegar um elétron que está em menos infinito e colocar numa balança, ele tem sua massa. No entanto ao somar essas duas massas, $m_e + m_p$, percebe-se que as somas dessas duas massas são maiores do que

a massa do hidrogênio no estado ligado. Nisso percebe-se que alguma massa desapareceu, pois essa massa virou energia de ligação. O professor conclui que para separar o próton do elétron no hidrogênio tem que fornecer energia, para que essa energia possa ser transformada na massa que está faltando de quando eles estavam separados.

P2 fala que esse conceito é importante, porque acontece em todo lugar, na nossa alimentação, a energia do alimento para caminhar, nessa reação química está fazendo com que alguma massa suma, para virar energia nesse processo.

Então o professor começa a explicar sobre o R_{∞} , primeiramente fala sobre Balmer e Rydberg que chegaram a uma constante R_h , mas eles não faziam ideia do que era isso. Menciona o modelo de Bohr, nele havia uma força central para que os elétrons girassem em torno do núcleo. Se essa força for infinita, o centro será infinitamente pesado, assume-se a massa infinita.

O professor comenta que quando os alunos estudaram a disciplina Estrutura da Matéria I, assume-se que a massa do próton é infinitamente maior que a do elétron, então aparece o R_{∞} . No entanto, quando se assume que a massa do próton é finita, usamos o R_h , que é possível medir.

Uma aluna ainda fica com dúvidas e pergunta se isso tem relação com o livre caminho da molécula. P2 pergunta se ela está falando da massa reduzida e se é referente ao mesmo experimento. A aluna também confunde a constante com um raio, e traz um termo que leu em um site e que não está relacionado com o conteúdo da aula. Porém a aluna insiste e quer uma explicação sobre o livre caminho da molécula, gerando um pouco de confusão.

Por último P2 fala dos spins, da questão do singlete e tripleto, tentando resumir, pois basicamente é o que aprenderam no Ensino Médio que não pode ter dois spins dentro da mesma caixinha e do mesmo jeito. Fala que é uma regra de como você faz para somar os momentos angulares. O que acontece que esse estado tem apenas uma energia associada a ele, sendo um valor de energia que esse átomo liberar para que seu elétron volte a uma posição. Explica que só tem um valor possível para essa energia, porque é zero, nisso o professor mostra na própria figura quando o momento angular é zero e quando é 1. Também explica que na outra configuração do spin quando o momento angular é 1, neste caso, vai ter momento magnético por isso é igual um ímã. O professor fala que quando se tem um ímã e coloca-se um campo magnético, esse ímã pode ficar alinhado a esse campo magnético, como

também pode ficar contrário, explica que cada posição tem uma energia diferente.

O professor desenha o estado fundamental e mostra onde está o estado excitado. Explica que se está no estado singleto, a diferença de energia entre esses dois estados, que é a energia do fóton que vai ser emitido, quando decai, é uma e bem definida, o tripleto eu tenho aqui esse imã resultante de 3 maneiras possíveis, cada uma delas vai dar uma energia diferente. P2 pegou 3 linhas uma perto da outra, para o caso do hélio, nesse estado particular, que é uma transição proibida.

P2 fala sobre o diagrama de configuração de Pauling e do princípio da exclusão de Pauli. Também fala do funcionamento do laser, explica que apesar de nosso olho não enxergar, mas a lâmpada da sala pisca a 120 vezes por segundo, no caso do laser acende e apaga alguns milhares de vezes por segundo.

O professor pergunta se alguém mexeu na simulação, mas a maioria dos alunos responde que não mexeu. P2 fala para os alunos mexerem durante um tempo na simulação e fazer alguns testes. Esta simulação de acordo com P2 é uma maneira de representar o experimento do laboratório, pois tem uma fonte de luz, com a fenda na frente que bate na rede de difração e um detector. No caso do experimento no laboratório será o olho que irá enxergar as cores de intensidade mais forte ou fraca. À medida que a luz bate nele, o simulador registra um valor de uma corrente elétrica que está saindo do detector. O professor explica que começou com 0° e vai aumentando de meio em meio grau, ele mostra que na segunda coluna depois da vírgula, aparece à intensidade da corrente medida, mas também aparecem ruídos.

P2 explica que os dados dos elementos utilizados na simulação foram obtidos do National Institute of Standards and Technology (NIST), sendo que o espectrômetro do NIST tem 25 metros de comprimento com uma refrigeração próximo a 0K, enquanto o equipamento utilizado no laboratório tem um espectrômetro de 12cm. Fala isso para comparar a precisão dos dois equipamentos, sendo que o do laboratório tem intuito didático.

Um aluno questiona como chegam próximo do 0K, o professor responde que é a temperatura do hélio líquido. O aluno pergunta se já chegaram ao zero absoluto, o professor responde que fisicamente é impossível.

Outro aluno questiona se a frequência gerada pelo comprimento de onda é a energia do átomo. Pergunta ainda se as camadas de um átomo geram a frequência. O professor concorda. O aluno novamente pergunta se é por isso que o Hidrogênio tem só duas linhas. P2 responde

que não, que o número de linhas que um elemento tem, depende de como consegue excitá-lo e medi-lo. O professor conclui que um elemento tem infinitas linhas.

O aluno continua questionando se quando olhamos o espectro das estrelas é necessário saber a temperatura para saber a intensidade. P2 explica que não, porque quando se olha o espectro, se tiver uma temperatura muito alta consegue ver mais linhas porque foi mais excitado, o que é importante que a linha esteja no mesmo lugar, que é a assinatura do elemento.

O mesmo aluno pergunta se a λ é a frequência que vai fazer essa assinatura. P2 responde que o que estamos vendo são os comprimentos de onda e o espectro que aparece, são as linhas associadas a cada frequência.

P2 pede para os alunos colocarem os dados que obtiveram da simulação no gráfico, chama a atenção a respeito dos ângulos vão de 0 até 90 graus, também pede para colocar a intensidade da radiação detectada de 0 até 50 para ver o que acontece. Fala sobre a variação angular, quais os efeitos da mudança dos parâmetros na simulação.

Os alunos testam o simulador e tiram as dúvidas a respeito de como alterar os parâmetros, a respeito do ângulo e intensidade, como se altera o número de linhas, o que acontece se mudar o número de linhas da rede. Nesse momento em que eles mexem no simulador um aluno auxilia o outro.

Depois P2 sugere que os alunos façam vários gráficos, e alterar um parâmetro em cada para depois comparar os resultados. O professor também faz um exemplo do espectro de mercúrio, pergunta quantas linhas os alunos estão vendo, altera outros parâmetros para melhorar a visualidade. Nisso P2 mostra quantas linhas aparecem para o mercúrio.

Uma aluna questiona o que é uma linha. O professor responde que os risquinhos gerados no gráfico se enxerga como linhas, no espectro de mercúrio foram geradas 15 linhas, que são 15 transições de 15 comprimentos de ondas diferentes. A mesma aluna pergunta qual a relação que isso tem com o átomo, ela também quer saber como se calcula o 15 que equivalem às transições do elemento. P2 responde que na verdade o átomo ele tem idealmente infinitas linhas.

Porque ele pode ter infinitos níveis de energia para os elétrons, ele pode ter infinitas transições entre esses infinitos caminhos. P2 discute os conceitos com a turma e depois fala para os alunos aumentarem a raia no simulador, nisso P2 aumenta a rede de difração para 1140, também troca o número de linhas por milímetro. Os alunos ficam substituindo os dados e vendo o que acontece.

P2 explica que as características do seu equipamento experimental influenciam em como se interpretam os dados.

Um aluno pergunta que tipo de detector teria que usar para identificar um determinado material ou seus principais elementos que compõem o material. P2 responde que isso varia, pois a qualidade do teu detector ou a qualidade dos graus que te interessa buscar e usar para a observação que pretende fazer.

P2 enfatiza a importância em perceber a influência dos parâmetros no experimento, pois no laboratório não vão conseguir medir a quantidade, vão ver só as linhas mais intensas, o importante é saber como acontece, saber de onde vêm as linhas mais intensas e menos intensas, de porquê varia tanto a intensidade de cada uma das linhas.

Um aluno questiona se isso tem a ver com a ressonância. Outro aluno responde que acha que depende da precisão. O professor concorda com o segundo aluno, pois gera o posicionamento relativo de diferentes linhas.

Uma aluna associa diferentes comprimentos de onda que o equipamento detecta e faz uma leitura a partir da diferença do grau, que conforme o comprimento de onda vai emitindo uma quantidade de fótons.

P2 fala que esses números são as probabilidades relativas das transições, pois algumas transições que são mais prováveis e outras menos prováveis. No caso do hidrogênio o vermelho é bem forte, sendo muito provável, enquanto azul e verde são mais fracas. O professor explica que essas probabilidades relativas vêm das características de cada um dos estados, sendo que muitas variáveis podem influenciar na probabilidade relativa.

Uma aluna pergunta se depende da quantidade de energia que o elétron tem. P2 responde que a quantidade de energia também influencia, mas o momento angular influencia mais. A aluna associa o ganho de energia, com a mudança de camadas mais energéticas e com isso liberar as probabilidades. O professor fala que o elétron faz mudanças com essa probabilidade, e por isso a altura dos picos são diferentes, pois há transições que são muito prováveis e outras muito improváveis.

P2 fala para os alunos que eles irão coletar os dados pelo simulador, para adquirir o espectro, para extrair o comprimento de onda das linhas trazidas pelo espectro. O professor pega as orientações para os relatórios e fala que eles precisam dos dados do Hélio.

Uma aluna questiona o que é exatamente um ruído. P2 responde que todo detector tem ruído, pois o detector de luz é um feixe que

quando vem um fóton de luz e provoca uma mudança nesse estado físico, faz com que um fóton qualquer mude de estado de aproximadamente 1000 elétrons. Então quando o fóton bate nesse espectro ele vai mudar o estado de alguns milhares de elétrons. Existe uma flutuação nesse processo, então isso é um tipo de ruído. Outro tipo de ruído pode ser a luz ambiente, que é difícil eliminá-la totalmente.

O professor fala a respeito dos parâmetros que podem mudar para melhorar a visualidade do espectro do hélio, os alunos vão pegando as informações e ajustando.

Um aluno questiona como sabe quanto deve mudar em cada parâmetro. P2 fala como os graus variaram de 0,25 graus, é possível ver que as linhas caem em cima do eixo x. Na lâmpada de hélio tem 570 linhas por milímetro. P2 observa um problema e decide refinar a leitura, para isso tem que aumentar a largura da rede. Nisso o professor vai fazendo as correções junto com os alunos e sempre questionando as alterações em cada etapa. Mesmo construindo juntos, cada aluno faz a sua coleta de dados no simulador para gerar as leituras no gráfico.

P2 obtém os ângulos, um aluno nota que existe um mecanismo chamado calibração, pois se for passando o mouse na tela do gráfico aparecem os números das coordenadas na tela. O professor vai fazendo e pede para os alunos passarem os dados dos ângulos para ele, após isso ele pede para que calculem o valor de d , mas antes disso devem converter a unidade de milímetro para nanômetro.

O professor questiona qual é a outra fonte de erro que se tem no momento de adquirir os dados. Nisso o professor deixa os alunos pensarem um pouco e em seguida pede para observarem quais são os parâmetros livres, que erros que podem existir, questiona qual seria o erro do ângulo e da linha. P2 assume uma unidade do último dígito, fala que irão resolver com os algarismos significativos. Por fim discutem sobre os resultados finais e os alunos são encaminhados para a aula experimental.

Aula experimental:

P1 explica que os alunos vão observar o espectro do hidrogênio, o professor também pergunta se os alunos se recordam do modelo de Bohr, pois esse modelo explica o espectro de radiação discreto para o átomo de hidrogênio observado experimentalmente. O professor também ressalta que mais tarde com as contribuições da equação de Schrödinger, pode calcular o valor correto para os níveis de energia do

átomo de hidrogênio e das moléculas diatômicas, que se aplica ao estudo da absorção e emissão de radiação por átomos e moléculas. Segundo o professor a mecânica quântica, só começou a despertar interesse dos químicos a partir do momento que Hartree desenvolveu uma teoria de aproximação para uma aplicação de átomos multieletrônicos, com isso Hartree introduziu um conceito de potencial central efetivo que pode tratar átomos hidrogenoides, estes são átomos que se parecem com o átomo de hidrogênio. De modo que consiga calcular os níveis de energia do elétron mais externo, P1 explica que o método de Hartree utiliza funções de onda de um elétron e a aproximação do campo auto consistente para descrever o movimento dos elétrons no campo coulombiano definido pelos núcleos dos átomos. Segundo esta teoria, o elétron não sente a repulsão dos outros elétrons de forma explícita, mas sim como uma nuvem de elétrons blindando parte da carga nuclear. Dessa forma, o elétron sente uma carga nuclear efetiva resultante da blindagem parcial da carga nuclear pelo campo médio repulsivo devido aos outros elétrons.

O professor fala que nesse tipo de configuração o último elétron está muito energético, então ele cede esse elétron muito rapidamente, oscila rapidamente, sofre o efeito fotoelétrico muito fácil, onde tem um elétron ao redor dele, que passa a se comportar com potencial efetivo e que ele vai atuar e ajustar através de teorias de aproximação sucessivas, com auxílio de um programa de computador compara-se com o espectro.

Um aluno pergunta de que época é a teoria do Hartree. P1 responde que em 1932, e que com a teoria de aproximação é possível começar a explicar inclusive as reações químicas. Segundo P1, é nessa época que Linus Pauling escreveu o Livro “Natureza das reações químicas” e com isso, ganhou prêmio Nobel de Química. P1 explica que a partir do momento que a mecânica quântica começa a interpretar a realidade, ela chama a atenção dos químicos e bioquímicos, etc.

O professor fala que a metodologia de medida do nônio os alunos já fizeram no laboratório de óptica, pois já calcularam o comprimento de onda do mercúrio e também fizeram um experimento com o prisma. P1 reforça para os alunos estudarem o capítulo de interferência aplicado a redes de difração, onde este d que é a separação das ranhuras da rede de difração, θ é o ângulo, este m é o número de ordem do espectro. Também fala que irão trabalhar com o espectro de primeira ordem, porém vão observar o de segunda e terceira ordem, pois as demais não aparecem na nossa rede de difração. P1 questiona o que é uma rede de difração. Em seguida já responde que se trata de uma placa com micro

ranhuras igualmente espaçadas, ela tem um corte transversal que aparecem as ranhuras. Explica que se vem um feixe de luz, seu raio que passa e atravessa o vidro vai obedecer à lei de Snell¹¹, de acordo com essa lei, um raio de luz monocromático que atravesse a superfície de separação de dois meios transparentes com índices de refração η_1 e η_2 , o ângulo do raio incidente θ_1 e o ângulo do raio transmitido θ_2 , medidos em relação reta normal à superfície plana, satisfazem a relação $\eta_1 \sin(\theta_1) = \eta_2 \sin(\theta_2)$. Desse modo, os raios vão chegar dentro do detector com diferenças de fase, em que o d é a separação entre duas ranhuras vizinhas, se 600 fendas ocupam 1mm, uma fenda será d , então d será $1/600$.

Um aluno questiona se para cada milímetro tem 600 fendas. P1 responde que para cada milímetro tem 600 ranhuras. P1 explica do que material é feita a rede e continua explicando, que a luz é inserida num ângulo, que vai refletir nesses dentes chegando com diferença de fase, sendo essa diferença de fase que causa os processos de interferência.

P1 explica que a mecânica quântica diz que os estados quânticos são discretos, ou quantizados, o que está acontecendo aqui é que são estados quânticos cada vez mais próximos, tão próximos que a tecnologia utilizada no laboratório não consegue distinguir. O professor explica que esta rede de difração com 600 linhas por milímetro possibilita observar o espectro e resolver a banda, mostrando que são estados discretos. P1 explica que hoje se pode fazer uma correspondência unívoca entre espectros ópticos de moléculas, cada espectro de molécula é permitido uma análise química. P1 fala dos exemplos de aplicações com o infravermelho, da fibra óptica, entre outras aplicações como porque o aço é uma mistura de ferro, P1 aproveita para mostrar o espectro óptico de ferro que tem um pouquinho de carbono.

P1 explica que o processo de interferência e de difração se joga um feixe de luz parte dele é desviada e outra parte não, essa parte que não é desviada, forma um máximo central, onde os raios fazem o mesmo percurso, no mesmo meio sofrem a interferência. Entretanto, outros

¹¹ A 2ª lei da refração ou Lei de Snell é utilizada para calcular o desvio dos raios de luz ao mudarem de meio. Chamamos de refração da luz o fenômeno em que ela é transmitida de um meio para outro diferente. Nesta mudança de meios a frequência da onda luminosa não é alterada, embora sua velocidade e o seu comprimento de onda sejam.

raios podem sofrer um processo de interferência construtivo, nessa região os raios de luz se somam, enquanto na região de sombra a onda se destrói. O professor explica que a rede de difração redistribui a intensidade luminosa, também compara com o prisma, que tem a capacidade de separação das cores ou das raias que parecem frequências. P1 mostra a equação e pede para os alunos calcularem o ângulo do hidrogênio, também explica que para isso vão precisar medir o Θ para colocar na equação. O professor coloca o zero no goniômetro, primeiro mede o $\Delta\Theta$, para isso precisa do Θ que está à esquerda e do Θ que está à direita e depois faz a média dos dois. Orienta os alunos para o preenchimento da tabela para anotar as cores e seus respectivos ângulos.

P1 pergunta se os alunos aprenderam o cálculo para fazer propagação de erros e os alunos respondem que sim. Explica que o erro no Θ é de 1 minuto.

Nisso os alunos são organizados os grupos para observação. Um aluno pergunta quantas cores os colegas viram no outro equipamento. Os alunos trocam informações entre si e comparam os resultados observados. Eles tiram a sequência de cores, cada grupo vai para um equipamento, mas somente do hidrogênio que fazem as medidas.

Uma aluna pede a confirmação do professor para saber se tem que diminui um valor do outro e depois divide por dois, unidades de grau é em minuto.

O professor realiza uma medida como exemplo, faz junto com os alunos.

Um aluno pergunta se do resultado que ele obteve ainda tem que calcular a função seno. Outro aluno pergunta se tem que passar para radianos. Alguns alunos têm dúvidas quanto a suas respostas.

P1 fala sobre a realização da medida das divisões e de como tirar as informações do goniômetro. P1 sugere que os alunos treinem realizando pelo menos três leituras nos equipamentos. O professor pede para os alunos compararem os dados coletados com os outros grupos.

Os alunos discutem os valores encontrados, uns ficam com dúvidas no procedimento, por exemplo, um aluno pergunta o que o colega está vendo. O aluno responde que é só o ângulo.

Uma aluna pergunta com base no que vai fazer a leitura de baixo, pergunta se é no perpendicular do equipamento. Sua colega responde que é no marco zero. Outro aluno pergunta o que tem que enxergar.

Um aluno pergunta se a colega está enxergando a cor vermelha e ela responde que não enxergou nada. Outro aluno fala que tem que acender primeiro a lâmpada e depois fazer as medidas tirar os valores e conferir.

P1 fala que uma característica do hidrogênio é a cor vermelho sangue no centro, também pede cuidado porque a lâmpada, pois está queimando devido ao tempo de uso. O professor chama a atenção para a primeira raia, pede que observem a sequência de cores e mostra que o espectro é bem simétrico.

Uma aluna fala que vão medir primeiro o azul até o vermelho. P1 confirma que somente da primeira ordem. P1 explica que para ter a mesma medição não pode mexer no goniômetro, desse modo ter cuidado na observação.

Uma aluna fala que não sabe o que tem que ver, responde que está vendo uma linha roxa. Pergunta qual tem que olhar primeiro. A sua colega responde para começar do meio e depois a primeira cor que vem para direita.

Uma aluna pergunta ao professor se a lâmpada de hidrogênio tem 600 linhas por milímetro. P1 responde que sim. Vários alunos falam ao mesmo tempo a maioria questões referentes ao procedimento até o fim da atividade.

ANEXO 02 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Uso de Simuladores em Laboratório de Física Moderna na Modalidade de Educação à Distância

Você está sendo convidado (a) a participar voluntariamente da pesquisa intitulada “Uso de Simuladores em Laboratório de Física Moderna na Modalidade de Educação à Distância”, trabalho de mestrado pelo Programa de Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

A pesquisa tem como objetivo analisar o potencial dos simuladores para aprendizagem de Física Moderna. Fazer uma descrição crítica da sequência didática da disciplina, relatar seu contexto, material didático utilizado, plano de ensino, perfil do aluno, livro texto e Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA).

Os dados coletados durante a pesquisa se dão através de entrevistas, questionários, gravações em áudio e vídeo e observação direta.

A identidade dos participantes deste estudo será tratada de forma confidencial pelo pesquisador e a análise dos dados coletados preservará o anonimato de seus informantes.

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso ao pesquisador responsável que pode ser encontrado no e-mail: sabine.schweder@gmail.com e no telefone (48) 9908-0753. Este termo de consentimento é uma etapa necessária para garantir a ética nas pesquisas que envolvem seres humanos. Leia atentamente o seguinte termo e, caso concorde, preencha seus dados e assine no local indicado abaixo.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO.

Eu, _____, li o texto acima e estou de acordo com o estudo ao qual estou participando, a explicação que recebi, esclarece sobre riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não representará nenhum prejuízo para mim. Sei que os resultados desta pesquisa não implicarão em nenhuma consequência para mim. Sei que não terei despesas e não receberei dinheiro por participar do estudo. Eu

concordo em participar e confirmo ter recebido cópia desse documento por mim assinado.

Florianópolis, ____/ ____/ ____

(Assinatura do voluntário)

(Assinatura do pesquisador responsável)