

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

Sérgio Luís Kessler

**O ENSINO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO:
Necessidades e Dificuldades no Oeste Catarinense**

Porto Alegre
2008

SÉRGIO LUÍS KESSLER

**O ENSINO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO:
Necessidades e Dificuldades no Oeste Catarinense**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Orientador: Dr João Bernardes da Rocha Filho

PORTO ALEGRE
2008

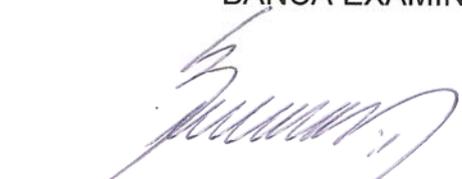
SÉRGIO LUÍS KESSLER

**O ENSINO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO:
NECESSIDADES E DIFICULDADES NO OESTE CATARINENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Aprovado em 29 de fevereiro de 2008, pela Banca Examinadora.

BANCA EXAMINADORA:



Dr. João Bernardes da Rocha Filho (Orientador - PUCRS)



Dr. Maurivan Güntzel Ramos (PUCRS)



Dr. Roque Strieder (UNOESC)

**Dedico esta dissertação aos que
praticam a arte de educar e
alimentam sonhos em terrenos
estéreis.**

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. João Bernardes da Rocha Filho pela sua orientação, incentivo ao acreditar no meu trabalho e pelas oportunidades de aprendizado oferecidas.

Aos professores do mestrado pelas inúmeras oportunidades de aprendizagem e pelos desafios lançados.

Aos colegas de mestrado pelo companheirismo e disponibilidade.

Aos colegas professores do grupo de estudos por proporcionarem momentos sinceros de aprendizagem e crescimento profissional.

Aos amigos pelo apoio e compreensão.

A minha companheira Bernadete, minha filha Shara e meu filho Ronan por compreenderem as longas horas de ausência e sempre se mostrarem receptivos.

As forças do Uno que não permitiram que desistisse dessa missão.

... a Ciência não é um conjunto bem estabelecido de verdades imutáveis. Ela é, antes de tudo, um processo contínuo de revisão dos nossos próprios erros, uma superação constante do nosso estágio de ignorância. No entanto, nesse processo há algo que se sedimenta, solidifica-se, mesmo se for para ser transformado logo a seguir com a proposta de novas hipóteses, com novas intenções. E isso que se estabelece e se fixa constitui o estoque básico de conhecimento, o conteúdo que pode ser transmitido e transformado.

Bombassaro

Uma vez compreendido bem as idéias revolucionárias da nova física, cometeríamos um grande erro se pensássemos que a física newtoniana está inteiramente errada.

Amit Goswami

RESUMO

Partindo da idéia de que as teorias da Física Moderna devem ser incorporadas ao currículo de Física do Ensino Médio, este trabalho teve como objetivo investigar de que maneira ocorre o ensino dessa área do conhecimento nas escolas do extremo Oeste de Santa Catarina. Também pretendeu avaliar modificações no interesse e no rendimento dos estudantes em relação à Física, como resultado de um trabalho em nível de educação continuada envolvendo professores de Física do Ensino Médio, visando disseminar conhecimentos de Física Moderna por meio de experimentação. A Proposta Curricular de Santa Catarina prevê a inclusão de tópicos como Relatividade e Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio, mas a presença destes conteúdos é raramente detectada nas salas de aula, por diversas razões, como: professores sem formação adequada, métodos de ensino tradicionais, alto grau de complexidade das teorias, falta de estrutura nas escolas, falta de material adequado, entre outras. Os dados que permitiram chegar até essas causas foram obtidos por meio do planejamento e oferecimento de oficinas pedagógicas aos professores, enfatizando conceitos de Física Moderna e construção de atividades experimentais, posteriormente aplicadas aos alunos das terceiras séries do Ensino Médio das escolas envolvidas neste trabalho. Após a conclusão das oficinas, em consulta aos professores, percebeu-se que somente parte das atividades foi trabalhada com os alunos, por razões diversas, como: a inexistência ou a precariedade dos espaços físicos destinados ao laboratório, falta de conhecimento dos professores em relação a alguns conteúdos, reduzido número de aulas para trabalhar atividades experimentais, em função do currículo extenso como é o de Física, falta de tempo para buscar e organizar o material para as atividades experimentais, entre outras. Embora, muitos foram os pontos positivos observados pelos professores, como: o envolvimento e comprometimento dos alunos, a capacidade de superação dos alunos com dificuldades, aumento da compreensão dos conteúdos, o aumento do interesse pela Física, aumento da persistência na resolução de problemas relacionados ao assunto, interesse por profissões relacionadas, entre outros. Apesar de os resultados iniciais apontarem sérias deficiências no ensino da Física Moderna no Ensino Médio, nas escolas do Extremo Oeste de Santa Catarina, este trabalho mostra que podemos tratar conceitos de Física Moderna ainda neste nível de conhecimento, com resultados benéficos. Assim, é de nossa responsabilidade a resolução das dificuldades mencionadas, visando tornar o ensino das físicas clássica e moderna mais interessante, mais envolvente e mais desafiador.

Palavras-chave: ensino de física, física moderna, formação continuada.

ABSTRACT

Starting from the idea that the Modern Physics theories should be incorporate to the curriculum of Physics in High School, this work had as objective investigate the way that occurs the teaching of that area of the knowledge in the schools in the end West of Santa Catarina. It also intended to evaluate modifications in the interest and in the students' income in relation to the Physics, as a result of a work in level of continuous education involving teachers of Physics in High School, seeking to disseminate knowledge of Modern Physics through experimentation. The Curricular Purpose of Santa Catarina foresees the inclusion of topics as Realitividade and Photoelectric Effect in the Medium Teaching, but the presence of these contents is rarely detected at the classrooms, for several reasons, such: teachers without appropriate formation, traditional teaching methods, high degree of complexity of the theories, lacks of structure in the schools, lacks of appropriate material, among others. The data that allowed getting until these causes were obtained through the planning and offer of pedagogic workshops to the teachers, emphasizing concepts of Modern Physics and construction of experimental activities, later applied to the students of the third series in High School of the schools involved in this work. After the conclusion of the workshops, in consultation to the teachers, it was noticed that only a part of the activities was worked with the students, for several reasons, as: the inexistence or the lack of the physical spaces destined to the laboratory, lack of the teachers' knowledge in relation to some contents, reduced number of classes to work experimental activities, in function of the extensive Physics curriculum, lack of time to look for and to organize the material for the experimental activities, among others. Although, many were the positive points observed by the teachers, such: the involvement and the students' compromising, the capacity of the students' dealing with difficulties, increase of the understanding of the contents, the increase of the interest for the Physics, increase of the persistence in the resolution of problems related to the subject, interest for related professions, among others. In spite of the results initials to point out serious deficiencies in the Modern Physics teaching in the High School, in the schools of Far West of Santa Catarina, this work shows that can treat concepts of Modern Physics still in this knowledge level, with beneficial results. Like this, it is our responsibility the resolution of the mentioned difficulties, seeking to turn the teaching of the classic and modern physics more interesting, more involving and more challenging.

Key words: physics teaching, modern physics, continuous formation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pêndulos Acoplados - visão inferior da haste móvel do sistema.....	127
Figura 2 – Pêndulos Acoplados - visão completa do sistema.....	127
Fotografia 1 - Pêndulos Acoplados - sistema construído pelo grupo de professores.....	127
Figura 3 – Caixinha Enigma – visão externa ao grupo de professores.....	128
Fotografia 2 – Caixinha Enigma apresentada pelo professor.....	128
Figura 4 – Caixinha Enigma – hipótese 1 da estrutura interna.....	129
Figura 5 – Caixinha Enigma – hipótese 2 da estrutura interna.....	129
Figura 6 – Seqüência espectral de alguns elementos químicos.....	133
Figura 7 – Linhas espectrais de diferentes elementos químicos.....	134
Figura 8 – Cores de luz primária.....	137
Figura 9 – Formação de cores secundárias pela sobreposição das cores de luz primária.....	137
Figura 10 – Luz branca resultante da sobreposição das cores primárias.....	137
Figura 11 - Subtração de cores por absorção.....	138
Figura 12 - Pontos de tinta depositadas por impressoras, a jato, coloridas, formando diferentes tonalidades de colorido.....	139
Fotografia 3 - Diferentes tipos de lâmpadas.....	140
Fotografia 4 - Obtenção da rede de difração usando um disco compacto (CD).....	141
Figura 13 - Difração da luz branca nas ranhuras do CD e formação do espectro.....	141
Fotografia 5 – Diferentes cores de luz obtidas com filtros de celofane.....	143
Fotografia 6 – Sobreposição da luz e formação de sombras coloridas.....	143
Fotografia 7 – Amplificador de transistores em cascata.....	148
Figura 13 – Diagrama do amplificador de transistores.....	148
Fotografia 8 – Instalação do reator e suporte de Lâmpada.....	148
Fotografia 9 – Montagem da célula fotoelétrica.....	148
Figura 14 – Esquema de ligações entre a célula fotoelétrica e os demais componentes.....	149
Figura 15 – Diagrama do eletroscópio de pêndulo.....	150
Fotografia 10 – Indução de um pêndulo simples por um balão eletrizado.....	150
Figura 16 – Separação de cargas por indução.....	151
Figura 17 – Contato do corpo indutor com o induzido.....	151
Figura 18 – Repulsão do corpo induzido após o contato.....	151
Figura 19 – Diagrama do eletroscópio de folhas.....	151
Fotografia 11 – Eletroscópio de folhas sofrendo indução.....	151
Figura 20 – Ilustração do fenômeno elétrico no eletroscópio de folhas.....	152
Fotografia 12 – Eletroscópio de transistores.....	154
Fotografia 13 – Conexão do eletroscópio a bateria e o multímetro.....	154
Fotografia 14 – Relé fotoelétrico com janela para a entrada de luz.....	155
Fotografia 15 – Relé fotoelétrico sem janela específica para entrada de luz.....	155
Fotografia 16 – Relé fotoelétrico com característica retardatária.....	156
Fotografia 17 – Relé fotoelétrico aberto.....	157
Fotografia 18 – Luminosidade intensa, iluminação pública desligada.....	158
Fotografia 19 – Baixa luminosidade, iluminação pública ligada.....	158
Figura 21 – Esquema de iluminação pública.....	159
Fotografia 20 – Resistência elétrica do plástico.....	165
Fotografia 21 – Resistência da madeira.....	165
Fotografia 22 – Resistência elétrica do cobre a temperatura ambiente.....	166
Fotografia 23 – Resistência do cobre aquecido.....	166

Fotografia 24 – Papelão perfurado, LDR e Multímetro.	167
Fotografia 25 – Componentes para medição da resistência do LDR.	167
Figura 22 – Resistor de carbono e seus componentes	169
Figura 23 – Símbolos para a representação de resistores.	169
Figura 24 - Fita de resistores de carvão	170
Figura 25 – Resistor identificado com o código de cores.	172
Figura 26 – Resistores classificados conforme potência.	173
Figura 27 – Diferentes tamanhos de resistores.	173
Figura 28 – Capacitor com o código das cores.	175
Figura 29 – capacitor variável	176
Fotografia 26 – Resistores de grafite.	178
Fotografia 27 – Tabela de valores de resistência elétrica.	178
Fotografia 28 – Capacitor de grafite.	179
Fotografia 29 – Capacitor de grafite enrolado.	179
Figura 30 – LDR.	180
Figura 31 – Diodo.	181
Figura 32 – Triodo.	181
Figura 33 – Diodo de germânio	182
Figura 34 – Símbolo do Diodo	182
Figura 35 Símbolo do LED	182
Figura 36: LEDs	184
Figura 37 – Componentes do LED.	184
Figura 38 – Circuito: resistor e LED.	185
Figura 39 - Transistores	185
Figura 40 - Símbolos dos transistores bipolares.	186
Figura 41 - Transistor moderno de alta potência.	188
Fotografia 30 – LED conectado de forma invertida.	189
Fotografia 31 – LED conectado de forma correta.	189
Fotografia 32 – Pilha de LED pouca luminosidade.	190
Fotografia 33 – Pilha de LED bastante luminosidade.	190
Figura 41 - Esquema de Edison do efeito termoiônico.	192
Figura 42 – Efeito Termoiônico, esquema.	193
Fotografia 34 – Efeito termoiônico, componentes.	193
Fotografia 35 – Entrega de certificados.	202

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	7
ABSTRACT	8
Lista de Ilustrações	9
SUMÁRIO	11
1 INTRODUÇÃO	14
2 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO	18
2.1 Realidade dos envolvidos no trabalho	23
2.1.1 Professores	23
2.1.2 Alunos	25
2.1.3 Escolas	26
3 APROFUNDAMENTO TEÓRICO	29
3.1 Física Clássica e Física Moderna	29
3.2 Formação de professores	32
3.3 Concepções Metodológicas do Ensino de Física	34
3.4 Avaliação Escolar	36
3.5 Atividades experimentais no ensino de Ciências	39
4 METODOLOGIA	41
4.1 Objetivos	41
4.1.1 Objetivo Geral	41
4.1.2 Objetivos Específicos	41
4.2 Questões de Pesquisa	41
4.2.1 Questão Geral	41
4.2.2 Questões de pesquisa	41
4.3 Coleta de dados	42
4.4 Análise dos dados	44
5 OFICINAS	46
5.1 Conceito de oficina	46
5.2 Oficinas pedagógicas	47
5.2.1 Proposta Curricular de Santa Catarina, Parâmetros Curriculares Nacionais e Estrutura da Matéria	47
5.2.2 Fenômenos ondulatórios e padrões espectrais dos elementos	49
5.2.3 Efeito fotoelétrico	51
5.2.4 Eletroscópio	52
5.2.5 Sistema de iluminação pública: relé fotoelétrico	53
5.2.6 Isolantes, condutores, semicondutores e supercondutores de eletricidade	54
5.2.7 Resistores e Capacitores	56
5.2.8 Estrutura do LDR, do Diodo, do Led e do Transistor	58
5.2.9 Emissão termoiônica	60
5.2.10 A física quântica e a realidade	61
6. Análise de Dados – Opinião dos Professores	63
6.1 Sondagem Inicial	63
6.1.1 Formação profissional e tempo de serviço	63
6.1.2 Formação profissional e Física Moderna	64
6.1.3 Física Moderna no Ensino Médio	66
6.1.4 Interesse dos alunos pela Física e pelas outras disciplinas	67

6.2 Um Novo Aprendizado.....	68
6.3 Aplicação dos conhecimentos com os alunos	69
6.3.1 Dificuldades para aplicar o conhecimento com os alunos: falta de material e falta de estrutura nas escolas.....	69
6.3.2 Dificuldades: falta de conhecimento	71
6.3.3 Dificuldades para aplicar o conhecimento com os alunos: a falta de tempo	72
6.3.4 Dificuldades para aplicar o conhecimento com os alunos: falta tempo para preparar aulas.....	75
6.4 Envolvimento dos alunos nos experimentos	76
6.5 Destaques nos experimentos.....	79
6.6 Teoria e prática são inseparáveis.....	82
6.7 Os experimentos aumentam a compreensão e o interesse pela Física.....	83
6.8 A superação dos alunos em outras disciplinas com a atividade prática	86
6.9 Avaliação das atividades	88
6.10 A idéia da continuidade	90
7 A CONTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS.....	93
7.1 A Importância da Física.....	93
7.2 O dia-a-dia da sala de aula.....	96
7.3 Os experimentos e a compreensão dos assuntos	98
7.4 História da Física	101
7.5 Física Clássica e Física Moderna.....	103
7.6 Envolvimento dos alunos nas aulas com atividades experimentais	106
8 Considerações Finais	108
8.1 Sobre a sondagem inicial.....	108
8.2 Sobre as ações.....	109
8.3 Sobre a fala dos alunos	111
8.4 Concluindo	112
REFERÊNCIAS	114
Apêndices	117
APÊNDICE A - Roteiro de questões para os professores de física do Ensino Médio – Sondagem.....	117
APÊNDICE B - Questões norteadoras para entrevista com os professores após a conclusão das oficinas pedagógicas.....	117
APÊNDICE C – Oficina 1 - Proposta Curricular de Santa Catarina, Parâmetros Curriculares Nacionais e Estrutura da Matéria.....	118
APÊNDICE D - Oficina 2 - Fenômenos ondulatórios e padrões espectrais dos elementos	130
APÊNDICE E - Oficina 3 - Efeito fotoelétrico	144
APÊNDICE F - Oficina 4 - Eletroscópio	149
APÊNDICE G - Oficina 5 - Sistema de iluminação pública: Relé fotoelétrico	154
APÊNDICE H - Oficina 6 - Isolantes, condutores, semicondutores e supercondutores de eletricidade	160
APÊNDICE I - Oficina 8 - Estrutura do LDR, do Diodo, do Led e do Transistor.....	180
APÊNDICE J - Oficina 9 - Emissão termoiônica.....	191
APÊNDICE L - Oficina 10 - A física quântica e a realidade.....	194
ANEXOS.....	198
ANEXO A – Ficha de Inscrição	199
ANEXO B – Ficha de avaliação pedagógica das oficinas pelos professores participantes.....	200

ANEXO C – Entrega dos certificados aos professores do grupo – expedidos pela Secretaria de Estado da Educação, Ciência e Tecnologia	202
ANEXO D - Certificado	203
ANEXO E – Artigo 1	204
ANEXO F – Artigo 2	207

1 INTRODUÇÃO

Como professor de Física percebo que é, extremamente, restrita a abordagem dada ao ensino da Física Moderna, no Ensino Médio, nas escolas da Região Oeste do extremo do Estado de Santa Catarina, onde vivo e trabalho. Assim, nessa pesquisa procurei descobrir por quais motivos ocorre esta deficiência, e de quais modos seria possível combatê-la. Como um objetivo acessório, procurei desenvolver propostas viáveis para o ensino da Física Moderna no Ensino Médio, principalmente, pela possibilidade que este conteúdo traz de contribuir para a construção de uma visão diferente e contemporânea da realidade, não tão linear quanto as demais, e também pela importância histórica e científico-tecnológica que representa seus princípios para a humanidade.

Assim, no capítulo 2, enfoquei o contexto em que ocorre a pesquisa nessa área do desenvolvimento humano, como também, a realidade das pessoas envolvidas nesse trabalho, ou seja, os professores e os alunos, bem como a realidade das escolas como instituições de ensino.

Os professores das escolas públicas, geralmente, acumulam elevada carga de trabalho e poucas vezes participam de programas de formação continuada. As limitações financeiras e de tempo os privam, muitas vezes, de participarem de cursos de interesse, reduzindo o acesso à informação necessária para cumprirem suas funções docentes, e assim atenderem as necessidades e as expectativas dos alunos.

Além disso, os alunos oriundos de diferentes realidades trazem para a sala de aula uma significativa diversidade cultural, social, religiosa e política. As dificuldades econômicas de muitas famílias fazem com que as crianças e adolescentes em idade escolar precisem trabalhar para suprir as necessidades do orçamento dessa organização. Esta realidade, geralmente, provoca uma disparidade no nível de conhecimento entre os alunos, pela carência no acesso à tecnologia e informação, se comparados com alunos oriundos de classes sociais mais abastadas.

As escolas públicas, por força da lei, sempre abrem a possibilidade de novas matrículas, e procuram oferecer o que têm de melhor em termos de atendimento e conhecimento aos seus alunos. Os governos frequentemente têm se preocupado em manter apresentáveis os prédios, deixando em segundo plano a qualidade do serviço prestado. As dificuldades enfrentadas, também, são inúmeras, e vão desde o material de expediente até recursos humanos. Laboratórios de ciências não existem em boa parte das escolas, as

bibliotecas estão com acervos desatualizados, e o acesso à informática e aos periódicos também é restrito.

O capítulo 3 se restringe à revisão bibliográfica de determinados temas considerados relevantes para esse trabalho. Inicialmente, faço algumas considerações com relação à Física Clássica e à Física Moderna, no que tange às suas áreas de abrangência. Sabendo que as descobertas da Física do século XX são, significativamente, mais abrangentes e complexas que os conceitos clássicos. Enquanto a Mecânica Quântica se preocupa em entender as leis da matéria em porções microscópicas, a relatividade segue para o entendimento do comportamento da matéria a altas velocidades. A compreensão das leis das referidas áreas do conhecimento Físico, consideradas modernas, permitiram um passo gigantesco na evolução tecnológica e científica nas mais diversas áreas do saber humano. Permitiram, também, o surgimento de concepções totalmente novas na forma do entendimento de realidade, ainda que as leis clássicas continuem sendo aplicadas com elevada precisão para a descrição de inúmeros fenômenos percebidos diretamente pelos sentidos. A Física do século XX, porém, permitiu o aparecimento de novos campos de investigação e teorização, não tão determinísticos e lineares como nas concepções clássicas, que culminaram no advento da teoria da complexidade e da teoria do caos.

Tratei, também, da formação dos professores, com o entendimento de que as mudanças sociais desejadas pela humanidade passam, basicamente, pela educação que é proporcionada para as atuais e as futuras gerações. Sendo assim, é necessário que os professores tenham acesso constante às novas informações, resultantes das intensas pesquisas que se desenvolvem em todos os países desenvolvidos. A busca de informações e a formação pode se desenrolar de forma individual e também coletiva. Nesse processo é importante que os próprios professores opinem sobre a sua formação e os conhecimentos resultantes, exclusivamente do exercício da função sejam considerados.

Faço, também, algumas considerações sobre o ensino de Física, uma vez que a metodologia seguida por uma parcela, significativa, de professores ainda é tradicional. Considero fundamental que os conteúdos sejam significativos para o aluno e sejam abordados no contexto histórico em que foram desenvolvidos. Também apresento algumas considerações básicas sobre avaliação escolar na concepção de que ela deve fazer parte de todo processo de ensino-aprendizagem no sentido de diagnosticar deficiências, para que, paralelamente, encaminhamentos possam ser feitos, com o objetivo de suprir as dificuldades encontradas.

Abordo, conjuntamente, o papel das atividades experimentais no ensino de ciências, e argumento que essas são um recurso pedagógico significativo para o professor de Física. Porém, deve-se ter o cuidado em utilizá-las em situações planejadas para que a construção dos conceitos teóricos e as observações ocorram de forma paralela. O planejamento envolve principalmente a estruturação do processo de forma a garantir que o professor desenvolva o papel de orientador e mediador, enquanto o aluno sintá-se agente da construção de seu conhecimento.

No capítulo 4 apresento a metodologia para o desenvolvimento desse trabalho, estabelecendo os objetivos e as questões de pesquisa que serviram de linha mestra. Neste capítulo faço também uma explanação da maneira como se procedeu a coleta dos dados e de sua análise, e ainda escrevo sobre os recursos utilizados para desenvolver este trabalho e as atividades desenvolvidas.

Tendo a consciência de que o ensino da Física Moderna no Ensino Médio, mesmo com alguma resistência, está se tornando, aos poucos, consenso entre os professores de Física, já que seu entendimento é visto como uma necessidade para os educandos compreenderem os fenômenos que ocorrem no meio em que estão inseridos, e, também, constatando que existe um grande contingente de professores que possuem pouco, ou nenhum, conhecimento nessa área do saber científico, julguei necessário a sua inserção imediata em um programa de capacitação com esse viés. Assim, decidi incluir nesta pesquisa uma série de oficinas de Física Moderna, oferecidas aos professores de Física da região como forma de ter acesso à realidade educacional que me interessava. Optei por oferecer oficinas pedagógicas para professores de Física do Ensino Médio, sobre conteúdos de Física Moderna, com experimentos, envolvendo sete professores de Física (e seus alunos), de sete escolas públicas localizadas nos Municípios de Itapiranga, São João do Oeste, Iporã do Oeste, Santa Helena e Tunápolis, todas no Extremo Oeste de Santa Catarina.

Na seqüência, no capítulo 5, apresento uma teorização do que deve objetivar uma oficina e também uma explanação teórica dos assuntos de Física Moderna trabalhados em cada um dos encontros realizados, e ainda um resumo das atividades desenvolvidas.

Já no capítulo 6 apresento uma série de categorias resultantes das análises feitas a partir dos dados obtidos em diferentes momentos do trabalho. Pela sondagem inicial percebeu-se que a Física Moderna não é trabalhada, ou o é muito restritamente, no Ensino Médio. As principais razões, na alegação dos professores, são a falta de conhecimento e a falta de tempo para abordar com os alunos tais assuntos. Nesse capítulo apresento, também,

uma análise das informações obtidas durante a realização das oficinas e com a entrevista efetuada com cada um dos professores, na sua escola de atuação, após a conclusão das oficinas e a aplicação dos experimentos com seus alunos.

Mesmo não tendo trabalhado na totalidade os temas e as respectivas atividades experimentais desenvolvidas nas oficinas, com os alunos, os resultados observados neles foram satisfatórios, na opinião dos professores. O envolvimento nas atividades dos alunos com dificuldades, maior persistência, e o despertar para profissões, são alguns apontamentos positivos feito pelos professores, resultantes desse trabalho. Enquanto isso, a falta de conhecimento, a falta de tempo, a estrutura física inadequada nas escolas e a falta de material adequado de laboratório, foram as principais dificuldades sentidas pelos professores para trabalhar os assuntos das oficinas com seus alunos.

Como a razão da existência das escolas são os alunos, seria injusto não atribuir um espaço neste trabalho para que eles pudessem expressar seus sentimentos, seus conhecimentos e suas percepções sobre o conhecimento físico. Mesmo com estes alunos não envolvidos diretamente na pesquisa com as oficinas, os professores trabalharam com as terceiras séries do nível médio os assuntos abordados, então decidi entrevistar alguns alunos de cada escola, escolhidos de forma aleatória. A categorização das falas é apresentada no capítulo 7.

Na seqüência, apresento as considerações finais, as referências desse trabalho e também os apêndices para os quais o leitor é orientado ao longo do trabalho.

Em síntese, com este trabalho procurei compreender a real dimensão do ensino de Física Moderna no Ensino Médio, e avaliar modificações no interesse e no rendimento dos estudantes em relação à Física, como resultado de um trabalho em nível de educação continuada, envolvendo professores de Física do Ensino Médio, visando a disseminar conhecimentos de Física Moderna por meio de experimentação.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO

É difícil avaliar a profundidade da revolução introduzida pela Física Moderna, mas a Relatividade e a Teoria Quântica estão definitivamente influenciando áreas tão diferentes como a saúde e a economia, como pode ser comprovado pelo número crescente de publicações destes segmentos com nomes exóticos envolvendo a Física, ainda que provavelmente muito disso se resume a truques de mercado para aumentar as vendas de produtos da Nova Era.

(ROCHA FILHO, 2004, p. 24)

Na minha vida de estudante meu primeiro contato com a teoria da física de partículas ocorreu na oitava série do Ensino Fundamental, na disciplina de Ciências. Nessa oportunidade, o professor, para explicar a estrutura do átomo, traçou um comparativo com o sistema solar, alegando que os elétrons estariam girando ao redor do núcleo do átomo, assim como os planetas girariam em torno do Sol. Mesmo não compreendendo absolutamente a idéia, nova no momento, ela gerou curiosidade e provocou desejo pelo assunto. Embora sendo uma concepção clássica, ajuda a criar uma representação mental do que poderia ser essa estrutura da qual não temos acesso de forma direta pelos sentidos. Nesta mesma ocasião, o professor relacionou o assunto com diferentes situações e realidades, fazendo analogias para se fazer entender diante dos alunos, praticamente leigos nesta área do conhecimento. Foi uma aula inesquecível, lamento que no restante do Ensino Médio poucas novidades foram acrescentadas aos conhecimentos anteriores.

Já na graduação esse tema foi trabalhado de forma mais aprofundada na disciplina de Física Moderna, quando compreendi melhor alguns conceitos, fundamentais para entender o avanço científico do século XX e a atual realidade tecnológica.

Hoje, como professor de Física do Ensino Médio, percebo que os alunos que ingressam nesse nível de formação dominam de forma bastante restrita conceitos básicos de Física. Pelos depoimentos dos alunos, percebo que os professores das séries anteriores ainda utilizam a comparação com o sistema solar como forma de explicação para a estrutura atômica.

Outra constatação em relação ao currículo do Ensino Médio é a restrita abordagem que se faz de concepções e conceitos modernos, sendo várias as razões. Sabe-se da importância histórica que a Física do século XX tem para a humanidade, e o avanço tecnológico que ela propiciou, porém, constata-se que a Física Clássica, ou newtoniana, domina o currículo e, muito restritamente, a Física Moderna ocupa um espaço mínimo. Isso

implica em oferecer aos alunos uma perspectiva linear e determinista dos fenômenos naturais, contestada pelos atuais estudos epistemológicos associados à teoria quântica, que revelam uma grande complexidade na estrutura dos elementos e suas relações. Da mesma forma, se revelam complexas as leis que regem os movimentos dos corpos do espaço e as partículas subatômicas.

Diante da constatação das significativas mudanças que ocorreram no conhecimento humano a partir das revolucionárias descobertas da Física no século XX, e sua influência no atual panorama mundial, é de fundamental importância o ensino da Física Moderna, pelo menos em seus conceitos básicos, ainda no Ensino Médio. Muitas das máquinas eletrônicas modernas que compõem o cenário tecnológico atual são resultados das recentes contribuições e descobertas da Física. Assim, é necessário levar ao conhecimento dos alunos os modelos teóricos básicos da Física Relativística e da Física Quântica, possibilitando uma melhor compreensão da realidade científica e tecnológica da humanidade.

Talvez o grande desafio dos trabalhadores da educação seja manter uma constante atualização e apropriação das novas informações científicas, essas que são geradas a cada instante pelas intensas pesquisas em andamento em centenas ou milhares de laboratórios pelo mundo afora. Além da apropriação desses conhecimentos por parte dos educadores, outro desafio é saber usar metodologias adequadas para colocar os educandos em contato com estes, de modo que eles também se apropriem.

Os novos conhecimentos da física relativística e quântica mudaram, profundamente, o conhecimento humano em vários sentidos. Estas, possibilitaram um avanço tecnológico sem precedentes, encurtaram caminhos e aumentaram a agilidade na produção, no transporte, na comunicação, mudando, definitivamente, a realidade humana. Boa parcela das descobertas e dos conhecimentos construídos no século XX não fazem parte do currículo da educação básica, e não são abordados com a atenção que merecem nos livros didáticos. Na maioria das vezes, são apresentados como textos complementares ou capítulos complementares no final dos livros da terceira série do Ensino Médio, o que de certa forma, minimiza a importância destas descobertas como avanços significativos do conhecimento humano.

Na graduação de Física a área do conhecimento é trabalhada de forma mais aprofundada em disciplinas, geralmente, específicas de Física Moderna, na qual são abordados diferentes aspectos do assunto. Essas disciplinas permitem compreender melhor alguns conceitos, fundamentais para entender o avanço científico do século XX e a atual

realidade tecnológica. Porém, estes conhecimentos são abordados, na maioria das vezes, somente de forma teórica, sem contextualização e sem experimentação, tornando-os pouco significativos. Esta prática não traduz a real importância que estes assuntos possuem, tanto por sua aplicação tecnológica quanto pelas implicações epistemológicas que têm.

O fato crítico, em meu entendimento, é que os estudantes das licenciaturas de Física, ao se formarem, não estão, suficientemente, preparados para exercerem a função docente, pelo limitado conhecimento teórico e prático que alcançaram. Isso me leva a questionar aos professores de Física do Ensino Médio: quais são esses conhecimentos de Física Moderna? Quais os conceitos que compartilham com seus alunos neste nível de formação, e como o fazem?

Os currículos de Física do Ensino Médio contemplam, praticamente, só a Física Clássica que, via de regra, é o estudo das leis que se aplicam à matéria, a qual conseguimos ver e podemos tocar. A Física Moderna é restritamente abordada, pois lida com *coisas*, geralmente, inacessíveis para os nossos sentidos, de forma direta, como átomos e buracos negros. Enquanto a Física newtoniana admite um mundo regular, palpável e determinista. Assim, a Física Moderna segue para o complexo, o relativo e o não-linear.

No século XX, mais especificamente nas últimas décadas, o conhecimento científico experimentou grandes avanços teóricos e, simultaneamente, um número sempre crescente de aplicações práticas desse conhecimento foi sendo desenvolvido.

Paralelamente, o ensino de ciências passou a ser considerado campo de investigação, com avanços para o tratamento didático de novos conteúdos e métodos. Apesar disso, as repercussões são ainda bastante tímidas na esfera da efetiva prática de ensino, o conhecimento contemporâneo permanece distante dos currículos escolares, do Ensino Fundamental à graduação.

Com as chamadas revoluções científicas da Física Moderna, a partir do início do século passado, as certezas anteriores foram questionadas. A neutralidade do observador em relação ao objeto observado passou a ser duvidosa, além de que partículas subatômicas revelaram um comportamento dual, às vezes comportando-se como matéria concentrada no espaço e tempo, e às vezes como onda no mesmo espaço e tempo. Nessa nova Física, suas localizações passaram a ser associadas difusamente a equações de movimento baseadas em probabilidade, indeterminação e exclusão. Com as novas teorias, caíram também no universo das probabilidades os conceitos outrora precisos de órbita e de trajetória, assim como a

presunção determinista. Da mesma forma, o espaço e o tempo deixaram de ser concebidos como grandezas absolutas.

As conseqüências da Relatividade e da Física Quântica atingiram todos os campos de conhecimento moderno do século passado, em particular a Filosofia, sobretudo a partir da década de 50. Isso fica evidente a partir da idéia de Angotti (2005, p.3):

o próprio conceito de ciência, sua natureza interna, sua dinâmica, sua relação com outros campos de conhecimento, passou a sofrer novas contribuições de vulto; a epistemologia em particular e a filosofia da ciência em geral se instalaram como disciplinas, novos campos de conhecimento.

Na esfera tecnológica, a Física Quântica contemporânea, que tenta incorporar aspectos relativísticos, possibilitou a construção de computadores e todo um arsenal de acessórios concretizados a partir dessa teoria. São circuitos baseados em semicondutores, incluindo o laser, desde as simples canetas apontadoras e equipamentos médicos, até os *lasers* de potência industriais. Destaca-se ainda a aplicação em telecomunicações, no aperfeiçoamento de sistemas de tomografia, no desenvolvimento de aceleradores de partículas, importantes para a medicina e análise de materiais, e o aperfeiçoamento de padrões metrológicos, fundamentais para a qualidade dos produtos.

Além do mais, as descobertas da Física Quântica são cruciais para a recente nanotecnologia, cujo domínio é fundamental para o avanço tecnológico, envolvendo processos como a litografia feita com átomos, tecnologia que permitirá o armazenamento de grandes quantidades de informações em pequenas áreas. Proporcionando o aumento da capacidade computacional com diversas aplicações, desde a previsão meteorológica mais precisa, até desenvolvimento útil para viagens espaciais.

As novas descobertas na Física Quântica também permitiram avanços na biologia, com uma maior compreensão de mecanismos moleculares essenciais em processos biológicos. A interação entre as referidas áreas ainda poderá trazer importantes avanços na Engenharia Genética.

Também ocorre certa contradição quanto aos conteúdos trabalhados, pois enquanto há quem se oponha ao fato de a Física do Ensino Médio estudar a Física Moderna, em especial a teoria quântica, se aceita o uso destes elementos quânticos na explicação de fenômenos químicos, conforme destaca a Proposta Curricular de Santa Catarina:

há quem se oponha ao fato de, a física do ensino médio lidar com a teoria quântica. É curioso que, ao mesmo tempo, se aceite que a química do ensino médio faça uso destes elementos quânticos da física para explicar a regularidade nos saltos de comportamento dos elementos químicos, os quais resultam na tabela periódica (SANTA CATARINA, 1998, p.144).

A falta de pré-requisitos clássicos não pode ser um motivo que impeça o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. Na realidade, é preciso desenvolver uma didática específica da Física para atender à necessidade deste aprendizado. Como defende a Proposta Curricular de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 1998, p.144), quando afirma:

a necessidade indiscutível de tratar de conhecimentos e teorias mais modernas, mesmo considerada a fragilidade dos conhecimentos de física clássica pelos alunos e também pelos professores, mostra especialmente a impropriedade dos pré-requisitos fechados que, entre outras coisas, proíbem a física moderna e a teoria quântica, antes de se completar o aprendizado clássico.

Esta necessidade indiscutível de tratar conhecimentos e teorias mais modernas nos currículos do Ensino Médio, prevista na Proposta Curricular de Santa Catarina, é desejável, mas está longe de ser uma realidade efetivada.

Provavelmente, existe um grande contingente de professores que não possuem conhecimentos suficientes de Física Moderna. A carência de formação e informação nesta área, torna necessário que os professores estejam inseridos num programa de formação continuada que contemple este tópico. Este problema é apresentado na seguinte afirmação:

não é tão difícil de os alunos entenderem elementos de Física Moderna, desde que tais conteúdos sejam dominados pelos professores. Eis um problema formativo real, a ser enfrentado quando se pretender uma educação científica efetiva, no ensino médio. Cada cidadão tem o direito de acompanhar a cultura de sua época. Se queremos que a cultura técnico-científica desenvolvida em nosso século seja apresentada pelo menos para uma parcela da população que contempla o ensino médio – o último antes de qualquer formação profissional – então temos de parar de pretextos e procurar formar melhor nossos professores, para que eles formem melhor seus alunos. (SANTA CATARINA, 1998, p. 145).

Diante desse quadro, o trabalho desenvolvido buscou informações que permitissem compreender os empecilhos ao cumprimento das diretrizes educacionais do Estado e envolveu professores de Física do Ensino Médio em um programa de oficinas pedagógicas envolvendo conteúdos de Física Moderna. Participaram professores de Física de sete escolas de Ensino Médio, localizadas nos Municípios de Itapiranga, São João do Oeste, Tunápolis, Iporã do Oeste e Santa Helena, localizados no extremo Oeste de Santa Catarina, totalizando sete professores. As informações obtidas com a investigação, levaram à construção de propostas de atividades envolvendo experimentos de Física Moderna, que

foram transformadas em oficinas e, posteriormente, aplicadas pelos professores em suas respectivas escolas, com seus alunos.

Ao longo dos estudos iniciais e da coleta de informações teóricas, pareceu-nos que o oferecimento das oficinas seria um modo adequado, tanto para investigar em profundidade o tema, quanto para avaliar o impacto da abordagem do assunto a partir dos alunos. Assim, além de determinar quais as dificuldades dos professores, foi possível saber também, em que medida o ensino da Física Moderna, por meio da experimentação, pode ampliar o interesse dos alunos pela Física, de um modo geral, melhorando seu desempenho escolar.

2.1 Realidade dos envolvidos no trabalho

2.1.1 Professores

Como já mencionado anteriormente, os trabalhos envolveram professores de Física do Ensino Médio das escolas do extremo Oeste de Santa Catarina. Foram convidados para fazer parte do grupo de formação continuada, os professores de Física das escolas de nível médio de cinco municípios, sendo eles Itapiranga, São João do Oeste, Tunápolis, Iporã do Oeste e Santa Helena. Porém, dos convidados, somente sete se envolveram e participaram de todos os encontros programados e realizados.

É curioso que todos os docentes envolvidos trabalham uma carga horária semanal de no mínimo quarenta horas, sendo que alguns trabalham até sessenta horas semanais. No entanto, nem todas as aulas ministradas são de Física, a maioria trabalha também Matemática ou até outras disciplinas fora de sua habilitação, isso para completar o plano de aulas ou para aumentar a renda. Praticamente todos os professores trabalham em mais de uma unidade escolar, chegando até a três escolas. Em tom de brincadeira um dos professores coloca sua realidade de trabalho.

Tenho 60 horas de contrato, me desloco para três escolas diferentes, participo aos sábados de nosso curso aqui, procuro dar atenção para minha família e ainda durmo da meia noite às seis da manhã.

Outro professor coloca:

Com todas as aulas que tenho, mal consigo preparar o que quero trabalhar com meus alunos. Geralmente boa parte do final de semana ocupo para corrigir provas e deixar as coisas em dia. Praticamente vivo em função da escola, isso que tenho família e gosto de jogar bola.

Ficam evidentes as dificuldades destes professores por estarem envolvidos em um programa de formação continuada, pois estão comprometidos com a escola, ministrando aulas em três turnos, de segunda a sexta-feira. Não são raras as vezes em que ocupam boa parte do final de semana para preparar aulas e outras tarefas, como correção de avaliações e questões burocráticas. Assim, não há tempo disponível para leitura e pesquisa, e, inclusive, a convivência com a família; o lazer e o esporte também ficam comprometidos. Ainda assim, os professores são convocados para assumirem tarefas em promoções e atividades programadas pela escola fora do período de aula, geralmente, nos finais de semana. Os professores também são solicitados para assumirem cargos, como lideranças natas, na organização de sociedades e comunidade.

É público que os professores não são devidamente reconhecidos financeiramente pelos serviços que prestam, e mesmo com uma carga horária elevada, passam por certa carência de recursos para investimentos em sua formação continuada, tanto na aquisição de material de leitura, como também na informática ou cursos de interesse. Esses professores, freqüentemente, são convocados pela Secretaria da Educação para participar de cursos de curta duração, nos quais geralmente se discute alguma fundamentação teórica, o que também é importante e necessário, mas não ocorrem encaminhamentos práticos para melhorar efetivamente a qualidade das aulas.

Para determinados cursos organizados pela Secretaria da Educação, é oferecida oportunidade de participar apenas para alguns educadores, e não raras vezes para os professores dos colégios de maior número de alunos. Uma situação parecida aconteceu em 2005, quando foi oportunizado para três professores de Física da região participarem da semana de Física da UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina). Na oportunidade eu e mais dois professores participamos de inúmeras palestras e minicursos muito proveitosos, mas nenhuma solicitação foi feita ou oportunidade foi criada para socializar aos demais colegas o conhecimento adquirido no evento.

Sobre a formação continuada dos professores, a Proposta Curricular de Santa Catarina (1998, p. 146) refere:

[...] sobre a formação continuada ou permanente, que deve ser realmente permanente, ou seja, fazer parte contínua da vida funcional remunerada, do professor, e todos os professores devem estar permanentemente envolvidos em programas de atualização, seja como formandos ou como formadores, durante toda sua vida profissional.

A formação continuada para os professores, não é uma preocupação dos governos no sentido de realmente garantir informações atualizadas para enfrentar os desafios de todos os dias.

2.1.2 Alunos

Foram envolvidos, de forma indireta, os alunos das terceiras séries do Ensino Médio das escolas nas quais os professores aceitaram o convite para participar da pesquisa e, posteriormente, dos encontros de formação continuada. Optou-se pelas terceiras séries, pois os conteúdos trabalhados nas oficinas estão relacionados à Física Moderna, e esta está prevista na proposta curricular de Santa Catarina para ser trabalhada com mais ênfase nesta série. Apesar de os conceitos clássicos não serem pré-requisitos para trabalhar os conceitos modernos, a maturidade dos alunos e o nível de conhecimento e de informações nessa série é maior.

Como na região do extremo Oeste de Santa Catarina predomina a cultura de subsistência baseada na pequena propriedade agrícola, a realidade dos alunos envolvidos é bastante diversificada. Uma boa parcela dos alunos mora e trabalha com sua família, na zona rural e geralmente vive de policultura, no entanto, outra parcela mora no perímetro urbano, e muitos trabalham em lojas, construção civil ou indústrias, geralmente de modo informal. Grande parte dos alunos, tanto da cidade como do interior, trabalham meio turno ou o turno inteiro, para ajudar no orçamento da família. Alguns trabalham como aprendizes em repartições públicas.

Aos alunos que moram à distância superior a três quilômetros da escola é oportunizado o transporte escolar para chegarem a esta. Uma pequena parte se desloca por conta própria, sendo de diferentes meios: moto, carro, bicicleta ou a pé.

Todos os professores e alunos envolvidos são procedentes de escolas públicas. A grande maioria dos alunos, devido a certa carência financeira, são obrigados a trabalhar para custear seu sustento, ou da família, e como conseqüência às vezes chegam à escola cansados e desestimulados para o estudo. Nessa realidade, percebemos também a falta de tempo para estudar além do período de aula e uma grande carência de acesso à informação. Para muitos

alunos o professor é a única fonte em potencial das novidades científicas geradas todos os dias. No entanto, estes nem sempre estão preparados para atender as expectativas e necessidades dos discentes.

O número de alunos com acesso à Internet e material de leitura, como livros e revistas, é considerável, mas a parcela mais carente tem acesso bastante restrito a estes meios de informação. De forma solidária, os alunos com maior contato à informação compartilham com os de maior carência durante a realização de atividades coletivas, o que talvez seja uma das razões pelas quais temos um índice de reprovação baixo nesta série, em nossa região.

2.1.3 Escolas

Assim como a grande maioria das escolas públicas, as sete envolvidas neste projeto passam também por grandes dificuldades de manutenção, principalmente no que tange ao material de expediente. Os governos têm se preocupado em manter apresentáveis os prédios escolares, mas não deram a mesma atenção, e continuam não dando, ao que diz respeito à qualidade do serviço oferecido aos alunos. Considera-se aqui o material humano e também o pedagógico.

O Estado se preocupou pouco com a formação continuada dos professores e também dos demais funcionários da escola, isso gerou certa aflição nos professores e funcionários, que precisam estar capacitados para lidar com os novos fatos, muitas vezes conflitantes, que surgem na escola.

Em relação ao planejamento, geralmente as escolas planejam no início do ano letivo as principais atividades para o ano escolar, e raramente param para planejar atividades interdisciplinares. Dessa forma, a maioria dos professores reforçam os limites disciplinares dos conteúdos, condenado por D'ambrósio (1997, p. 89), ao afirmar que: "os objetivos da educação são muito mais amplos que aqueles tradicionalmente apresentados nos esquemas disciplinares".

As bibliotecas das escolas envolvidas neste trabalho estão simplesmente abandonadas. Os livros que fazem parte do acervo estão em péssimas condições de uso, além de serem ultrapassados, pois há anos as bibliotecas quase não recebem volumes novos. Também não há ninguém responsável pela manutenção e organização do ambiente escolar e monitoramento dos trabalhos que os alunos farão por solicitação dos professores. As poucas enciclopédias são *vorazmente* disputadas pelos alunos, na busca de informações das mais

diversas disciplinas. Em todas as escolas envolvidas neste projeto a realidade das bibliotecas é lamentavelmente parecida.

Em relação aos laboratórios de informática a situação é semelhante ao já exposto quanto às bibliotecas. Somente em duas das escolas envolvidas no trabalho funciona um laboratório de informática, de forma satisfatória, com acesso à Internet. Nas demais escolas o laboratório está fechado devido à precariedade dos aparelhos ou falta de recursos para manutenção, ou em alguns casos simplesmente não há laboratório. Algumas escolas têm a sala de informática reservada com as instalações necessárias, e estão aguardando há anos os computadores prometidos pelo Estado, as salas estão sendo ocupadas para entulhar os mais diversos materiais.

Os laboratórios de Física e Química têm um espaço específico em três das sete escolas, as demais sequer têm uma sala específica destinada para o laboratório. Como não há ninguém, diretamente, responsável pelas atividades de organização e encaminhamentos de atividades práticas, é o professor dessas disciplinas que assume a tarefa de preparar os experimentos e depois deixar o ambiente adequado para as próximas aulas. Como isso, nem sempre é possível dentro do período da aula, o professor se dispõe a efetuar essa tarefa em um momento posterior, mesmo fora de sua carga horária.

Geralmente, os laboratórios de Física e Química funcionam no mesmo ambiente, dificultando a organização dos materiais e, em determinados momentos, a própria realização das atividades práticas. Ocorrem conflitos de horário e às vezes o professor deixa de fazer a atividade prática programada por não dispor de um ambiente adequado para tal.

Temos várias escolas que sequer dispõem de um ambiente para laboratório, comprometendo, profundamente, as atividades experimentais que os professores pretendem desenvolver com seus alunos. Mesmo assim, vários desses professores se desafiam e desafiam seus alunos a trazerem materiais para efetuarem atividades práticas dentro da sala de aula.

Além do espaço físico e instalações apropriadas, há em várias escolas, outro complicador: a inexistência de materiais de laboratório, mesmo os mais simples, como: alicates, béqueres, chaves-teste, multímetros e outros. Isso exige dos professores dedicação especial para realizar qualquer atividade prática. Geralmente, são eles próprios que obtêm os materiais, gastando partes do seu salário para comprá-lo, quando não é possível angariar e utilizar sucata. Em certas oportunidades, o professor solicita aos próprios alunos, com antecedência, que tragam alguns materiais para atividades experimentais. Toda essa falta de

estrutura de acesso à informação e ao laboratório é apenas mais uma característica de um sistema deturpado, que compromete o aprendizado dos alunos.

3 APROFUNDAMENTO TEÓRICO

Para o desenvolvimento do trabalho entendemos ser interessante um aprofundamento teórico em diferentes aspectos, não no sentido, excessivamente detalhado e sim trazer algumas contribuições de autores, em um contexto histórico e atual, como: a Física Clássica e a Física Moderna, a Formação de Professores, as Concepções Metodológicas do Ensino de Física, a Avaliação Educacional, e as Atividades Experimentais no Ensino de Ciências, descritos a seguir.

3.1 Física Clássica e Física Moderna

A redescoberta do tempo talvez seja um elemento de unificação entre a ciência, a cultura e a sociedade. No passado, a ciência nos falava de leis eternas. Hoje ela nos fala da história do Universo ou da matéria, o que revela uma aproximação evidente com as ciências humanas. [...], a ciência parece menos esotérica, menos ocupada com peças de museu. Ela se acha mais ligada ao destino do homem, passa a integrar-se ao conjunto das expressões da inventividade humana.

(PRIGOGINE, in PESSIS-PASTERNAK, 1993, p. 40).

Os currículos de Física do Ensino Médio contemplam, destacadamente, a Física Clássica, que é, de um modo geral, o estudo das leis que se aplicam à matéria que conseguimos ver e podemos mexer. A Física Moderna é restritamente abordada, pois lida com coisas inacessíveis para os nossos sentidos, como partículas atômicas e buracos negros.

A partir de Newton a compreensão do universo ficou, consideravelmente, ampliada. Com suas equações matemáticas sobre o movimento de corpos tornou-se possível, de certo modo, voltar ao passado e prever o futuro. Tudo se tornou previsível, inclusive o movimento de corpos celestes, que seguiam as mesmas regras válidas aqui na Terra.

A coisa mais importante que Newton realizou foi proclamar que o Universo inteiro é regido por leis simples, que se aplicam também às coisas que acontecem aqui na Terra. O exemplo mais famoso disso é a sua LEI DA GRAVITAÇÃO, que explica tanto por que uma maçã despenca de uma árvore quanto por que a Lua permanece em órbita em torno da Terra – além de muitas outras coisas. (GRIBBIN, 2001, p. 6, grifo do autor).

O poder da Física Clássica é indiscutível, pois ela permite a descrição muito precisa do comportamento de todas as coisas que estão entre o microcosmo e o macrocosmo,

ou seja, o comportamento de gases, líquidos e sólidos, por meio das propriedades de átomos e moléculas.

A Física Moderna - a relatividade e a mecânica quântica - não anulam as leis clássicas, que continuam válidas como aproximações bastante boas para grande parte dos casos, mas somente procura descrever o comportamento da matéria no âmbito das partículas muito pequenas, corpos muito grandes e móveis muito velozes.

A partir de Newton o tempo foi assumido como algo que flui numa taxa fixa e é independente de tudo o mais. Considerada a quarta dimensão perceptível, tem um comportamento diferente quando se trata da Física Moderna. Para Rocha Filho (2004, p. 107), “Não há um único experimento que demonstre cabalmente se o tempo escoá, ou não. Crer no tempo não é muito mais científico que crer em um conto de fadas”.

Durante muito tempo a ciência estava preocupada em achar leis e equações para estruturas bem definidas e comportadas. Percebe-se, no entanto, que é necessário mudar a concepção de estrutura da natureza e começar a procurar leis para coisas não tão bem definidas e nem tão bem organizadas. Chegamos ao complexo e ao caos, desconfiando que a vida insere-se neste modelo.

Os cientistas não voltaram sua atenção mais cedo a fenômenos como o caos porque estavam ocupados, procurando resolver todas as coisas que podiam resolver, com a abordagem newtoniana da ciência. Eles conseguiram tanto, tão rapidamente, concentrando-se em equações passíveis de solução analítica, que não havia incentivo para enfrentar a situação muito mais confusa das equações que eles não podiam resolver analiticamente – até que a importância de tais situações ficou evidente na segunda metade do século XX. (GRIBBIN, 2001, p. 172).

O entendimento do comportamento da luz já foi palco de muita discussão, e diferentes versões e definições foram criadas por vários estudiosos desta área. Servindo como chave para as teorias da Física Moderna, no século XX, com Einstein, comprovou-se sua duplicidade – podendo ser onda e partícula.

A Física Moderna tem início com Einstein, basicamente, com a publicação das duas teorias da relatividade. Entende-se que foi a primeira parte da Física Moderna desenvolvida em teoria e testada por experimentos. Mesmo tendo seu início no século XX, continua sendo considerada moderna porque os conceitos e idéias são mais amplos que os da física newtoniana. Ela se opõe à linearidade da Física Clássica, especialmente no tocante à linearidade do tempo, à absolutividade do espaço e à permanência da matéria.

O homem sabe hoje que ele não está só, na imensidade indiferente do Universo; se a ciência clássica, do alto do seu saber onisciente, havia reduzido a natureza à figura

de um mero autômato, a ciência contemporânea, através de seu “ouvido poético”, devolveu-lhe seu potencial inovador e, por meio de um frutífero diálogo, reintegrou o homem ao Universo que ele observa. (PRIGOGINE, in PESSIS-PASTERNAK, 1993, p. 35).

A Teoria Especial da Relatividade descreve em sua totalidade a mecânica newtoniana, além de contemplar também o comportamento de corpos com velocidade muito alta, próxima à velocidade da luz. As leis de Newton são aplicáveis, muito precisamente, apenas a velocidades cotidianas, pequenas quando comparadas à da luz.

Einstein, em seus trabalhos, era profundo nos questionamentos em todos os sentidos, com o objetivo de encontrar soluções e a verdade. Dizia, em tom de brincadeira, que não se contentaria com nenhuma resposta parcial, e que queria descobrir as idéias na mente de Deus. Criticava e em alguns momentos concordava com os trabalhos de seus colegas, admitindo os próprios erros.

A Física recente não atua em uma única linha de ação. Enquanto alguns cientistas seguem o método de mergulhar na matéria em busca da partícula fundamental da mecânica quântica, outros se preocupam em desvendar novas leis, considerando-se a totalidade. Para Klein e Lachièse-Rey (1996, p. 13) “a ciência contemporânea acomoda-se assim a um estado duplo: pesquisa fervorosa e oficial do Uno, por um lado, e estudos especializados ao extremo, por outro”. Acredita-se que o todo é maior que a soma das partes, e que as leis que regem o comportamento dos elementos envolvidos são diferentes quando se considera o todo.

Os cientistas estão buscando a equação unificada que descreveria o comportamento de toda a matéria em qualquer tamanho, estado e velocidade. Maxwell completou parcialmente essa façanha no século XIX, demonstrando a inseparabilidade dos fenômenos magnéticos e elétricos, e nós ainda não conseguimos ajustar uma à outra, a Relatividade e a Mecânica Quântica.

Mesmo que haja só uma teoria unificada possível, não passa de um conjunto de normas e equações [...]. Todavia, se descobirmos uma teoria completa, deve acabar por compreensível, na generalidade, para toda a gente, e não apenas para alguns cientistas. Então poderemos todos, filósofos, cientistas e pessoas comuns, tomar parte da discussão do porquê da nossa existência e da do universo. Se descobirmos a resposta, será o triunfo máximo da razão humana, porque nessa altura conheceremos o pensamento de Deus. (HAWKING, 2000, p. 212-213).

O final do século XX foi marcado por um mergulho dos cientistas no caos e na complexidade. Em uma tentativa de correr “atrás do tempo perdido” no último século, a ordem hoje é entender o universo não como uma entidade bem comportada e determinada, e sim buscar o entendimento do caótico e do complexo. O caos e a complexidade não admitem

a linearidade e a forma regular da matéria. Procura-se a ordem da desordem, acreditando-se que a vida beira a fronteira do caos.

Os cientistas começaram a se ocupar com a teoria do caos somente após a metade do século XX, quando apareceram situações que não puderam ser resolvidas analiticamente, como era feito pela abordagem newtoniana. Por muito tempo os físicos somente procuraram na natureza leis para formas regulares, desprezando a desordem, aliás, tratando-a como sendo muito indesejável.

A desordem, para os cientistas, era como um ruído em uma estação de rádio com sinal fraco (GRIBBIN, 2001). Atualmente, acreditam que o ruído pode ser mais importante do que o próprio sinal. Estamos em momentos preliminares do entendimento do caos e da complexidade, e talvez nunca chegaremos à verdade absoluta, portanto, a Física continuará válida como empreendimento humano em direção à compreensão do universo.

3.2 Formação de professores

Não basta ensinar ao homem uma especialidade. Porque se tornará assim uma máquina utilizável, mas não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. A não ser assim, ele se assemelhará, com seus conhecimentos profissionais, mais a um cão ensinado do que a uma criatura harmoniosamente desenvolvida. Deve apreender a compreender as motivações dos homens, suas quimeras e suas angústias para determinar com exatidão seu lugar exato em relação a seus próximos e à comunidade.

(EINSTEIN, abut ROHDEN, sd. p. 189)

As mudanças e a solução dos graves problemas humanos e ambientais da atualidade passam por uma mudança de concepção da realidade. É uma tarefa individual, porém, muito mais coletiva, com grande responsabilidade atribuída à escola. Percebe-se claramente a importância do trabalho docente na transformação das relações desumanizadas. O professor deve estar atualizado teoricamente e preparado para captar as contradições da sociedade, os determinantes que direcionam sua atividade prática, o papel do ensino como parte do movimento de emancipação e libertação.

A profissionalização é uma transformação estrutural que ninguém pode dominar sozinho. Entende-se que isso é uma aventura coletiva, mas que se desenrola também nas opções pessoais dos professores, de seus projetos e de suas estratégias de formação. As mudanças sociais são, extremamente, complexas e elas não são a simples soma de iniciativas

individuais, nem a simples consequência de uma política centralizada, embora o caminho para que venhamos a ter uma educação de boa qualidade passe pela decisão política a seu favor.

A profissionalização não avançará, se não for deliberadamente estimulada por políticas concertadas que digam respeito à formação dos professores, a seu contrato, à maneira como eles prestam conta de seu trabalho ao estatuto dos estabelecimentos e das equipes pedagógicas. Não avançará muito mais se essas políticas não encontrarem atitudes, projetos, investimentos de pessoas ou grupo. (PERRENOUD, 2000, p.178).

Este é um ofício para o qual todos podem contribuir, cada um a seu modo. O trabalho docente pertence ao grupo de ações, cujos efeitos transcendem o ambiente em que ocorre, pois nele está centrado a transformação das relações desumanizadas existentes, para a tomada de consciência do atual momento histórico, político e social do homem. Não basta a transmissão ingênua do conhecimento e nem a pronúncia de discursos políticos ou repetição de palavras de ordem em sala de aula. Além disso, é necessário preparar boas aulas, exercícios, temas de debates, dominar as técnicas didáticas, conhecer o mundo de valores, gosto dos alunos, entender a realidade de vida dos alunos, entre outros. Sem isso corremos risco, pois:

a educação do professor raramente tem ocupado espaço público ou político de importância dentro da cultura contemporânea, onde o sentido do social pudesse ser resgatado e reiterado a fim de dar a professores e alunos a oportunidade de contribuir com suas histórias culturais e pessoais e sua vontade coletiva, para o desenvolvimento de uma contra-esfera pública democrática. Não é exagero afirmar que os programas de formação de professores são concebidos para criar intelectuais que operam a serviço dos interesses do Estado, e cuja função social é primordialmente manter e legitimar o *status quo*. (GIROUX e MCLAREN, 1995, p. 128, grifo do autor).

As ações dos professores refletem os valores, as ideologias e os princípios estruturais que dão sentido à história, à cultura e às subjetividades que definem o trabalho do dia-a-dia dos educadores.

Tardif (2004), faz algumas considerações supondo mudanças substanciais em relação à formação de professores, no que trata das concepções e práticas vigentes. Para ele, em primeiro lugar, “reconhecer que os professores de profissão são sujeitos do conhecimento é reconhecer, ao mesmo tempo, que deveriam ter o direito de dizer algo a respeito de sua própria formação profissional, pouco importa que ela ocorra na universidade, nos institutos ou em qualquer outro lugar” (p. 240). A questão é que os educadores têm a função de formar pessoas com competência reconhecida para tal formação, mas a eles não é reconhecido o

direito, pelo menos em parte, de decidirem sobre a sua própria formação continuada. Segundo Tardif (p. 240): “isto é, ter o poder e o direito de determinar, com outros atores da educação, seus conteúdos e formas”.

Sabe-se que o trabalho do educador não se baseia somente nos conhecimentos adquiridos em sua formação. Muitos dos conhecimentos exigidos são adquiridos com a prática profissional, são específicos da profissão e dela se originam, por isso a formação de professores deveria basear-se, em boa parte, nesses conhecimentos. Para Tardif (2004, p. 241): “é estranho que a formação de professores tenha sido e ainda seja bastante dominada por conteúdos e lógicas disciplinares, e não profissionais. Na formação de professores, ensinam-se teorias sociológicas, docimológicas, psicológicas e didáticas que foram concebidas, na maioria das vezes, por pessoas sem nenhum tipo de relação com o ensino nem com as realidades cotidianas do ofício do professor.” Sobre a experiência adquirida ao longo da profissão e a formação profissional, Falsarella destaca que: “os conhecimentos e a experiência acumulados no exercício da prática docente, a autonomia pedagógica, a realidade na qual o professor atua, a relação do professor com outros profissionais da educação são desconsiderados no contexto de formação, o que aumenta a fragmentação entre teoria e prática pedagógica.” (2004, p. 66).

O desafio para a formação de professores é abrir um espaço maior para os conhecimentos específicos que se originam na prática de educador. É necessário evitar teorias que são oriundas de ambientes que têm pouca ou nenhuma relação com o ensino, pregadas por pessoas que não são professores e nunca atuaram como tal. Isto significa aprender com quem é um profissional na educação.

Acreditamos que a formação continuada dos professores não deve ter como objetivo, apenas, a ampliação da competência técnica em sua área de especialização, mas também em torná-los sujeitos de seu trabalho e ativos participantes em trabalhos coletivos, baseados na prática reflexiva, na exploração da criatividade e de habilidades de cooperação e trabalho em grupo.

3.3 Concepções Metodológicas do Ensino de Física

O ensino deveria ser assim: quem o receba o recolha como um dom inestimável,
mas nunca como uma obrigação penosa.

Einstein

Freqüentemente, a Física para o Ensino Médio tem se reduzido a um treinamento para a aplicação de fórmulas na resolução de problemas artificiais ou abstratos, cujo sentido escapa aos estudantes e, não raro, também aos professores. A aprendizagem de Física e outras ciências não se resume ao conhecimento de conceitos e aplicação de fórmulas, porém esse processo só se efetiva com a incorporação de valores e atitudes, construídas em distintas atividades do educando, que incluem discussões, leituras, observações e experimentações.

Esta convicção aponta para uma postura metodológica de difícil implementação, pois exige alteração de hábitos de ensino, há tempo consolidados. No Ensino Médio, em especial, não se trata simplesmente da adoção de novas práticas, o que por si já é difícil e conflituoso, mas de uma alteração nas atitudes dos alunos e dos representantes da escola, habituados, por muito tempo a metodologias de ensino-aprendizagem passivas, nas quais o professor não só coordena, mas também concentra as ações. Em Santa Catarina esse problema já foi levantado:

especialmente nas ciências, aprendizado ativo é, às vezes, equivocadamente confundido com algum tipo de experimentalismo militante, que não é sequer recomendável, pois o ativo deve envolver muitas outras dimensões, além da observação e das medidas, como o diálogo ou a participação em discussões coletivas, e a leitura autônoma. (SANTA CATARINA, 1998, p. 145).

Não raramente, a visão veiculada pelos livros didáticos privilegia, excessivamente, a Física como produto, desprezando, consideravelmente, o seu processo de produção histórica. Para Delizoicov e Agnotti (1992, p. 24): “uma forma de se minimizar a apresentação da Física como produto acabado é a discussão das limitações e adequações dos modelos e teorias, e também a relação do conhecimento físico com evolução histórica das sociedades – uma vez que, de um lado ele a altera e de outro, por ela é alterado”. Os textos complementares com abordagens históricas e biografias de cientistas, geralmente apresentados no final de cada capítulo, não são suficientes para superar a visão distorcida neste sentido.

No processo educativo, o desafio para o professor é conseguir contextualizar os temas curriculares de modo a manter os alunos interessados e participativos, envolvendo-os e tornando-os parte ativa do aprendizado coletivo. Uma condição é estabelecer um diálogo real de entender e fazer-se entender, e outra é tratar os conteúdos de forma a ter os alunos, permanentemente, interessados e cientes do sentido do que se estuda.

Sabemos que a Física é uma ciência da natureza e como tal, busca conhecê-la da forma mais completa possível. Nos últimos séculos ela desenvolveu um amplo arsenal de instrumentos teóricos e experimentais que ajudam a decifrar a complexidade da natureza. Para Pietrocola (2001, p. 13): “o mundo físico está intimamente relacionado ao mundo cotidiano, pois a natureza faz parte de ambos”.

O conhecimento do aluno, seja empírico ou científico, interfere, significativamente, no seu modo de acessar os novos conhecimentos e com eles estabelecer relações. Isso é sabido pois:

estudos indicam que, independentemente da escolaridade do aluno, os conhecimentos anteriores que ele já detém muitas vezes interferem na efetiva apreensão do conteúdo veiculado na escola. Em particular no estudo da Física, podem emergir situações conflitivas entre os seus conhecimentos prévios e os conteúdos apresentados pelo professor, o que dá oportunidade para explicitação de duas estruturas de conhecimento paralelas, que não fornecem a mesma interpretação para um mesmo fenômeno estudado. Se descaracterizarmos ou ignorarmos este problema, frequentemente estaremos incentivando no aluno a utilização de conceitos e leis da Física apenas para “situações de quadro negro” e provas (quando ocorrem), enquanto para situações vividas prevalecem os conhecimentos do senso comum. Não só do ponto de vista da efetiva aprendizagem, como também, do interesse do aluno, é sempre salutar a discussão dessas situações, mediatizada pela intervenção do professor. (DELIZOICOV e AGNOTTI, 1992, p. 25).

É fundamental que os professores sempre estejam atualizados e preparados para enfrentar as diversas realidades que a sala de aula pode proporcionar. Para tanto, devem estar permanentemente inseridos em programas de formação continuada, no mínimo em todo o período ativo da função do educador.

3.4 Avaliação Escolar

A avaliação educacional implica pois num problema de valor, valor humano. Mas avaliar não se limita apenas a atribuir valores ou a descobrir valores, é também apreender a realidade, atingi-la na sua mais íntima essência a qual em símbolos não se expressa.

(SOEIRO e AVELINE, 1982, p.24)

Talvez a tarefa mais desafiadora para os professores é avaliar seus alunos e atribuir a eles um valor conceitual ou numérico por aquilo que deve ser julgado como o conhecimento. Ou seja, expressar um valor que traduz a quantidade de conhecimento adquirido pelo aluno nas mais diversas atividades propostas no período de aula.

Para que avaliar? O que avaliar? Como avaliar? Quem avaliar? Quando avaliar? Essas questões sempre estão presentes quando se fala em avaliação. Essas perguntas não têm respostas prontas e nem existe um entendimento claro entre os profissionais da educação. Não existem respostas únicas para elas. Os professores talvez reflitam pouco sobre o processo avaliativo, e se o fazem, mecanicamente, apenas para satisfazer o sistema.

A avaliação quando praticada de forma tradicional, pode servir como mecanismo para manter as desigualdades sociais históricas. Quando usada independentemente da construção do conhecimento, cria enormes dificuldades e pode atuar a favor do processo de classificação e exclusão. Para Luckesi (2005, p. 26): “a avaliação está muito mais articulada com a reprovação do que com a aprovação e daí vem a sua contribuição para a seletividade social, que já existe independente dela”. Para muitos educadores a avaliação classificatória garante um ensino de qualidade que resguarda um saber competente dos alunos.

A avaliação escolar, também pode ser usada como “disciplinamento social dos alunos” (LUCKESI, 2005, p.21), principalmente quando é usada como meio de impor medo, no sentido de frear ações, supostamente, indesejáveis, “daí, o Estado, a Igreja, a família e a escola utilizarem-se dele de forma exacerbada” (p. 24). O medo gera submissão e limita a ação de crianças e jovens, criando uma personalidade submissa, podendo levar a diversos problemas de saúde física ou mental.

Na prática escolar, a ação avaliativa de muitos educadores simboliza um castigo para penalizar as atitudes dos educandos. Não um castigo físico, e sim um “castigo psicológico” (LUCKESI, 2005, p. 24): no qual os alunos sofrem a constante e sutil ameaça de serem cobrados nas avaliações por suas atitudes não aceitas pelos professores e classificadas como não adequadas para a aprendizagem. Dessa forma, o medo gera um castigo antecipado, com características e conseqüências mais complexas que o próprio castigo físico, ou seja:

a ameaça é um castigo psicológico que possui duração prolongada, na medida em que o sujeito poderá passar tempos ou até a vida toda sem vir a ser castigado, mas tem sobre sua cabeça a permanente ameaça. [...] Isso equivale a um “castigo permanente”. Uma forma sutil de castigo pior que o castigo físico. A avaliação da aprendizagem em nossas escolas tem exercido esse papel, por meio da ameaça. (LUCKESI, 2005, p. 25).

Uma das modalidades de avaliação defendida por vários autores (SOEIRO e AVELINE 1982, LIMA 1994,) é a “avaliação diagnóstica”, distinguindo-se por se fundamentar em critérios mais científicos de diagnóstico e por envolver diferentes áreas do conhecimento. “Envolve tanto a problemática do aluno como a do próprio ensino e ainda o

contexto sócio-cultural em que se situa (família e comunidade)”. (SOEIRO e AVELINE, 1982, p. 39).

Hoffmann usa a expressão “avaliação mediadora” para expressar uma forma de avaliação não tradicional. Para a autora, essa forma de avaliar se opõe, naturalmente, à avaliação classificatória, como se pode ver na transcrição abaixo:

analisar teoricamente as várias manifestações dos alunos em situação de aprendizagem (verbais, escritas, outras produções), para acompanhar as hipóteses que vêm formulando a respeito de determinados assuntos, em diferentes áreas de conhecimento, de forma a exercer uma ação educativa que lhes favoreça a descoberta de melhores soluções ou a reformulação de hipóteses preliminarmente formuladas. Acompanhamento esse que visa ao acesso gradativo do aluno a um saber competente na escola e, portanto, sua promoção a outras séries e graus de ensino. (HOFFMANN, 2004, p. 75)

Ao falar em avaliação educacional é muito importante que o professor tenha claro os conceitos que fundamentam a concepção da educação e ao mesmo tempo orientem a ação educativa. É necessário considerar, também, outros fatores que têm influência no processo educativo, além da avaliação. Entre eles, destaca-se o número insuficiente de escolas, escolas mal localizadas, a desvalorização salarial do profissional da educação e a falta de recursos materiais e humanos. Esses são alguns fatores que reduzem a perspectiva de solução dos problemas da educação básica, ou, para Lüdke e Andre (2003, p. 79): “todas as questões relativas à avaliação estão ligadas às condições gerais de realização da própria educação que, por sua vez, se relacionam com a sociedade e com o Estado”. Já Luckesi acentua o caráter decisório da ação do professor:

um educador, que se preocupe com que a sua prática educacional esteja voltada para a transformação, não poderá agir inconscientemente e irrefletidamente. Cada passo de sua ação deverá estar marcado por uma decisão clara e explícita do que está fazendo e para onde possivelmente está encaminhando os resultados de sua ação. A avaliação, neste contexto, não poderá ser uma ação mecânica. Ao contrário, terá que ser uma atividade racionalmente definida, dentro de um encaminhamento político e decisório a favor da competência de todos para a participação democrática da vida social. (LUCKESI, 2005, p. 46).

Nesse sentido, destaca-se com clareza a importância de se incluir a avaliação como dimensão da formação de professores – não apenas nos seus aspectos técnicos, como tradicionalmente se vem fazendo, mas também como um processo social e pedagógico complexo, cuja problematização sociológica é indispensável.

3.5 Atividades experimentais no ensino de Ciências

Quando se afirma que o observador influi no fenômeno observado, põe por terra não só a objetividade como a neutralidade.

Garcia

Desenvolver atividades experimentais para favorecer a aprendizagem dos alunos, requer alguns cuidados básicos. Pois, quando desenvolvidas, simplesmente, para demonstrar teorias estabelecidas reforçam a visão tradicional de ciências, contrariando os discursos atuais sobre ela. Segundo Gonçalves e Galiuzzi (2004, p. 238), “a visão tradicional de ensino e de Ciência se mantém soberana entre licenciandos e professores formadores, valorizando a demonstração, a verificação, a objetividade e a neutralidade.”

Surge assim a questão de como desenvolver atividades experimentais para que, efetivamente, favoreçam as aprendizagens dos alunos. Gonçalves e Galiuzzi (2004) fazem várias considerações a respeito, destacando um conjunto de aspectos. O primeiro aspecto considerado pelos autores é a “contextualização do conteúdo nas atividades experimentais”. O que para esses autores não significa, simplesmente, relacionar o conteúdo com o dia-a-dia do aluno com o interesse de motivar ou até mesmo ilustrar. “Contextualizar um conteúdo implica, em síntese, trazer para a discussão em sala de aula aspectos culturais, econômicos, políticos e sociais relacionados com ele” (GONÇALVES E GALIAZZI, 2004, p. 246).

Outro aspecto que deve ser levado em consideração nas atividades experimentais é o “movimento de questionamento, construção de argumentos, comunicação e validação de argumentos” (GONÇALVES E GALIAZZI, 2004, p. 246). A problematização do conhecimento da atividade experimental pode se dar pelo questionamento, assim os alunos podem explicitar seus saberes não só na dimensão conceitual, mas também valores e atitudes. Cabe ao professor adotar meios que permitam essa explicitação, sendo a escrita um recurso favorável que permite discussões e a elaboração de argumentos, como fica claro na transcrição abaixo.

Favorecer a explicitação do conhecimento dos alunos por meio do questionamento favorece a problematização de uma visão dogmática de Ciência, pois o professor está problematizando um conhecimento em detrimento de sua verificação ou demonstração experimental, aspecto esse que colabora para a construção da idéia de que a Ciência consegue chegar à verdade das coisas. (GONÇALVES E GALIAZZI, 2004, p. 246).

O terceiro item a ser considerado sobre a atividade experimental fundamentada nos princípios da pesquisa em sala de aula é o da “comunicação e validação dos argumentos” (GONÇALVES E GALIAZZI, 2004, p. 249). É a fase em que a comunicação ocorre pela escrita ou pela fala dos resultados e argumentos construídos. Conforme Gonçalves e Galiazzi (2004, p. 249), “a produção escrita fortalece os argumentos defendidos”. Os mesmos autores também defendem que os alunos se organizem em grupos ou individualmente para registrarem e sintetizarem por escrito as aprendizagens construídas com a atividade experimental. “Essa produção não precisa necessariamente ser o texto final, pois este ainda pode ser submetido à crítica e a partir disso ser aperfeiçoado. Por isso, sugerimos que os alunos compartilhem entre si suas produções” (GONÇALVES E GALIAZZI, 2004, p. 249).

O desafio é superar o entendimento tradicional sobre as atividades experimentais que têm como cunho a comprovação de teorias ou a extração de teorias a partir da prática.

Acreditamos que desenvolver atividades experimentais em uma perspectiva dialógica mediada pelas ferramentas culturais, especialmente a leitura e a escrita, colabora para superar entendimentos empiristas de Ciência que mostram ter pequena contribuição na aprendizagem das teorias das Ciências (GONÇALVES E GALIAZZI, 2004, p. 249).

O processo de ensino-aprendizagem em Ciências deve levar o aluno não para uma única solução para o mesmo problema, nem esperar soluções prontas do professor. Esse processo exige questionamentos, discussões, discordâncias, persistência e envolvimento. Uma boa pergunta pode valer mais que a repetição de respostas formuladas por outros.

4 METODOLOGIA

4.1 Objetivos

4.1.1 Objetivo Geral

A partir de uma proposta de educação continuada para professores de Física, determinar as deficiências do ensino de Física Moderna nas escolas do extremo Oeste Catarinense, e como seria possível superá-las.

4.1.2 Objetivos Específicos

1- Identificar o conhecimento que os professores participantes possuem na área da Física Moderna.

2- Conhecer a forma com que os conteúdos da Física Moderna são trabalhados pelos participantes, em suas aulas.

3- Preparar e oferecer oficinas de Física Moderna aos professores participantes.

4- Avaliar os efeitos que as oficinas de conteúdos de Física Moderna provocam na prática pedagógica dos participantes e no interesse e rendimento dos educandos nessa área do conhecimento.

4.2 Questões de Pesquisa

4.2.1 Questão Geral

Quais as deficiências e possibilidades de superação de problemas do ensino médio de Física Moderna?

4.2.2 Questões de pesquisa

1- Quais os conhecimentos de Física Moderna que possuem os professores de Física do Ensino Médio participantes?

2- Como os professores de Física trabalham os conteúdos da Física Moderna no Ensino Médio?

3- Que mudanças as oficinas pedagógicas, envolvendo Física Moderna, provocam no desempenho profissional dos professores nessa área do conhecimento?

4- Qual a influência que as mudanças no desempenho profissional dos professores têm no interesse e no rendimento escolar dos educandos sobre Física Moderna?

4.3 Coleta de dados

Nos trabalhos foram envolvidos, de forma direta, os professores de Física e, de forma indireta, os alunos da terceira série das escolas de Ensino Médio dos Municípios de: Itapiranga, Tunápolis, Iporã do Oeste, São João do Oeste e Santa Helena, do extremo Oeste do estado de Santa Catarina.

Os professores foram contatados e convidados para participar da pesquisa. Inicialmente, responderam a um questionário, destinado à sondagem das dificuldades que encontravam na abordagem da Física Moderna, se chegavam a abordar este tema. Nesta sondagem ficou claro que o tema era deixado para o final do período letivo, se sobrasse tempo, o que em termos práticos significava nunca chegar a ele, e também as dificuldades de formação e atualização dos próprios professores, que ficaram ainda mais evidentes nas respostas.

As dificuldades de trabalhar assuntos relacionados à Física Moderna, no Ensino Médio, já haviam sido constatadas em outros momentos, quando os professores, mesmo que raramente, se encontravam para alguma atividade relacionada à disciplina. O questionário de sondagem serviu para a confirmação destas dificuldades e reforçou a necessidade de oferecer um trabalho de estudo e formação para os professores.

Uma vez detectadas, as dificuldades dos professores, foram planejadas e oferecidas oficinas pedagógicas envolvendo conteúdos de Física Moderna, abordando os conceitos teóricos, com ênfase na experimentação. Os professores foram convidados para um primeiro encontro no qual foi proposto e definido um cronograma de dez oficinas, sendo que em cada uma delas seria trabalhado um tema específico relacionado ao assunto.

Os professores deixaram suas tarefas pendentes da semana de trabalho e se deslocaram por conta própria até o local determinado para os trabalhos, sendo alguns por distância próxima a 40 quilômetros. Mesmo com suas cargas de trabalho elevadas, eles assumiram o compromisso de participar de um trabalho de formação continuada, envolvendo assuntos voltados para a Física Moderna.

Algumas das atividades solicitadas pelos educadores não puderam ser realizadas, pois não conseguimos o material necessário para construir os experimentos. Em algumas situações, faltou um conhecimento mais profundo sobre componentes eletrônicos e de eletrônica, em geral. Essas atividades foram substituídas por outras, não menos importantes, e mais acessíveis ao grupo, foram muito bem aproveitadas.

A tabela a seguir mostra o cronograma de atividades presenciais dos professores nas referidas oficinas, como também o tema que foi trabalhado em cada encontro, que, por sua vez, tinha a duração estabelecido de três horas, sempre aos sábados, das 8h às 11h.

Tabela 1 – Cronograma de Oficinas

DATA DE REALIZAÇÃO	CARGA HORÁRIA	TEMA PROPOSTO
10/06/06	8h às 11h	<ul style="list-style-type: none"> • Conversa sobre os conhecimentos físicos (Parâmetros Curriculares nacionais e Proposta Curricular de Santa Catarina). • Estrutura da matéria em uma visão microscópica.
17/06/06	8h às 11h	<ul style="list-style-type: none"> • Fenômenos ondulatórios e padrões espectrais.
24/06/06	8h às 11h	<ul style="list-style-type: none"> • Efeito fotoelétrico
01/07/06	8h às 11h	<ul style="list-style-type: none"> • Eletroscópio
08/07/06	8h às 11h	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de iluminação pública
15/07/06	8h às 11h	<ul style="list-style-type: none"> • Condutores e semicondutores
22/07/06	8h às 11h	<ul style="list-style-type: none"> • Resistores e Capacitores
29/07/06	8h às 11h	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura do LDR, do LED, do transistor e do diodo.
05/08/06	8h às 11h	<ul style="list-style-type: none"> • Emissão termoiônica.
26/08/06	8h às 11h	<ul style="list-style-type: none"> • A física quântica e a realidade

Foi construída, com os professores, uma proposta de trabalho para cada um dos temas especificados, objetivando uma ação unificada. Foram, também, revistos e discutidos princípios e conceitos clássicos e modernos dos temas.

Além de atividades teóricas foram preparadas inúmeras atividades práticas e experimentais dos temas, que posteriormente os professores aplicaram e desenvolveram nas aulas de Física, com os alunos, nas escolas em que trabalham. Procuramos seguir as orientações metodológicas da Proposta Curricular de Santa Catarina e os Parâmetros Curriculares Nacionais.

Para responder às questões de pesquisa, diferentes atividades foram realizadas. Após cada oficina, foi feita uma avaliação oral com os participantes, em um momento aberto para depoimentos sobre as atividades desenvolvidas. Foram tomadas notas dos destaques das

falas. Também foram observadas, durante o desenvolvimento das atividades propostas, as reações e o envolvimento dos professores participantes.

Em cada encontro foi trabalhada uma proposta de atividades que os professores, ao retornarem para suas escolas, poderiam desenvolver com os alunos. Os professores produziram um pequeno relatório escrito das atividades desenvolvidas em suas escolas, constando as dificuldades encontradas e os sucessos obtidos. Também no final, após a conclusão das oficinas, todas as escolas, cujos professores estiveram envolvidos na pesquisa foram visitadas, e cada professor participante foi entrevistado para que pudesse relatar a sua experiência. Na oportunidade, também foram entrevistados 2 a 3 alunos de cada escola que se prontificaram para responder questões a eles dirigidas. Os educandos foram convidados de forma aleatória e as entrevistas, de ambas as partes, foram gravadas individualmente.

Todos os dados coletados com as observações, colocações, entrevistas e relatórios escritos dos professores, foram reunidos e analisados para responder às questões de pesquisa.

4.4 Análise dos dados

Os dados coletados em depoimentos foram analisados e categorizados conforme a metodologia da análise textual discursiva (MORAES E GALIAZZI, 2007), para chegar às respostas das questões de pesquisa. Os resultados estão apresentados de forma descritiva, com as devidas análises nos capítulos seguintes.

Para uma melhor compreensão dos fenômenos e problemas de investigação, eles foram examinados dentro do contexto em que ocorreram. O envolvimento nos fenômenos analisados permitiu reunir informações sobre o tema de pesquisa, que foram submetidas à análise, possibilitando a explicitação de categorias e a compreensão dos fenômenos, resultando em sua descrição, interpretação e teorização. Dessa forma, a coleta e análise dos dados constituem em uma pesquisa qualitativa com um tipo de análise de conteúdo aplicado sobre os dados recolhidos.

Entendemos que o conhecimento não está pronto e nem é dado em nenhuma instância como algo terminado. Ele se constitui pela interação do indivíduo com o meio físico e social. Em uma visão construtivista, a escola não pode simplesmente repetir, recitar ou ensinar o que já está pronto. Ela deve agir e operar, criando, a partir da realidade dos alunos e

professores, o espaço de aprendizagem para construir o conhecimento. Deve começar pela realidade mais próxima e, aos poucos, as distantes, ou seja,

“partir de” não significa “ficar apenas com”. Restringir o acesso dos estudantes de classes populares à cultura e a conhecimentos novos porque lhe são estranhos, porque não fazem parte do seu contexto social, pode significar restringir-lhes o acesso a outro nível social e profissional. [...] A necessidade de levar em conta a realidade do aluno decorre do fato de que, no construtivismo, o conhecimento acadêmico não pode reduzir-se à transmissão dos saberes culturais e/ou científicos. Esses saberes são sempre provisórios, efêmeros. O que é verdade científica hoje poderá se tornar uma não verdade amanhã. É preciso criar um espaço não de transmissão, mas de reinterpretação do saber. (RANGEL, 2002, P.62).

Todos os trabalhos experimentais realizados levaram em consideração a experiência já vivenciada pelos professores participantes, assim como dos seus respectivos alunos. Desta forma focalizamos os modos de percepção dos sujeitos envolvidos, trabalhando seus conhecimentos, além dos conhecimentos, crenças e valores do próprio pesquisador. Concordamos com a tese de Hanson (1975) de que: “a observação é indissociável da interpretação, e que por trás das observações e das conclusões, existem teorias que nos influenciam”.

Os novos conhecimentos emergiram a partir das explanações dos sujeitos participantes. As categorias emergentes surgiram da análise das informações coletadas.

Concordamos com Kuhn (1978), quando defende que o conhecimento científico depende do contexto em que se desenvolve, conforme o paradigma adotado pela comunidade científica. Borges também destaca:

é preciso julgar a ciência de uma época de acordo com o contexto da época, e não a partir dos conhecimentos atuais. O conhecimento científico, assim como a linguagem, é compartilhado por um grupo. Só pode ser entendido a partir dos grupos que o criam e utilizam. (BORGES, 1996, p.33).

Os conhecimentos da Física Clássica foram aceitos e continuam válidos dentro de uma realidade, porém insuficientes e contraditórios para explicar os fenômenos observados com o desenvolvimento do conhecimento humano. A Física Contemporânea permitiu um avanço tecnológico fantástico, baseado em novos conceitos e paradigmas.

5 OFICINAS

5.1 Conceito de oficina

O que é uma oficina de ensino?

Cada pessoa deve organizar a sua forma de aprender. É papel do professor buscar e propor situações que permitam aos alunos construir conhecimentos de forma progressiva. Cabe a ele, também, orientar o caminho a ser percorrido pelos alunos para que ocorram rupturas dos conhecimentos antigos, dando lugar para que novos possam ser construídos.

A tarefa de ensinar requer a preparação de situações que permitam reconstruir e ampliar o conhecimento dos aprendentes. Dessa forma, cabe ao professor possibilitar ao aluno, conforme Vieira e Volquind, (2002, p. 9): “rupturas epistemológicas”, para construir novos conhecimentos. Ainda conforme os mesmos autores, “a função dos professores é, pois, a de apoio, de mediador entre o conteúdo e o aluno”.

No presente trabalho, o objetivo das oficinas foi estudar e elaborar atividades no grupo de professores, para servirem de recurso didático para as aulas. Conforme Vieira e Volquind, (2002, p. 11): “uma oficina trata de uma forma de ensinar e aprender, mediante de algo feito coletivamente”. O professor aprende com o conhecimento dos alunos, ninguém somente aprende e ninguém somente ensina. Ainda conforme os mesmos autores, “toda oficina necessita promover a investigação, a ação, a reflexão; combinar trabalho individual e a tarefa socializada; garantir a unidade entre a teoria e a prática” (2002, p. 11). Uma oficina deve transformar reciprocamente os sujeitos participantes e deve construir alternativas para problemas presentes no processo ensino-aprendizagem.

Uma oficina deve abrir novas perspectivas quanto às relações entre professores e alunos, sobre o papel que cada um desempenha. Deve ser um espaço de crescimento individual e coletivo, com integração de idéias e problemas, com a intenção de provocar um espaço reflexivo e de construção de conhecimento.

Para Vieira e Volquind (2002, p.12):

a proposta de oficinas de ensino para ser séria, gratificante e inovadora necessita criar um espaço para a vivência, a reflexão e a construção de conhecimentos. Não é um lugar para aprender fazendo; supõe, principalmente, o pensar, o sentir, o intercâmbio de idéias, a problematização, o jogo, a investigação, a descoberta e a cooperação.

Uma oficina deve ser caracterizada como uma realidade de três instâncias básicas, quando equilibradas promoverão a relação entre a prática e a teoria em sala de aula. Conforme Vieira e Volquind (2002, p.12) estas instâncias são: o pensar, o sentir e o agir.

Ainda na colocação de Vieira e Volquind (2002, p.12): “em uma oficina de ensino, as questões científicas e metodológicas são estudadas a partir da prática. Nas oficinas a primazia é da ação, mas não se desmerece a teoria”.

Qualquer situação-problema presente em uma oficina necessita de um aprofundamento teórico. A teoria surge como uma necessidade para esclarecer a prática. Teoria e prática são dois aspectos interdependentes na análise de problemas.

5.2 Oficinas pedagógicas

Uma vez realizada a sondagem inicial, feita a partir do questionário respondido pelos professores, foram planejadas e propostas as oficinas para estudar teoria e desenvolver atividades práticas experimentais relacionadas à Física Moderna, com temas a partir das necessidades dos professores.

A seguir, é apresentada uma fundamentação teórica dos temas tratados em cada uma das oficinas e, de forma sucinta, as atividades desenvolvidas. Uma base teórica mais completa dos temas, bem como uma descrição mais detalhada das referidas atividades desenvolvidas, estão nos anexos. O leitor, ao longo do texto, é orientado.

5.2.1 Proposta Curricular de Santa Catarina, Parâmetros Curriculares Nacionais e Estrutura da Matéria.

A primeira oficina teve dois momentos distintos, sendo o primeiro uma análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais e da Proposta Curricular de Santa Catarina; e o segundo momento uma atividade teórica-prática voltada para a realidade e a estrutura da matéria.

Como grupo recém constituído e no seu primeiro encontro, sentimos, inicialmente a necessidade, antes de qualquer proposta de trabalho, de rever os Parâmetros Curriculares Nacionais e os eixos norteadores da Proposta Curricular, a qual, de uma ou de outra forma, como educadores estamos atrelados. Entendemos que qualquer proposta de trabalho

fundamenta-se em eixos norteadores, e neste primeiro encontro clareamos o norte a partir do qual nossas atividades se fundamentaram e foram desenvolvidas.

Além de estudar os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), especificamente o capítulo destinado aos conhecimentos de Física, as competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física; estudamos também os eixos norteadores da Proposta Curricular de Santa Catarina. Em um momento seguinte analisamos a parte da proposta destinada, especificamente, à disciplina de Física, no que tange o sentido do aprendizado da Física.

Os parâmetros têm como objetivo principal auxiliar o professor na execução de seu trabalho. Também servem como estímulo e apoio à reflexão sobre a prática diária do professor, bem como o planejamento e desenvolvimento do currículo de sua escola. Pelo currículo cada cidadão deve dominar competências básicas que lhe permitem enfrentar a realidade cotidiana com mais segurança.

A Proposta Curricular de Santa Catarina apresenta, inicialmente, os pressupostos que fundamentam a educação catarinense, e expõe de maneira objetiva uma seqüência de conteúdos e também uma metodologia que permite dar um significado à matéria e possibilita sua compreensão. É um programa de trabalho extenso, impossível de ser colocado em prática em um curto espaço de tempo. A Proposta Curricular de Santa Catarina procura sinalizar os conteúdos mais importantes para a formação de uma visão de mundo, a compreensão de sua complexidade e que continuamente construímos e reconstruímos.

A Proposta Curricular de Santa Catarina prevê conteúdos de Física Moderna ainda no Ensino Médio, porém pouco está sendo, efetivamente, posto em prática pelos professores. Já que em seus depoimentos colocam que não conseguem trabalhar todos os conteúdos previstos, mesmo sendo de forma superficial.

Na segunda parte do primeiro encontro, discutimos as teorias sobre a estrutura da matéria e procuramos entender a estrutura do átomo numa visão moderna.

Os professores nem sempre buscam informações ou têm acesso às mais novas descobertas da Física, permanecendo com os conhecimentos que obtiveram em sua formação universitária ou que são apresentadas pelos livros didáticos. As razões são as mais variadas, que vão desde as dificuldades de acesso às informações pelos meios tradicionais, como também há certo comodismo.

Conforme já colocado anteriormente, o modelo atômico mais usado na educação básica é o comparado ao sistema solar, sendo confirmado pela fala dos professores.

Nesta atividade, como recurso auxiliar, utilizamos o retro-projetor, com lâminas preparadas, contendo figuras e tópicos teóricos relacionados à estrutura atômica, além da contribuição dos colegas. Inicialmente, comentamos fatos históricos sobre a evolução na compreensão da estrutura atômica. Estabeleceu-se entre os professores um momento de comunicação e compartilhamento de idéias.

Depois do momento teórico desenvolvemos duas atividades práticas com o objetivo de compreender melhor os fenômenos atômicos, uma vez que estudos práticos com átomos isolados não são possíveis nas escolas e sua observação não se dá de forma direta. O objetivo das atividades foi ajudar a visualizar o “invisível”, ou seja, ajudar a criar uma representação visual que permita ao aluno criar um modelo mental do que se acredita ser o comportamento do átomo. Na segunda atividade o objetivo específico foi mostrar o trabalho dos cientistas nessa área do conhecimento, que se dá, muitas vezes, na base das hipóteses.

Um estudo bibliográfico dos assuntos e ilustrações desta oficina está colocado no apêndice C, bem como, a descrição completa das atividades desenvolvidas.

5.2.2 Fenômenos ondulatórios e padrões espectrais dos elementos

No segundo encontro trabalhamos fenômenos ondulatórios, os padrões espectrais dos elementos e as cores. As ondas eletromagnéticas, ou seja, basicamente as ondas de rádio, microondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama, são os principais tipos de ondas que constituem o espectro eletromagnético. Os diferentes tipos de ondas eletromagnéticas foram descobertos e estudados depois da comprovação das idéias iniciais de Maxwell sobre o assunto. Elas se manifestam de diferentes formas e são percebidas por diferentes meios conforme sua natureza.

As aplicações das ondas eletromagnéticas em tecnologia são várias, isso pode ser percebido constantemente. Elas são aplicadas em aparelhos de comunicação, equipamentos domiciliares, sensores, entre outros.

As ondas eletromagnéticas possuem o mesmo comportamento como todas as outras ondas no que está relacionado à reflexão, refração, interferência, difração e polarização.

Hoje sabemos que cada elemento químico possui um padrão próprio de níveis de energia e emite luz de acordo com seu padrão característico, denominado espectro. Essa propriedade foi descoberta por Kirchhoff e Bunsen, em 1859. Além de ser uma propriedade

fundamental da matéria é um poderoso método de análise. Praticamente tudo que se sabe sobre a composição química dos astros se deve aos avanços da espectroscopia.

O que determina o colorido que enxergamos a nossa volta é a frequência da luz refletida pelos corpos e que incide em nossos olhos. Dentro do espectro visível as baixas frequências representam cores que se aproximam do vermelho para a maioria das pessoas, enquanto altas frequências de cores se aproximam da região do violeta. Entre os extremos do espectro visível existe uma infinidade de cores agrupadas nas sete cores básicas do arco-íris, também chamado de matizes: vermelho, laranja, amarelo, verde azul, anil e violeta. A luz branca, como a do Sol reúne em sua composição todas as frequências visíveis.

Por outro lado, misturar pigmentos de tintas e corantes é completamente diferente do que misturar luzes. Os pigmentos são minúsculas partículas que absorvem cores específicas, em um processo de subtração. A mistura subtrativa de duas cores vai resultar em uma cor, ou tom, menos luminoso, relativamente, às duas que a formam. Por exemplo, se juntarmos tinta verde na tinta vermelha, a resultante não consegue refletir nenhuma das cores que a constituem.

Nesse encontro, foi feito um estudo teórico de ondas e cores e também foram desenvolvidas atividades práticas experimentais para serem trabalhadas com os alunos. Na primeira atividade prática que desenvolvemos construímos um espectrômetro e observamos o espectro de luz emitido por diferentes lâmpadas constituídas por diferentes elementos.

Estudamos e revisamos conceitos teóricos sobre as cores e sua formação. Como atividade prática, mostramos a superposição de diferentes cores de luz, gerando sombras de diferentes cores de objetos colocados entre a fonte luminosa e a parede que serviu como anteparo.

Em outra atividade que desenvolvemos projetamos alternadamente luz de diferentes cores sobre objetos coloridos para observar as mudanças que ocorrem na cor destes objetos.

Em todas as atividades que desenvolvemos nesta oficina utilizamos vários materiais de sucata de fácil acesso. Como as escolas públicas não dispõem de recursos para adquirir material mais sofisticado, de laboratório, os meios usados permitem maior aproximação com atividades práticas da realidade teórica. Dessa forma, acreditamos que a compreensão e a aprendizagem dos alunos melhoram significativamente.

Os conceitos do assunto e ilustrações dessa oficina estão colocados no apêndice D, bem como a descrição completa das atividades desenvolvidas.

5.2.3 Efeito fotoelétrico

O efeito fotoelétrico foi observado em 1887, por Heinrich Hertz, quando estudava ondas eletromagnéticas. Ele produziu descargas elétricas entre duas superfícies de metal com diferentes potenciais e verificou que essa descarga era antecipada se a luz de uma fâsca proveniente de outras placas atingisse as primeiras. Em experiências posteriores ele confirmou a sua hipótese de que a luz poderia facilitar o surgimento de fâscas.

Nesse fenômeno observa-se que, quando a luz incide sobre a superfície de um metal, elétrons podem ser arrancados dela ou emitidos por ela. No processo ocorre a transformação de energia luminosa em energia elétrica. Quem deu uma explicação aceitável para o fenômeno foi Einstein em 1905, baseado na teoria de Planck da radiação. Este considerou que a energia na matéria está quantizada, enquanto a energia radiante é contínua. Einstein atribuiu propriedades quânticas à luz, e via a radiação como uma grande quantidade de partículas. Usou a palavra fóton para se referir à natureza corpuscular da luz.

O elétron é ejetado da superfície do metal, imediatamente quando absorve um fóton inteiro, não ocorrendo atraso para acumular energia da onda. Cada fóton com uma determinada energia mínima arranca um elétron ao colidir com ele, em um processo instantâneo. Porém, o fenômeno somente ocorre a partir de uma determinada frequência mínima da radiação eletromagnética e não da sua intensidade. O número de elétrons arrancados do metal é diretamente proporcional à intensidade da radiação eletromagnética incidente, com frequência acima da frequência de corte.

São inúmeras as aplicações do efeito fotoelétrico no dia-a-dia, como: funcionamento de uma calculadora solar, sensores de controle para abertura de portas, sensores de vigilância, sensores de imagens nas câmeras de vídeo, sensores de câmeras fotográficas, placas solares, sensores eletrônicos de radiação eletromagnética de uma maneira geral.

Neste encontro estudamos conceitos básicos do efeito fotoelétrico e em que situações esse efeito pode ser observado, como aplicação em tecnologia. Apesar de estar amplamente presente na vida cotidiana esse tema geralmente não faz parte do plano de conteúdos a serem trabalhados pelos professores de Física do Ensino Médio.

Além de estudar conceitos básicos, construímos uma célula fotoelétrica, baseados no artigo de Rocha Filho, Salami e Hillebrand, publicado pela Revista Brasileira de Física com o título: Construção e caracterização de uma célula fotoelétrica para fins didáticos. (2006, v. 28, n. 4, p. 555-561).

Essa atividade exigiu do grupo bastante empenho e tempo, pois cada uma das etapas de construção é trabalhosa. Conseguimos reunir material suficiente, com exceção do multímetro e cada professor construiu a sua célula. Seguimos os passos de montagem, conforme o artigo, sem propor alterações, inclusive nas sugestões de segurança. Os professores admitiram a importância do experimento para trabalhar o assunto, mas alguns sentiram-se inseguros em realizar a tarefa com os alunos, principalmente, no que tange ao item segurança.

Um estudo mais completo do assunto e ilustrações desta oficina está colocado no apêndice E, bem como a descrição das atividades desenvolvidas.

5.2.4 Eletroscópio

Em diversas situações do cotidiano provocamos a eletrização de objetos. Isto ocorre quando penteamos o cabelo, varremos o chão, limpamos as lentes de um óculos, limpamos os pés num tapete, entre outros. Nesses casos, os corpos podem adquirir propriedades de atrair ou repelir outros corpos. As propriedades desse fenômeno da natureza elétrica são conhecidas há milênios.

Como perceber cargas elétricas acumuladas em corpos isolantes? Isso só é possível utilizando-se algum dispositivo sensível à presença da eletricidade. Os detectores eletrostáticos ou eletroscópios são dispositivos simples que detectam se um corpo está ou não eletrizado. Em outras palavras, o eletroscópio é um dispositivo que permite visualizar, de forma indireta, os fenômenos eletrostáticos. Como o próprio nome já diz, detectores eletrostáticos, já que detectam cargas elétricas estáticas, paradas.

Dentre os detectores eletrostáticos os mais conhecidos são o eletroscópio de pêndulo e o eletroscópio de folha, ambos permitem observar o fenômeno eletrostático de atração ou repulsão, mas não permitem identificar o sinal da carga do corpo indutor. Ao realizar esta atividade com os alunos, os professores necessitam de uma série triboelétrica para poder estabelecer o sinal da carga indutora, tornando a atividade menos atrativa. Diante desta realidade surgiu a pergunta: como verificar o sinal da carga estática de um corpo eletrizado sem usar a série triboelétrica?

Motivados por esta questão o grupo de professores assumiu o desafio de pesquisar e criar um meio para identificar o sinal da carga indutora sem a necessidade de uma série triboelétrica. Ou seja, construir um eletroscópio que além de detectar cargas eletrostáticas,

permitisse verificar também o sinal da carga adquirida por um corpo dielétrico quando atritado, por exemplo.

A atividade desenvolvida está descrita com mais detalhes no apêndice F.

5.2.5 Sistema de iluminação pública: relé fotoelétrico

A iluminação pública tem função muito importante para garantir a qualidade de vida da população, ainda mais em épocas de acentuada violência, permitindo aos habitantes desfrutar de forma mais segura o espaço público no período noturno. Além disso, possui importantes funções paisagísticas, iluminando pontos de interesse turístico e estruturas de beleza arquitetônica.

A pergunta que surge é a seguinte: como as lâmpadas da iluminação pública podem ligar e desligar sem que alguém precise acionar um interruptor? Talvez essa seja uma das indagações que muita gente já se fez e poucos obtiveram uma resposta satisfatória do processo elétrico que envolve o material semicondutor. A resposta está no componente chamado LDR, dispositivo semicondutor que em determinadas situações conduz mais eletricidade que em outras, ligando e desligando o calefator de um relé térmico, responsável pela alimentação das lâmpadas.

O LDR é um componente produzido a partir de semicondutores, cuja resistência elétrica varia conforme a radiação eletromagnética do espectro visível que nele incide. Em períodos de maior luminosidade a resistência elétrica do LDR diminui, e uma corrente elétrica circula pelo calefator do relé acionando-o. Desta forma, a lâmpada desliga porque o circuito que a alimenta é desativado. Quando a intensidade luminosa incidente no LDR diminui, sua resistência elétrica aumenta, desligando o relé. Nesse caso, o circuito que contém a lâmpada passa a receber energia da rede elétrica e a lâmpada se acende.

Neste encontro o grupo discutiu os princípios básicos que explicam o funcionamento da iluminação pública. Em sua maioria, os professores sabem da existência de algum dispositivo automático responsável pelo acionamento do sistema. Como sabem também que está relacionado com a intensidade luminosa, mas geralmente não sabem explicar qual o papel da luminosidade em acionar e desligar o circuito.

Para facilitar a compreensão haviam sido providenciados alguns relés fotoelétricos que foram abertos para observar sua estrutura interna. Na oportunidade, foi esclarecida a função do LDR no relé, sem entrar em detalhes sobre sua estrutura física de semicondutor, pois essa discussão ocorreu em outro encontro. Este momento provocou um

envolvimento geral dos professores. Varias dúvidas surgiram em relação à instalação do relé e aproveitamos o momento para interpretar o esquema de conexão dos fios, representado no próprio relé.

Para observar de forma mais detalhada e entender melhor o processo como um todo, fizemos, como atividade prática, a instalação do esquema que representa o funcionamento da iluminação pública.

Depois de concluídas as atividades do encontro, os professores demonstraram satisfação com o aprendizado. Como prática simples de ser efetuada, certamente os alunos também compreenderam o esquema de funcionamento da iluminação pública de forma mais rápida.

Um estudo mais completo do assunto e ilustrações dessa oficina estão colocados no apêndice G, bem como a descrição completa das atividades desenvolvidas.

5.2.6 Isolantes, condutores, semicondutores e supercondutores de eletricidade

Conhecer as propriedades elétricas de diferentes materiais sempre foi uma obstinação da humanidade. Quanto à condução de eletricidade os materiais estão classificados, basicamente, em quatro grandes grupos, sendo eles: isolantes, condutores, semicondutores e supercondutores. Atualmente, pesquisas envolvem estudos de materiais de todos os grupos, mas estão mais concentradas nos dois últimos devido à promessa de aplicação em novas tecnologias.

As características estruturais de cada grande grupo são de ordem atômica, pela quantidade de elétrons livres na banda de condução ou pela distribuição da camada eletrônica mais externa. Porém, outro fator determinante das características elétricas no comportamento de um determinado material é o meio onde este se encontra, e está relacionado, principalmente à temperatura e ao campo elétrico.

Os metais são bons condutores de eletricidade e permitem estabelecer uma corrente elétrica, considerável, por meio de milhares de quilômetros de fios. A razão que justifica a facilidade de estabelecer corrente elétrica está na quantidade de elétrons livres nas camadas mais externas da eletrosfera do átomo, podendo os elétrons se deslocarem praticamente, livres pelo material.

Os materiais isolantes elétricos apresentam a última camada eletrônica incompleta e os elétrons estão firmemente ligados ao seu núcleo. As partículas portadoras de cargas

elétricas apresentam grande dificuldade para se mover dentro do material. Porém, a capacidade de isolamento muda de material para material. Quando submetidos a grandes diferenças de potenciais, aumenta a força que atua sobre os elétrons podendo, no entanto, tornarem-se condutores.

Outra categoria de materiais intensamente pesquisada na atualidade são os semicondutores, que ao contrário dos condutores elétricos, têm sua resistência elétrica diminuída quando são aquecidos. Assim, são condutores nas temperaturas usuais e isolantes nas baixas temperaturas. Outro fator que diferencia os metais dos semicondutores é o número de elétrons livres disponíveis para a condução elétrica. Uma grande quantidade de substâncias compõe esta classe intermediária de materiais, extremamente, úteis para a eletrônica. As substâncias semicondutoras são importantes na fabricação de componentes eletrônicos tais como: diodos, transistores e outros de diversos graus de complexidade tecnológica, microprocessadores e nanocircuitos usados em nanotecnologia.

Pesquisas intensas também estão em andamento com o objetivo de descobrir materiais que não apresentem resistência à condução da eletricidade. É sabido que os condutores de eletricidade na temperatura ambiente apresentam certa resistência ao movimento de elétrons, provocando aquecimento e perda de energia. Determinados metais adquirem resistência nula para a corrente elétrica em temperaturas muito baixas, próximo ao zero absoluto. Hoje se consegue produzir peças feitas a partir de misturas de pós especiais (terras raras) que apresentam o fenômeno da supercondutividade em temperaturas mais próximas à temperatura ambiente. Materiais com essa característica são chamados de supercondutores.

Embora ainda não sendo aplicados em tecnologia de larga escala, no futuro, estes materiais podem ter aplicações em computadores mais rápidos, reatores de fusão nuclear, com energia, praticamente, ilimitada, na medicina, entre outros.

Trabalhamos neste encontro os elementos teóricos que caracterizam os materiais quanto à capacidade de conduzir eletricidade. Desenvolvemos também atividades práticas que, posteriormente, foram aplicadas pelos professores com seus alunos. As atividades experimentais se resumem, basicamente, à medição da resistência elétrica de diferentes materiais, em diferentes condições, usando um multímetro digital.

Um estudo bibliográfico dos assuntos, ilustrações dessa oficina, bem como a descrição das atividades desenvolvidas, estão colocados no apêndice H.

5.2.7 Resistores e Capacitores

Um dos componentes presentes notadamente nos equipamentos eletrônicos é o resistor, cuja função é limitar a intensidade da corrente elétrica por meio de determinados circuitos e outros componentes eletrônicos, produzindo quedas na tensão e dissipando energia térmica oriunda do efeito joule.

Existem vários tipos de resistores, podendo ser fixos ou variáveis, ou ainda longos e finos, em diferentes estilos, conforme a aplicação. A rigor, o elemento aquecedor de um chuveiro elétrico ou um ferro de passar roupas elétrico é um resistor, assim como, também, muitos dos pequenos componentes eletrônicos soldados nas placas de nossos computadores e televisores. Cada tipo e estilo é construído conforme as necessidades e exigências do usuário. Em geral, eles possuem um valor nominal de resistência e tolerância identificáveis, conforme o código de cores impresso nos próprios componentes, ou indicado nos catálogos dos fabricantes.

Os resistores usados em computadores e outros dispositivos são tipicamente muito menores que os tradicionais resistores de carvão ou de fita, freqüentemente são utilizadas tecnologias de montagem em superfície, ou SMT (do inglês *Surface-mount technology*), esse tipo de resistor não tem lide metálico, mas sim pequenos capacetes laterais que admitem solda.

Existem ainda inúmeros outros tipos e resistores com diferentes funções. Na verdade, qualquer objeto físico de qualquer material pode ser um tipo de resistor, pois diferentes materiais, apresentam diferentes resistências à passagem da corrente elétrica. Além da natureza do material, interfere também na resistência: o tamanho, a temperatura e a radiação eletromagnética, em determinadas situações, como nos semicondutores.

A unidade de medida de resistência no sistema internacional de unidades é o ohm. Cada resistor tem também uma potência nominal máxima que ele pode dissipar, acima da qual a resistência pode mudar além da tolerância ou podem ocorrer danos permanentes. A potência máxima tolerada por um resistor tem relação com seu tamanho físico.

Dependendo das necessidades de aplicação os resistores podem ser associadas em quatro combinações diferentes, sendo elas denominadas de: série, paralelo, estrela e triângulo. Qualquer que seja o tipo da associação, sempre resultará numa única resistência total, a qual é normalmente designada por resistência equivalente.

Outro componente eletrônico muito presente em equipamentos é o capacitor com a característica de armazenar uma determinada energia elétrica sob forma de campo elétrico.

Essa capacidade de armazenar energia elétrica dá a ele inúmeras outras aplicações tecnológicas, sendo utilizado em geradores de altas tensões, dispositivos amplificadores, sintonizadores, filtros, retificadores, entre outros. Não existe aparelho eletrônico que não possua inúmeros capacitores em seus circuitos.

Os capacitores podem ser apresentados em muitos formatos, mas todos podem ser compreendidos como modificações do tipo básico, de placas paralelas separadas por um dielétrico. As placas retêm cargas elétricas em suas superfícies, no limite com o dielétrico. O valor da carga armazenada em cada placa é igual, mas de sinal oposto, de tal modo que a carga total é nula. A capacitância é a propriedade dos capacitores de armazenar energia elétrica e é medida pelo quociente da quantidade de carga armazenada em uma das placas pela tensão existente entre as duas placas. No sistema internacional de unidades de medida a unidade de capacitância é o farad.

A especificação dos valores nominais depende da forma e das dimensões do capacitor e em geral aparecem impressos em seu corpo. Quando o capacitor é muito pequeno se utiliza um código de cores para fornecer esses dados. Nos componentes montados em superfície a pequena área impede qualquer grafia, então os dados são informados apenas nos catálogos dos fabricantes.

Os capacitores compõem, ao lado dos resistores, dos diodos e dos transistores, a linha de frente de componentes eletrônicos que tornou possível a era da eletrônica e das telecomunicações. Mas, nas placas de circuito impresso de qualquer aparelho eletrônico, se percebe que os capacitores são os maiores dentre esses componentes, ocupando o espaço de muitos transistores. Isto ocorre já que a capacitância é uma grandeza estreitamente relacionada às dimensões físicas das peças que compõem o capacitor, sendo difícil miniaturizá-lo além de um certo ponto.

Neste encontro estudamos, inicialmente, os resistores, buscando, primeiramente, maior conhecimento teórico destes com relação à constituição física, resistividade e aplicações. Como atividade prática, aproveitamos a oportunidade e fizemos associações em série e paralelo, usando diferentes resistores. Realizamos diferentes medidas da resistência dos resistores e associações.

A segunda atividade que desenvolvemos sobre resistência elétrica foi baseada em um artigo publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, de Rocha Filho, et al (2002, v. 20, n. 2, p. 228 – 236), com o título: Resistores de Papel e grafite: ensino experimental de

Eletricidade com Papel e Lápis. Desenhamos diferentes estilos de resistores e associações e medimos as resistências.

Essa atividade foi muito bem aceita e muito elogiada pelos professores do grupo pela facilidade com que pode ser desenvolvida, principalmente, pelo fato do material utilizado ser de baixo custo e de fácil acesso, mas, especialmente, elogiada pelo valor pedagógico e cognitivo, para ensinar o conceito de resistência elétrica aos alunos.

Outras atividades desenvolvidas nesse encontro foram baseadas no artigo publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, de Rocha Filho, et al (2005, v. 22, n. 3, p. 400 – 415), com o título: Construção de capacitores de grafite sobre papel, copos e garrafas plásticas, e medida de suas capacitâncias. Este artigo levou-nos à construção de capacitores de grafite depositado sobre garrafas plásticas e copos plásticos, com muito entusiasmo, envolvimento e interesse por parte dos professores pela atividade. Estes reconheceram a importância da atividade para desenvolver o assunto com seus alunos.

Um estudo teórico dos assuntos, bem como ilustrações dessa oficina e descrição das atividades desenvolvidas, estão colocados no apêndice I.

5.2.8 Estrutura do LDR, do Diodo, do Led e do Transistor

Em português LDR significa Resistor Variável Conforme Incidência De Luz. São dispositivos resistores fabricados a partir de semicondutores fracamente dopados, cuja resistência varia conforme a intensidade de radiação eletromagnética do espectro visível que incide sobre ele. Também conhecido como transdutor ou sensor que converte a luz em valores de resistência.

Os LDRs têm aplicações tecnológicas bem amplas, por exemplo, são responsáveis por controlar o acendimento automático do sistema de iluminação pública; em medidores de luz, em câmaras fotográficas, rádios-relógio e alarmes de segurança. Outra categoria de semicondutores, feitos de arseneto de gálio (GaAs), são usados em controle remoto de televisão, que opera na faixa do infravermelho, fora do espectro visível.

Outro componente muito presente em equipamentos eletrônicos é o diodo. Inicialmente, construído para detectar ondas de alta frequência, foi também utilizado como retificador de corrente, ou seja, para converter corrente alternada em corrente contínua. Foi o primeiro dispositivo eletrônico utilizado na construção de computadores. Com vários diodos foi possível construir a memória binária (0 e 1), através da detecção da passagem ou não de corrente elétrica.

Atualmente, os diodos, na sua grande maioria, são constituídos de material semicondutor de tamanho menor que os modelos anteriores. O diodo semicondutor é composto, basicamente, de cristal de silício ou germânio, em finas camadas, cujas faces opostas são dopadas por diferentes gases para formar as camadas positivas e negativas (P e N). Cada face tem características diferentes, gerando regiões condutoras com excesso de elétrons em uma e falta de elétrons na outra, separadas por uma região de equilíbrio por recombinação de cargas positivas e negativas, chamada de região de depleção, na qual surge a barreira de potencial, que é o fator dinâmico que impede a passagem de elétrons em um certo sentido.

Existem vários tipos de diodos, sendo que a maioria apresenta propriedades retificadoras. Podem também ser classificados conforme a capacidade de conduzir corrente, a tensão que suportam ou velocidade com que operam. Existem também os diodos emissores de luz, os famosos LED's, que possuem as mesmas propriedades dos diodos normais, porém, emitem luz.

Uma aplicação básica dos diodos é nas fontes de alimentação, para retificar a corrente elétrica alternada, já que quase todos os aparelhos eletrônicos funcionam com corrente contínua.

O LED - Diodo Emissor de Luz, ou dispositivo semicondutor emissor de luz, cujo funcionamento é, basicamente, igual a de um diodo comum, é mais um dos itens eletrônicos, amplamente, presentes nos aparelhos em geral. A luz visível que é emitida pelo LED é monocromática e é produzida pelas interações energéticas que ocorrem em nível eletrônico e envolvem recombinação ou aniquilamento mútuo de elétrons e lacunas, que geram a luz. A cor da luz emitida pelo LED é definida pelo gap do material semicondutor (amplitude energética entre os níveis de repouso e excitado dos elétrons de valência) assumindo uma cor característica, muito pura, monocromática. Existem também LEDs que podem emitir formas de luz que não são percebidas pela nossa visão, como a luz infravermelha e a ultravioleta.

Os LEDs, geralmente, são utilizados em substituição às lâmpadas de sinalização ou lâmpadas pilotos nos painéis dos instrumentos e aparelhos diversos. Também são empregados na comunicação óptica.

Os transistores vieram para substituir as válvulas que eram usadas para amplificar pequenos sinais elétricos em equipamentos de áudio e televisores. Enquanto as válvulas eram inconvenientes devido ao seu volume, sua fragilidade, produção de calor em excesso, entre outros, os transistores são pouco volumosos, operam em diferentes intensidades de corrente.

Temos hoje no mercado uma grande variedade de tipos, com diferentes capacidades e funções.

O transistor mais utilizado, atualmente, na operação e na memória temporária de computadores é o chamado MOSFET (do inglês *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*), devido o baixo consumo de energia, a rapidez com que opera e por permitir um altíssimo grau de integração. Descoberto em 1947, o transistor se popularizou e foi o principal responsável pela revolução da eletrônica na década de 1960. Suas principais funções são amplificar e chavear sinais elétricos.

Os transistores, hoje em dia, têm substituído quase todos os dispositivos eletromecânicos da maioria dos sistemas de controle, aparecem em grandes quantidades em tudo que envolva eletrônica, desde os computadores até os carros. Com computadores transistorizados a informação digitalizada é uma realidade global.

Neste encontro estudamos a estrutura física molecular do LDR, do LED, do Transistor e do Diodo, quatro componentes muito usados na eletrônica. Atividades práticas envolvendo o LDR já foram desenvolvidas nas oficinas 5 e 6 (apêndices G e H), quando estudamos a iluminação pública e os semicondutores, respectivamente, estabelecemos relações e destacamos as suas aplicações tecnológicas.

Em relação aos transistores, nós já os usamos na construção da célula fotoelétrica e do eletroscópio, porém naquela oportunidade somente destacamos a sua função e não estudamos sua estrutura. No entanto, nesta oficina estudamos sua composição física e suas aplicações em tecnologia.

Desenvolvemos três atividades demonstrativas sugeridas no livro *Aplicações da Física Quântica: do transistor à nanotecnologia*, de Valadares, Chaves e Alves (2005, p. 33-34), descritas no apêndice J. Há também, no apêndice J uma revisão teórica dos conteúdos e ilustrações relacionadas ao tema em questão.

5.2.9 Emissão termoiônica

O efeito termoiônico é a emissão de elétrons de metais, a partir de uma temperatura mínima. Todos os metais possuem em sua estrutura elétrons livres, com movimento desordenado devido a sua agitação térmica. Lima, Foschini e Magini (2001, p.3), definem o efeito termoiônico: “como a emissão de elétrons por uma superfície metálica aquecida”. Os primeiros sinais desse fenômeno foram observados em meados do século XVIII por Charles DuFay.

Outros trabalhos desenvolvidos em 1853 pelo físico francês Edmund Becquerel mostraram que é possível produzir corrente elétrica a partir de um potencial gerado entre dois eletrodos de platina quente, com ar aquecido entre estes. Ainda em 1883, Thomas A. Edison, verificou que elétrons são emitidos quando um metal é aquecido, por isso também chamado efeito Edison, ou, simplesmente, emissão termoiônica.

Como aplicação tecnológica, a emissão termoiônica é largamente usada na produção de válvulas e diodos, em diferentes formatos e tipos, para diferentes fins, geralmente, importantes nos aparelhos eletroeletrônicos. As válvulas que amplificam pequenos sinais elétricos em rádios e outros equipamentos de áudio e televisores, foram substituídas pelos transistores, mas ainda são usadas em projetos de amplificadores de áudio para bandas, em fornos de microondas, nos tubos de raios X, nos tubos de imagens por raios catódicos e em certas lâmpadas especiais. Ao contrário dos transistores, as válvulas além de volumosas são frágeis, consomem muita energia e geram calor excessivo. Elas precisam de certo tempo para funcionar, pois os eletrodos precisam ser aquecidos para emitir elétrons, que é o efeito termoiônico.

Inicialmente, discutimos teoricamente o efeito termoiônico, o que é e suas aplicações tecnológicas. Na oportunidade, observamos algumas válvulas de televisão que haviam sido providenciadas para servirem de recurso didático e assim melhorar a compreensão dos conceitos teóricos e o significado da atividade.

Na seqüência, com auxílio de alguns materiais simples, de baixo custo, construímos um esquema para observar o fenômeno.

Os professores se envolveram na atividade para entender o fenômeno, que, no geral, conheciam pelas válvulas de televisão, mas não sabiam explicar como ocorria o processo. Os televisores que têm válvulas em sua construção demoram para ligar, uma vez que elas necessitam de um período de fluxo de corrente para aquecer os filamentos dos cátodos.

Os conceitos estão mais teorizados no apêndice L, com ilustrações e com as atividades desenvolvidas nesta oficina.

5.2.10 A física quântica e a realidade

Para completar os encontros programados, neste último procuramos entender um pouco mais as aplicações da Física Moderna e como ela vem influenciando as diferentes áreas do conhecimento humano. Sabemos que o advento da Física Moderna, a relatividade e a

teoria quântica, causaram e continuam causando transformações, significativas, na vida dos seres humanos. Seu campo de ação se estendeu para além da Física, com desdobramentos importantes na Química e na Biologia, assim como em várias outras áreas do conhecimento. Para Rocha Filho (2004, p. 23)

A Física Moderna foi construída sobre um lastro de objetividade que assegurou a consistência de sua estrutura conceitual, baseada nos resultados organizados de múltiplos experimentos cientificamente controlados, realizados por cientistas de todas as partes do mundo desde o final de século XIX.

Para ilustrar este tópico, começamos assistindo o filme “Quem Somos Nós”. Os professores foram convidados para se sentirem à vontade, mas atentos e abertos às colocações que são feitas no filme, justamente por ser diferente dos filmes tradicionais. O filme é classificado como documentário por alguns físicos e muito elogiado pelo conteúdo que apresenta. Porém, outros desceram duras críticas a forma com que o conteúdo é apresentado, alegando a interpretação errônea das leis físicas, mais especificamente a Física Quântica.

Atividade Prática Desenvolvida:

Assistimos o filme: “Quem Somos Nós” e na seqüência foi aberto um espaço para discussão e debate das idéias apresentadas. Os professores fizeram comentários gerais, concordando com algumas afirmações e discordando de outras. Entretanto, no geral, ficaram admirados pelas diferentes maneiras com que a realidade pode ser concebida. Uma fundamentação teórica mais completa e a descrição das atividades desenvolvidas estão colocadas no apêndice M.

6. ANÁLISE DE DADOS – OPINIÃO DOS PROFESSORES

6.1 Sondagem Inicial

Para atender aos objetivos desse trabalho foi realizada uma sondagem inicial com os professores de Física que aceitaram participar dessa pesquisa, com a intenção de reunir recursos visando traçar um perfil do ensino de Física Moderna nas escolas de Ensino Médio do Extremo Oeste de Santa Catarina. No total 7 professores de 7 escolas públicas estaduais aceitaram o convite e colaboraram no desenvolvimento de todas as atividades propostas.

No meu julgamento a forma mais prática de reunir as informações desejadas, no primeiro momento da pesquisa, seria por meio de um questionário impresso – apêndice A, encaminhado para cada um dos professores pesquisados. Esse questionário foi respondido e as respostas foram analisadas em categorias. Com as respostas dos professores verificou-se a confirmação de nossas suspeitas sobre o Ensino de Física Moderna na região.

A seguir apresento os resultados obtidos na sondagem inicial.

6.1.1 Formação profissional e tempo de serviço

Os professores envolvidos nesse trabalho são todos efetivos como professores em cargos do magistério público estadual de Santa Catarina. Todos estão em efetivo exercício e possuem licenciatura em Física, são habilitados em duas disciplinas na licenciatura, sendo que seis também possuem habilitação para lecionar Matemática no ensino fundamental e médio, enquanto um possui habilitação também em Química. Todos frequentaram cursos de especialização, sendo que cinco se especializaram em Matemática, um em Matemática e Física, e outro em Química.

A tabela a seguir mostra a formação profissional dos professores envolvidos nessa pesquisa e também o tempo de atuação como professores de Física:

Professor	Formação profissional EF – Ensino Fundamental EM – Ensino Médio	Tempo de serviço – em anos – até 2006
A	Licenciatura: Matemática (EF e EM) – Física (EM). Especialização: em Matemática.	10
B	Licenciatura: Matemática (EF e EM) – Física (EM). Especialização: em Matemática.	3

C	Licenciatura: Matemática (EF e EM) – Física (EM). Especialização: em Matemática.	5
D	Licenciatura: Química (EM) – Física (EM). Especialização: em Química.	29
E	Licenciatura: Matemática (EF e EM) – Física (EM). Especialização: em Matemática e Física.	6
F	Licenciatura: Matemática (EF e EM) – Física (EM). Especialização: em Matemática.	26
G	Licenciatura: Matemática (EF e EM) – Física (EM). Especialização: em Matemática.	12

Pelas informações percebemos que os professores atendem a legislação no que diz respeito a formação mínima exigida para exercer a função docente nesse nível de conhecimento.

6.1.2 Formação profissional e Física Moderna

É fato que boa parcela das descobertas e dos conhecimentos construídos no século XX não fazem parte do currículo da educação básica, e não são abordados com a atenção que merecem nos livros didáticos. Na maioria das vezes são apresentados como textos ou capítulos complementares, no final dos livros da terceira série do Ensino Médio, o que de certa forma minimiza a sua importância como avanço do conhecimento humano.

Na graduação em Física, por sua vez, os tópicos de Física Moderna são, em geral, estudados em disciplinas vinculadas aos bacharelados, com ênfase na descrição matemática dos fenômenos, e pouca ou nenhuma atenção é dada às possibilidades metodológicas de ensino do tema ou suas consequências epistemológicas e tecnológicas. Essas disciplinas poderiam também ampliar a compreensão dos conceitos fundamentais para o entendimento do avanço científico do século XX e a realidade tecnológica, porém elas contemplam geralmente apenas a teoria, sem contextualização e sem experimentação, tornando o assunto pouco significativo para muitos licenciandos. Assim, embora uma parcela significativa provavelmente tenham domínio sobre as ferramentas matemáticas de descrição da realidade quântica e relativística, podem não estar suficientemente preparados para exercerem a função docente destes mesmos assuntos, pelo limitado conhecimento que alcançaram acerca da transposição didática correspondente.

Essa realidade levou-me a fazer o seguinte questionamento para os professores: na sua formação profissional cursou disciplinas envolvendo conteúdos relacionados à Física

Moderna? Teve outras oportunidades para se aprofundar nos conceitos dessa área do conhecimento?

Dos 7 professores que responderam a esse questionamento, todos afirmaram que tiveram poucas disciplinas de Física Moderna na graduação. Alegam que sua formação na licenciatura, nessa área do conhecimento físico foi deficiente e lembram muito pouco do que foi ensinado na época. É o que nos afirma o professor B, em seu depoimento:

Prof. B

Se não me engano tivemos uma disciplina de Física Moderna, mas foi bem enjoativa porque era bem teórica. Não me lembro do que nós estudamos exatamente na disciplina. Não tivemos nada que chamasse a atenção, era pouca coisa.

A opinião do professor B, expressa o sentimento dos demais colegas. É importante destacar aqui que 5 dos 7 professores envolvidos nesse trabalho, se formaram na mesma universidade e foram colegas de turma na licenciatura. Mas constata-se que a opinião deles não se difere dos outros dois no que tange as disciplinas de Física Moderna nesse nível de formação. Também o professor D de afirma:

Prof. D

Nós tivemos alguma disciplina relacionada a esse assunto, só não me lembro quantas. Lembro-me que estudamos algo sobre relatividade e as partículas atômicas, mas nunca de forma aprofundada. Nunca foi feita uma distinção clara entre Física Clássica e a Física Moderna.

Todo conhecimento sempre é fruto de um período e está relacionado a fatos que permitiram determinada descoberta. O professor D ao afirmar que “nunca foi feita uma distinção clara entre a Física Clássica e a Física moderna”, talvez sente que o ensino da evolução dos conhecimentos científicos e o ensino dos conhecimentos físicos em especial, são descaracterizados dos momentos históricos em que foram efetivados.

O acesso às informações relacionadas ao ensino de Física Moderna depois da graduação também se revela bastante limitado. Nos depoimentos todos os professores declararam que nunca participaram de um curso específico que tratou de teorias da Física Moderna e da didática de ensino desses conhecimentos. Fato confirmado no depoimento dos professores B e G.

Prof. B

Depois da graduação não tive uma oportunidade de aprofundar esse conteúdo. Realmente o acesso a essas informações foram muito limitadas.

Prof. G

Sobre Física Moderna só aquilo que tive na graduação, depois disso nunca mais participei de um curso que tratasse desse assunto, muito menos como ensinar esses assuntos aos alunos.

Os depoimentos dos demais professores são idênticos no teor do assunto. Porém, o professor F, em seu depoimento revelou que praticou leituras relacionadas ao assunto.

Prof. F

Na graduação estudei esse assunto de forma bastante restrita, depois apenas por leitura de livros e revistas especializadas, mas muitas vezes de difícil compreensão devido ao nosso analfabetismo em relação à Física Moderna.

Torna-se mais evidente a necessidade de oferecer oportunidades aos professores para que estes possam elaborar um planejamento mais apropriado e desenvolver um currículo de Física que atenda aos atuais paradigmas dessa área do conhecimento.

6.1.3 Física Moderna no Ensino Médio

Outro questionamento da sondagem inicial dirigido aos professores foi o seguinte: Se você trabalha conteúdos relacionados à Física Moderna: Qual é a metodologia que utiliza? Qual é a reação dos alunos diante dessa área do conhecimento? Qual é o interesse e o rendimento dos educandos nessa área do conhecimento? E se você não trabalha conteúdos relacionados à Física Moderna, qual a justificativa?

Como já havíamos previsto, os conteúdos relacionados a Física Moderna não são abordados pelos professores de Física do Ensino Médio. Esses assuntos, no geral, não fazem parte do planejamento dos professores em nenhuma série desse nível do conhecimento nas escolas envolvidas nesse trabalho.

A seguir apresento quatro depoimentos de professores que confirmam nossas suspeitas:

Prof A

É muito assunto para pouco tempo, como só tenho duas aulas por semana não consigo trabalhar todos os assuntos.

Prof B

Ainda não estou preparado para trabalhar Física Moderna, a não ser, involuntariamente, citando exemplos sobre a evolução das diferentes máquinas e o uso das mesmas por um bom número de pessoas do nosso meio.

Prof. C

Eu trabalho pouco se dá tempo no final da terceira série, geralmente não consigo nada. Mas uso a explicação, trabalhos em grupos e pesquisas como estratégias de ensino. A reação é boa, pois percebem que faz parte do seu dia-a-dia e pela importância que os assuntos têm.

Prof. G

É muito difícil de trabalhar esses assuntos, pois em primeiro lugar nem eu sei bem o que faz parte da Física Moderna, eu não me sinto preparado para trabalhar esses assuntos com meus alunos. Outra questão também é o tempo, já não consigo trabalhar vários assuntos que gostaria de trabalhar.

Pela fala dos professores é possível concluir que são vários os fatores que limitam o ensino da Física Moderna no Ensino Médio. A disponibilidade de tempo em aula, destacada pelos professores A, C e G, é insuficiente para abordar todos os assuntos do currículo de Física. A falta de conhecimento é outro fator, destacado pelos professores B e G, que limita as ações efetivas de ensino.

A professora C alega que trabalha alguns assuntos de Física Moderna quando sobra tempo. Quando isso é possível ela desenvolve as aulas utilizando diferentes estratégias de ação. Dessa forma ela percebe que os alunos gostam desses assuntos, pois percebem que fazem parte de seu cotidiano e pela importância que possuem.

6.1.4 Interesse dos alunos pela Física e pelas outras disciplinas.

Outra questão respondida pelos professores foi: como você percebe o interesse dos alunos em relação à Física, de um modo geral, em relação ao interesse que demonstram por outras disciplinas?

Destaco aqui a colocação dos professores B e C, que retratam o pensamento dos demais. Esses procuram trabalhar os assuntos usando diferentes estratégias de ação para evitar que a aula se torna monótona. Na opinião deles a maneira como o assunto é apresentado aos alunos é importante para ocorrer à aprendizagem. A diversidade de interesses por parte dos alunos pode interferir no rendimento desses.

Prof. B

Procuro trabalhar os conceitos para que se tornem interessantes, mas nem sempre é possível. Tenho alunos com muita facilidade em Física, mas outros também têm dificuldades e não gostam da disciplina. Acredito que alguma coisa sempre fica. Em relação as outras disciplinas, geralmente não se comenta muito sobre isso. Acredito que temos interesses diferenciados, pois somos todos tão diferentes.

Prof. C

A maneira como a disciplina é trabalhada pelo professor é que desperta o interesse dos alunos. Procurando trabalhar o conteúdo, bem como as avaliações, de maneira diversificada, apresentando situações interessantes e relacionadas ao dia-a-dia do aluno, fará com que a disciplina não se torne monótona, pois sempre haverá algo novo. Com relação as outras disciplinas, tudo depende do professor, sua criatividade e a maneira como conduz a sua aula.

Percebe-se também que, no geral, há pouca comunicação entre os professores de diferentes disciplinas. A ação disciplinar ainda é fato nesse nível de conhecimento e o planejamento de atividades interdisciplinares é muito restrito, quando acontece envolve poucos professores.

6.2 Um Novo Aprendizado

Depois de vários meses de envolvimento e inúmeras atividades desenvolvidas pelo grupo, as escolas foram visitadas para uma conversa com os respectivos professores e também com alguns alunos. O objetivo dessa conversa foi perceber o que de fato as atividades contribuíram em diferentes aspectos do processo ensino-aprendizagem de Física Moderna, como também as dificuldades sentidas.

Inicialmente fiz uma análise do diálogo estabelecido com os professores ao longo das oficinas e em cada uma das unidades escolares. Na entrevista foram várias as indagações aos professores sendo algumas elaboradas previamente, para não perder de foco o objetivo. Todos os diálogos nas unidades escolares foram gravados e posteriormente transcritos. As informações foram reunidas em categorias, e analisadas destacando-se determinados aspectos.

Conforme estamos conscientes, os professores de Física da região, em geral, poucas vezes participaram de cursos de aperfeiçoamento e formação continuada envolvendo temas específicos de Física, e mais raro ainda cursos envolvendo Física Moderna. Os que participaram dos cursos oferecidos, pouco proveito tiravam, na opinião deles, para melhorar a metodologia de suas aulas, pois nestes não se trabalhava com destaque a parte prática, ou seja, experimentos para demonstrar princípios teóricos. Normalmente, nestes cursos se discutia princípios teóricos, ou até mesmo estratégias, sem efetivamente encaminhar propostas que servissem de recurso aos professores para melhor trabalharem suas aulas com os recursos físicos e de ambiente disponíveis na escola.

Os professores compactuaram com a idéia das oficinas oferecidas como processo de formação continuada, assim como a metodologia usada para trabalhar os conteúdos.

Oferecer oficinas aos professores foi uma forma de suprir dificuldades e deficiências de conhecimento na área da Física Moderna, considerando conceitos básicos, ao mesmo tempo em que deu-nos uma oportunidade de ter acesso aos dados e informações que precisávamos.

A partir das falas dos professores foram criadas várias categorias que serão discutidas e analisadas. Foram destacadas as dificuldades encontradas para aplicar os experimentos em sala, com seus alunos, por diferentes motivos. Os professores destacaram a falta de laboratório, a falta de material e a falta de tempo para preparar atividades experimentais, como as maiores dificuldades por eles encontradas.

A troca de experiências nos encontros foi apontada como muito positiva, talvez por ser uma dificuldade geral dos professores, e em especial os de Física, se encontrar para trocar idéias e experiências, tarefas fundamentais para manter certa sincronia das atividades desenvolvidas nas diferentes escolas, e do currículo em questão.

6.3 Aplicação dos conhecimentos com os alunos

A tarefa dos professores foi aplicar com seus alunos das terceiras séries do Ensino Médio as propostas experimentais construídas em cada oficina. Cada tema foi estudado na parte conceitual e, ao mesmo tempo, foram desenvolvidas atividades experimentais para tornar as aulas e os assuntos mais atraentes de modo geral, como também possibilitar maior compreensão dos mesmos no sentido de construir conhecimentos mais consistentes.

Nos depoimentos dos professores ficaram evidentes varias questões que serão analisadas a seguir.

6.3.1 Dificuldades para aplicar o conhecimento com os alunos: falta de material e falta de estrutura nas escolas

Os professores trabalharam de forma parcial com seus alunos os conteúdos abordados e os experimentos construídos nas oficinas. O motivo é que as escolas em termos de estrutura de laboratório estão com sérias deficiências. Várias escolas sequer possuem uma sala específica para laboratório, como também não possuem material adequado para fazer demonstrações práticas. Vários professores apontaram essas dificuldades em seus depoimentos.

A maior dificuldade está ainda na questão do material que nós aqui não temos na escola. Daí muitos dos materiais tinha que estar comprando mesmo, pra ficar dando para os alunos. Material de laboratório que aqui não temos porque nós somos uma escola pequena. Que nem escolas maiores recebem e nós aqui não recebemos. Não temos laboratório de Física.

A escola na qual essa professora trabalha disponibiliza somente uma pequena sala com alguns materiais de Química. Não há laboratório de Física e a professora não dispõe de um ambiente adequado para guardar o material dos experimentos. Ela mostrou algumas caixas de papelão sobre armários na sala dos professores onde guarda os elementos que disponibiliza para realizar atividades experimentais com os alunos. Como não há uma sala específica para laboratório, desenvolve as atividades práticas na sala de aula ou até mesmo no pátio da escola.

Ainda a professora A, com relação ao material disponível na escola, demonstrando indignação, refere-se a um programa do governo do estado em que algumas das escolas, as maiores em número de alunos, foram contempladas com um *autolabor*, que vem acompanhado com materiais básicos de laboratório de Química e Física. O material do kit *autolabor* é bastante completo para atividades não muito complexas. Vários experimentos podem ser realizados com esse material, no entanto ele é deficiente em materiais de instrumentação como fontes e multímetros, necessários para realizar experimentos e observações que exigem maior precisão.

Para realizar com seus alunos algumas das atividades desenvolvidas nas oficinas, a professora conseguiu por meio da direção da escola, com que a APP (Associação de Pais e Professores), comprassem alguns multímetros digitais simples. Essa aquisição permitiu a realização de atividades envolvendo a parte da eletricidade, como condutores, semicondutores, resistores e outros. Em determinadas situações ela solicitou material aos alunos, sucata principalmente, ou mesmo chegou a comprar com seu próprio salário para poder tornar suas aulas mais atrativas, como comprova seu depoimento:

Prof. A

Que nem montar capacitores os alunos trouxeram garrafas descartáveis, trouxeram lixa, mas muitos materiais eu trazia mesmo, que nem lápis de grafite, papel milimetrado, isso que eles não tinham.

As professoras C e G também solicitavam material de seus alunos para efetivar a parte experimental, o que estava ao alcance deles.

Prof. C

Dependendo da atividade que for feita, que tiver ao alcance dos alunos, pedi pra eles trazerem, aí sim.

Prof. G
Eles trouxeram o material.

Essa é a realidade de quase todas as escolas envolvidas nesse trabalho. Há escolas com sala específica para laboratório de Física. Porém faltam as instalações adequadas e o material específico para fazer as atividades desejadas, necessárias para melhorar o desempenho dos alunos e que ao mesmo tempo ofereçam condições de segurança e garantia da integridade física dos mesmos. Certamente se os problemas fossem minimizados, seria possível maior construção de conhecimento, com aulas mais dinâmicas.

Os professores de escolas públicas (desde o que atua em grandes cidades como aquele isolado no meio rural) deparam-se, normalmente, com uma realidade escolar empobrecida. A escola não dispõe de recursos para que os professores possam providenciar material elaborado por eles para todos os alunos, como fotocópias ou outros. Além disso, não conta com carga horária disponível para o preparo adequado para o material didático. (RANGEL, 2002, p.42).

Outra professora denuncia:

Prof. B
Eu tenho uma experiência em que a direção prometeu comprar materiais de laboratório e eles ficaram só na promessa. De laboratório não temos nada, então fica difícil, não tem nenhum aparelhinho, mas eu fui e comprei para fazer algumas coisas com os alunos.

Sabe-se que a realidade financeira das escolas públicas não permite fazer aquisições de maior vulto. Estas conseguem manter as atividades com material que é adquirido na maioria das vezes com dinheiro arrecadado na realização de promoções. Geralmente as direções das escolas passam a responsabilidade da falta de material de laboratório para os governos e acabam não adquirindo o que é solicitado pelos professores. Enquanto procuram-se culpados pela situação lamentável, a realidade da prática educativa praticamente não muda.

6.3.2 Dificuldades: falta de conhecimento

Além da falta de estrutura para a realização das atividades práticas, outro problema significativo apontado pelos professores é a falta de conhecimento para trabalharem vários dos conteúdos de Física. Percebeu-se uma deficiência de conhecimento inclusive nos conteúdos relacionados à Física Clássica, mas especialmente o conhecimento de teorias

modernas e suas aplicações. No depoimento de uma das professoras isto fica claro, ao afirmar:

Prof. B

O conhecimento da teoria pra mim foi um dos grandes problemas [...] quanto a isso também não tem problema, eu digo para quem quiser ouvir que eu fiquei devendo, eu tenho meus limites, mas o que eu consegui, fiz com muito sacrifício, fiz com muito suor.

Essa professora faz pouco tempo que leciona Física e em sua fala demonstra certa aflição por não dominar todos os conceitos da Física do Ensino Médio. Ela está consciente de seus limites e está estudando para superá-los, ao afirmar:

Se você vai lá em casa está tudo cheio de livros, até na minha cama, pois sempre estou estudando, nunca estudei tanto física como este ano. Eu me senti muito limitada de um modo geral principalmente na eletricidade.

Não raras vezes os alunos cobram dos professores aulas mais práticas no laboratório e estes se sentem na responsabilidade de buscar informações e providenciar o material necessário gastando parte do seu salário para tanto.

Prof. G

Eu não vou acusar a falta de material, eu acho que em primeiro lugar a culpada sou eu, por que eu não tenho segurança em trabalhar isso. Por que parte do material você pode comprar, e porque também não faz parte do planejamento. Porque agora pra o ano que vem, eu tenho como incluir no planejamento e tentar trabalhar mais.

A professora G admite a falta de conhecimento para trabalhar determinados conteúdos, ainda mais envolvendo experimentos. Na entonação da fala a professora deixa transparecer uma sensação de culpa, de erro em seu método de trabalho e planejamento.

6.3.3 Dificuldades para aplicar o conhecimento com os alunos: a falta de tempo

Com a reestruturação da Grade Curricular do Ensino Médio, nas escolas públicas de Santa Catarina há duas aulas de Física de 45 minutos previstas em cada uma das séries, por semana, assim como a maioria das demais disciplinas. Essa reestruturação da grade faz parte da política do governo de Estado de igualar o número de horas aula para cada área de conhecimento, no Ensino Médio. Com essa política a “área das exatas”, como são conhecidas as disciplinas de Matemática, Física, Química e Biologia, tiveram redução significativa, praticamente pela metade, do número de aulas semanais para trabalharem os conteúdos

previstos na proposta curricular e desenvolver as competências e habilidades previstas nos Parâmetros Curriculares Nacionais. Não é mérito discutir neste momento as justificativas do governo para a política das reformas.

Essas mudanças estruturais exigem um novo jeito de *dar aula* dos professores. Uma nova metodologia está se fazendo necessária, assim como uma redefinição dos conteúdos previstos no currículo por grau de importância. Na realidade essa é uma das dificuldades dos professores, pois não estão conseguindo definir critérios claros para estabelecer uma hierarquia de importância dos conteúdos previstos na proposta curricular.

Assim, trabalham praticamente em todas as séries conteúdos considerados clássicos dentro da Física, e não raras vezes na seqüência apresentada no livro didático que o professor adota com seus alunos. Essa prática não permite que conteúdos modernos sejam trabalhados em seus conceitos básicos. Na proposta curricular de Santa Catarina, após uma exposição de conteúdos, clássicos e modernos, e metodologias a serem trabalhados no Ensino Médio, expõe o seguinte:

É possível argumentar-se que não é viável tratar de todas estas coisas com a mesma profundidade, que não há tempo para falar de tudo, que é preciso fazer uma seleção, que talvez não seja útil ou necessário explicar todas as forças da natureza, ou esclarecer que no interior das estrelas ocorre fusão nuclear, provocada pela altíssima temperatura que elas atingem em seu próprio processo de formação, ao cair sobre si mesmas por gravitação. Todos estes argumentos deverão à utilidade de se aprenderem todas estas coisas e quanto a haver ou não tempo suficiente para fazê-lo. Se há tempo para cinemática e eletrostática, de mais duvidosa “utilidade”, que tal selecionar? (1998, p.145).

Selecionar os conteúdos é uma tarefa que os professores ainda não conseguiram compreender. É uma prática que ainda necessita ser apreendida e para tanto os professores precisam necessariamente estar inseridos em programas de formação continuada. O critério estabelecido e mais adotado para determinar a ordem dos conteúdos a serem trabalhados geralmente é pelo grau de dificuldade para os alunos e pelo conhecimento dos próprios professores desse conteúdo. Um dos professores colocou o seguinte a este respeito:

Prof. D

Olha quando eu assumi as aulas de Física, eu levei uma coisa em consideração, eu passo para o aluno especificamente os assuntos relacionados ao dia-a-dia. Então, os bem abstratos só dou uma pincelada para ter um conhecimento e onde a gente pode fazer experiência faz-se a experiência para melhorar a compreensão, ele tem maior interesse e também ele vai a procura de mais conhecimento e informação dentro da física.

Assim acontece que cada professor estabelece seus próprios critérios para determinar a seqüência dos conteúdos a serem trabalhados. Pode acontecer que cada escola, na mesma fase do curso, estar abordando conteúdos diferentes, prejudicando de uma ou de outra forma os alunos que irão transferidos de uma escola para outra.

No decorrer dos nossos encontros ao analisar o momento ideal para se trabalhar com os alunos o assunto que estava sendo trabalhado na oficina, percebeu-se na fala dos professores que não há uma seqüência única nas diferentes escolas dos conteúdos programáticos. Determinados conteúdos nem estão previstos no planejamento anual dos professores.

A falta de tempo em sala de aula para trabalhar os assuntos, pode provocar uma deficiência no conhecimento do aluno. Uma grande porcentagem dos alunos ao completar o Ensino Médio presta vestibular para seguir seus estudos numa universidade e dessa forma poderá ser prejudicado. Mesmo o vestibular não sendo o principal objetivo do Ensino Médio, para muitos alunos ele passa a ser um obstáculo quando disputam uma vaga em universidades públicas e cursos mais tradicionais, que representam certo *status*.

A possibilidade de selecionar os conteúdos, deixando de trabalhar conteúdos clássicos e propondo outros mais modernos, necessita ainda um período de discussão e adaptação. Os professores sentem-se acuados e resistem às mudanças. Enquanto, de um lado as teorias educacionais exigem mudanças, por outro os concursos e vestibulares ainda são tradicionais. A dificuldade em mudar de concepção está no depoimento de uma das professoras.

Prof. G

Poderíamos fazer sim, mas que seria um desafio, que nós temos que primeiro estudar. Nós temos que estudar exatamente, por que, por enquanto tu vejas que aquela que nós estamos aplicando, todos os concursos que eu estou acompanhando, que nem meu irmão, fazendo vários, sabe qual é o básico da Física? Exatamente o das primeiras séries. É cálculo do espaço tempo, aquelas coisas, leis de Newton, mais básicas possíveis, é isso que estão cobrando.

A professora vê a seleção de conteúdos como um desafio, e que esta proposta precisa ser muito bem analisada pelos professores para não cometerem injustiças com os alunos, em deixar de trabalhar assuntos que ainda são cobrados em concursos e testes de seleção. Mas ao mesmo tempo ela tem a consciência de que é preciso inovar para poder entender a realidade tecnológica na qual estamos inseridos, quando afirma:

Mas para entender a tecnologia de ponta, precisa-se a Física Moderna, de repente a gente não percebe tanto porque a gente não tem o conhecimento suficiente.

A dificuldade em administrar o tempo disponível com relação aos conteúdos propostos foi destacada por outros professores.

Prof. E

Faltou material e faltou tempo também, eu não tinha me organizado para isso.

Aqui o professor E está se referindo as atividades desenvolvidas nas oficinas e que não estavam previstas no seu planejamento, e não trabalhou todas as atividades com seus alunos.

Prof. G

Muitos dos experimentos que a gente fez da Física Moderna, os textos e tudo mais, eu não chego a passar Física Moderna para eles, nunca tenho tempo para isso, tenho só duas aulas por semana e às vezes ainda não tem aula por causa de outras coisas.

A professora demonstra angústia na sua fala, assumindo a culpa e a responsabilidade pelos conteúdos não trabalhados.

6.3.4 Dificuldades para aplicar o conhecimento com os alunos: falta tempo para preparar aulas

Os professores envolvidos no trabalho são todos efetivos e trabalham quarenta horas semanais, alguns chegando a sessenta horas, trabalhando nos três turnos. Não têm disponibilidade de tempo suficiente para preparar aulas e fazer a parte burocrática exigida pelo sistema. Geralmente aproveitam o final de semana para corrigir provas e trabalhos, assim como organizar as atividades para a semana, deixando para segundo plano a família e o lazer.

A boa vontade dos professores não é suficiente para desenvolver atividades experimentais de forma satisfatória quando há falta de estrutura na escola, como laboratórios e equipamentos adequados, além de auxiliares para a organização dos experimentos. Os professores nem sempre dispõem de tempo para providenciar o material, e às vezes gastam do seu salário para comprar determinados itens. Depois de reunido o material ainda prepararam o experimento e reorganizam o ambiente para atividades futuras. O professor usa a boa vontade para superar esses obstáculos, como afirma um deles.

Prof. E

Eu acho, até o material se consegue arrumar, às vezes é necessário um pouco de boa vontade, agora o problema também é tempo para preparar, ter tempo para correr atrás.

Quando não se disponibiliza material novo, várias atividades experimentais podem ser desenvolvidas aproveitando-se material de sucata. Mas determinados experimentos exigem instrumentos mais sofisticados para se garantir o sucesso proposto. Para nossas atividades parte do material foi solicitado por meio de projeto¹, para a Gerência Regional de Educação, que atendeu parcialmente nossa solicitação. Contamos também com a gentileza de pessoas conhecidas que emprestaram equipamentos, como multímetros mais sofisticados. Mesmo assim, os itens faltantes foram comprados com a colaboração dos professores do grupo. Toda essa realidade, pouco favorável, exigiu empenho e tempo dos professores para efetivar as atividades planejadas

6.4 Envolvimento dos alunos nos experimentos

É desafiador para os professores manter a aula num nível dinâmico para que ela seja atrativa de forma que os alunos mantenham a atenção voltada para as atividades propostas em cada período. O professor, além de dinâmico, precisa ser flexível com as diferenças de seus alunos para atrair a atenção ao conteúdo. O acesso à informação fora da escola é amplo para boa parte dos alunos, e por vias mais atrativas para o estudante adolescente do que a escola é capaz de oferecer. O professor precisa competir com a televisão, com a internet, com o celular, e usar um espírito envolvente para construir o conhecimento com seus alunos. O desafio é maior para as escolas e um contingente de professores que ainda não tem acesso a Internet e mesmo ao celular.

O jeito tradicional de “dar aula”, onde o professor explica repassando o conteúdo em sala, como se fosse o único detentor do conhecimento não é atraente para os educandos. Assim esperam-se diferentes vias dinâmicas de apresentar a informação e colocar o aluno em contato com ela para despertar curiosidade e o envolvimento. O quadro de parede, o giz ou o

¹ Foi elaborado e encaminhado a Secretaria de Desenvolvimento Regional (SDR), um projeto com a proposta de formação continuada para os professores de Física. O projeto previu a realização das oficinas pedagógicas, somando 30 horas presenciais e também 30 horas para os professores aplicarem as atividades práticas em suas aulas. O projeto foi aceito pela equipe pedagógica da secretaria e forneceu parte do material para o desenvolvimento das atividades práticas. Todos os professores que participaram das oficinas receberam um certificado expedido pela Secretaria de Estado da Educação, Ciência e Tecnologia, valendo 60 horas de curso, podendo ser utilizado para concursos de títulos e avanço na tabela salarial conforme plano de carreira.

pincel e o livro didático fazem parte do ambiente escolar e são recursos importantes para o trabalho do professor, porém insuficientes se comparados com os meios modernos de comunicação da atualidade. Dos professores é cobrada criatividade para envolver os alunos no processo de ensino-aprendizagem. Não existem fórmulas prontas. Para cada conteúdo e para cada turma exigem-se elementos para gerar momentos significativos e tornar a aula atrativa.

O professor precisa “aprender” que a qualidade do seu ensino está na qualidade de sua comunicação. Paradoxalmente, não são os alunos que não sabem aprender, mas os professores que não sabem ensinar. Um professor pode conhecer muito sobre sua matéria, mas a forma de como ela é transmitida é que faz a diferença. O que tem de acontecer é uma poderosa sintonia entre professor e aluno. (BINI, 2005, p.18).

Os professores de Física sabem bem o que os alunos pensam da disciplina se ela é trabalhada de forma tradicional. Um dos objetivos do trabalho desenvolvido foi dar aos professores um suporte teórico e experimental de assuntos de Física Moderna. Atividades que pudessem ser desenvolvidas com os alunos em sala de aula, desde que tivessem à disposição alguns materiais básicos e um ambiente minimamente apropriado.

Na fala, os professores demonstram a satisfação dos resultados que obtiveram, do envolvimento dos alunos de um modo geral nas atividades práticas que desenvolveram durante as aulas, apesar de várias dificuldades com materiais e ambiente.

Prof. A

Era um envolvimento muito maior da turma. Por que aí eles podiam estar vendo na prática e eles estar vendo os resultados, através de fazer medições. Então o envolvimento era muito maior do que fazer apenas cálculos ou passar apenas a teoria do livro.

Prof. B

Pela primeira vez consegui fazer umas experiências fantásticas, essas que nós tivemos nos encontros e outras também de Física clássica que você mostrou. Só que não tem como fazer todas, como já te coloquei, são duas aulas por semana, e estou perdendo uma após a outra com outros programas da escola, então o conteúdo não anda. Pretendo fazer ainda alguma coisa. O que eu fiz, foi dar um experimento para cada dois alunos e estes apresentavam para a turma, aí consegui mostrar alguma coisa ao menos.

Além das atividades envolvendo conceitos modernos, por solicitação do grupo foram aproveitados momentos oportunos para mostrar algumas atividades experimentais relacionadas a conceitos clássicos. São esses experimentos aos quais a professora B faz referência em seu depoimento.

Na fala da professora B, mais uma vez se evidencia a falta de tempo para trabalhar os conteúdos previstos no programa. Quando foi entrevistada ainda restavam algumas aulas para fechar o ano letivo, e ela iria ocupá-las para trabalhar alguns conteúdos pendentes,

acompanhados com experimentos. Essa professora, para ganhar tempo, envolveu os alunos diretamente na preparação das atividades experimentais, como também na apresentação dos mesmos.

Enquanto o professor E destaca o envolvimento e o gosto dos alunos pela parte prática, o professor F revela outro fato ao qual nenhum outro professor fez referência. Na fala desse professor, nem todos os alunos se envolvem satisfatoriamente nas atividades práticas. Para alguns a prática parece não acrescentar algo significativo em seu conhecimento, deixando transparecer que a atividade não atrai.

Prof. E

Se envolvem, se envolvem muito, na verdade é a parte que eles mais gostam, essa parte prática.

Prof. F

Olha, quando você faz a parte prática sempre existem os dois grupos: aquele grupo que participa, que faz tudo, que ajuda, que tem interesse e aquele grupo que fica olhando de longe assim, fazendo as piadinhas deles e não se ligam, mas são sempre alguns. Agora a grande maioria se envolve.

Somente no estilo de aulas copiadas, onde o professor é o detentor do conhecimento e o aluno faz papel de receptor passivo é possível obter silêncio absoluto. O contrário ocorre ao fazer atividades experimentais, onde o aluno faz parte do processo de construção do conhecimento. O envolvimento se caracteriza pela indagação, pela opinião impossibilitando uma aula silenciosa.

Delizoicov e Agnotti (1992, p. 26) destacam:

A questão, a resposta, o lúdico, a imaginação, a construção mental desenvolvida pelo aluno são de fundamental importância no processo da sua formação, pois são características do adolescente.

Seguramente, numa sala de aula, onde as variáveis acima são encaradas como um desafio constante tanto para o professor como para o próprio aluno, haverá muito mais chance de efetivamente se estabelecer um clima fértil de troca de saber e de aprendizagem da Física. Pode-se, assim, evitar o estigma da monotonia e aridez dos cursos de Física.

Cada ser ao longo de sua vida desenvolve um *modelo lingüístico* (BINI, 2005) pelo qual se expressa e se comporta. Esse modelo é formado através de experiências e informações ao longo da existência de cada ser. Os indivíduos percebem o mundo de forma diferenciada, enquanto uns são mais visuais, outros são auditivos e ainda, outros são cinestésicos. Para Bini, são os três modelos de percepção mais importantes que se manifestam

na aprendizagem: “Cada aluno tem um modelo de aprendizagem diferente um do outro. Uns aprendem visualmente, outros auditivamente e outros cinestesticamente.” (BINI, 2005, p. 16).

Ainda em relação às atitudes dos alunos, sobre as diferenças em sala de aula, Hoffmann afirma o seguinte:

As questões socioafetivas não estão desvinculadas das questões cognitivas. E é responsabilidade do professor em trabalhar com elas. Entretanto, crianças agitadas, jovens desatentos, distraídos, alguns mais briguentos que outros, representam o absolutamente normal em uma sala de aula, considerando ainda as desigualdades sociais e culturais. Não imagino como possamos desejar que todos os alunos apresentem o mesmo comportamento ou idênticas linhas de conduta. (2004, p. 99).

Sabemos que é atribuída ao professor a responsabilidade de trabalhar as diferenças no cotidiano no sentido de formar cidadãos autônomos, críticos e acima de tudo cooperativos. “O perigoso está em exigir atenção, interesse, disciplina como únicos determinantes da aprendizagem, sem buscar outras razões para as dificuldades dos alunos” (HOFFMANN, 2004, p. 100).

O trabalho das oficinas foi envolvente, sentiu-se o comprometimento do grupo de professores e gerou-se uma perspectiva inclusive para os alunos. A professora G, em seu relato, mostra que repassou a seus alunos os conhecimentos produzidos nas oficinas. As oficinas eram realizadas nos sábados de manhã e os alunos solicitavam da professora um relato do que havia sido desenvolvido no encontro.

Prof. G

Eles gostaram, claro todo aluno ele adora de fazer a parte prática. Mas cada experiência que a gente fez lá, mas até inclusive, eu sempre comentei, cada sábado que eu vinha, eles sempre, sempre, queriam saber, na próxima aula, o que vocês aprenderam. Sempre eu explicava pra eles como a gente trabalhava, e o que tinha que fazer.

Devemos destacar aqui que os alunos vêm com gosto e valorizam o professor que se envolve em atividades que possam melhorar a qualidade da aula. Eles reconhecem o esforço do professor e estabelecem com ele um relacionamento de maior confiança e o próprio professor adquire mais autoconfiança no trabalho que desenvolve.

6.5 Destaques nos experimentos

Uma das indagações feitas aos professores foi em relação ao envolvimento dos alunos nas atividades experimentais. Perguntamos se, na opinião do professor, houve alguma

modificação nas atitudes dos seus alunos, como por exemplo, se os alunos de maior destaque continuavam se destacando, ou se os alunos com maiores dificuldades se envolviam mais e se superavam. Um dos objetivos do trabalho foi também determinar em que medida os experimentos envolvendo conceitos de Física Moderna poderiam ampliar o interesse dos alunos pela Física, de um modo geral.

Na opinião de alguns professores todos os alunos que se envolvem nas atividades experimentais, tanto os que já são destacados como também os que geralmente apresentam certa dificuldade, demonstraram um alto nível de superação.

Prof. A

Olha aí daria pra dizer que o envolvimento é de todos, principalmente na hora de fazer as medições você pega justamente àqueles que mostram menos interesse. Assim, em sala, dependendo do assunto que era trabalhado não tinha muito envolvimento. Ali o interesse deles é bem maior e você consegue fazer com que toda a turma se envolva.

A professora A, em seu relato aponta a superação dos alunos com dificuldade ao se envolverem nas atividades propostas, assim como o envolvimento dos que já eram destaque. Foi interessante a estratégia usada pela professora para envolver os alunos com menos interesse, dando a eles a oportunidade de realizarem as tarefas de destaque na atividade.

A professora C, revela que alunos brincalhões em sala se revelam nas atividades experimentais. Na verdade todos se envolvem, a turma de um modo geral, ninguém fica de fora.

Prof. C

Olha, complicado por que tem alguns que se destacam em brincadeiras e se destacam no laboratório também, na realização do experimento. Então é difícil você não ter o envolvimento da turma no geral no todo, independente se é um bom aluno que se destaca na teoria ou se é só aquele que se destaca na prática. Fica complicado você dizer que tem aluno que não se envolva. Todos, ninguém fica de fora.

Na opinião dos professores D e E, o envolvimento dos alunos nos experimentos é relativo, dependendo do assunto que está sendo estudado. Destacam em suas falas, que em determinadas situações os alunos considerados fracos na teoria se sobressaem na prática, o que não acontece em outras situações. Mas há alunos que se destacam na teoria e na parte experimental.

Prof. D

Olha assim, tem diversidade, dependo do assunto, as vezes, eu tenho aluno com nota, dá pra dizer, são fraquinhos mesmo e daí eles se destacam na experiência. Também tem os alunos que são bons na teoria e bons na prática.

Prof. E

Dependendo a situação são aqueles que estão mal, aqueles que tem mais dificuldade na teoria e na prática eles se envolvem mais, as vezes. Depende a situação, tem situações que também não.

Na opinião dos professores F e G, os alunos que se destacam na teoria também se superam nas atividades experimentais. São eles que se envolvem mais e possuem maior clareza dos objetivos da atividade, fator que serve de estímulo para conseguir as coisas. Enquanto os alunos com dificuldades em sala também mostram dependência maior na prática.

Prof. F

Geralmente quem tem dificuldade nos estudos não vai muito atrás do material, quem já vai melhor na parte teórica, ele já consegue entender melhor o porque das coisas, ele consegue também. Ele tem o próprio interesse em querer aprender, ele participa, se empenha mais.

Prof. G

São os alunos que são destaque, são eles que se sobressaem. Mesmo se não tem como fazer na sala, eles vão atrás, eles buscam. Por que aquele aluno que vai na carona o ano inteiro, continua até na hora da prática, fazendo experiência são os que continuaram indo na carona. Termos de relatório também não, ele falta, falta alguma coisa. Também não vou julgar de igual pra igual, porque nós somos todo mundo diferentes. Que nem na parte prática eu sou uma que tenho bastante deficiência, por isso o aluno também.

Sempre é desafiador para o professor envolver esses alunos com dificuldade no processo de aprendizagem, exige dele criatividade e atividades diferenciadas. Fica em aberto a questão de se o professor pode ou consegue exigir de seu aluno aquilo para o qual ele mesmo não está motivado ou não gosta de fazer.

O segredo “é gostar do que estamos fazendo”, isto é, colocar toda nossa energia, toda nossa doação psicológica e emocional na aprendizagem. Até mesmo uma simples arrumação de casa, organizar um arquivo, preparar aulas, conversar com um aluno desobediente, corrigir provas, até a realidade de uma meta edificante. Gostar do que estamos fazendo gera uma ação-reação psicológica vislumbrante. (BINI, 2005, p. 44).

A aprendizagem não é necessariamente fazer aquilo que gostamos, mas gostar daquilo que fazemos. Há coisas que precisamos aprender que divergem dos assuntos que gostamos, porque fazem parte de um sistema estruturado.

6.6 Teoria e prática são inseparáveis

Teoria e prática se complementam, são interdependentes. O que geralmente ocorre no cotidiano escolar é que a parte experimental não assume um espaço significativo no planejamento das aulas do professor de Física. Na maioria das vezes trabalha-se somente a parte teórica, com cálculos fictícios. A parte experimental quando trabalhada, ocorre como complemento depois de ter sido estudada a teoria. O professor procura mostrar para seus alunos que a teoria é verdadeira. Nos casos em que os resultados dos experimentos não são compatíveis com a teoria, geralmente se atribui o erro ao método usado, ou ao material que não tem as características apropriadas para tal.

Os experimentos devem fazer parte do processo de construção do conhecimento, não como atividades isoladas da teoria. A teoria que explica o processo experimental deve ser trabalhada de forma interdependente à observação dos fenômenos. A construção de conceitos para os alunos é mais significativa quando se parte de uma realidade experimental e paralelamente procura-se compreender os porquês dos fatos. Essa é a idéia defendida pela professora C.

Prof. C

Eu faço a prática e vou questionando a teoria. Partindo das conclusões que eles tiram, ne, - como é que vou dizer assim, como é que vou explicar – a gente vai fazendo a experiência, em cima das experiências são formuladas os questionamentos e eles vão então direcionando a teoria, eles vão criando conceitos e tirando suas próprias conclusões.

A professora A concorda que as atividades experimentais facilitam a compreensão. Para ela, deve-se partir da prática para construir conceitos teóricos.

Prof. A

Normalmente eu trabalhava primeiro a parte prática para depois passar parte como o livro trabalhava, porque daí a compreensão era bem mais rápida. Eu acho que trabalhando primeiro a prática eles entendem mais facilmente a teoria, pra entender a física em todas as situações do dia-a-dia. Depois partindo da prática para a teoria, eu acredito que seja mais fácil do que ficar só na teoria.

Na medida em que o professor proporciona atividades experimentais, com indagações e contribuições conceituais, os alunos conseguem compreender o processo do experimento e a teoria, paralelamente. A teoria é inseparável da atividade empírica, o que ocorre posteriormente é uma complexificação da teoria explorando de forma mais profunda as diferentes possibilidades que permitem ao aluno construir os seus próprios conceitos.

O professor D confessa que para ele não existe um padrão único que deve ser seguido e que com sua experiência de trabalho usa diferentes métodos para construir o conhecimento.

Prof. D

Eu sempre troco essas coisas, as vezes trabalho primeiro a teoria e pesquisa, vão procurar, depois faço a experiência. Tem ocasiões onde a gente faz primeiro a experiência e depois vê a teoria.

Na sua prática há situações em que ele orienta seus alunos para reunirem elementos por meio da pesquisa para compreender os fundamentos teóricos e depois fazerem atividades experimentais para consolidar a compreensão dos conceitos do assunto em questão. Já em outras situações parte de uma observação experimental, dos fenômenos observados, para construir os conceitos.

Acreditamos que não é possível efetuar uma atividade experimental sem o mínimo de teoria. Ao iniciar com o aluno o estudo de um determinado assunto, desconhecido para o estudante, propondo atividades experimentais introdutórias, é fundamental que o professor seja um guia na execução do experimento e observação dos fatos. O professor deve induzir o aluno ao raciocínio, questionando e solicitando suas opiniões, inserindo-o no processo. O professor como mediador deve destacar o que de fato é relevante na atividade, considerando os objetivos propostos.

6.7 Os experimentos aumentam a compreensão e o interesse pela Física

Em uma visão menos tradicional de educação deve haver constante envolvimento e participação dos estudantes no processo de construção do conhecimento, isso em todas as etapas. Esse processo se inicia no planejamento dos conteúdos e atividades a serem desenvolvidas, assim como na execução e avaliação do plano.

As atividades experimentais, por si só, descontextualizadas da realidade na qual os alunos estão inseridos, não produzem os efeitos necessários para melhorar a compreensão dos temas em estudo. Por outro lado, se as atividades experimentais estão previstas no planejamento do professor, foram combinadas com os alunos e executadas dentro de um contexto significativo, melhoram o aprendizado dos educandos.

Quando é possível ao professor utilizar-se de experiências e de material concreto para a descoberta de novos conceitos, isso deve ser feito. Mas quando se trata de conhecimentos abstratos, de idéias, é preciso levar em conta os conhecimentos prévios dos alunos para não exigir-lhes um nível de raciocínio para o qual não possuem estruturas cognitivas já desenvolvidas, porque, neste caso, sem estarem mobilizados para o assunto, curiosos, interessados, não haverá atividade cognitiva. Da mesma forma, um assunto que já dominem ou conheçam, repetitivo, nada lhes provocará em termos de desafios cognitivos (não haverá atividade mental).(RANGEL, 2002, P.56).

Nossa preocupação foi construir uma proposta de atividades que pudessem influenciar o processo cognitivo. Atividades experimentais que estivessem contextualizadas conforme a realidade dos alunos, acompanhadas de uma fundamentação teórica dos conteúdos. Para que, quando aplicadas pelos professores em suas aulas, não se resumissem a meras repetições sem importância ou significado e assim melhorar o envolvimento e o entendimento dos conteúdos por parte dos alunos.

Na fala dos professores percebem-se mudanças de comportamento dos alunos em relação à Física, o que denotam modificações na própria percepção do estudante sobre o processo. Os experimentos serviram de estímulo para superar as dificuldades e aumentar a persistência para achar a solução de problemas. Ao ser questionada sobre mudanças percebidas no modo de agir e no rendimento dos alunos ao desenvolver atividades experimentais, a professora G respondeu:

Prof. G

Sim com certeza. Que a gente vê a diferença assim, quando ele erra ele faz de novo, ele fica mais persistente, essa é a diferença. E na teoria a gente faz a avaliação, a gente faz a recuperação, mas ele não busca fazer ele mesmo. Então a parte prática fica, então quando ele erra, ele faz toda questão tudo de novo, eu quero fazer de novo. Essa é a diferença, isso se percebe. Ele vem, ele mostra e pergunta, daí ele quer fazer de novo pra acertar.

A professora B, para ganhar tempo, distribuiu tarefas para os alunos, na forma de um experimento para cada dois alunos, que ficaram com a responsabilidade de fazer a apresentação e demonstração aos seus colegas em sala. Ela se surpreendeu com a capacidade de busca e superação de seus alunos para achar os elementos necessários para cumprirem a tarefa a eles confiada. Houve melhor aproveitamento e rendimento dos alunos. Como professora de Física iniciante ela demonstrou satisfação, como se pode entender no texto abaixo:

Prof. B

Eles são os bons nos experimentos, eles são melhores, pode dar uma atividade mais complexa pra eles, que eles fazem. Com a parte prática a parte teórica ficou melhor compreendida, o desempenho melhorou.

Também na fala da professora C se percebe que a compreensão e o rendimento de seus alunos melhorou. Trabalhar a teoria com observações práticas amplia o poder de compreensão.

Prof. C

Com certeza o entendimento deles ficou bem melhor, porque eles vêm na prática o que acontece, o que antes era sempre comentado só na teoria. Não deixa de ser comentada a teoria, porém com o prático junto ele vê e comprova a situação.

Os professores E e F também compartilham a idéia de que os alunos vêm os experimentos como uma motivação especial para o estudo, o envolvimento deles significa maior compreensão da teoria, e isso deve ser considerado.

Prof. E

Tem diferença sim, eu acho que se ele faz na prática ele vê algo diferente nisso e deve ser avaliado também.

Prof. F

Sim, o aluno que participa da prática é o aluno que consegue entender a teoria.

É necessário que toda atividade prática experimental seja planejada para que possa ser desenvolvida e compreendida pelos alunos no seu nível de conhecimento. A manipulação de materiais por si só não representa avanço no conhecimento. É fundamental que o professor direcione e “provoque” os alunos, constantemente, nas atividades práticas, jamais deixando-os sem orientações. A esse respeito Rangel, afirma o seguinte:

o material deve ser escolhido e utilizado de acordo com um propósito e em determinada direção. O professor não pode ficar passivo, assistindo às tentativas e aos erros de seus alunos. Ele precisa questionar, reconduzi-los em determinadas direções e não deixá-los, totalmente, livres. Se a aprendizagem se desse melhor dessa forma não haveria necessidade de professores nas escolas. (2002, p.57).

O professor não deve centrar em si as atividades, ao mesmo tempo que não pode atribuir todas as responsabilidades de aprendizagem aos alunos. As atividades devem ser delegadas conforme a capacidade e o nível de conhecimento dos envolvidos, ao mesmo tempo que estes são desafiados e chamados à responsabilidade para que o máximo de proveito seja tirado das tarefas em andamento.

6.8 A superação dos alunos em outras disciplinas com a atividade prática

Nosso sistema educacional ainda segue uma tradição disciplinar forte e enraizada. Apesar das evoluções percebidas nos últimos anos a favor da interdisciplinaridade, esta é uma prática ainda não efetivada nas nossas escolas. O planejamento ocorre de forma disciplinar e, somente, em casos isolados algumas atividades são planejadas por dois ou mais professores de disciplinas diferentes.

Os professores, geralmente, não dispõem de tempo suficiente para planejar e organizar as atividades da própria disciplina, o que dificulta ainda mais atividades interdisciplinares, que exigem mais presença e detalhamento na organização. Da mesma forma, os professores raramente comentam o desempenho dos alunos com outros professores. O conselho de classe, que tem como principal objetivo avaliar o desempenho dos alunos, não raramente se resume a comparação de notas das diversas disciplinas.

O trabalho disciplinar e a ausência de diálogo entre professores sobre o desempenho dos alunos são, percebidos nos depoimentos destes. Quando questionados se alguém havia se sobressaído na disciplina de Física e em outras disciplinas ao se envolverem em atividades experimentais de Física, as respostas foram parecidas.

A falta de tempo, a falta de diálogo, a falta de planejamento e a falta de contato são algumas das justificativas alegadas pelos professores para não saberem do desempenho dos alunos nas outras disciplinas, como mostram os seus depoimentos.

Prof. A

Na verdade é pouco tempo (...), daí esse contato a gente não tem muito, a gente não se conversa muito entre professores nesse sentido, para ver esse resultado final.

Prof. B

Não fiz essa análise, não fiz essa comparação diretamente. É que nós temos uma deficiência na escola com planejamento e socialização, é uma pena, mas espero melhorar no futuro.

Prof. C

Não, não tenho essa informação, não posso dizer, pelo pouco contato com os outros professores, pelo pouco tempo.

Prof. D

Eu não tive contato, assim a gente não comentou isso com outros professores. Mas a gente nota o seguinte, o interesse deles, para uma profissão, posso pegar o exemplo da eletricidade, da eletrônica, da mecânica, a gente vê alunos fazendo cursos fora, por correspondência para ter um conhecimento maior nessas áreas.

Prof. E

Em relação a outras disciplinas não tenho esse conhecimento, não sentamos para conversar com outros professores sobre notas.

Prof. F

Bom a gente comenta bastante com os outros professores a questão da classificação dos alunos. O aluno que participa na prática em Física são os que participam também nas outras disciplinas.

Prof. G

Eu percebendo como um todo não. Que a gente chegou a comentar não.

Dois dos depoimentos chamam atenção por se diferenciarem dos demais, os do professor D e o do professor F.

O professor D não soube informar se os alunos melhoraram seu desempenho em outras disciplinas, assim como os demais. Mas percebeu que os experimentos serviram de estímulo para alguns alunos estudarem em cursos não relacionados à escola que frequentam. Esses alunos, certamente, já despertaram, estão definindo uma profissão que pretendem seguir e já buscaram um meio de se aperfeiçoar. Cursos de eletricidade, de eletrônica e de mecânica, citados pelo professor, exigem conhecimentos físicos gerais. Conhecimentos mais modernos de Física se fazem necessários no curso de eletricidade e, especialmente, no curso de eletrônica. Na hora da entrevista o professor demonstrou orgulho e alegria pelos alunos, além da satisfação com os resultados que obtiveram das atividades desenvolvidas em suas aulas de modo geral.

O professor F, ao contrário dos demais, alega comentar bastante com seus colegas o desempenho dos alunos. Estes percebem que o desempenho e a participação, são parecidos em todas as disciplinas. Na percepção desse professor o aluno especial, geralmente, se destaca em mais disciplinas.

A pluralidade e diversidade de alunos é um desafio para os professores no cotidiano escolar. É necessário que o ritmo e a individualidade de cada um seja respeitado.

Alunos que têm seu ritmo e nível de desenvolvimento respeitados, isto é, que se sentem desafiados na justa medida são alunos tranquilos, seguros de suas possibilidades, que gostam de aprender. A sala de aula não é um espaço de mutismo, mas de uma atividade produtiva, com trocas benéficas a todos. (RANGEL, 2002, p. 45).

Ao professor cabe o desafio em atender tanto o aluno com maiores dificuldades e menores conhecimentos prévios quanto os que já possuem maiores conhecimentos. Tarefa ainda mais difícil pelo grande número de alunos que cada professor atende, impossibilitando um diagnóstico mais específico dos conhecimentos de cada um.

6.9 Avaliação das atividades

Como já foi apresentado acima, a avaliação caracteriza-se como um importante meio para acompanhar o processo de aprendizagem dos alunos. Não, simplesmente, um instrumento classificatório, com o objetivo de aprovação ou reprovação, mas como meio de diagnosticar o estágio de aprendizagem, no qual o aluno se insere. Tarefa necessária para que o professor possa tomar atitudes satisfatórias e os encaminhamentos adequados que conduzem e garantem o avanço no processo de aprendizagem do aluno.

A avaliação deve fazer parte de toda atividade educativa no processo de construção do conhecimento, embora não tenhamos estudado e trabalhado este tema em profundidade nos nossos encontros, por ser muito amplo e merecer uma dedicação especial pela sua magnitude. Portanto, na avaliação das atividades desenvolvidas com seus alunos, os professores usaram diferentes métodos. Cada professor se fez valer de critérios julgados eficientes, para estabelecer o rendimento de seus alunos. Alguns avaliaram o envolvimento, a participação, enquanto outros foram além e exigiram a teoria, fizeram avaliações escritas dos assuntos e redigiram relatórios dos experimentos desenvolvidos.

Os professores, em suas falas, assinalaram que utilizaram diferentes meios para estabelecer o rendimento dos alunos e perceberam resultados diferentes nas avaliações quando os assuntos foram trabalhados com atividades experimentais. A seguir, apresento o depoimento dos professores e a forma como procederam a avaliação.

A professora A comentou que não fez prova dos assuntos e avaliou os alunos a partir do envolvimento nas atividades experimentais, percebendo que os resultados do desempenho eram bem diferentes. Ela afirma:

Prof. A

Eu não cheguei a fazer prova desses conteúdos. Mas avaliava o envolvimento. O interessante era que os resultados eram as vezes completamente diferente. Aí a gente se questionava, por quê?

A professora B cobrou de seus alunos os conteúdos em uma prova, porém considerou o envolvimento e o empenho nas atividades experimentais.

Prof. B

A prática, sim considera bastante, depois a prova por escrito é sempre uma prova por escrito, então se faz a avaliação normal e mais uma nota a parte de participação nas experiências e o quanto o aluno se empenha.

A professora C fez um apontamento muito importante ao afirmar que teoria e prática são inseparáveis. A atividade experimental faz parte do processo de construção do conhecimento e não deve servir, simplesmente, para verificar uma teoria previamente apresentada, e sim gerar uma discussão envolvendo diferentes aspectos da realidade. Na opinião dela as atividades experimentais facilitam a compreensão dos conceitos que estão sendo tratados na atividade.

Prof. C

Eu acho que a partir do momento que eles têm a prática fica mais fácil pra eles entenderem a teoria, né. E normalmente os trabalhos são feitos em cima da prática. Só que nós não podemos deixar a prática e a teoria separadas. Então os dois têm que caminharem juntos. Não quer dizer que agora você vai pra o laboratório, você vai fazer uma experiência e vai avaliar só a experiência. Porque você vai ter a teoria junto, então não tem como você separar as duas coisas. Teoria e a prática têm que caminharem juntos, no meu entender.

Os professores D e E afirmam que a atividade experimental é uma avaliação. O professor D alega que os alunos que se destacam nas atividades experimentais são os que se destacam na parte teórica. O professor E exige nas provas conceitos analisados no desenvolvimento das experiências, mas avalia o envolvimento e o comprometimento com as tarefas.

Prof. D

A própria atividade já é uma avaliação. Também vai ter uma avaliação em cima da teórica. A gente vê que o aluno que vai bem na prática também vai bem na parte teórica.

Prof. E

Eu acho que a parte prática é uma complementação, mas a gente avalia também a participação dos alunos e depois na prova a gente pede uma coisa também. Eu avalio o envolvimento e parte de trazer material também.

O professor F defende a idéia de que os alunos devem descobrir os conceitos partindo da prática, na opinião dele o professor não deve de imediato apresentar aos alunos os conceitos dos assuntos em estudo. Para ele o envolvimento do aluno, o interesse deve ser considerado pelo professor no processo de avaliação.

Prof. F

Eu acho que sempre a parte prática deveria ser o primeiro, o ponto de partida. A parte prática você comprova porque que acontece e depois vai a questão teórica também. Nós temos o costume de mostrar as coisas prontas para os alunos em vez de deixar eles descobrir. Esse que é o problema. Deveria-se partir da prática e ir para a teoria, nem que você leve mais tempo, deixar o aluno descobrir as coisas. Então, eu sempre acho que a prática é uma avaliação já, já começa a ver o rendimento, ver como o aluno vai na prática.

A professora G afirma avaliar positivamente o aluno que realmente se empenha e tenta superar seus limites. Para ela, o acerto e o erro são detalhes, mas o que, realmente, interessa é o envolvimento do aluno nas atividades propostas, o interesse dele. Ela ainda afirma que em sua percepção os alunos com mais dificuldades são os que se empenham mais nas atividades experimentais, o que por sinal, é positivo.

Prof. G

É considerado como um todo quem tentou fazer. Os relatórios são feitos, e eu dou nota para quem tenta fazer. Se acerta ou erra, isso são apenas detalhes, mas quem faz, tenta fazer, procura. Porque aluno com deficiência, ele vai atrás, ele procura, ele estuda mais que o aluno com facilidade, ele se dedica mais que aquele que tem a facilidade.

Chamam a atenção os diferentes métodos de trabalho e de avaliação dos professores. Apesar de não existir um método único de trabalho e de avaliação, percebe-se que os métodos dos professores envolvidos neste trabalho nem sempre estão em consonância com a avaliação diagnóstica, defendida nas atuais teorias.

Percebo como uma das sérias dificuldades dos professores desvincularem-se, principalmente, de duas características da prática avaliativa tradicional: o roteiro para elaboração e a análise comparativa. (HOFFMANN, 2004, p. 101).

Não foi o objetivo aprofundar, teoricamente, o tema da avaliação neste momento, porém acredito que é necessário fazer um trabalho de formação continuada com os professores para que esses possam se munir com conhecimentos teóricos que permitam maior eficiência na prática do processo avaliativo. Não é procedente atribuir culpas neste momento, porém acredito ser viável e proporcionar aos professores, em geral, a oportunidade de estudar esse tema nos mais diferentes aspectos, para que a prática avaliativa ocorra da forma mais coerente possível e para que, realmente, assumam a função pela qual é praticada.

6.10 A idéia da continuidade

A intenção é continuar reunindo os professores do grupo e convidar outros que não puderam, por uma ou outra razão, se envolver nesta caminhada inicial. O desafio é manter o espírito aprendente e construir propostas que possam contribuir para melhorar o processo de ensino e aprendizagem de Física. A idéia é estudar conceitos físicos de áreas específicas e também ampliar para um maior conhecimento nas teorias educacionais e de ciências.

Em seus depoimentos, os professores demonstraram interesse e apresentam sugestões para continuar esta caminhada no sentido de aprofundar os estudos em áreas específicas da Física, como também discutir novas metodologias e trocar experiências.

Prof. A

Olha, eu gostei da forma que este curso foi trabalhado pegando assim os diversos exemplos de se trabalhar a física na prática. Questão de ondulatória talvez daria para trabalhar um pouco mais, que nós não chegamos a ver muito.

Prof. B

Os nossos encontros foram ótimos, mas temos que discutir o currículo, ver prioridades de conteúdo, talvez discutir experimentos para a física clássica. Mas o interessante é não deixar parar o grupo, que está muito bem encaminhado. Discutir mais propostas de atividades, que é uma coisa já mais perto de nós.

Prof. C

Eu acho que uma coisa que fica, não vou dizer vaga, mas que teria que ter um suporte melhor é a própria parte da eletricidade, foi vista alguma coisa com relação a eletricidade a luz e isso, mas os alunos questionam bastante a parte de motores e essas coisas. Então, por exemplo, na escola a gente não tem motores para mostrar como funcionam, o que acontece, a questão da injeção eletrônica, a explosão, né, a vela como é que funciona, o que é, o que não é. A gente só tem a teoria.

Prof. D

Eu acho que é sempre bom o encontro dos professores da mesma área, porque no dia-a-dia a gente descobre as coisas novas, é uma troca de experiências. Porque na realidade eu acho que nossos encontros foram uma troca de experiências. Não foi simplesmente de a gente receber, teve também a oportunidade de também contribuir.

Prof. E

O curso estava muito bom, se pudéssemos continuar seria ótimo. Seria bom se tivesse as duas coisas, a teoria e a prática, discutir um pouco mais o currículo, para ver em que momento trabalhar mais determinados conteúdos.

Prof. F

Eu acho que não só professores de Física, mas nos últimos anos, muitas vezes, são feitos cursos de aperfeiçoamento que não são específicos de uma área. Então este aqui que nós tivemos, mais de Física Moderna, foi mais específico da nossa área. Eu sempre acho que o professor deveria pelo menos uma vez ao ano fazer um curso de atualização, troca de idéias e experiências e tudo mais, porque todos os anos nós, professores de Física, ficávamos meio isolados, cada um fazia seu trabalho, sem integração. Eu acho que este é o grande problema o isolamento dos professores. A questão da Física Moderna merece ser discutida ainda mais. Eu acho que nós professores, temos que nos atualizar, porque nós quando queremos trabalhar um pouco mais aprofundado, temos que ter conhecimento maior também, para ter certa firmeza dos conceitos. Eu acho que o importante é sentar e continuar estudando.

Prof. G

Eu acho que nós temos que tentar trabalhar bastante a Física clássica também, por que tem muita gente boa que pode contribuir (referindo-se aos colegas do curso). Tem colegas que podem trabalhar toda a Física em laboratório, eu já não tenho essa habilidade.

O desafio dos professores de Física é manter o espírito inovador e aprendente, e com essa filosofia o grupo continua se reunindo para estudar e trocar experiências, com a filosofia de que “ninguém somente ensina e ninguém somente aprende”. Mesmo encerradas as dez oficinas, inicialmente, propostas, o grupo se reuniu até esta data, em outras três oportunidades para estudar assuntos relacionados à disciplina de Física. A intenção é continuar.

7 A CONTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS

Na visita feita às escolas, após a conclusão das oficinas, além dos professores, foram entrevistados alunos das terceiras séries do Ensino Médio. Os alunos foram envolvidos de forma indireta na pesquisa, uma vez que os trabalhos das oficinas foram desenvolvidos com os professores e estes trabalharam os temas nas suas respectivas escolas. O diálogo ocorreu de forma individual e foi gravado, com posterior transcrição.

Quero registrar que a simples presença do gravador e o ato de gravar o diálogo, alteraram psicologicamente a maioria dos alunos, deixando transparecer nervosismo. Diante desta realidade as perguntas proferidas não se referiram na totalidade à disciplina Física, envolvendo no diálogo diferentes assuntos com o objetivo de criar um ambiente descontraído. Para preservar a identidade dos alunos foram usadas letras ao invés do nome para distinguir opiniões dos diferentes entrevistados. Foram entrevistados alunos e alunas, mas na análise sempre utilizo a expressão aluno para ambos.

Das diversas opiniões e considerações feitas pelos alunos no diálogo, destaco seis pontos considerados importantes, relacionados à disciplina Física, não com o objetivo de aprofundar teoricamente cada um deles, mas apresentar os elementos, pois não poderia concluir esse trabalho sem escutar os alunos, que fazem parte do contexto maior. Cada uma das categorias poderia resultar em um trabalho maior e mais amplo, porém não é esse o objetivo no momento, mas são indicações para futuros trabalhos.

7.1 A Importância da Física

No diálogo estabelecido com os alunos uma das indagações foi no sentido de eles expressarem como concebem a Física e se ela tem alguma utilidade para eles. A pergunta foi: o que você pensa da Física? Ela ajuda compreender fatos e facilita a realização de tarefas do dia-a-dia?

Todos os alunos reconheceram que os conteúdos da Física são importantes para eles de uma ou de outra forma. Poderiam ser criadas várias outras categorias para analisar mais criteriosamente cada opinião. Para os alunos entrevistados alguns alegam que a Física é difícil e complicada, outros alegam que gostam de cálculo enquanto outros de teoria. Para alguns o professor se expressa claramente, para outros a fala do professor não é

compreensível. São inúmeras opiniões e achei interessante reunir todas as opiniões em um quadro, pois há depoimentos muito interessantes e sinceros. A seguir apresento as respostas dos alunos entrevistados.

Quadro de respostas dos alunos para a questão 1:

Aluno	Depoimento
A	Ajuda e muito, mas ela é meio difícil por causa dos cálculos e fórmulas. Ela ajuda porque as vezes você precisa calcular volume de água e outras coisas.
B	Interessante ela é, e ajuda depende quais casos, porque a professora tem algumas dificuldades para fazer com que os alunos entendam, então pra nós complica entender os assuntos.
C	Sim, tem coisa que vimos na escola e acontece em casa e outras coisas também.
D	A Física prática quanto a teórica, ela ajuda bastante, principalmente, na prática no segundo grau, ainda porque eu gostaria de cursar o curso de Física na Faculdade, então isso ajuda bastante, né. É um incentivo a mais, é um apoio, é a base pra quem está pensando em fazer o curso de Física.
E	Ajuda, principalmente, agora que estamos estudando energia elétrica. Ajuda em casa a como calcular a densidade [...], a física é o mundo na verdade. Física é a melhor matéria que existe.
F	Ajuda a compreender melhor o ramo das máquinas, como elas funcionam, o rendimento dela entre outras coisas. Nas aulas opino, ajudo o professor, sobre assuntos que já li, eu ajudo ele.
G	Eu acho que a Física é importante, porque tudo está interligado, né. Os movimentos, a eletricidade, tudo é Física, tudo está interligado. É interessante estudar isso, tudo que você faz, saber como se pode calcular, saber como se vê os resultados. Tudo que a gente faz a gente calcula, pra quanto a gente precisa daquilo, ou disso. Todos os movimentos podem ser calculados e saber o resultado. Todos os movimentos, tudo que está ao redor de nós.
H	Eu acho que física não é só importante, mas ela é essencial. Física como dizer o que é, é tudo aquilo que está ao nosso redor. A eletricidade é Física, o som é Física, então tudo que fizemos durante o dia envolve a Física. Só que as vezes a gente não consegue interpretar direito como é que funciona. É com a ajuda da Física estudada que se consegue perceber melhor esses fenômenos, a gente consegue entender eles de forma mais clara. Eu acho que a Física de modo geral, é a cada momento da nossa fala, o som, né, a velocidade do som. Tudo para gente, nunca vamos viver sem a Física.
I	Ela é fundamental para o entendimento dos conceitos. Por exemplo, na Física você estuda vários ramos e linhas que entram várias leis e filósofos e vai entender o mundo de uma maneira bem crítica. Entre os vários assuntos que você estuda, por exemplo energia, essas coisas né, velocidade, são inúmeros os assuntos que são cobrados na sociedade no dia-a-dia também. Ela ajuda a desenvolver o lado crítico da pessoa, já ajudou.
J	Eu acho que ela ajuda a desenvolver bastante por ela ser uma ciência que mostra assim um novo mundo constituído e criado pelo homem, porque através dela, do estudo dela do movimento, luz força eletricidade, o homem consegue formar suas próprias teses e suas conclusões e a partir disso ele consegue através do estudo dela construir novas fontes, novas fontes de tecnologia que podem ser aproveitadas no dia-a-dia.
L	Eu acho que sim, porque a gente sabe o que é mais viável, o que é melhor de ser feito em determinadas coisas assim e no trabalho. Bom, que nem no começo quando começamos a estudar achava que não precisava, que não era muito importante; que nem hoje, vindo na terceira série é bastante importante por que você aprende sobre a relação dos movimentos,

	sobre a cinética, a força dos movimentos, trabalho, espelhos. Tu aprende tudo que você ocupa no dia-a-dia, em si, porque as coisas acontecem, porque fica mais fácil com ferramentas, a gente aprende na teoria porque que é assim.
M	<p>Eu acredito que sim, por que muito do que aprendemos na aula, como eletricidade, se não você não vai saber, não aprende. Muitas situações que podem acontecer em casa, se tu não estuda, você não ia saber, você se pode prevenir estudando a física. Eletricidade e outras coisas, tu estudando isso, já vai saber cuidar e prevenir, para não sofrer um acidente.</p> <p>As vezes a gente acha que não ajuda, mas muitas vezes você chega numa situação em casa, aí você vê que ela é importante, aí você se lembra daquilo que foi visto na aula. As vezes tem coisas também que a gente vê na aula aí se lembra, que já observou esse fato em casa.</p>
N	Eu acho que ajuda, ajuda bastante. Porque um assunto que ele está explicando tem haver com nosso dia-a-dia.
O	Tem muita coisa do dia-a-dia que envolve a Física, no espaço tudo envolve a Física, eu acho pelo menos.
P	Com certeza, né, é interessante porque está relacionada com o que nós fizemos no dia-a-dia. Muitas vezes nós nem percebemos que ela está no meio daquilo que nós estamos fazendo. Quem nem nós que estudamos até este ano, o principal foi abrangente todos os assuntos, que nem ondas, estão aqui no meio. Todos os aparelhos tem ondas, que ninguém vê e ninguém imaginava. Então na medida que vai trabalhando isso, vai gerando esse conhecimento que eu acho interessante.
Q	Ela ajuda bastante sim, coisas que a gente nem sabia a gente vê que está lidando com a Física. Assim, diariamente, e a gente nem se dá conta disso, estudou na sala de aula, e eu acho isso muito importante. Por causa que muitas vezes se diz, só por isso e não se sabe o que existe por trás do estudo, tem bastante a ver com a Física.
R	<p>Eu acho meio difícil. A Física exige um certo conhecimento, uma certa compreensão, o lado crítico da pessoa. Para ter esse lado crítico tem que se esforçar, não é qualquer um que consiga chegar a esse ponto.</p> <p>Eu acho que a Física está presente no nosso dia-a-dia, mas a gente as vezes não reconhece ela. Por isso a Física parece as vezes tão difícil por que as coisas são tão óbvias e depois na Física você entende porque as coisas acontecem.</p>
S	Eu acho que a Física é o mecanismo principal, assim que rege a vida de todo mundo pelo simples fato de andar, de ver, de ouvir, tudo tem uma explicação física. Lógico, outras matérias outros conhecimentos vão ampliar o que a física explica. Mas a Física em si já é o estudo básico das demais matérias, eu acho que tudo que se aprende em Física é o que se vive no dia-a-dia, eu acho que tem uma importância fundamental.
T	A Física já foi a mais prestigiosa das ciências, desde Galilei a física se importa com os problemas talvez mais complexos, mais amplos e mais úteis, para o dia-a-dia humano. Por exemplo o principal problema a que a Física se dedicou foi o movimento, o movimento é uma coisa que todo mundo quer explicar. A eletricidade por exemplo, imagina o mundo sem eletricidade, seríamos selvagens ainda hoje. Então eu acho que a Física não é simplesmente importante, mas pode-se dizer que ela, claro tendo todas as outras ciências como muleta, numa visão de interdisciplinaridade, eu acho que é a mais importante de todas as ciências.
U	Eu acho que tem, tem tudo haver com a realidade. Eu acho que o que a gente estuda na escola é um pouco debilitado, muito pouco com aquilo que a gente poderia ver do dia-a-dia. Mas com certeza tem tudo haver e muito, e é uma forma de a gente perceber mais o que acontece e o que não é.

V	<p>Eu acho que ela é bem interessante, tem algumas coisas que foram descobertas mais recentemente, principalmente da Física quântica, eu acho que é um lado mais místico assim. Tem o lado mais exato que gente pode usar com certeza no dia-a-dia. Tem muita coisa que se aprendeu na escola, principalmente no ensino médio, são várias coisas interessantes, como velocidades, calor entre outras que a gente pode relacionar com o nosso cotidiano e tirar coisas proveitosas de todas essas aulas. Eu acho ela muito interessante, apesar de as vezes ela ser um pouco chata, mas em outras vezes ela te chama, te atrai, em certos assuntos.</p>
---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Percebe-se no depoimento dos alunos que, em termos gerais, eles compreendem os assuntos de Física e a grande maioria consegue relacionar esses conhecimentos com a realidade do meio em que estão inseridos. Para eles entender a Física, significa compreender os fenômenos que acontecem na natureza.

A visão que os alunos criam da disciplina Física depende muito da forma como ele é colocado em contato com os assuntos relativos à disciplina. É fundamental a metodologia usada pelo professor para que os alunos não criem uma aversão aos assuntos propostos na disciplina. Desenvolver uma prática que atende o máximo possível às perspectivas do dia-a-dia dos alunos, exige do professor muito empenho e, em especial, muita criatividade.

7.2 O dia-a-dia da sala de aula

Outro ponto comentado e solicitado aos alunos está relacionado com o desenvolvimento de atividades em sala de aula. A pergunta foi: como os conteúdos são trabalhados nas aulas de Física? Há experimentos, cálculos e teoria? Os assuntos são relacionados com o dia-a-dia de vocês?

Nos depoimentos os alunos alegam que os professores trabalham a Física de forma diversificada. Os professores desenvolvem diferentes atividades envolvendo a realidade dos alunos, fazendo-os buscar o conhecimento com pesquisas, atividades práticas experimentais, cálculos, entre outros, como mostram os depoimentos transcritos abaixo.

O aluno A revela que a professora dá muita ênfase à teoria nas atividades desenvolvidas com os alunos em aula, como também alguns cálculos e algumas atividades experimentais.

Aluno A

As vezes a professora faz alguns experimentos, cálculos e muita teoria.

O aluno I destaca a contextualização que a professora faz dos conteúdos abordados em sala de aula. Ela relaciona os assuntos com o cotidiano do aluno, permitindo dessa forma que ele perceba a importância desses para compreender a realidade em que se inserem. O aluno assume o papel de pesquisador e a professora como mediadora do processo de aprendizagem.

Aluno I

Ela relaciona bastante, ela faz pesquisa, onde o aluno busca entender e analisa o objeto, ela consegue relacionar muito bem o cotidiano da pessoa e o aluno desenvolver um projeto disso.

Percebe-se que cada professor tem uma metodologia de trabalho com seus alunos, e que as atividades desenvolvidas nas oficinas com os professores, realmente, tiveram um efeito positivo na prática em sala de aula. O aluno J destaca como um ponto muito positivo das aulas as atividades experimentais desenvolvidas este ano, o que na interpretação da fala do aluno não acontecia em anos anteriores. A diversidade de atividades propostas pela professora é outro ponto positivo destacado por esse aluno.

Aluno J

Um ponto positivo esse ano é bastante aula prática, como citei antes é bem variado, tem conta, tem pesquisa, tem pesquisa de casa tem que ir atrás, ir atrás do assunto, bastante aulas práticas, experimentos.

O aluno P revela um *ponto fraco* da professora que ela mesma reconhece, ou seja, não desenvolver atividades experimentais com seus alunos. Mas mesmo assim, professora e alunos, fizeram algumas atividades experimentais ao longo do ano escolar. Essa professora por inúmeras vezes, durante o desenvolvimento das oficinas, revelou suas dificuldades em desenvolver atividades de laboratório, alegando como fatores principais a falta de conhecimento e a insegurança.

Aluno P

Práticas assim com a [...] (aluno cita o nome da professora), nós não fizemos muitas, ela sempre fala, eu não sou muito de fazer prática. Mas nós trabalhamos com o voltímetro e essas coisas, nós trabalhamos.

O aluno Q mais uma vez coloca o que já foi constatado anteriormente e apontado pelos professores. Ele denuncia que desenvolveram poucas atividades experimentais por não ter estrutura na escola. Concluimos, assim, que o professor prioriza a construção do

conhecimento, estudando conceitos e desenvolvendo cálculos. Porém, o aluno, enfatiza que os poucos experimentos que desenvolveram sempre estavam relacionados com o conteúdo, o que é necessário para ser significativo.

Aluno Q

Não muitas experiências. Não muito pela falta de equipamentos, como laboratório de química também, a escola tem ausência disso, aí fica difícil. Tivemos sim, mas não foram muitos, mas sempre relacionados ao conteúdo que estamos trabalhando.

Os depoimentos dos alunos nos permitem concluir que existem diferenças, significativas, na metodologia usada pelos professores para o ensino de Física. Acredito que é necessária maior sintonia entre os professores no sentido de manter uma ação mais uniformizada. Sendo assim são necessários constantes estudos e uma busca permanente de novas e mais eficazes metodologias por parte de todos os professores.

7.3 Os experimentos e a compreensão dos assuntos

Em relação aos experimentos realizados pelos professores durante as aulas de Física foi questionado o seguinte: vocês fizeram experiências nas aulas de Física, essas atividades práticas ajudaram a compreender melhor o assunto?

Para responder à questão de pesquisa foi importante levar em consideração, além do depoimento dos professores, o ponto de vista dos próprios alunos em relação às atividades experimentais. Como já foi colocado, anteriormente, um dos objetivos desse trabalho foi saber até que ponto um programa de formação continuada para professores de Física, envolvendo atividades experimentais, melhorou o desempenho dos estudantes.

Os inúmeros depoimentos dos alunos revelam posições parecidas sobre as atividades experimentais. Portanto destacamos alguns, que em nosso ponto de vista englobam a opinião dos demais.

Praticamente, todos os alunos alegam que as atividades experimentais melhoraram a compreensão dos conceitos que foram estudados. O aluno C afirma que nas atividades experimentais havia maior participação dos alunos, um maior envolvimento que permitiu expressar a própria opinião. O Aluno D percebeu também que a Física está presente em praticamente todos os fenômenos que ocorrem na natureza.

Aluno C

A aula prática ajuda a compreender melhor o assunto, porque você pode participar e ficar falando do que vê.

Aluno D

A prática, ela ajuda a compreender melhor o conteúdo, você tem a teoria na sala e também na prática e isso é um espetáculo. Na química é bastante isso também, mas na Física se você souber olhar com uma análise crítica você percebe que todos os fenômenos naturais envolvem Física, ou, praticamente, todos. Desde um carro subindo um morro, que não é natural, mas é um fenômeno, até a água caindo, a luz, a eletricidade. Com um olhar crítico tudo é Física.

O aluno E expôs que desenvolveu poucas atividades práticas experimentais neste ano escolar, mas percebeu que elas permitiram maior compreensão, como também foi possível estabelecer relações com diferentes outros fatos, o que certamente ampliou seus conhecimentos. O aluno F admitiu que as atividades experimentais geram mais curiosidade sobre os assuntos.

Aluno E

Trabalhamos pouco, mas a compreensão fica bem melhor, porque a teoria não mostra os fatos, já na prática tu está vendo e pode associar com outros fatos onde você pode ocupar também.

Aluno F

Ajuda e muito, dessa forma a gente vê mais como acontece na prática. Porque na teoria tu vê de uma forma e no experimento tu vê como realmente acontece. Pode tirar conclusões e outras coisas. Ajuda muito, ela desperta mais a curiosidade.

O depoimento do aluno G foi importante por destacar que as atividades experimentais geraram discussão dos assuntos entre os estudantes, o professor fez o papel de mediador e não somente um executor de tarefas e os alunos deixaram de ser meros receptores.

Aluno G

As aulas com experiências ajudam a compreender melhor a Física. Ajuda muito, a gente se junta e discute muito né. Não é só o professor que faz e pronto. A gente discute e esclarece. [...]. É muito melhor fazer a prática.

O aluno H destaca que as atividades experimentais também melhoram a nota, uma vez que nas provas aplicadas pelo professor foi possível lembrar o processo desenvolvido no experimento, facilitando a resolução das questões.

Aluno H

Porque na aula prática você já está, praticamente, fazendo aquilo. Não é, vamos supor, o que se for falar, você está entendendo como é que funciona, digamos o processo. A nota também melhora. Porque se tem uma prova tu vai se lembrar daquela experiência, você já tem uma boa noção, tu já vai saber melhor como fazer.

O aluno I e outros destacaram que a Física se relaciona com as outras áreas do conhecimento, por isso, se há uma boa compreensão desta, outras áreas do conhecimento são compreendidas mais facilmente, pois estão interligadas.

Aluno I

Bom a Física se relaciona com diferentes áreas como matemática, química, até mesmo o português, ela está relacionada com as mais diversas áreas, muitas vezes, você entendendo uma, ela vai ajudando a compreender as outras matérias.

Assim como a maioria dos demais alunos, o aluno N, não gosta de escutar, somente, o professor falando e se sentiu inserido no processo da construção do conhecimento, ao afirmar:

Aluna N

Ajuda porque a gente está vendo e realizando ali na hora, não só falar e falar, isso cansa, tu acaba não escutando. Como não é só falando e falando, com isso tu aprende mais, vendo, enxergando e testando as coisas. Que nem, ele deixou nós fazer também, ele deixou nós fazer de eletricidade, deixou nós mexer naquelas coisas todas.

O aluno P afirma que é mais fácil de compreender o assunto fazendo experimentos, uma vez que trabalhar, somente, com o livro didático exige dele maior necessidade de imaginação, mas admite que também se aprende dessa forma. O aluno R partilha de uma opinião parecida.

Aluno P

Com certeza, é mais fácil de fazer assim na prática do que ficar lendo o livro e coisas. No livro tu não faz a experiência, tu aprende também e fica imaginado como a coisa é. Aí quando você vai para a prática tu sabe como é que é.

Aluno R

Com certeza, porque só a teoria nós não conseguimos imaginar as coisas e com as aulas práticas a gente consegue ver direitinho aonde se aplica no dia-a-dia.

Os alunos S, U e V reforçam a idéia de que as atividades experimentais são importantes para facilitar a compreensão dos assuntos que estão sendo estudados.

Aluno S

Lógico que sim, porque com os experimentos você consegue ter uma noção prática, porque tem muitas coisas que a gente estuda mas não tem a oportunidade de aplicar. Tem coisas do dia-a-dia que são rotineiras, mas por exemplo, a parte da eletricidade é difícil você aproveitar no dia-a-dia mas com os experimentos fica muito mais fácil de entender o assunto e compreender qual a finalidade ou porque precisa ser tudo como é estudado, tudo tem uma regra pra se seguir para que possa dar certo no final.

Aluno U

Ajuda com certeza, é claro que você precisa primeiro de uma teoria para saber o que você vai fazer na prática. É muito bom ter a teoria, mas é fundamental ter a prática também. Tem coisas de Física quando tu vê só os cálculos você nem imagina. Não consegue imaginar o que acontece de verdade, como você vendo na prática, você aprende melhor, grava mais fácil e tu se lembra e entende com certeza.

Aluno V

Sinceramente, experimentos mesmo a gente só fez esse ano, a gente deve ter feito no máximo um ou dois, mas foi mais feito esse ano. Sei lá, tem coisas que você pode explicar da melhor forma possível, mas nunca você está vendo aquilo funcionar, principalmente aquilo que você fez sobre eletromagnetismo e tal da lâmpada acender (iluminação pública) e tudo lá, isso é muito diferente que ficar imaginando com tua cabeça do que vendo ali frente-a-frente. Dos espectros, nunca alguém tinha falado e muito menos mostrado dessa forma, e mais aquela lâmpada que deu o cheiro de ozônio (lâmpada germicida). Aquilo realmente é verdadeiro, as vezes tu está ali falando, aí não se consegue construir toda aquela compreensão, ou conhecimento.

O aluno T acha que nem todos precisam das atividades experimentais para compreender o assunto, podendo ocorrer a compreensão pela capacidade de assimilação e imaginação. Mas, admite que é uma forma de facilitar a formação de conceitos para quem tem algumas dificuldades.

Aluno T

De certa forma sim, porque todo mundo tem curiosidade de ver como as coisas acontecem de fato, de outra forma também, se o aluno tem imaginação ele atender a teoria ou ver o experimento é uma coisa confluyente. Então de fato se a teoria é bem alicerçada em aula, o aluno pode entender, mas da mesma forma ninguém é obrigado a ter uma certa aptidão para a Física, então eu acho que os experimentos são bons, principalmente, para o aluno que tem um pouco de dificuldade. Porque se ele vê o experimento e se reflete sobre o experimento, isto facilita a compreensão e fica bem mais fácil em relação a uma explicação teórica, até porque dá aquela mobilização na sala e o aluno se anima um pouco.

Defendo a idéia de que as atividades experimentais devem ser desenvolvidas dentro de um contexto, onde além de relacionar com o cotidiano do aluno devem ser discutidos outros valores históricos e sociais.

7.4 História da Física

Estudar a história da Física não é um fato presente nas escolas de Ensino médio. Acreditamos que a compreensão dos fatos e da realidade científica se efetiva quando se enfatiza a evolução histórica dos acontecimentos e das descobertas. Entendemos o momento presente da realidade tecnológica se olharmos a evolução histórica das descobertas científicas.

Para os alunos foi feita a seguinte indagação: na sua vida escolar, nas aulas de Física você chegou a estudar a história da Física, as descobertas e como marcaram épocas? Constatou-se que a maioria dos alunos nunca estudou a Física em um contexto histórico, a maioria foi bem categórico e respondeu “não” para a pergunta, sem mais comentários. Alguns, porém, admitiram que em algumas ocasiões estudaram alguns fatos, mas de maneira superficial durante as aulas ou até mesmo fora do contexto das aulas de Física, como coloca o aluno D:

Aluno D

Bom a evolução da Física, mas não a história em si, mas não em sala de aula, fora dela, principalmente, quem era quem, nesse sentido. Pitágoras e outros eram Físicos, mas conheciam as outras áreas também, filosofia principalmente. Não sei muitos detalhes, mas uma certa noção eu tenho.

O aluno I alega que quando a Física é estudada no contexto histórico em que foi criada, ela tem mais significado e facilita sua compreensão.

Aluno I

Bom. Física pra entender melhor você deve começar a estudar deste o início como ela surgiu, aí você consegue tirar um conceito como um todo dela. Talvez para muitos a Física pode ser uma coisa inútil, pelo simples fato de não conseguir entender ela, ela se torna chata

Os alunos J, L, P e M, afirmaram que estudaram alguma coisa, em diferentes situações.

Aluno J

No início, na primeira série, só que agora é mais abordado leis, técnicas, práticas do dia-a-dia.

Aluno L

Só o que a gente aprende assim no decorrer, bem a fundo mesmo assim não.

Aluno M

A gente comentou assim durante a aula, mas nunca separamos em períodos ou épocas. Escutei pouco, não muito.

Aluno P

Foi só na oitava série e na primeira série do ensino médio, mas foi muito pouco. A gente não estudou da onde veio essa física aí.

O aluno R afirmou que não estudou a História da Física além daquilo que era apresentado na escola, pela razão de que a Física não é uma área que pretende seguir como profissão, ao referir:

Aluno R

Sinceramente, além da escola, da pesquisas de trabalho não. Como não é bem o ramo que estou procurando, não fui muito atrás, mas se fosse isso que eu queria com certeza teria estudado bem mais.

O aluno S comenta que as aulas o instigaram para buscar mais conhecimentos por conta própria, mesmo às vezes não compreendendo os fatos na totalidade ela gera curiosidade e ao mesmo tempo uma certa ansiedade com o que a história reserva para o futuro.

Aluno S

Já assim, talvez não por curiosidade minha, mas com as matérias que foram cobradas no colégio a gente começa a pesquisar sobre isso, pessoas importantíssimas da Física e você começa a entender um pouco como é que foi a evolução, mas não completamente, vai despertando uma curiosidade e as mentes pensantes que descobriram tais fórmulas, os que conseguiram ter uma visão de mundo para a época já muito adiantada. Isso é bem curioso, e você fica ansioso se questionando: será que daqui para frente vai ter descobertas novas? Quem serão os caras que farão isso? Tem coisas novas para serem descobertas? Eu acho que tem. Tudo isso é pra se questionar, é interessante porque a história vai dar continuidade e está aberta para o que vai vir e isso vai influenciar bastante.

O aluno T alega que estudou a história da Física em diferentes momentos e ele percebeu que há uma profunda ligação com outras áreas do conhecimento, principalmente, a Filosofia em diferentes épocas.

Aluno T

Sim em vários momentos, principalmente as coisa ligadas ou como os Físicos viram o tempo ao longo dos anos e no determinismo inicial e esta ligação com a filosofia que houve no século XX até por causa daquela corrente filosófica científica norte americana da metade do século XX, não me lembro o nome agora, mas também não vem ao caso, eu estudei sim a história da Física.

Esses alunos são parte de um grande contingente de estudantes que ingressam na Universidade com sérias deficiências conceituais. Poucos são os alunos que tem um razoável conhecimento cronológico dos fatos que resultaram no momento atual da ciência.

7.5 Física Clássica e Física Moderna

Ao longo do diálogo estabelecido com os alunos foi feita referência à evolução histórica da Física, conforme visto no item anterior. Como já foi destacado, os alunos estudaram de forma bastante restrita épocas históricas e autores das descobertas científicas e, geralmente, fora do contexto em que os fatos aconteceram. Na fala dos alunos fica evidente, como veremos adiante, que eles não possuem informações claras relacionadas aos conhecimentos atribuídos à Física Clássica, por exemplo, e os atribuídos à Física Moderna.

Uma das questões dirigidas aos alunos foi relacionada à Física Clássica e Moderna, e foi o seguinte: você sabe que as descobertas da Física feitas em determinada época são classificadas como pertencentes a Física Clássica, enquanto outras descobertas, mais recentes pertencem a Física chamada Moderna. Você sabe o que diferencia, basicamente, uma da outra?

Vários alunos, simplesmente, não souberam dar uma resposta para a questão e as expressões *Física Clássica* e *Física Moderna* soaram estranhas. Outros admitiram que já escutaram algo a respeito, mas não lembravam detalhes, como afirmou o aluno B.

Aluno B

Tem, mas não me recordo dos detalhes.

Mesmo não sabendo com clareza do que trata cada uma das físicas, alguns alunos arriscaram opiniões a respeito. Destaco as seguintes:

Aluno D

Sim. Agora separar elas, a partir de que fato, aí não sei. A moderna seria a quântica, no mínimo com uma análise mais criteriosa, com maior tecnologia dos fatos, é isso, né.

Aluno E

(Silêncio) Não exatamente. Imagino que a moderna seja a mais avançada e a clássica o básico, as situações do dia-a-dia, mais básicas.

Aluno F

Sim, pouco. É a física mais “antiga” são as leis de Newton. A moderna é a mais recente, que está aí agora, que tem outras leis já. Alta velocidade e partículas. É a Física do século XX.

Aluno J

Uma estuda mais os fatos e coisas relacionadas a vida no passado como processo que ela sofreu com o fogo, processo da luz e tudo e agora os conceitos modernos seriam então atualidades da tecnologia.

Aluno M

Já escutei uma reportagem na televisão, mas não prestei muita atenção, não sei dizer claramente o que ela é. O professor passou um filme para nós com o título “Quem Somos Nós”, e lá falava da Física quântica, e estabeleceu algumas relações, as moléculas, se era realmente isso que nós enxergávamos, ou se era o cérebro que fazia isso.

A evidência de que os professores trabalharam os assuntos modernos está em alguns dos depoimentos prestados pelos alunos surpreendentes pelo conhecimento que demonstraram.

Aluno R

Eu acho que é uma coisa que está aí, só que antes nós não pensávamos nisso, não se pensava que aquela coisa grande vai ter um monte de coisinhas pequenas formando ela, nem na teoria quântica ou outras teorias da Física Moderna.

Aluno U

Eu acho que é muito interessante. Quase tudo que eu estudei, a Física no geral não me chamava atenção, não era uma coisa que eu gostava, e essa física moderna é uma coisa diferente, dizer que não é como é, que não é assim como os cara falavam, podem acontecer várias outras coisas, é uma coisa que me chamou bastante atenção.

Aluno V

Como foi dito no começo embaralhou toda minha cabeça, o que eu tinha construído até ali, de certa forma eu pensava que isso ali era real, é como se tivesse que jogar boa parte daquilo que eu sei fora, por que os conceitos da Física quântica sei lá se sobressaem. Tem coisas ali que são inexplicáveis, mas se você for pensar mesmo isso acontece, de certa forma acontece.

Aluno S

São importantes porque eles explicam coisas que ainda estavam por serem descobertos, digamos assim, não é uma coisa assim clara, assim exata. É tudo uma evolução em conceitos e ainda sendo definidos, mas já está evoluindo e gerando descobertas novas, principalmente na área psicológica. Tudo que a mente explica, pode ser coisa que você vê, pode ser coisa que você não vê, é um mistério, mas isso instiga as pessoas a descobrirem coisas novas a buscar campos novos, eu acho que isso é muito importante, eu adorei estudar física moderna, porque ela quebra até um pouco está coisa de Física Clássica, de cálculo, coisa exata e faz você pensar um pouco no que realmente pode ser.

Aluno T

Bom, a principal função da Física Moderna foi abrir mais possibilidades e dar a Física um leque de problemas maior. Então a Física passou a se importar com questões simples, desse o movimento de uma bola de futebol, até o movimento de um átomo. A forma com que a pessoa lida com os sentimentos que teve esta ligação com a Filosofia no século XX, o entre espaço, como funcionam buracos negros, altas velocidades. A Física passou a ter a possibilidade de estudar muito mais coisas e isso teve um importante reflexo nas outras ciências também. A quebra do determinismo na Física levou a uma quebra posterior até do determinismo da matemática que se acreditava ser intocável, que nos anos 60 e 70 já se percebeu que a matemática não era tão linear como se pensava. Então essas ciências que eu gosto de chamar secundárias, porque elas sempre se revolucionam a partir das outras ciências, como a biologia a química, a história, a geografia e a filosofia, também se revolucionaram, principalmente, a química através do modelo atômico, o princípio da incerteza teve um impacto muito grande sobre o modelo atômico no século XX, percebe-se que muitos princípios foram enunciados em relação a isso.

Percebe-se que os trabalhos de alguns professores deram resultados satisfatórios. É verdade que muitos dos alunos entrevistados não souberam dar uma opinião clara sobre conceitos modernos, porém os depoimentos dos alunos R, U, V, S e T são a evidência de que foram expostos a tais conceitos e demonstraram que sabem se posicionar sobre o assunto quando solicitado.

7.6 Envolvimento dos alunos nas aulas com atividades experimentais

Os alunos também foram questionados sobre o envolvimento deles nas atividades experimentais. A questão foi a seguinte: quando fazem experimentos durante as aulas de Física, em sua opinião, quem se envolve mais são os alunos que já vinham se destacando nesta disciplina, ou os que têm mais dificuldades de entender a Física, em aula no dia-a-dia?

Diversas são as opiniões manifestadas pelos alunos, para alguns os melhores se envolvem mais, para outros os que têm dificuldades se envolvem e conseguem interagir bem.

Aluno A

Geralmente os melhores se envolvem mais.

Aluno B

Todos se envolvem bem, geralmente, os que tem um pouco de dificuldade na teoria se envolvem e interagem muito bem nos experimentos.

O interesse de cada um também é um fator de envolvimento, apontado por alguns alunos, ou mesmo quando se precisa de nota por outros.

Aluno D

Na prática, depende ou vai do interesse de cada um, mas, geralmente, aquele que está mais interessado em sala de aula na matéria é que vai mais a fundo, né. Geralmente, aquele que precisa de mais nota, aquele que está mais mole, fica mais de lado, inclusive. Na minha opinião, quem vai bem na teoria vai bem na prática, geralmente é assim.

Aluno E

Digamos os que tem mais facilidade para esse lado, são os melhores e são os piores também. Às vezes tem aqueles que na sala não são nada, mas se superam e os melhores querem ter uma nota boa também.

Aluno G

É o aluno de mais destaque, mas final de ano quando precisam de nota, os outros também se envolvem.

Os alunos destacam também o medo como fator para não se envolver e se manifestar nas atividades experimentais

Aluno P

São sempre aqueles que se destacam, que não tem tanto medo de falar os outros ficam assim meio escondido, há se eu falar errado os outros vão gozar de mim.

Aluno Q

Os alunos com dificuldade parece que sempre ficam mais do lado. Os que se destacam parece que estão sempre ali mais dispostos, só que eu acho que dispostos não bem a palavra. São mais metidos.

Aluno R

Eu acho que depende da atividade, depende do professor, e depende da matéria. E dependendo da aula prática, aquele aluno mais acanhado, que não se mexe muito,

que está muito quieto, dependendo da atividade ele começa a se envolver. Porque talvez ele pegou uma área que ele gosta, mas depende mesmo do que vai fazer na aula.

A vontade de superação, o interesse, o incentivo, também são fatores que influenciam no envolvimento de atividades experimentais.

Aluno U

Eu acho que os que tem dificuldades se superam, porque muitas pessoas têm dificuldade em ver aquilo que é falado e colocado na teoria. Acontece assim e pronto, tem muitas pessoas que não captam aquilo, quase todas as pessoas não captam aquilo. Quando você vê na prática, é um incentivo a pessoa ir ali e tentar fazer, é uma forma bem mais fácil de entender, eu acho pelo menos, as pessoas se elevam.

Aluno V

Eu acho que isso é muito relativo, depende um tanto da vontade da pessoa, como se ela sabe ou não. Se ela não sabe, automaticamente, ela não vai se importar muito, depende do aluno também. Agora se ele já tem uma noção, se ela tem algumas dúvidas, ela vai mais a fundo, ela vai ver se fizer aquilo o que vai acontecer, se ligar este fio, vai dar um curto, ou o que vai acontecer. Agora se o cara não sabe muito, ele nem vai saber se encostar um fio ali ou aí vai dar alguma reação.

Aluno S

Olha, eu não sei te dizer se é, exatamente, quem tem mais dificuldade que se sobressai, eu acho que é da dedicação do aluno, se é um aluno dedicado mesmo não indo tão bem na teoria ele consegue se superar com a ajuda do professor na parte prática. Agora, se já é um aluno desinteressado ele já não vai cumprir bem sua função na parte teórica e nem na parte prática, porque ele não vai se empenhar tanto para que as coisas saem perfeito. Eu acho que só vai conseguir fazer bem a parte prática o aluno que tem a consciência que tem que agir de tal maneira para que possa sair certo, ele vai se esforçar ao máximo e tentar ser o mais perfeito possível.

Toda investigação, somente pode se efetivar com sucesso quando há uma motivação, um problema expresso que induz a busca de uma resposta. Os professores quando desenvolvem atividades experimentais devem ser os mediadores, que cumprem o papel de desafiadores, não no sentido de liberar os alunos a seu próprio modo de estudar, mas que apontem caminhos, que possibilitem aos alunos obter conclusões significativas.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1 Sobre a sondagem inicial

Como professor de Física no Ensino Médio suspeitava que a abordagem dada ao ensino da Física Moderna, nesse nível de conhecimento, nas escolas da região do extremo Oeste do estado de Santa Catarina, onde vivo e trabalho, ocorria de forma restrita. Assim, durante a realização da pesquisa, inclusive já durante a realização da sondagem com os professores, descobri por quais motivos ocorre esta deficiência, e apresentei propostas, em minha opinião viáveis, para que o ensino desse conhecimento possa ser efetivado, pelo fato deste conteúdo trazer a possibilidade de construir uma visão diferente de realidade, não tão linear quanto as demais, e também pela importância histórica e científico-tecnológica que representam seus princípios para a humanidade.

Pela sondagem inicial constatei que todos os professores pesquisados possuem habilitação mínima exigida para atuarem nesse nível do conhecimento, na área da Física. Possuem, também, uma ou mais especializações, e trabalham no mínimo mais uma disciplina além da Física, e ocupam cargos efetivos conquistados por concurso há vários anos.

Constatedei, também, que vários professores acumulam elevada carga horária de serviços prestados por semana, chegando a 60 horas, trabalhando três turnos. Dessa forma, em determinadas situações, ocupam o final de semana para corrigir provas, preparar aulas e cumprir funções burocráticas exigidas pelo sistema. Mesmo com carga elevada de trabalho passam por limitações financeiras que priva-os, muitas vezes, de participarem de cursos de formação, além de limitar o acesso a informações por outras vias, como periódicos e internet, necessárias, para cumprirem suas funções docentes e assim atenderem às necessidades e expectativas dos alunos.

Percebemos, também, que os professores em seus cursos de graduação freqüentaram poucas disciplinas relacionadas à Física Moderna, e que os assuntos abordados foram estudados de forma superficial. A metodologia seguida pelos professores da graduação não permitiu uma compreensão satisfatória desses assuntos, pois foram estudados teoricamente, sem preocupação com a contextualização, experimentação ou demonstração, o que fez com que em pouco tempo esquecessem o que *aprenderam*.

Outra constatação importante é que os professores, depois que concluíram a graduação, poucas vezes, ou nunca, se envolveram em cursos que tratassem desse assunto. As

razões alegadas são: a falta de tempo, a falta de oportunidades e mesmo a falta de recursos financeiros para tal.

A maioria dos professores julga não possuir conhecimento suficiente para incluir teorias de Física Moderna no planejamento anual. Assim, poucas vezes abordam assuntos relacionados com seus alunos, e quando isso acontece, o fazem de forma bastante superficial, não seguindo uma metodologia especificamente adaptada para isso, sem planejamento.

No geral, os alunos mostram interesse pela disciplina de Física, sentem que ela é útil para a vida deles, porém nem sempre a compreensão e os resultados alcançados são satisfatórios. Os professores procuram seguir uma metodologia para envolver os alunos no processo de ensino e aprendizagem, fazendo o papel de mediadores. Enquanto os professores sabem do rendimento de seus alunos na disciplina de Física, não sabem como os mesmos alunos se empenham nas outras disciplinas, alegando a falta de contato e a falta de tempo para dialogar com os demais colegas. No geral, o planejamento das atividades escolares é disciplinar, sendo poucas as atividades desenvolvidas de forma interdisciplinar.

8.2 Sobre as ações

Diante das constatações acima, e compartilhando a opinião de que os conteúdos relacionados à Física Moderna devem ser incluídos no currículo de Física do Ensino Médio, visto que é uma necessidade para os educandos compreenderem os fenômenos que ocorrem no meio em que estão inseridos e, também, tendo constatado que existe um grande contingente de professores que possuem pouco, ou nenhum, conhecimento nessa área do saber científico, julguei necessária, a inserção destes em um programa de capacitação tratando desses assuntos. Assim, decidi incluir nesta pesquisa uma série de oficinas abordando Física Moderna, para os professores de Física da região. Foram 10 encontros e em cada um foi trabalhado um tema específico, com estudos teóricos e, também, com a elaboração de atividades experimentais para aplicar e desenvolver com os alunos.

Pelos depoimentos constatei que nem todos os professores apresentaram e desenvolveram, com seus alunos, todas as atividades elaboradas nas oficinas. As razões foram diversas, como:

a) a inexistência ou a precariedade dos espaços físicos destinados ao laboratório, na maioria das escolas, o que levou os professores a desenvolverem as atividades

experimentais no pátio da escola ou mesmo na própria sala de aula. Equipamentos permanentes de laboratório existem somente em poucas escolas. Alguns professores falaram do tratamento diferenciado dado, pelo governo, a favor das escolas com maior número de alunos, no que diz respeito ao fornecimento de material de laboratório;

b) o trabalho desenvolvido nas oficinas não foi suficiente, principalmente, pelo curto espaço de tempo, para que os professores adquirissem segurança para trabalhar alguns dos assuntos com seus alunos. Dificuldades são sentidas, também, pelos professores para trabalharem assuntos relacionados à Física Clássica;

c) outra alegação é o reduzido número de aulas, duas por semana, para trabalhar atividades experimentais com um currículo extenso como o de Física. Alguns dos assuntos estudados nas oficinas não estavam previstos no planejamento anual dos professores, o que exigiu uma adaptação e até mesmo uma seleção de conteúdos, conforme o grau de importância, tarefa não muito fácil para os professores por não possuírem critérios estabelecidos para tal;

d) a falta de tempo para buscar e organizar o material para as atividades experimentais foi outra dificuldade. Com uma carga horária elevada, e não dispondo de recursos humanos para auxiliar nessa tarefa, cabe aos professores o comprometimento com todas as etapas, ou seja, providenciar o material, preparar este e ainda deixar o ambiente em condições para atividades posteriores, de outros professores, em outras disciplinas.

Por outro lado, os professores destacaram vários pontos positivos observados a partir da realização das atividades experimentais, com seus alunos, envolvendo a Física Moderna. Destaco aqui:

a) as atividades experimentais tiveram um valor pedagógico significativo, porque permitiram aos alunos se envolverem diretamente no seu desenvolvimento. Na opinião dos professores os alunos participaram intensamente das tarefas, havendo somente poucos casos, bem isolados, em que isso não ocorreu. Em várias situações os alunos foram encarregados de providenciar o material e fizeram demonstrações aos colegas;

b) houve um envolvimento destacado dos alunos com desempenho excelente, mas os professores perceberam que os alunos que normalmente apresentam limitações, demonstraram grande capacidade de superação;

c) os professores afirmaram que os conteúdos trabalhados com atividades experimentais são mais bem compreendidos pelos alunos, e aumentam o interesse pela Física.

Ao mesmo tempo, percebeu-se que serviram de estímulo para alunos com dificuldades, aumentando a persistência na resolução de problemas relacionadas ao assunto;

d) pelo fato de o planejamento dos professores ainda ser disciplinar, e por terem desenvolvido poucas atividades integradas com outras disciplinas, não souberam responder se houve ou não melhora no desempenho dos alunos em outras disciplinas ao serem trabalhados assuntos de Física Moderna, com atividades experimentais. Mas, há determinados casos em que os alunos optaram em fazer cursos paralelos, como eletrônica, em outras instituições, e começaram a se identificar com uma profissão relacionada à tecnologia.

8.3 Sobre a fala dos alunos

Os alunos com as mais diversas origens enriquecem a sala de aula com diferentes percepções de realidade, trazendo uma significativa diversidade cultural, social, religiosa e política. A considerável diversidade entre os alunos faz com que o professor precise ser dinâmico para atender as expectativas e as necessidades, sem desmerecer os conhecimentos adquiridos no cotidiano.

Os alunos não foram envolvidos de forma direta na pesquisa, porém foi dada para alguns, da terceira série de cada escola, a oportunidade de expressarem suas percepções sobre o conhecimento físico.

Quanto à fala dos alunos, destaco alguns pontos:

a) todos os alunos reconhecem que os conteúdos de Física têm relação com o cotidiano e conseguem estabelecer relações com diferentes realidades. Porém, alguns a classificam como difícil e complicada. Enquanto há quem prefira a teoria, outros tem maior afinidade com os cálculos;

b) para a maioria dos alunos os professores estão propondo aulas bastante diversificadas, envolvendo pesquisas, atividades experimentais, problemas e outros. Os alunos apontam com admiração os professores que conseguem contextualizar os assuntos. Eles também destacam a dificuldade de realizar determinadas atividades pela falta de estrutura nas escolas, citando como exemplo o laboratório. Percebe-se, também, na fala dos alunos uma diversidade metodológica entre os diferentes professores e escolas;

c) as atividades experimentais, na opinião da grande maioria dos alunos, melhoram a compreensão pois permitem estabelecer relações com fatos do cotidiano, geram

discussão e os alunos passam a integrar-se no processo, deixando de serem meros receptores, melhorando inclusive o desempenho individual, em termos quantitativos;

d) a maioria dos alunos nunca estudou História da Física, e percebe-se que fatos históricos são abordados de forma bastante restrita pelos professores. Somente poucos alunos sentiram-se instigados a buscar maior compreensão da Física, estudando o momento histórico em que determinado conhecimento foi construído, mas estes perceberam relação destes acontecimentos com outros fatos do conhecimento humano;

e) pela fala dos alunos percebe-se que eles não possuem informações claras relacionadas aos conhecimentos atribuídos à Física Clássica e os atribuídos à Física Moderna. Para alguns alunos as expressões Física Clássica e Física Moderna soam estranhas, enquanto outros admitem que já escutaram algo a respeito e conseguem argumentar com segurança;

f) sobre a intensidade de envolvimento dos alunos nas atividades experimentais, existe uma diversidade de opiniões. Para alguns os melhores alunos se envolvem mais, enquanto para outros, os alunos com dificuldades se envolvem e interagem muito bem. Na opinião dos alunos, o envolvimento depende muito do tipo de atividade e da motivação apresentada pelo professor;

8.4 Concluindo

Nesta pesquisa procuramos traçar um perfil do ensino de Física Moderna no Extremo Oeste de Santa Catarina, e também apresentar uma proposta de atividades sobre esse assunto, envolvendo experimentos. As conclusões apresentadas neste contexto não são a pretensão de esgotar o tema ou apresentar normas a serem seguidas. Pelo contrário, pretendemos abrir perspectivas para novos questionamentos, reflexões e busca de novos caminhos. Mesmo tendo apontado alternativas de atuação, elas não devem ser considerados como único caminho, pois não é possível dar conta de toda complexidade quando tratamos de questões ligadas à educação.

A Proposta Curricular de Santa Catarina prevê o ensino de Física Moderna ainda no Ensino Médio, mas sua presença é raramente detectada nas salas de aula. As dificuldades são muitas: professores sem formação adequada, métodos de ensino tradicionais, alto grau de complexidade das teorias, falta de estrutura nas escolas, falta de material adequado, entre outras.

Apesar de os resultados da pesquisa, inicialmente, apontarem sérias deficiências no ensino da Física Moderna no Ensino Médio das escolas do Extremo Oeste de Santa Catarina, este trabalho procurou mostrar que podemos tratar conceitos de Física Moderna ainda neste nível de conhecimento, com resultados, extremamente, benéficos com as mudanças geradas na compreensão e interesse dos alunos pela Física. Assim, é de nossa responsabilidade a resolução das dificuldades mencionadas, visando tornar o ensino das físicas Clássica e Moderna, mais interessante, mais envolvente e mais desafiador.

REFERÊNCIAS

- ANGOTTI, José André Peres. *Ensino de Ciências e Complexidade*. UFSC. <Htt://www.ced.ufsc.Br/men5185/artigos/angotti_ensino_de_ciências.htm> Acesso em 17 ago. 2005.
- BARTHEM, Ricardo. *A Luz*. São Paulo: Livraria da física. 2005.
- BINI, Renato César. *Como o Cérebro Aprende*. Florianópolis. Ceitec, 2005. 60p.
- BORGES, Regina M. R. *Em Debate: cientificidade e educação em ciências*. Porto Alegre:1996.
- BRASIL, Ministério da Educação, Scretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília, 1999.
- CAPRA, Fritjof. *O Ponto de Mutação*. São Paulo: Cultrix, 1982.
- CHESMAN, Carlos; ANDRE, Carlos e MACEDO, Augusto. *Física Moderna Experimental e Aplicada*. São Paulo: Livraria da física, 2004.
- D'AMBROSIO, Ubiratan. *Transdisciplinaridade*. São Paulo: Palas Athena, 1997. 2 ed.
- DELIZOICOV, Demétrio e AGNOTTI, José André. *Física*. São Paulo: Cortez, 1992. 2 ed.
- EISBERG, Robert e RESNICK, Robert. *Física Quântica*. RJ: Campus (Elsevier), 1979. 22ª reimpressão.
- ENRICONE, Délcia (org.). *Ser professor*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004. 4 ed.
- FALSARELLA, Ana Maria. *Formação continuada e prática de sala de aula: os efeitos da formação continuada na atuação do professor*. Campinas, SP: Autores Associados, 2004.
- FILHO, Kepler de Souza Oliveira e SARAIVA Maria de Fátima Oliveira. *Espectroscopia*. <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>, acesso, 13 jan 2007.
- GIROUX, Henry A. MACLAREN, Peter. *Formação do professor como uma contra-esfera pública: a pedagogia radical como uma forma de política cultural*. In: MOREIRA, A. F. e SILVA, T. T.(Orgs.) *Currículo, Cultura e Sociedade*. São Paulo: Cortez, 1995. 2 ed, p. 125-154.
- GONÇALVES, Fábio Peres e GALIAZZI, Maria do Carmo. *A Natureza das Atividades Experimentais no Ensino de Ciências*. In: MORAES, Roque e MANCUSO, Ronaldo (Orgs). *Educação em Ciências*. Ijuí: Unijuí, 2004. p. 237 – 252.
- GOSWAMI, Amit. *O Universo Autoconsciente*. RJ: Rosa dos Tempos, 2003, 6ªed.

- GRIBBIN, John. *Fique por dentro da Física Moderna*. Cosac & Naify. São Paulo, 2001.
- HANSON, N.R. Observação e Interpretação. In: MORGENBESSER, S. (org.). *Filosofia da Ciência*. São Paulo: Cultrix, 1975.
- HAWKINNG, Stephen. *Breve História do Tempo*. Lisboa. Gradativa, 2000.
- _____. *O Universo Numa Casca de Noz*. São Paulo: Arx, 2001.
- HEWITT, Paul G. *Física Conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 2002, 9 ed.
- HOFFMANN, Jussara. *Avaliação Mediadora*. Porto Alegre: Mediação, 2004, 23 ed.
- HUSSEIN, Mahir S. e SALINAS, Silvio R. A.(org). *100 anos de física quântica*. São Paulo: Livraria da Física, 2001.
- KAKU, Michio. *Hiperespaço*. RJ: Rocco, 2000.
- KLEIN Étienne e LACHIÈZE-REY, Marc. *A Aventura da Física: a demanda da unidade*. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.
- KUHN, T.S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. 2 ed. São Paulo: Perspectiva, 1978.
- LIMA, Adriana de Oliveira. *Avaliação Escolar: julgamento ou construção?* Petrópolis: Vozes, 1994. 3 ed.
- LUCKESI, Cipriano C. *Avaliação da Aprendizagem Escolar*. São Paulo: Cortez, 2005. 17 ed.
- LÜDKE, Menga e ANDRE, Marli Afonso. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. SP: EPU 1986.
- MORAES, Roque e GALIAZZI, Maria do Carmo. *Análise Textual Discursiva*. Ijuí: Unijuí, 2007.
- OLIVEIRA, Ivan S. *Física Moderna: para iniciados, interessados e aficionados* (volume I). São Paulo: Livraria da Física, 2005.
- _____, Ivan S. *Física Moderna: para iniciados, interessados e aficionados* (volume II). São Paulo: Livraria da Física, 2005.
- PEIXOTO, Eduardo M.A. . *Teoria Quântica*. São Paulo: 1988.
- PERRENOUD, Philippe. *10 Novas Competências para Ensinar*. Artmed. Porto Alegre, 2000.
- PESSIS-PASTERNAK, Guita (Org. entrevistas). *Do Caos à Inteligência Artificial*. Unesp. São Paulo, 1993.

PESSOA JUNIOR, Osvaldo. *Conceitos de Física Quântica*. São Paulo: Livraria da Física, 2003.

PIETROCOLA, Maurício (Org.). *Ensino de Física*. Florianópolis: UFSC, 2001.

PRIGOGINE, Ilya. *O fim das Certezas*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996.

RANGEL, Annamaria Píffero. *Construtivismo Apontando falsas verdades*. Editora Mediação. Porto Alegre. 2002.

ROCHA FILHO, João Bernardes da. *Física e Psicologia*. P.A.: Edipucrs 2004.

ROCHA FILHO, João Bernardes da. SALAMI, Marcos Alfredo. HILLEBRAD, Vicente. *Construção e caracterização de uma célula fotoelétrica para fins didáticos*. Revista Brasileira de Ensino Física vol.28, nº.4, p. 555-561. São Paulo 2006.

ROCHA FILHO, J. B. et al. *Resistores de papel e grafite: Ensino experimental de eletricidade com papel e lápis*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 20, n. 2, p. 228-236, 2002.

_____. *Construção de capacitores de grafite sobre papel, copos e garrafas plásticas, e medida de suas capacitâncias*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 22, n. 3, p. 400-415, 2005.

ROHDEN, Humberto. *Einstein O Enigma do Universo*. SP: Martin Claret. 15 ed. Sd.

SANTA CATARINA, Secretaria de Estado da Educação e do Desporto. *Proposta curricular de Santa Catarina: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio – disciplinas curriculares*. Florianópolis: COGEN, 1998.

SOEIRO, Leda e AVELINE, Suelly. *Avaliação Educacional*. Porto alegre: Sulina, 1982.

TARDIF, Maurice. *Saberes Docentes e Formação Profissional*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004. 4 ed.

VIEIRA, Elaine e VOLQUIND, Lea. *Oficinas de Ensino: o que? Por que? Como?* Edipucrs. 4 ed. 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Roteiro de questões para os professores de física do Ensino Médio – Sondagem.

1. Há quanto tempo atua como professor de física no Ensino Médio?
2. Qual a sua formação profissional?
3. Na sua formação profissional, cursou disciplinas envolvendo conteúdos relacionados à Física Moderna? Teve outras oportunidades para se aprofundar nos conceitos dessa área do conhecimento?
4. Se você trabalha conteúdos relacionados à Física Moderna:
 - a) Qual é a metodologia que utiliza?
 - b) Qual é a reação dos alunos diante dessa área do conhecimento?
 - c) Qual é o interesse e o rendimento dos educandos nessa área do conhecimento?
5. Se você não trabalha conteúdos relacionados à Física Moderna, qual a justificativa?
6. Como você percebe o interesse dos alunos em relação à Física, de um modo geral, referente ao interesse que demonstram por outras disciplinas?
7. Outras considerações que gostaria de fazer sobre a Física Moderna?

APÊNDICE B - Questões norteadoras para entrevista com os professores após a conclusão das oficinas pedagógicas.

1. Como você avalia a sua participação nas oficinas pedagógicas? O que foi bom e o que foi ruim? Elas atenderam suas expectativas?
2. Os conteúdos que foram trabalhados envolvendo experimentos melhoraram a compreensão, principalmente, dos educandos nessa área do conhecimento?
3. Quais foram as dificuldades sentidas em apresentar este conteúdo para seus alunos?
4. Qual foi o interesse dos alunos? Eles se envolveram e se mostraram interessados pelo assunto?

5. Como você avaliou seus alunos e qual foi o desempenho? Houve melhora na compreensão e no rendimento, em termos de nota, ou foi utilizado outro critério?
6. Os alunos com desempenho baixo em outras avaliações se sobressaíram?
7. Você notou alguma mudança no interesse dos alunos em relação à física, comparativamente ao que demonstram pelas outras disciplinas?
8. Quais seriam suas sugestões e considerações para futuros trabalhos envolvendo conteúdos de Física Moderna?

APÊNDICE C – Oficina 1 - Proposta Curricular de Santa Catarina, Parâmetros Curriculares Nacionais e Estrutura da Matéria.

Parâmetros Curriculares Nacionais

Os parâmetros têm como objetivo principal auxiliar o professor na execução de seu trabalho. Também servem como estímulo e apoio a reflexão sobre a prática diária do professor, bem como, o planejamento e desenvolvimento do currículo de sua escola. A partir deste cada cidadão deve dominar competências básicas que lhe permitem enfrentar a realidade cotidiana com mais segurança.

Com os Parâmetros Curriculares Nacionais, busca-se superar:

[...] um ensino descontextualizado, compartimentalizado e baseado no acúmulo de informações para buscar dar maior significado ao conhecimento escolar mediante a contextualização, evitar a compartimentalização, mediante a interdisciplinaridade e incentivar o raciocínio e a capacidade de aprender. (PCN, 1999, p. 13).

Sobre os conhecimentos físicos, estes devem contribuir para formar uma cultura científica que dê ao indivíduo a capacidade de interpretar os fatos, fenômenos e os processos naturais com os quais está em constante interação e provoca transformações.

[...] é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associada as outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. (PCN, 1999, p.229).

Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (1999, p. 237), as competências e habilidades desejadas em Física, de forma sintetizada, são:

a) representação e comunicação:

- compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos. Compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos.
- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.
- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento aprendido, através de tal linguagem.
- Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas.
- Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados.

b) investigação e compreensão:

- desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar e estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.
- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.
- Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos.
- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico.

c) contextualização sócio-cultural

- reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
- Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.
- Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia.
- Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes.

Certamente, não conseguiremos atingir todas essas competências no Ensino Médio, pelos mais diferentes motivos, porém acreditamos que as atividades devem visar sua efetivação no maior número possível.

Proposta Curricular de Santa Catarina

A Proposta Curricular do Estado de Santa Catarina é o resultado de vários anos de trabalho de um grupo multidisciplinar de professores, que foram selecionados conforme critérios de um edital divulgado em todo o estado pela Secretaria de Estado da Educação e

Desporto, selecionando professores de destacada formação e ação pedagógica. A partir da contribuição de professores de todas as regiões do estado e partindo de uma versão preliminar, analisaram criticamente os textos e enviaram relatórios das análises ao grupo multidisciplinar; juntamente com o auxílio de consultores de diferentes universidades do Brasil.

Eixos norteadores da proposta curricular de Santa Catarina

A Proposta Curricular de Santa Catarina parte do pressuposto de que o conhecimento produzido no decorrer do tempo é patrimônio coletivo, e, por isso, deve ser socializado. O termo socialização significa: garanti-lo a todos, implicando com políticas educacionais que devem zelar pela inclusão, com campanhas de matrículas, capacitação de professores, programas de formação e com posturas dos professores diante do ato pedagógico. O professor deve zelar para que todos aprendam, não apenas os que possuem maior facilidade garantindo que seu conhecimento seja, efetivamente, oportunizado a todos os alunos.

A Proposta Curricular de Santa Catarina, também, tem como pressuposto que a socialização do conhecimento das ciências e das artes implica em estabelecer relação com outros saberes, tais como o do cotidiano e o religioso. Não se trata de negar a existência, nem a importância desses saberes. As crianças e os jovens já trazem conceitos elaborados a partir das relações que estabelecem com o meio no qual vivem, que não podem ser ignorados pela escola. Trata-se de provocar um constante diálogo entre esses saberes com o conhecimento das ciências e das artes, garantido a apropriação desse conhecimento e da maneira científica de pensar. A socialização do conhecimento significa ultrapassar a realidade proximal dos alunos, oportunizando o entendimento que o conhecimento tem características universais.

A Proposta Curricular de Santa Catarina também tem como pressuposto que somente repassar ou oportunizar informação científica, acrescenta muito pouco ao preparo intelectual dos alunos, pois as informações tornam-se, rapidamente, obsoletas diante da dinamicidade da ciência. A maneira de pensar, que permite a autonomia de cada um na compreensão do conhecimento e das informações, na busca e na elaboração de novas informações e de novos conhecimentos, não se obsoletizam; uma vez que a elaboração de novos conhecimentos se dá sempre a partir dos conhecimentos que alguém já tem internalizado.

Sobre as concepções de aprendizagem, a Proposta Curricular de Santa Catarina, compactua com a concepção histórico-cultural, também chamada sócio-histórica ou sociointeracionista. A referida concepção tem como preocupação a compreensão de como as interações sociais agem na formação das funções psicológicas superiores. Estas são o resultado de um processo histórico e social, não uma determinação biológica. Assim as interações sociais vividas por cada indivíduo são determinantes no desenvolvimento dessas funções.

O sentido do aprendizado da Física – Proposta Curricular de Santa Catarina

Conforme a Proposta Curricular de Santa Catarina, o ensino de Física no Ensino Médio, freqüentemente, tem se reduzido a um treinamento para aplicação de fórmulas na resolução de problemas descontextualizados e abstratos, que não têm sentido para os alunos e, muitas vezes, nem para os próprios professores. Na visão de um grande contingente de professores, trabalhar a Física dessa forma prepara o aluno para o acesso ao nível superior. Concepção contestada pela Proposta Curricular de Santa Catarina, quando coloca:

além de levar a mediocrização do aprendizado, automatizando ações pedagógicas, tal ensino nem sequer serve adequadamente à preparação para o ensino superior, pois a postura de memorização sem compreensão, conduz ao esvaziamento do sentido das fórmulas matemáticas, que expressam leis fundamentais ou procedimentos científicos, conduz enfim a um falso aprendizado. (1998, p. 142).

Para que o ensino de Física realmente tenha significado, a Proposta Curricular de Santa Catarina, sugere além de metodologias, modificações no próprio conteúdo:

Para se estabelecer um diálogo real, em que alunos e professores possam, efetivamente, formular idéias e conferir seu aprendizado, pode-se recomendar o tratamento, desde a abertura de cada área da Física, de temas da vida diária, como equipamentos, sistemas, e situações reais [...]. A mecânica pode tratar da operação e movimento de máquinas e veículos, e a estática das construções civis, de veículos e de ferramentas, a termodinâmica pode lidar com radiação solar, com motores a combustão e ciclos atmosféricos, a ótica pode lidar com lentes de óculos, de telescópios e de microscópios, com fotografias, com telas de TV e com vídeo gravadoras. Finalmente, o eletromagnetismo deverá se referir aos motores elétricos, medidores, geradores, com radiodifusão e processamento de informações. (1998, p. 142).

Conforme a Proposta Curricular, certamente, não se supera o ensino tradicional com uma simples alteração na ordem dos conteúdos, mesmo não havendo uma ordem universal estabelecida para os conteúdos instrucionais de Física no nível médio. Mas, entende-se que é conveniente estabelecer uma ordem para evitar que a migração de alunos, por diferentes fatores, possa resultar em repetição de conteúdos ou em lacunas formativas.

Neste sentido, considera-se importante a seqüência majoritária adotada em quase todo o Brasil, ou seja, Mecânica cobrindo toda a primeira série do Ensino Médio, Termodinâmica no primeiro semestre da segunda série, Óptica no segundo semestre da segunda série e eletromagnetismo, cobrindo toda a terceira série. Elementos de Física Moderna, incluindo estrutura atômica, estariam presentes na segunda e na terceira série, já se iniciando também alguma cosmologia no estudo de gravitação, na primeira série. (PROPOSTA CURRICULAR, 1998, p. 142).

A proposta Curricular expõe de maneira objetiva a seqüência de conteúdos e também a metodologia que permita dar um significado aos conteúdos possibilitando sua compreensão. É um programa de trabalho extenso que torna-se inviável colocá-lo em prática em um curto espaço de tempo, sabendo que “boa parte dos professores que ensinam física no Brasil sequer têm qualquer formação específica em física.” (PROPOSTA CURRICULAR, 1998, p. 145).

A proposta Curricular procura sinalizar os conteúdos mais importantes e os menos importantes, para a formação de uma visão de mundo e a compreensão de sua complexidade, esperando que continuamente construamos e reconstruamos.

Estrutura da Matéria

Na segunda parte do primeiro encontro, discutimos as teorias sobre a estrutura da matéria e procuramos entender a estrutura do átomo em uma visão moderna.

Sabemos pela história que os filósofos gregos, Leucipo e Demócrito, levantaram a hipótese de que a matéria poderia ser composta de partículas fundamentais indivisíveis, que denominaram de átomos. Porém, a existência dos átomos foi comprovada, cientificamente, no início do século XX. Na ocasião, os cientistas perceberam que a estrutura atômica era bastante complexa e que poderia ser modificada por ações externas, conforme mostravam vários

experimentos da época. Um passo importante foi a descoberta do elétron por Thomson, em 1897, a primeira partícula subatômica conhecida. Desde então, as teorias que explicam as estruturas básicas da matéria sofreram profundas modificações.

Após inúmeros experimentos com raios catódicos Thomson formulou uma hipótese, na qual defendia a idéia de que os elétrons dos raios catódicos assumiam um novo estado da matéria, com uma estrutura muito diferente e com massa muito menor, do que os gases conhecidos até então. Para ele, os elétrons seriam a base de todos os elementos químicos. Seu modelo atômico consistia em milhares de elétrons em movimento em uma nuvem desprovida de massa com uma carga positiva, de modo que seria, eletricamente, neutro.

O elétron tinha uma carga elétrica negativa. Tudo indicava que o átomo tinha uma estrutura interna. Thomson sugeriu que o átomo era como um bolo esférico, de carga elétrica positiva, coberto com elétrons parecidos com passas em quantidade suficiente para neutralizar essa carga. (STRATHERN, 1999, p.24).

O modelo atômico de Thomson foi contestado por Rutherford ao realizar experimentos com feixes de partículas alfa, provenientes de polônio radioativo, que incidiam em uma fina placa de ouro. No experimento, Rutherford constatou que a maioria das partículas atravessava a placa sem sofrer desvio e somente uma pequena fração delas sofriam desvio ou eram refletidas de volta. Baseado nestas observações, propôs um novo modelo atômico, no qual o átomo possuía um pequeno núcleo maciço com carga positiva com elétrons girando ao seu redor, como se fosse um pequeno sistema solar.

O átomo nuclear nascia (e a ele se seguiram a física nuclear e a era nuclear). Tratava-se de uma das idéias mais agradáveis do ponto de vista estético jamais concebidas na ciência. Era como se a menor unidade do mundo funcionasse da mesma forma que o sistema solar. Os mundos micro e macro refletiam um ao outro! (STRATHERN, 1999, p.34).

O modelo de átomo apresentado por Rutherford novamente foi contestado, desta vez por Bohr. A partir de uma visão do eletromagnetismo clássico, os elétrons por estarem acelerados emitirem ondas eletromagnéticas e perderiam energia até colidir com o núcleo, tornando a matéria instável, contrariando as evidências.

Bohr supôs que as leis físicas que explicam o mundo macroscópico, não são válidas para descrever o mundo atômico. Ele incorporou noções de energias discretas, os pacotes de energia, posteriormente, chamados de fótons, para descrever seu modelo atômico.

Para Bohr, o elétron só pode se encontrar em certas órbitas circulares associados a números inteiros ($n = 1, 2, 3, \dots, \infty$). Toda vez que um elétron libera ou absorve um fóton ele muda de órbita. Quando libera um fóton, o elétron passa para uma órbita de menor energia e a energia do fóton emitida é igual a diferença entre as duas órbitas. A equação que permite calcular a energia E é proporcional a frequência f da onda eletromagnética correspondente, multiplicado com a constante de Planck h . Portanto: $E = hf$.

O estado fundamental do elétron corresponde à órbita de mais baixa energia, para $n = 1$. Enquanto, para $n = \infty$, é o limite a partir do qual o elétron perde a influência do núcleo atômico, podendo assumir energias arbitrárias.

Esse modelo de átomo impulsionou várias pesquisas, que mais tarde resultaram na mecânica quântica. Este modelo também está de acordo com os dados espectrais, descritos no apêndice D, oficina 2. A idéia de que os elétrons ocupam, apenas, determinados níveis de energia não excluiu o modelo planetário de átomo.

Em 1924, de Broglie introduziu o conceito de ondas de matéria, para explicar os níveis discretos de energia. Uma onda estaria associada a cada partícula e comporta-se exatamente, da mesma forma como outras ondas, podendo ser refletida, refratada, difratada e causar interferência. A onda comporta-se como uma onda estacionária em uma corda de violão, visto que o elétron não é concebido como uma partícula localizada em um determinado ponto dentro do átomo, mas como se sua massa e sua carga estivessem espalhadas em uma onda estacionária circundando o núcleo atômico.

Neste modelo, a menor órbita de um elétron equivale o comprimento de onda, enquanto as órbitas seguintes, de maior energia, são somadas por múltiplos inteiros de ondas. Em cada órbita o elétron possui um único valor de velocidade, o que determina seu comprimento de onda.

Numa visão ainda mais moderna de átomo, as ondas eletrônicas movem-se não, apenas, ao redor do núcleo, mas também para dentro e para fora dele. Obtém-se uma nuvem eletrônica tridimensional, a onda eletrônica passa a ser uma onda de probabilidade, não como um elétron pulverizado pelo espaço, mas como uma partícula pontual quando detectado. O elétron apresenta determinada probabilidade de se encontrar em ponto na nuvem eletrônica.

A concepção relativística da matéria afetou, profundamente, a idéia de partícula e as forças entre essas partículas, aceitas na visão clássica. Em uma visão relativística, as forças entre partículas são apresentadas como a troca de outras partículas, conceito necessário para entendermos os fenômenos subatômicos. As forças de constituintes da matéria são ligadas às

propriedades de outros constituintes de matéria, e assim, unificando os conceitos de força e matéria que na física newtoniana pareciam, fundamentalmente, diferentes. Capra (1982, p. 86), afirma:

força e matéria são vistas agora como tendo sua origem comum nos modelos dinâmicos a que chamamos partículas. Esses modelos de energia do mundo subatômico formam as estruturas nucleares, atômicas e moleculares estáveis que constroem a matéria e lhe conferem seu sólido aspecto macroscópico, fazendo-nos por isso acreditar que ela é feita de alguma substância material. Em nível macroscópico, essa noção de substância é uma útil aproximação, mas no nível atômico deixa de ter qualquer sentido. Os átomos consistem em partículas, e estas partículas não são feitas de qualquer substância material. Quando as observamos, nunca vemos qualquer substância material; o que vemos são modelos dinâmicos que se convertem continuamente uns nos outros – a contínua dança da energia.

Hoje, pelos estudos em modernos laboratórios, sabe-se que existem grupos de partículas menores que compõe o elétron, o próton e o nêutron.

Atividade desenvolvida

Neste encontro lemos parte dos textos, previamente, selecionados dos PCNs e da Proposta Curricular de Santa Catarina. Durante a leitura vários comentários foram feitos pelos professores, destacando pontos do texto que se relacionavam com o trabalho que estavam realizando, ou demonstraram preocupação dos pontos que divergiam com o seu planejamento e as suas ações em sala de aula.

Foi sentida certa apreensão nos professores, com relação aos Parâmetros Curriculares Nacionais, sobre as competências e habilidades desejadas em Física. Eles reconhecem que algumas de suas ações apresentam falhas metodológicas, mas alegam que estão fazendo o que podem para garantir um bom nível nas aulas.

A Proposta Curricular de Santa Catarina prevê conteúdos de Física Moderna ainda no Ensino Médio, conforme já colocado anteriormente, porém pouco está sendo, efetivamente, posto em prática pelos professores. Em seus comentários, colocam que não conseguem trabalhar todos os conteúdos previstos, mesmo trabalhando de forma superficial.

Atividades práticas desenvolvidas

Problematização:

Qual é o modelo mais correto de representação da estrutura de um átomo a ser apresentado aos alunos?

Nesta atividade, como recurso auxiliar utilizamos o retro-projetor, com lâminas preparadas, anteriormente, contendo figuras e tópicos teóricos relacionados à estrutura atômica, além da contribuição dos colegas. Inicialmente, comentamos fatos históricos relacionados à evolução da compreensão da estrutura atômica e foi estabelecido um momento de comunicação e compartilhamento de idéias.

Depois do momento dos estudos teóricos, desenvolvemos duas atividades práticas, com o objetivo de compreender melhor a teoria relacionada aos fenômenos atômicos. Sabemos que estudos práticos com átomos isolados não são possíveis nas escolas e sua observação não se dá de forma direta. Sendo assim, o objetivo das atividades foi ajudar a visualizar o invisível, ou seja, ajudar a criar uma representação visual que permite ao aluno criar um modelo mental do que se acredita ser o comportamento do átomo.

Na segunda atividade o objetivo foi mostrar o trabalho dos cientistas nessa área do conhecimento, que se dá, muitas vezes, na base das hipóteses.

Atividade 1

A atividade desenvolvida está relatada em Valadares, Chaves e Alves (2005, p. 13-14), denominada “Pêndulos Acoplados”. Porém, ao desenvolver a atividade no grupo não seguimos, exatamente, todas as medidas e sugestões de material apresentadas pelos autores. As alterações foram feitas conforme a disponibilidade de material, mas não alteraram os resultados e nem comprometeram os objetivos pretendidos.

Material utilizado:

- 1 tira de madeira 5 x 90 cm (haste móvel)
- 2 tiras de madeira 8 x 25 cm (laterais)
- 1 tira de madeira 10 x 60 cm (base)
- 3 pedaços de fio, unifilar, de cobre de 20 cm
- pregos
- potes de filme fotográfico
- areia para preencher os potes
- 10 cm de espiral para encadernação de uma polegada de diâmetro.

Montamos um sistema com suporte e a haste móvel, conforme as figuras 1 e 2, abaixo. Os fios de cobre foram fixados na haste móvel, com distância de 10 cm entre eles, com pregos retorcidos de tal maneira que podem oscilar livremente na direção do movimento da haste. Enquanto a outra extremidade do fio foi fixada ao pote cheio de areia, perfurando a tampa e o fundo, com um nó na parte inferior. Dois dos pêndulos foram interconectados com o espiral. A fotografia 1 mostra o sistema construído pelo grupo de professores na oficina.

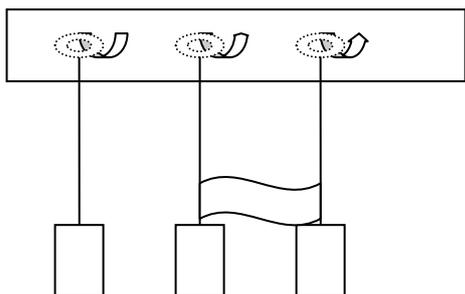


Figura 1 – Pêndulos Acoplados - visão inferior da haste móvel do sistema.
Fonte: o autor (2006).

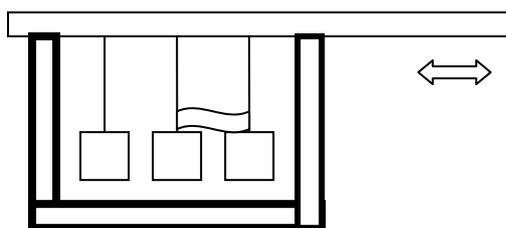


Figura 2 – Pêndulos Acoplados - visão completa do sistema.
Fonte: o autor (2006).



Fotografia 1 - Pêndulos Acoplados - sistema construído pelo grupo de professores.
Fonte: o autor (2006).

Em um movimento de vai-e-vem na haste móvel, percebemos que os pêndulos oscilam de forma diferente. A frequência e a amplitude dos pêndulos acoplados são diferentes do pêndulo isolado. O espiral pode representar uma ligação química entre átomos de uma molécula ou de um sólido cristalino, e a atividade permite visualizar que átomos isolados e ligados reagem de forma diferente a ações externas, por exemplo, quando iluminados. Conforme os autores Valadares, Chaves e Alves (2005, p.14): “a ressonância corresponde à

absorção de luz e a espiral que acopla os pêndulos pode ser associada aos modelos vibracionais de uma molécula ou da rede cristalina, no caso de um sólido.”

Os professores elogiaram a atividade pela facilidade com que pode ser desenvolvida com os alunos.

Atividade 2

A atividade dois tem como objetivo fazer uma analogia com o trabalho dos cientistas, quando estudam partículas, tentando olhar o seu interior e descobrir a estrutura fundamental que as compõem. Os cientistas possuem acesso limitado a estas estruturas e de forma indireta, obrigando-os a trabalhar com hipóteses e evidências, sem ter certeza.

Muitas das hipóteses levantadas são descartadas com o avanço dos estudos, por se revelarem impróprias para explicar os fenômenos observados, ao mesmo tempo em que novas são propostas.

Uma caixinha que batizamos de “caixinha enigma”, foi preparada, previamente, e apresentada ao grupo de professores para que estes pensassem e desenhassem as possibilidades de como era o esquema interno e que explicasse o seu funcionamento.

A caixinha é totalmente fechada e dispõem de duas hastes móveis que estão internamente interligados de tal maneira que ao movimentar uma delas a outra também se movimenta. Quando uma haste é empurrada para o interior da caixinha a outra assume o mesmo comportamento, o mesmo acontece quando uma das hastes é puxada para fora da caixinha. A figura 3 e a fotografia 2 ajudam a ilustrar o seu funcionamento, as setas mostram o sentido do movimento das hastes.

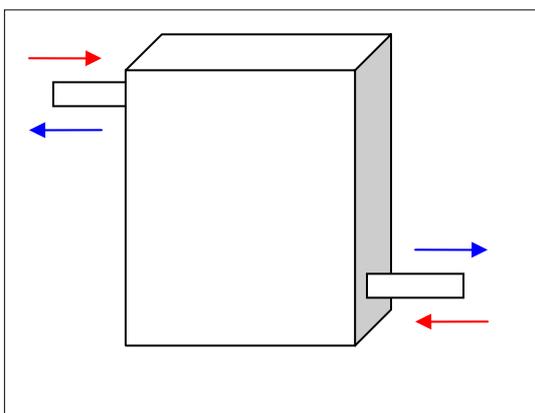


Figura 3 – Caixinha Enigma – visão externa ao grupo de professores



Fotografia 2 – Caixinha Enigma apresentada pelo professor

Fonte: o autor (2006).

Fonte: o autor (2006).

Cada professor socializou a sua hipótese sobre a possível estrutura interna da caixinha enigma, desenhando-a no quadro de giz. Vários esquemas foram apresentados e analisados pelo grupo, dos quais alguns foram aceitos como hipóteses possíveis e outros não.

Como os professores não participaram da construção da caixinha e, em hipótese alguma, foi permitida sua abertura, ficou um enigma sobre a estrutura interna. Das várias hipóteses apresentadas, duas se mostraram as mais prováveis na análise do grupo - figuras 4 e 5 - mas não obtiveram certeza de qual, realmente, é a estrutura fundamental.

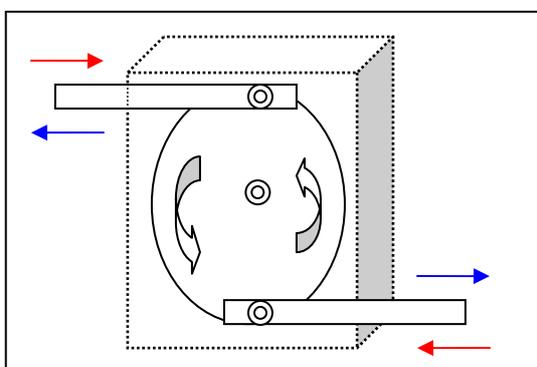


Figura 4 – Caixinha Enigma – hipótese 1 da estrutura interna.

Fonte: o autor (2006)

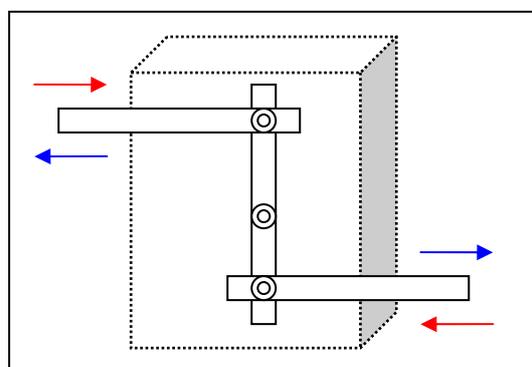


Figura 5 – Caixinha Enigma – hipótese 2 da estrutura interna.

Fonte: o autor (2006)

Essa atividade se revelou interessante pela curiosidade e o desejo que provocou nos professores em querer chegar à verdade. Foi difícil para eles não poderem abrir a caixinha para ver a estrutura interna e voltar para casa com a dúvida, ou seja, somente uma probabilidade da resposta e não a certeza.

Referências:

BRASIL, Ministério da Educação, Scretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais*: ensino médio. Brasília, 1999.

CAPRA, Fritjof. *O Ponto de Mutação*. São Paulo: Cultrix, 1982.

SANTA CATARINA, Secretaria de Estado da Educação e do Desporto. *Proposta curricular de Santa Catarina: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio – disciplinas curriculares*. Florianópolis: COGEN, 1998.

STRATHERN, Paul. *Bohr e a Teoria Quântica*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1999.

VALADARES, Eduardo de Campos; CHAVES, Alair e ALVES, Esdras Garcia. *Aplicações da física Moderna: do transistor à nanotecnologia*. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

APÊNDICE D - Oficina 2 - Fenômenos ondulatórios e padrões espectrais dos elementos

Comportamento ondulatório

As ondas de rádio, microondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama, são os principais tipos de ondas que constituem o espectro eletromagnético. Os diferentes tipos de ondas eletromagnéticas foram descobertas e estudadas depois da comprovação das idéias de Maxwell. Elas se manifestam por diferenciadas formas e são percebidas por diferentes meios, conforme sua natureza.

Sabe-se que as ondas não transportam matéria, mas energia, e que as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com uma velocidade de 300 000 Km/s. Conforme Tavolaro e Cavalcante (2003, p. 15): “ondas eletromagnéticas são vibrações de campos elétricos e magnéticos que se propagam no espaço com a velocidade da luz”. Cada onda se propaga com certa frequência, e esta determina seu comprimento. A frequência e o comprimento são inversamente proporcionais e são essas grandezas que permitem classificá-la dentro do espectro.

Vários foram os pesquisadores e cientistas que contribuíram no estudo das ondas eletromagnéticas. No entanto, as contribuições de Maxwell foram fundamentais. Para Chesman, André e Macedo (2004, p. 25): “o desenvolvimento da teoria eletromagnética, sintetizada nas quatro equações de Maxwell, e os estudos das descargas elétricas nos tubos de Crookes, abriram o caminho para o surgimento da Física Moderna”, embora, o que mais deu notoriedade a Maxwell foi sua previsão de que a luz é uma onda eletromagnética. Conforme, os já citados autores (p. 33): “dessa forma ao revelar a natureza eletromagnética da luz, Maxwell conseguiu unificar em uma única teoria a Óptica e o Eletromagnetismo, mostrando, claramente, que os fenômenos elétricos, magnéticos e ópticos possuem uma única descrição física”.

Ainda conforme Chesman, André e Macedo (2004), a comprovação das teorias de Maxwell, deve-se a Hertz, em um experimento realizado em 1887. Ainda (p. 35): “deve-se a Hertz, também a verificação experimental de que as ondas eletromagnéticas possuem as mesmas propriedades de uma onda luminosa (reflexão, refração e interferência), e se propagam no vácuo com velocidade igual à da luz”.

Após as comprovações de Hertz, iniciaram-se as buscas para aplicações dos resultados de seus trabalhos. Inicialmente Marconi, em 1899, fez a primeira transmissão telegráfica sem o uso de condutores, provocando uma mudança profunda na forma de se comunicar. Para Chesman, André e Macedo (2004, p. 35): “com isso ele iniciou a era das telecomunicações [...], que permitiram o surgimento do rádio, da televisão, do telefone e, mais recentemente, a internet”.

As aplicações das ondas eletromagnéticas na tecnologia são várias, isso pode ser percebido constantemente.

Elas formam a base de funcionamento dos transformadores (utilizados para aumentar e diminuir voltagens elétricas) e geradores elétricos. São responsáveis pela invenção dos motores elétricos, dos relês eletromecânicos (exaustivamente usados em máquinas industriais), dos alto falantes, e microfones, equipamentos muito importantes no início da era da comunicação, pois os chamados transdutores eletromagnéticos-mecânico são essenciais para transformar sinais elétricos em sinais sonoros. Mais recentemente, devemos aos conhecimentos sobre as ondas eletromagnéticas, o aparecimento dos sensores eletro-óptico usados na construção de diversos equipamentos domiciliares, tais como: os aparelhos de vídeo cassete, o dvd, o cd, o forno de microondas e o telefone celular, entre outros. (CHESMAN, ANDRÉ e MACEDO, 2004, p. 35).

As ondas eletromagnéticas possuem o mesmo comportamento como todas as outras ondas quanto à reflexão, refração, interferência, difração e polarização.

O fenômeno da *reflexão* ocorre quando a onda incide na superfície de um material e é reemitida sem sofrer alteração na frequência, retornando ao meio de onde veio. As ondas de luz provenientes de uma fonte primária incidem sobre a superfície dos objetos, de onde são reemitidas, tornando os corpos que não possuem luz própria visíveis.

O fenômeno da *refração* é observado quando a luz passa de um meio para outro, devido a uma mudança de velocidade. A refração da luz é tanto maior, quanto maior for a mudança de sua velocidade ao passar para o outro meio.

O fenômeno da *interferência* ocorre quando duas ou mais ondas se superpõem. A interferência pode ser construtiva, aumentando a amplitude ou destrutiva anulando a amplitude parcial ou totalmente, dependendo da natureza das ondas superpostas.

O fenômeno da *difração* é a capacidade que uma onda tem de contornar um obstáculo e continuar a sua propagação com as mesmas características. Hewitt (2002, p. 496), acrescenta: “qualquer desvio sofrido pela luz por outros meios que não reflexão ou refração é chamado de difração”. O grau de difração da luz depende de vários fatores: o tamanho da abertura, comparada com o comprimento de onda, ou comprimento de onda com o tamanho da obstrução entre outros.

O fenômeno da *polarização* ocorre quando as ondas têm uma única direção de vibração. A luz se polariza quando passa por placas polaróides. A luz emitida por uma fonte comum não é polarizada, pois não existe qualquer direção preferencial dos elétrons acelerados que a emitem.

Espectros

Cada elemento químico possui um padrão próprio de níveis de energia - figuras 6 e 7 - e emite luz de acordo com seu padrão característico. Esta propriedade foi descoberta por Kirchhoff e Bunsen, em 1859. Além de ser uma propriedade fundamental da matéria é um poderoso método de análise.

As figuras 6 e 7 abaixo, mostram a seqüência do espectro de radiação emitido por diferentes elementos químicos. A seqüência de linhas que representam os níveis de energia dos elementos são como um código de barras da substância ou mesmo uma impressão digital.

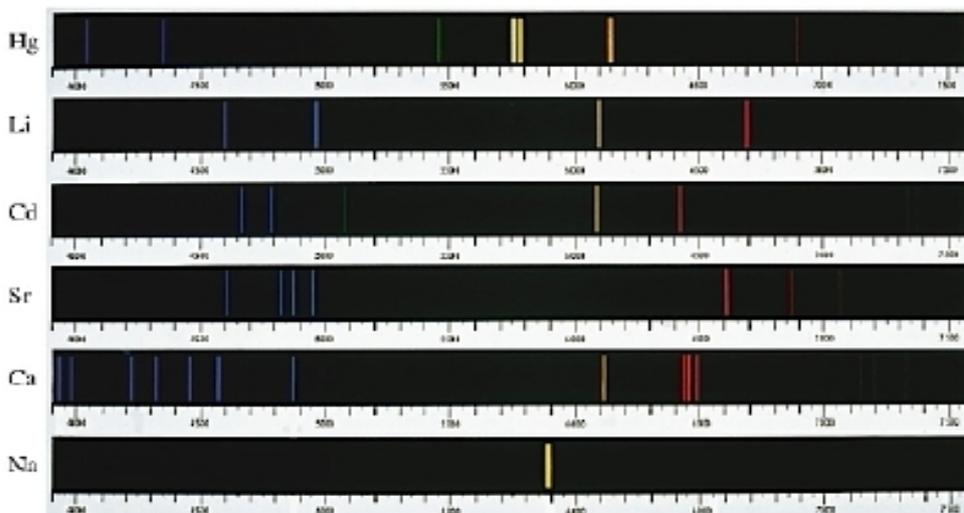


Figura 6 – Sequência espectral de alguns elementos químicos .

Fonte: <<http://www.uma.es/investigadores/servinv/LabEA/aplicaciones/aplicaciones.html>> acesso em 13 jan 2007

Essa descoberta abriu um campo de investigação promissor, resultando entre outras, na descoberta do elemento químico Hélio. Praticamente, tudo que sabemos sobre a composição química dos astros e da matéria do universo se deve aos avanços da *espectroscopia*.

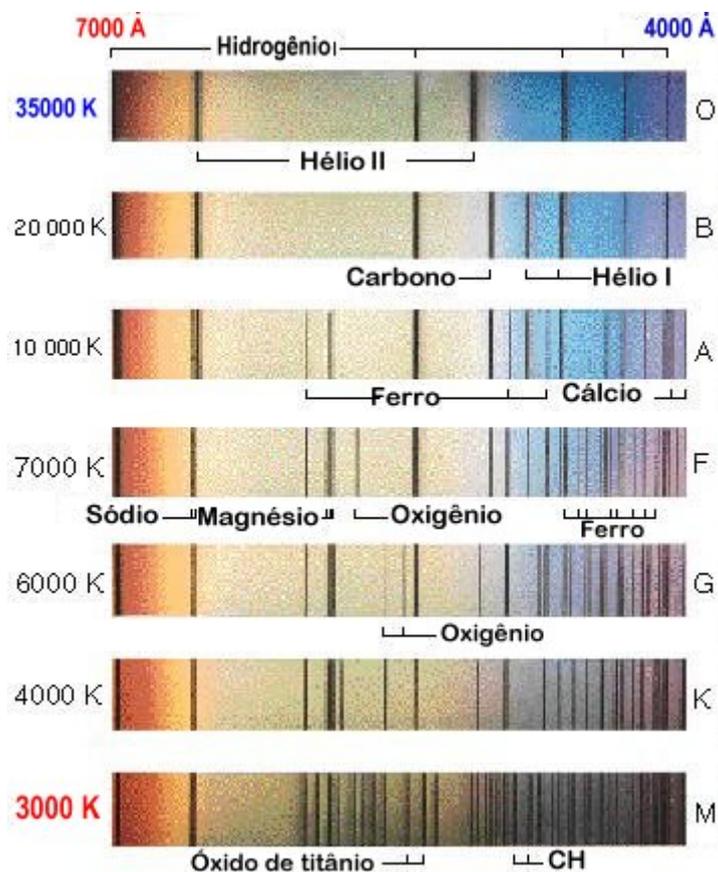


Figura 7 – Linhas espectrais de diferentes elementos químicos..

Fonte: <<http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>> acesso em 13 jan 2007.

Hoje, além de identificar a possível composição química de estrelas e corpos celestes, os métodos de espectrometria são usados na indústria e em laboratórios de análises clínicas para determinar a composição química das substâncias.

O espectro de linhas está ligado à estrutura do átomo e é formado por átomos que não sofrem ações externas. O comprimento de onda de um espectro de linhas, de qualquer substância, depende, apenas, das propriedades dos átomos desta substância e não as causas da emissão de luz pelos átomos.

A análise espectral é o método para definir a composição química das substâncias por meio de seu espectro. O método é muito sensível para massas, extremamente, pequenas, mas além deste, também é usado para a substância emitir luz a temperatura. Quando a temperatura é baixa, algumas linhas do espectro não aparecem.

Para facilitar o trabalho de identificação de substâncias, usam-se tabelas de espectros, pois, atualmente, estão definidos os espectros de todos os átomos. Este método é usado para controle da composição dos materiais na metalúrgica, na construção de máquinas e na indústria atômica. Com o auxílio da análise espectral determinou-se a composição química dos minérios e dos minerais.

Luz e cores

Para Hewitt (2002, p.445): “as cores de um objeto não estão nas substâncias dos próprios objetos, ou mesmo na luz que eles emitem ou refletem. A cor é uma experiência fisiológica e reside no olho do espectador”. Isso quer dizer, em um sentido estrito, que certos objetos somente parecem ter a cor que tem.

O que determina as cores que enxergamos é a frequência da luz que incide nos nossos olhos. Dentro do espectro visível, as baixas frequências representam cores que se aproximam do vermelho, para a maioria das pessoas, enquanto altas frequências de cores na região do violeta. Entre os extremos do espectro visível, existe uma infinidade de cores agrupadas nas sete cores básicas do arco-íris, também chamado de matizes: vermelho, laranja, amarelo, verde azul, anil e violeta. A luz branca, como a do Sol, reúne em sua composição todas as frequências visíveis.

A grande maioria dos objetos que nos rodeiam somente refletem parte da luz que provem de fontes primárias. A luz que refletem é responsável pela definição das cores desses objetos. Portanto, um objeto que para nossos olhos é azul, se nele incide a luz branca como a do Sol, reflete somente a frequência da cor azul e absorve as demais frequências. Mas, a cor desse objeto muda quando nele incidir, somente, frequências diferentes que não sejam o azul.

Os objetos refletem cores específicas da luz, pelo fato de elétrons mais externos, que se movem em altas velocidades, passarem a oscilar pelos campos elétricos oscilantes das ondas eletromagnéticas e os elétrons ao, também, oscilarem emitem suas próprias ondas eletromagnéticas.

Materiais diferentes possuem diferentes frequências naturais para absorver e emitir radiação. Num determinado material, os elétrons oscilam facilmente em certas frequências; noutro material oscilam mais facilmente em outras frequências. (HEWITT, 2002 p.456).

A maioria dos objetos refletem não somente uma frequência, mas sim uma ampla faixa de frequências, de forma que a cor refletida pela maioria dos objetos não é pura. Sendo assim, a aparência de um objeto depende do tipo de luz que o ilumina. Por exemplo, um objeto pode mudar sua tonalidade de cor quando iluminado por uma lâmpada incandescente ou uma fluorescente. Normalmente a cor que um objeto tem quando iluminado pela luz solar é considerada a verdadeira. Um objeto que na luz solar é branco, reflete todas as cores ao mesmo tempo, já um objeto preto absorve todas as cores.

Mistura de luzes e mistura de pigmentos

Ao incidirmos luz solar em um prisma, observamos um espectro colorido, formado de todas as frequências visíveis, como a do arco-íris. A frequência do espectro é mais intensa na parte amarelo-esverdeado e nossos olhos mostram-se mais sensíveis nesta faixa de frequência. Razão pela qual cada vez mais equipamentos, faixas de rodovias e outros, são pintados com esta cor.

A visão colorida é um processo complexo e ainda não completamente compreendido.

A cor é mais do que uma propriedade de um corpo. A cor que percebemos existe apenas em nossos cérebros. É comum se descrever a visão colorida como o resultado da natureza do mundo físico, da resposta fisiológica do olho (principalmente a retina) e do processamento neural da resposta da retina que é feito pelo cérebro. Esta separação em três processos distintos é artificial e não faz justiça à natureza complexa da percepção da cor. Contudo, a idéia é útil e sedutora.” (BARTHEM, 2005, p. 67).

O olho humano é de uma estrutura bastante complexa, formado por um número considerado de partes, das quais a retina é a parte da estrutura do olho sensível à luz, que por sua vez é composta de cones e bastonetes, dois tipos de células fotoreceptoras.

Os cones permitem a visão colorida, pouco sensíveis, operam durante o dia ou sob luz artificial bastante intensa. Localizam-se mais na região central da retina e são classificados em três tipos com relação à sensibilidade das cores: vermelho, verde e azul. Já os bastonetes, em número, muitas vezes, maior que os cones, permitem a visão noturna, em preto e branco, pois são ativados com pequenas intensidades de luz. Estão localizados mais na periferia da retina.

Em 1802, Thomas Young, propôs um modelo no qual a retina era constituída de três classes de receptores sensíveis a luz: de cores vermelha, verde e violeta. Porém, esta teoria foi complementada por Hermann Ferdinand, que propunha como as bases da tricromacia o vermelho, o verde e o azul. Estas três cores podem ser adicionadas para formar qualquer cor do espectro visível.

Devido a complexidade da estrutura do olho humano e também por ser muito grande para ser traduzido em um modelo simples como o da teoria tricromática, Hering apresentou na década de 1870 uma outra teoria em que um dos fenômenos que a sustentava era o efeito pós-imagem. Por exemplo, se o olho está adaptado a um estímulo amarelo, a remoção desse estímulo deixa uma sensação de azul. Outro fenômeno, é o fato não intuitivo de que a luz vermelha com a luz verde resulta no amarelo, e não em uma cor verde-avermelhada.

Em sua teoria Hering propôs que o amarelo-azul e vermelho-verde representassem sinais opostos. Desta forma, ajudou na explicação da existência de quatro cores primárias psicofísicas, sendo o azul, verde, amarela e vermelha misturado com violeta clara.

Atualmente, as duas teorias, tricromática e cores opostas, são aceitas para descrever aspectos essenciais da visão colorida.

Costumeiramente, aceitamos que somente a luz do Sol é branca pelo fato de ser uma mistura de todas as cores. Mas, o branco também resulta da combinação, apenas, de luzes vermelha, verde e azul – figuras 8, 9 e 10. Quando as luzes destas cores se superpõem, elas se adicionam umas as outras e formam outras cores. Quando, somente, duas destas cores de luz são superpostas uma outra cor aparecerá. Desta forma, variando as proporções de vermelho, verde e azul, pode-se produzir qualquer cor do espectro. Por essa razão, são chamadas de *cores aditivas primárias*.

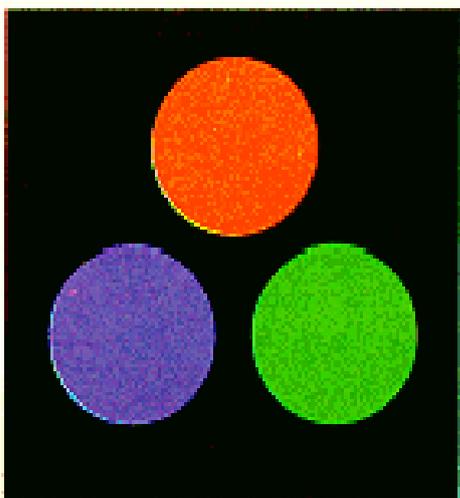


Figura 8 – Cores de luz primária.

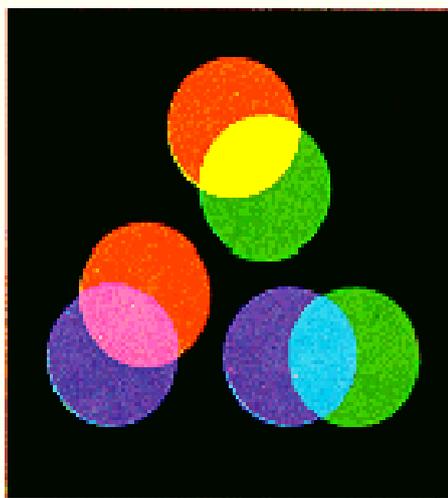


Figura 9 – Formação de cores secundárias pela sobreposição das cores de luz primária.

Fonte figuras 8 e 9 – <<http://www.univ-ab.pt/~bidarra/hyperscapes/video-grafias-211.htm>>, acesso em 16 jan 2007

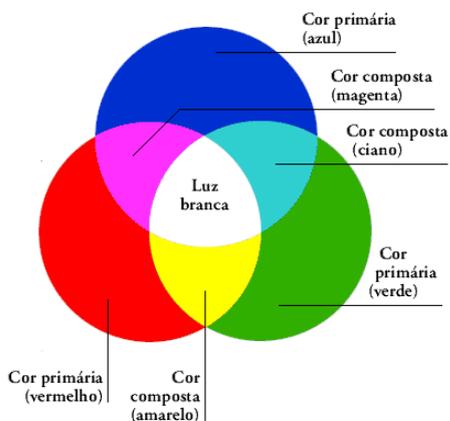


Figura 10 – Luz branca resultante da sobreposição das cores primárias.

Fonte: <<http://omnis.if.ufrj.br/~coelho/DI/texto.html>>, acesso em 24 jan 2007.

Um exemplo de aplicação desse princípio é a formação de imagem na tela da televisão e no computador. Uma coleção de pequenos pontos vermelhos, azuis e verdes, misturados de forma desigual, forma a faixa completa de cores, mais o branco.

Por outro lado, misturar pigmentos de tintas e corantes é, completamente, diferente do que misturar luzes. Os pigmentos são minúsculas partículas que absorvem cores específicas, em um processo de subtração. As cores magenta (vermelha), ciano (azul) e amarela são as *cores subtrativas primárias* – figura 11. Da luz branca que ilumina objetos, determinadas frequências são subtraídas da luz refletida. Conforme Hewitt (2002, p. 460): “as regras da subtração de cores, diferem das regras da adição de luzes”.

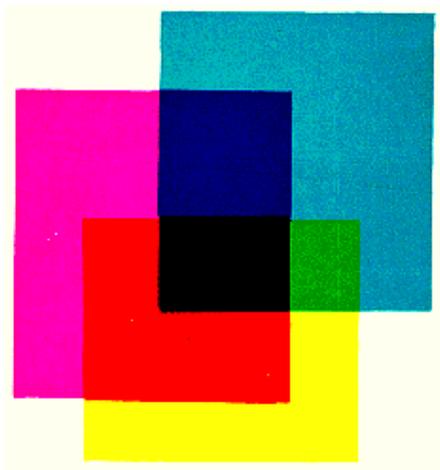


Figura 11 - Subtração de cores por absorção.

Fonte: <<http://www.univ-ab.pt/~bidarra/hyperscapes/video-grafias-213.htm>>, acesso em 16 jan 2007.



Figura 12 - Pontos de tinta depositadas por impressoras, a jato, coloridas, formando diferentes tonalidades de colorido.

Fonte: <<http://www.univ-ab.pt/~bidarra/hyperscapes/video-grafias-212.htm>>, acesso em 16 jan 2007.

A mistura subtrativa de duas cores resultará em uma cor, ou tom, menos luminoso, relativamente, às duas que a formam. Por exemplo, se à tinta verde juntarmos tinta vermelha, a resultante não consegue refletir nenhuma das cores que a constituem.

A mistura subtrativa de todas as cores tende para o negro – figura 11, em termos teóricos, enquanto que na prática, devido à qualidade das tintas, se obtêm uma cor suja e pardacenta.

A impressão colorida é uma aplicação interessante da mistura de cores. Impressoras a jato de tinta depositam várias combinações de tinta magenta, ciano, amarelo e preto - figura 12, acima. O que ocorre é a superposição de pontos com essas cores, em intensidades variadas, que dão a aparência de inúmeras cores, ou seja, o colorido.

Atividades desenvolvidas

Atividade 1

Padrões Espectrais

Este tema foi trabalhado sob dois aspectos, o estudo teórico do tema espectros e o desenvolvimento de atividades práticas e experimentais para serem trabalhadas com os alunos.

Inicialmente foi lançada a pergunta: como é possível saber a composição química de uma estrela, sabendo que, com a nossa tecnologia é impossível chegar até ela para fazer uma verificação de perto?

Os professores levantaram várias hipóteses e fizeram muitos comentários, destaco a fala de dois deles:

Prof. C

Esta é uma questão que os alunos me fizeram e eu não sabia responder. Eu acho que é pela cor da estrela, mas não tenho certeza, mandei pesquisar (informação verbal).

Prof. E

Deve ser pela cor, pois sabemos que existem estrelas de várias cores, azul, vermelha, branca (informação verbal).

Após esta parte inicial, com apoio de lâminas de retro-projetor preparadas previamente, estudamos conceitos relacionados a natureza das cores e espectros, incluindo figuras e ilustrações para uma melhor compreensão.

Na etapa seguinte, desenvolvemos uma atividade prática, observando os espectros de diferentes lâmpadas.

Material utilizado:

- sala escura
- CDs
- fita isolante
- tesoura
- rabicho com suporte de lâmpada.
- lâmpadas diversas (incandescente, fluorescente, compacta, mercúrio, luz negra, germicida, também conhecida como UV – ultravioleta) – fotografia 3.



Fotografia 3 - Diferentes tipos de lâmpadas.
Fonte: o autor (2006).

Desenvolvimento da atividade

Começamos criando a rede de difração usando um disco compacto (CD). Com fita isolante, retiramos a parte espelhada do CD, cobrindo a parte desejada com a fita e em seguida, utilizando uma tesoura, cortamos o CD em forma de pizza e retiramos a fita – fotografia 4. Cada CD rendeu até seis pedaços.



Fotografia 4 - Obtenção da rede de difração usando um disco compacto (CD).
Fonte: o autor (2006).

Na sala escura, ligamos uma lâmpada de cada vez e através do pedaço de CD observamos o espectro de cada uma delas, em seguida estabelecemos comparações. O fato de escurecer a sala é para evitar a interferência de radiações externas, como a luz natural.

O CD funciona como rede de difração com aproximadamente 600 ranhuras por milímetro, igualmente espaçadas próximo ao comprimento da onda de luz. Estas atravessam as fendas do CD e sofrem difração - figura 13.

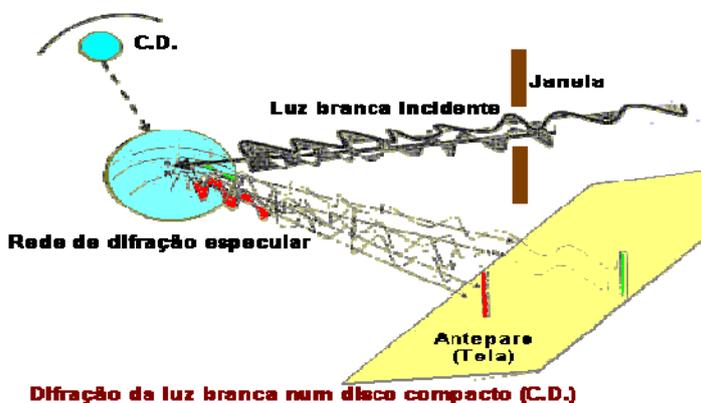


Figura 13 - Difração da luz branca nas ranhuras do CD e formação do espectro.
Fonte: <www.feiradeciencias.com.br/sala09/09_21.asp>, acesso em 10 jan 2006.

Ao realizar esta atividade podemos observar dois tipos de espectros. Os sólidos, incandescentes e líquidos emitem todos os comprimentos de onda, desde o infravermelho até o ultravioleta. Esta luz policromática sofre desvios diferentes na rede de difração, formando um espectro contínuo. Enquanto os gases conhecidos como monoatômicos emitem comprimentos de onda característicos do gás e formam um espectro discreto. Assim, ao observarmos o Sol ou uma lâmpada incandescente enxergamos um espectro contínuo. Já quando observamos outras lâmpadas como as fluorescentes, as de mercúrio, as de sódio e

outras, enxergamos um espectro discreto na faixa do visível, do gás presente em cada uma destas lâmpadas.

Atividade 2

As cores dos objetos

Após o estudo e revisão de conceitos teóricos sobre as cores e a formação delas, foi feita uma demonstração prática da superposição de diferentes cores de luz. Atividade que, facilmente, pode ser realizada com os alunos, desde que se disponibilize alguns materiais básicos.

Questões para problematização.

Como enxergamos? O que determina a cor dos objetos? Existem cores primárias quando se trata da luz? Misturar a luz é a mesma coisa que misturar tintas para a formação de determinadas cores?

Material utilizado:

- sala escurecida;
- 3 projetores de luz tipo *slide* ou outro;
- filtros coloridos de papel celofane;
- anteparo ou parede branca;
- objeto colorido tipo sombrinha ou outro;

Desenvolvimento da atividade

Inicialmente, instalamos os projetores de luz de tal maneira que os focos dos três ficaram sobrepostos, em seguida, acoplamos os filtros de luz com as cores primárias, feitos com papel celofane, próximo a saída do fecho. Cada fecho de luz adquiriu a cor característica – fotografia 5, que sobrepostas produziram sombras de diferentes cores em objetos colocados próximo ao anteparo – fotografia 6.



Fotografia 5 – Diferentes cores de luz obtidas com filtros de celofane.
Fonte: o autor (2006)



Fotografia 6 – Sobreposição da luz e formação de sombras coloridas.
Fonte: o autor (2006)

As sombras dos objetos produzidos pelas luzes das cores primárias: vermelha, verde e azul, são as luzes de cores secundárias. São formadas três sombras do objeto, sendo uma delas projetada pelo projetor com o filtro verde, permitindo a superposição dos facho vermelho e azul, formando o magenta. A sombra formada pelo projetor azul, permitiu a superposição dos facho vermelho e verde, resultando em uma sombra amarela. Enquanto a sombra formada pelo projetor vermelho, permitiu a superposição dos facho azul e verde, formando uma sombra de cor ciano.

As cores secundárias também podem ser observadas sem os objetos, para tanto é suficiente sobrepor os facho parcialmente. As novas cores se formam na intersecção destes.

Devido ao material utilizado para confeccionar os filtros, a qualidade de algumas sombras e cores ficaram um pouco prejudicadas. Os filtros apresentam descontinuidades, permitindo que mais frequências passem através deles. Outros aspectos que podem interferir na imagem, no caso da fotografia 6, é a qualidade da máquina fotográfica e a própria impressora.

Além do papel celofane é possível produzir filtros com transparências, imprimindo as cores desejadas em uma impressora a jato de tinta, porém a qualidade do filtro não é perfeita, pois a tinta é depositada em pontos.

Em outra atividade que desenvolvemos, aproveitamos somente um dos projetores e os filtros de diferentes cores. Em vez do anteparo branco, projetamos a luz sobre objetos coloridos e alternamos os filtros, em seguida observamos as mudanças ocorridas na cor dos objetos, alternando a cor da fonte luminosa.

Como as escolas públicas não dispõem de recursos para adquirir material de laboratório mais sofisticado, os meios usados acima permitem desenvolver atividades práticas de forma satisfatória, aproximando conceitos teóricos com atividades práticas. Dessa forma, acreditamos que a compreensão e a aprendizagem pelos alunos melhoram significativamente.

Referências:

BARTHEM, Ricardo. *A Luz*. São Paulo: Livraria da física. 2005.

BIDARRA, José. *Mistura Aditiva*.

<<http://www.univ-ab.pt/~bidarra/hyperscapes/video-grafias-211.htm>>, acesso em 16 jan 2007.

CHESMAN, Carlos; ANDRE, Carlos e MACEDO, Augusto. *Física Moderna Experimental e Aplicada*. São Paulo: Livraria da física, 2004.

COELHO, Luiz Felipe. *O que é luz?*. <<http://omnis.if.ufrj.br/~coelho/DI/texto.html>>, acesso em 24 jan 2007.

FILHO, Kepler de Souza Oliveira e SARAIVA Maria de Fátima Oliveira. *Espectroscopia*. <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>, acesso, 13 jan 2007.

HEWITT, Paul G. *Física Conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 2002, 9 ed.

NETO, Luiz Ferraz. *Espectroscópio*. <http://www.feiradeciencias.com.br/sala09/09_21.asp>, acesso em 10 jan 2006.

RUDNER, Pedro Cañada. *Servicio de Espectrometría Atômica*. 2005

<<http://www.uma.es/investigadores/servinv/LabEA/aplicaciones/aplicaciones.html>>, acesso em 13 jan 2007

TAVOLARO, Cristiane R. C. e CAVALCANTE, Marisa Almeida. *Física Moderna Experimental*. Barueri, SP: Manole, 2003.

APÊNDICE E - Oficina 3 - Efeito fotoelétrico

Observamos nesse fenômeno que, quando a luz incide sobre a superfície de um metal, elétrons podem ser arrancados ou emitidos por ela. No processo ocorre a transformação de energia luminosa em energia elétrica, conhecido como efeito fotoelétrico.

Este fenômeno foi observado em 1887, por Heinrich Hertz, quando estudava ondas eletromagnéticas. Ele produziu descargas elétricas entre duas superfícies de metal com

diferentes potenciais e verificou que essa descarga era antecipada se a luz de uma faísca, proveniente de outras placas, atingisse as primeiras. Em experiências posteriores ele confirmou a sua hipótese de que a luz poderia facilitar o surgimento de faíscas.

O efeito fotoelétrico não foi particularmente surpreendente para os primeiros que o investigaram. A ejeção de elétrons podia ser explicada pela física clássica, que considera a luz incidente como ondas luminosas fazendo um elétron oscilar com amplitudes cada vez maiores até que finalmente ele se liberta da superfície do metal, da mesma forma como as moléculas de água se libertam da superfície da água quente. (HEWITT, 2002, p. 530).

O que se observou, contrário à visão ondulatória clássica, é que os elétrons eram imediatamente ejetados após a luz incidir sobre a superfície. A inexistência de retardo foi dificilmente compreendida dentro da descrição ondulatória. Sob luz fraca o elétron deveria primeiro acumular energia para depois sair voando, enquanto sob a luz forte isso deveria acontecer quase imediatamente. No entanto isso não acontecia.

Quem deu a resposta satisfatória para o fenômeno foi Einstein em 1905, baseado na teoria de Planck da radiação. Planck considerou que a energia na matéria está quantizada, enquanto a energia radiante é contínua. Einstein atribuiu propriedades quânticas à luz, e via a radiação como uma grande quantidade de partículas. Usou a palavra fóton para se referir à natureza corpuscular da luz.

Quando um elétron absorve um fóton, é ejetado da superfície do metal. Cada elétron ejetado absorveu um fóton inteiro imediatamente, não ocorrendo atraso durante o qual se acumula energia absorvida da onda.

Com os estudos de Einstein concluiu-se também que a energia dos elétrons arrancados do metal depende da frequência da radiação eletromagnética e não de sua intensidade. Também Millikan, em estudos anteriores, já havia observado que quanto maior a frequência da radiação incidente, maior será a tensão (V) produzida. Observou, também, que existe uma chamada frequência de corte, abaixo da qual não ocorre mais a formação de fotoelétrons. Isto mostra que a energia cinética dos fotoelétrons depende da frequência da luz incidente. Essa observação contraria a visão clássica, que não prevê relação entre a energia cinética dos fotoelétrons e a frequência da luz incidente.

O número de elétrons arrancados do metal é diretamente proporcional à intensidade da radiação eletromagnética incidente. Cada fóton, com uma determinada energia mínima, arranca um elétron ao colidir com ele em um processo instantâneo.

A equação do efeito fotoelétrico apresentada por Einstein, usando o princípio da conservação de energia, é a seguinte:

$$hf = k_m + \Phi$$

Onde $E=hf$, em que a energia do fóton (E) é igual ao produto da constante de Planck (h) e a frequência (f); k_m é a energia cinética do elétron extraído do metal e Φ é uma característica do metal chamada *função de trabalho* que representa o trabalho necessário para arrancar um elétron da superfície de um cátodo.

Aplicações tecnológicas do efeito fotoelétrico

São inúmeras as aplicações do efeito fotoelétrico no dia-a-dia, como: o funcionamento de uma calculadora solar, sensores de controle para abertura de portas, sensores de vigilância, sensores de imagens nas câmeras de vídeo, sensores de câmeras fotográficas, placas solares e sensores eletrônicos de radiação eletromagnética, dentre outros.

Atividade prática desenvolvida

Questão para problematização

Qual o princípio Físico que explica o funcionamento da campainha, ou “olho eletrônico”, dispositivo que é acionado quando alguém passa pela porta de determinados estabelecimentos, avisando a chegada ou saída?

Primeiramente, procuramos entender o que é o efeito fotoelétrico e em que situações é aplicado. Apesar de estar, amplamente, presente na tecnologia, é um assunto que, geralmente, não faz parte do plano de conteúdos dos professores de Física do Ensino Médio. Com o auxílio de lâminas de retro-projetor, contendo conceitos e ilustrações, estudamos o fenômeno desde a descoberta e a evolução que ocorreu na compreensão destes, bem como a aplicação em tecnologia. Foi repassado para cada professor uma apostila que trata do assunto.

No momento seguinte construímos uma célula fotoelétrica, baseada no artigo publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física com o título: “Construção e caracterização de uma célula fotoelétrica para fins didáticos” (FILHO, SALAMI E HILLEBRAND, p. 555 – 561, 2006).

Material utilizado:

- lâmpada de mercúrio 400 W com reator, suporte, fio e interruptor (para instalação completa)
- suporte de madeira para firmar a lâmpada, 30 cm de altura.

- cabos jacaré
- multímetro analógico
- bateria 9 Volts
- tela plástica isolante, chapa de alumínio e tela metálica de aço inoxidável, todos com, aproximadamente, 20 cm de lado.
- 3 transistores BC 549
- luvas opacas
- óculos de proteção contra radiação ultravioleta

Esta atividade exigiu do grupo bastante empenho e tempo. Inicialmente, havíamos programado um encontro para essa atividade, mas por vários fatores não foi suficiente e terminamos a tarefa no encontro seguinte.

Para desenvolvermos a referida tarefa conseguimos o material necessário, com exceção do multímetro, e cada professor construiu a sua célula fotoelétrica. As lâmpadas, os reatores e alguns outros itens foram conseguidos na Secretaria de Desenvolvimento Regional, o que reduziu, significativamente, os custos da atividade. As despesas com os demais materiais ocupados na atividade foram pagas com a contribuição de cada professor do grupo.

Iniciamos a tarefa associando os transistores em cascata. Como os transistores, normalmente, não fazem parte do material de trabalho dos professores, falou-se rapidamente da função deles para a atividade. O transistor foi alvo de estudo, no que tange a sua estrutura na oficina 8 – anexo J.

Mesmo não sendo necessário, optamos em fixar os transistores em uma placa de circuito impresso, o que exigiu outros materiais não citados acima, mas que haviam sido providenciados para o encontro como: placa de circuito impresso (face simples), percloro de ferro, furadeira, caneta para lâmina de retro-projetor (pintura do layout), soldador, estanho, entre outros. Esta parte inicial da atividade, o processo de fabricação da placa, gerou envolvimento e curiosidade por parte dos professores, pois foi uma tarefa completamente nova, inclusive parte dos materiais utilizados eram desconhecidos.

A fotografia 7 e a figura 13 mostram o esquema do amplificador em cascata formado pelos três transistores soldados sobre uma placa de circuito impresso.



Fotografia 7 – Amplificador de transistores em cascata.

Fonte: o autor (2006)

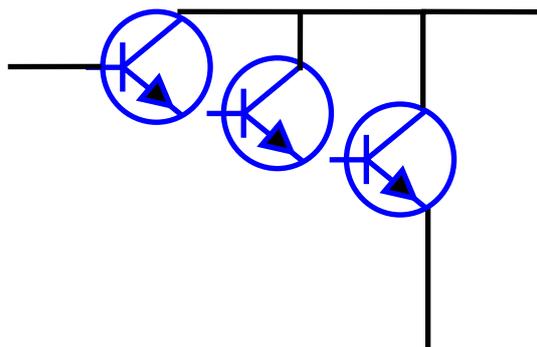


Figura 13 – Diagrama do amplificador de transistores.

Fonte: Revista Brasileira de Ensino de Física (2006)

Após a conclusão do amplificador instalamos os componentes do circuito para ligar a lâmpada. Mesmo sendo uma tarefa, relativamente, simples, alguns professores não se sentiram seguros para fazerem sozinhos, mas como em todas as atividades prevaleceu o espírito solidário e a troca de informações entre os elementos do grupo, esta tarefa também foi realizada em conjunto.

Fazer instalações elétricas não é uma atividade comum para boa parte dos professores de Física. Alguns deles mostram-se despreparados e inseguros para lidar com atividades práticas que envolvem altas voltagens. Isso acontece já que os professores de física, de um modo geral, conhecem somente as teorias destes assuntos, mas não dominam ou não se sentem seguros em fazerem instalações de verdade.

As fotografias 8 e 9 mostram o envolvimento do grupo de professores na montagem da célula fotoelétrica.



Fotografia 8 – Instalação do reator e suporte de Lâmpada.



Fotografia 9 – Montagem da célula fotoelétrica.

Fonte: o autor (2006)

Fonte: o autor (2006)

Seguimos os passos de montagem, conforme o artigo, sem propor alterações, inclusive nas sugestões de segurança. Tivemos algumas dificuldades em ajustar os componentes até que o fenômeno pudesse ser observado. A figura 14 mostra o esquema completo de ligações entre os componentes que compõem a totalidade da célula fotoelétrica e acessórios.

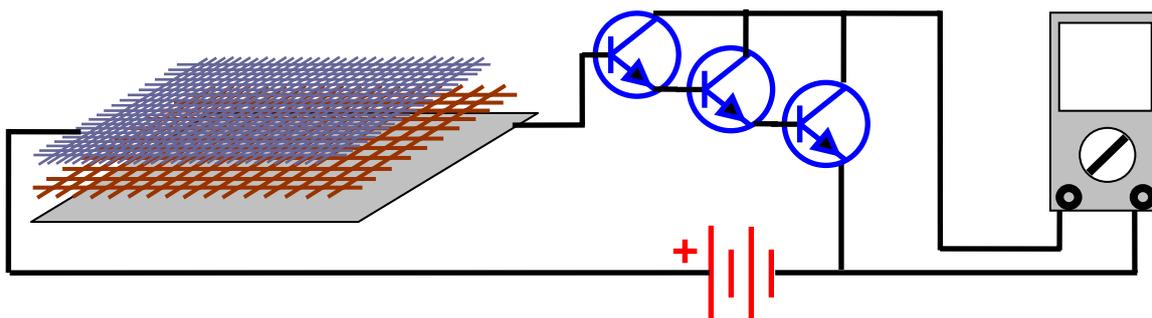


Figura 14 – Esquema de ligações entre a célula fotoelétrica e os demais componentes.
Fonte: Revista Brasileira de Ensino de Física (2006).

Na oportunidade não medimos o ganho de corrente dos transistores e, conseqüentemente, não realizamos o cálculo da corrente gerada pela fotocélula.

Os professores admitiram a importância da atividade experimental para trabalhar o assunto, porém sentiram-se inseguros para realizar a tarefa com os alunos, principalmente, no que tange ao item segurança, uma vez que as escolas não disponibilizam do material de segurança sugerido e exigido para o desenvolvimento da atividade.

Referências:

HEWITT, Paul G. *Física Conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 2002, 9 ed.

ROCHA FILHO, João Bernardes da. SALAMI, Marcos Alfredo. HILLEBRAD, Vicente. *Construção e caracterização de uma célula fotoelétrica para fins didáticos*. Revista Brasileira de Ensino Física vol.28, nº.4, p. 555-561. São Paulo 2006.

APÊNDICE F - Oficina 4 - Eletroscópio

Alguns tipos de eletroscópios

Em diversas situações do cotidiano provocamos a eletrização de objetos. Isto ocorre quando penteamos o cabelo, varemos o chão, limpamos as lentes de um óculo, limpamos os pés em um tapete, entre outros. Nesses casos os corpos podem adquirir

propriedades elétricas de atrair ou repelir outros corpos. As propriedades, desse fenômeno de natureza elétrica, são conhecidos há milênios.

Como perceber cargas elétricas acumuladas em corpos isolantes? Isso só é possível se utilizado algum dispositivo sensível à presença da eletricidade. Os detectores eletrostáticos ou eletroscópios são dispositivos que detectam se um corpo está ou não eletrizado. Em outras palavras, o eletroscópio é um dispositivo que permite visualizar, de forma indireta, os fenômenos eletrostáticos. Os detectores eletrostáticos, têm este nome pois, detectam cargas elétricas estáticas, paradas.

Um dos eletroscópios mais simples é o pêndulo eletrostático, que é constituído por uma haste de suporte e por um fio fino e isolante com uma pequena esfera leve, como mostra a figura 15, a seguir. Na fotografia 10 o pêndulo está sendo induzido por um balão eletrizado por atrito.

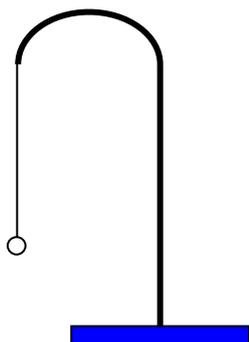
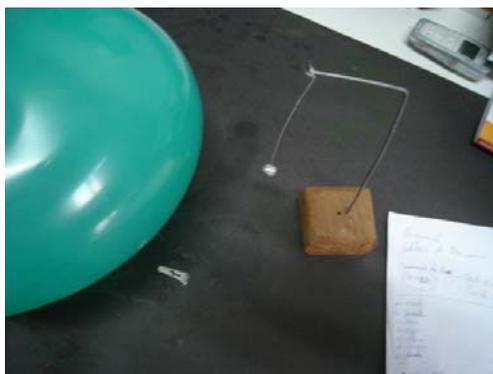


Figura 15 – Diagrama do eletroscópio de pêndulo.

Fonte: o autor (2006)



Fotografia 10 – Indução de um pêndulo simples por um balão eletrizado.

Fonte: o autor (2006)

A seqüência de imagens abaixo nos mostra a sucessão de fases de uma experiência eletrostática com o pêndulo simples. A presença de um corpo carregado positivamente, polariza eletricamente, por indução, a esfera, inicialmente, neutra e ela é atraída - figura 16. O lado da esfera voltado para o corpo indutor adquire carga de sinal oposto - negativa - e é atraída - figura 17. Ao entrar em contato com o corpo indutor cargas negativas são cedidas pela esfera para o corpo, ocorrendo a neutralização desta região e ambos adquirem cargas de mesmo sinal, positivas, passando a se repelir - figura 18.

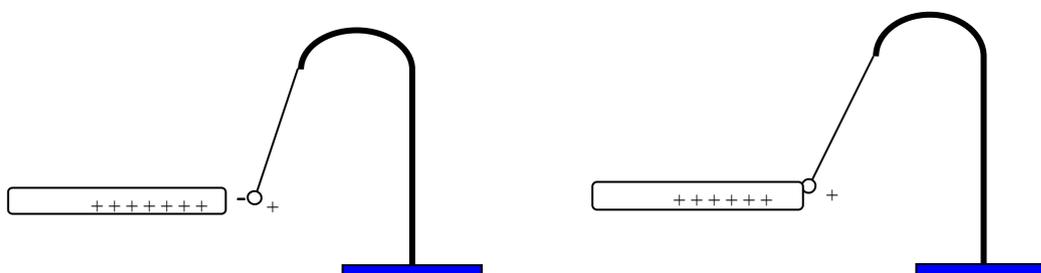


Figura 16 – Separação de cargas por indução.
Fonte: o autor (2006)

Figura 17 – Contato do corpo indutor com o induzido.
Fonte: o autor (2006)

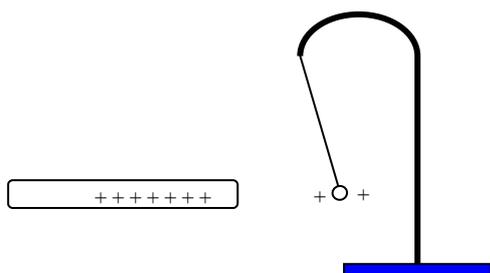


Figura 18 – Repulsão do corpo induzido após o contato
Fonte: o autor (2006).

O mesmo processo ocorre ao se aproximar um corpo de carga negativa de um pêndulo simples, inicialmente, neutro. Se um corpo indutor negativo é aproximado de uma esfera, eletricamente, neutra, ocorre a polarização por indução na esfera e esta é atraída, ocorrendo a mesma seqüência de movimentos observados nas figuras 16, 17 e 18, acima. Como o corpo indutor possui carga negativa, elétrons passam do corpo para a esfera do pêndulo e ambos adquirem cargas negativas.

Outro tipo de eletroscópio que, facilmente, pode ser usado como recurso didático é o eletroscópio de folhas. Este, basicamente, é constituído por um frasco de vidro e duas leves folhas metálicas presas a um bastão metálico com uma pequena esfera na parte superior – figura 19.

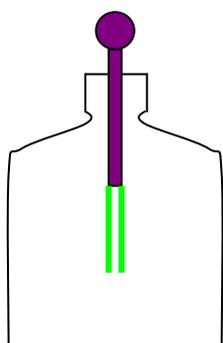


Figura 19 – Diagrama do eletroscópio de folhas



Fotografia 11 – Eletroscópio de folhas sofrendo indução.

Fonte: o autor (2006)

Fonte: o autor (2006)

Para fazer esta atividade demonstrativa com os alunos, o professor poderá aproveitar material sucata de fácil acesso e baixo custo - fotografia 11. O frasco pode ser um copo de extrato de tomate transparente ou outro, enquanto o bastão metálico pode ser um prego médio retorcido em forma de L e as folhas metálicas poderão ser de papel alumínio.

A fita isolante serve para fixar o prego na boca do copo. A tira de papel de alumínio deve ser colocada sobre o prego em forma de V invertido. Deve-se ter o cuidado para que o prego fique, aproximadamente, no centro e a lamina de papel alumínio não encoste no fundo do copo. Para provocar a indução elétrica podemos usar uma régua, um balão ou outro material, que deve ser aproximado da cabeça do prego após ser eletrizado. No processo podemos observar que a lamina de papel alumínio sofre alterações na posição, sem encostar o corpo indutor no prego.

A figura 20 mostra o que acontece quando um corpo eletrizado é aproximado do eletroscópio. Ao aproximar uma carga positiva da parte superior do eletroscópio os elétrons livres do metal são atraídos para a esfera por indução, as hastes adquirem carga de mesmo sinal e se repelem. No momento em que a carga indutora é afastada os elétrons voltam a neutralizar as hastes e como consequência estas se aproximam.

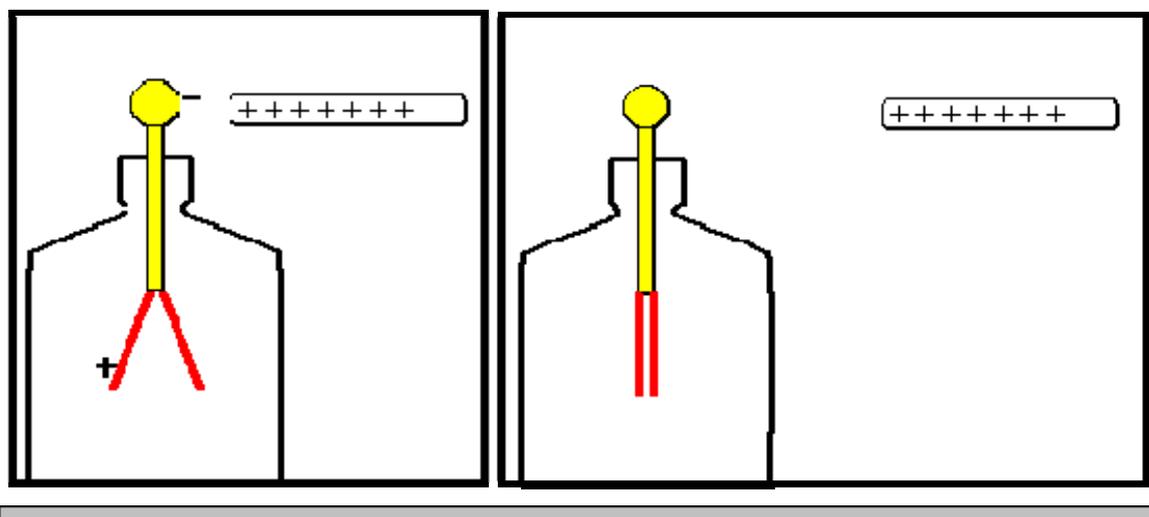


Figura 20 – Ilustração do fenômeno elétrico no eletroscópio de folhas.

Fonte: http://br.geocities.com/jcc5000/oqueeelectroscopio_ficheiros/image008.gif, acesso em 17 jan 2006.

Se a carga indutora é negativa, o fenômeno observado é o mesmo da figura 20. No entanto, os elétrons da parte superior do eletroscópio serão repelidos e conseqüentemente são deslocados para as hastes. As hastes com cargas de mesmo sinal passam a se repelir. Ao

afastar o corpo indutor, as hastes voltam a se neutralizar e quando neutras assumem a posição inicial.

Tanto o eletroscópio de pêndulo como o eletroscópio de folha, permitem observar o fenômeno eletrostático de atração ou repulsão, mas não permitem identificar o sinal da carga do corpo indutor. Para realizar esta atividade com os alunos, os professores necessitam de uma série triboelétrica, a qual estabelece o sinal da carga indutora, tornando a atividade menos atrativa.

Atividade prática desenvolvida

Questão para problematização

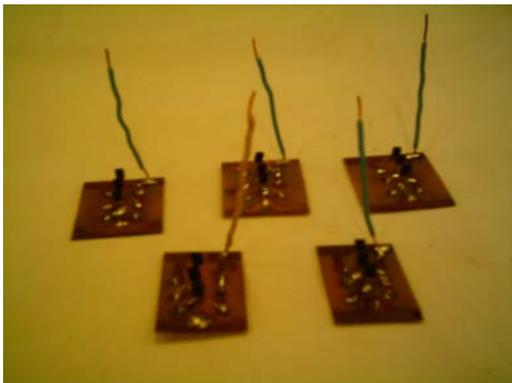
Como podemos verificar o sinal da carga estática de um corpo eletrizado sem usar a série triboelétrica?

Motivados pelas perguntas dos alunos o grupo de professores assumiu o desafio de pesquisar e construir um meio para identificar o sinal da carga indutora de um corpo eletrizado sem a necessidade da série triboelétrica. Ou seja, construir um eletroscópio que além de detectar a presença de cargas eletrostáticas, permite verificar também o sinal da carga adquirida por um corpo dielétrico quando atritado, por exemplo.

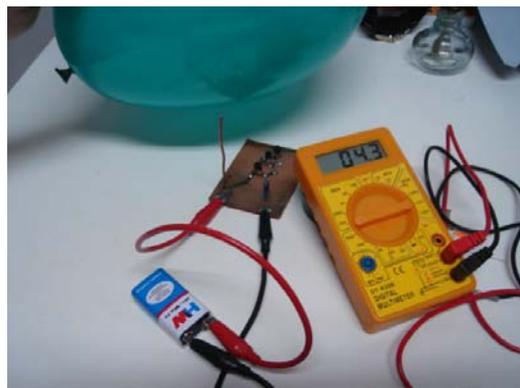
Material utilizado:

- 3 transistores BC 549;
- placa de circuito impresso;
- percloroeto de ferro;
- fio de cobre de 10 cm;
- multímetro digital;
- soldador de estanho;
- estanho;
- cabos com jacaré;
- bateria de 9 Volts.

Aproveitamos a placa de circuito impresso, feita para a célula fotoelétrica, com os transistores associados em cascata, para esta atividade. Acoplamos uma antena de fio de cobre com, aproximadamente, 10 centímetros - fotografia 12.



Fotografia 12 – Eletroscópio de transistores.
Fonte: o autor (2006)



Fotografia 13 – Conexão do eletroscópio a bateria e o multímetro.
Fonte: o autor (2006)

A fotografia 13 mostra as conexões do eletroscópio com a bateria e o multímetro digital. Ao aproximar um corpo, eletricamente, carregado da antena, os elétrons livres são induzidos, atraídos ou repelidos, formando uma corrente elétrica que é amplificada pelos transistores em cascata. Ao aproximar e afastar o corpo indutor da antena inverte o sentido do movimento dos elétrons livres, fazendo com que o multímetro registre no visor um valor numérico positivo ou negativo.

Referências:

ELEKTRON, Juvenil. O que é um eletroscópio?

<http://br.geocities.com/jcc5000/oqueeelectroscopio_ficheiros/image008.gif>, acesso em 17 Jan 2006.

APÊNDICE G - Oficina 5 - Sistema de iluminação pública: Relé fotoelétrico

Como a Iluminação pública pode ligar e desligar sem que alguém precise acionar um interruptor? Talvez essa é uma das indagações que muita pessoas já fizeram e poucos obtiveram uma resposta satisfatória, quanto ao processo elétrico que envolve, além de outros componentes, também o material semicondutor. A resposta está no componente chamado LDR, dispositivo semicondutor que em determinadas situações conduz mais eletricidade que em outras, ligando e desligando o calefator de um relé térmico, responsável pela alimentação das lâmpadas.

O LDR é produzido a partir de semicondutores, fracamente, dopados cuja resistência varia conforme a variação da radiação eletromagnética do espectro visível que nele incide. Em períodos de maior luminosidade os fótons, com energia igual ou maior que o gap do LDR, deslocam elétrons da banda de valência para a banda de condução. Assim, diminui a resistência elétrica do LDR e uma corrente elétrica circula pela bobina do relé acionando-o. Desta forma, a lâmpada desliga, visto que o circuito que a alimenta é desativado. Quando a intensidade luminosa incidente no LDR diminui, a resistência elétrica aumenta, pois o número de elétrons livres na banda de condução fica bastante reduzido. Desta forma, não havendo corrente elétrica, o relé é desligado e o circuito que contém a lâmpada passa a receber energia da rede elétrica e a lâmpada se acende.

As fotografias 14 e 15, abaixo, mostram relés fotoelétricos que são usados para acionar as lâmpadas de iluminação pública. Geralmente, um relé é responsável por ligar várias lâmpadas interligadas por um mesmo circuito. Esse tipo de relé, geralmente, é insensível a variações bruscas de luminosidade, como relâmpagos e faróis, mas não para a luz de uma caneta laser quando apontada no LDR por um intervalo de tempo de alguns segundos.



Fotografia 14 – Relé fotoelétrico com janela para a entrada de luz.



Fotografia 15 – Relé fotoelétrico sem janela específica para entrada de luz.

Fonte fotografias 14 e 15: <<http://www.tucano2.com.br/ei/relefoto.htm>>, acesso em 11 jan 2007.

Abaixo da proteção de fibra plástica estão todos os componentes do relé fotoelétrico. Pela janela – fotografia 14 - incide a luz sobre o LDR, que se localiza nas proximidades.

Entre os vários tipos de relés fotoelétricos se destacam os que retardam a ligação das lâmpadas e antecipam a desconexão da rede para diminuir o consumo de energia elétrica – fotografia 16. É um dispositivo diferencial, totalmente eletrônico, com dois sensores de luminosidade que permite a redução do tempo de operação das lâmpadas, reduzindo em até 30

minutos por dia o tempo total de operação das lâmpadas, evitando lâmpadas acesas durante o dia.



Fotografia 16 – Relé fotoelétrico com característica retardatória.

Fonte: <<http://www.tucano2.com.br/ei/relefoto.htm>>, acesso em 11 jan 2007.

A iluminação pública tem função muito importante para garantir a qualidade de vida da população, ainda mais em épocas de acentuada violência, permitindo aos habitantes desfrutar de forma mais segura o espaço público no período noturno. Além disso, possui importantes funções paisagísticas, iluminando pontos de interesse turístico e estruturas de beleza arquitetônica.

Para a iluminação pública, normalmente, usa-se lâmpadas de vapor de mercúrio ou vapor de sódio. Conforme já vimos seu acendimento é automático, sendo controlado através de um sensor fotoelétrico que libera o fluxo de energia para as lâmpadas no momento em que a luminosidade ambiente diminui para abaixo de um nível pré-estabelecido.

Atividade prática desenvolvida

Questão para problematização

Qual o segredo existente na instalação das lâmpadas de iluminação pública, visto que elas ligam e desligam automaticamente?

Partindo desta questão o grupo discutiu alguns conceitos básicos que explicam o funcionamento da iluminação pública. No geral, os professores sabem que existe um dispositivo automático responsável pelo funcionamento do esquema. Como sabem, também, que está relacionado com a intensidade luminosa, mas não sabem explicar qual o papel da luminosidade em acionar e desligar o circuito.

Para facilitar a compreensão já haviam sido providenciados, no escritório local da CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina), sem custo, relés fotoelétricos em desuso, para os professores. Mesmo estragados, os relés ajudaram a dar uma noção mais ampla do segredo

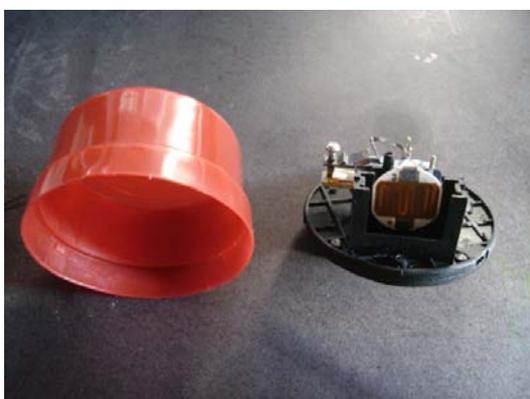
que provoca um “pequeno milagre” todas as noites, quando diminui a luz natural. Até então, a maioria dos professores do grupo não conhecia o componente chamado LDR. Um dos professores comentou:

Prof. D

Eu já vi uma peça dessas que veio uma vez para a escola, junto com alguns materiais para o laboratório, mas nunca sabia para que servia .

Na oportunidade foi esclarecida a função do LDR no relé, sem entrar em detalhes sobre sua estrutura física de semicondutor. A iluminação pública é uma das aplicações do LDR e é feito de material semicondutor, que foi estudado mais detalhadamente na oficina 6 – apêndice H.

Como havia relés fotoelétricos suficientes, um para cada professor, aproveitamos a oportunidade para abri-los e conhecer sua estrutura interna – fotografia 17. Este momento provocou um envolvimento geral dos professores. Várias dúvidas surgiram em relação à instalação, a bobina, entre outros. Aproveitamos o momento para interpretar o esquema de ligação representado no próprio relé. Também comentamos o princípio de funcionamento do eletroímã, no caso a bobina.



Fotografia 17 – Relé fotoelétrico aberto
Fonte: o autor (2006).

A intensidade da corrente na bobina é controlada pelo LDR, que muda a sua resistência elétrica conforme varia a intensidade luminosa. De dia com a incidência de luz no LDR, reduz a resistência elétrica deste, gerando uma corrente elétrica que na bobina gera um campo magnético abrindo o circuito, desligando as lâmpadas.

Para observar de forma mais detalhada e entender melhor o processo como um todo, fizemos a instalação que representa o esquema de funcionamento da iluminação pública.

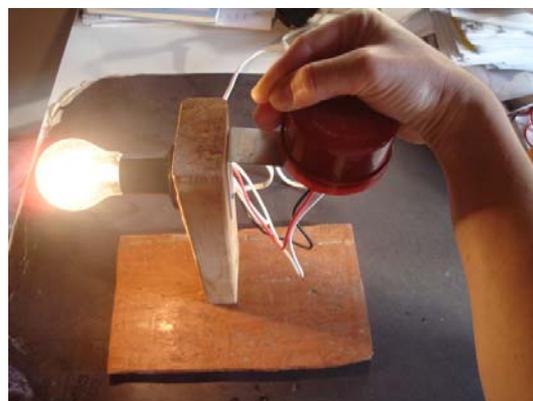
Material necessário:

- um relé fotoelétrico;
- uma lâmpada incandescente, ou outra;
- Suporte para lâmpada;
- fio;
- Suporte de madeira para fixar a lâmpada e o relé.
- parafusos e chave de fenda.

Como na oportunidade só disponibilizávamos de material para construir um dispositivo, esta tarefa foi feita em conjunto. Na fotografia 18, observamos uma estrutura de iluminação pública simples e que facilmente poderá ser feita pelos professores na escola para mostrar aos alunos. Na fotografia 18, a luminosidade é intensa sobre o LDR e a lâmpada está apagada, enquanto na fotografia 19, cobrindo o LDR com a mão representa a noite e a lâmpada acende.



Fotografia 18 – Luminosidade intensa, iluminação pública desligada.
Fonte: o autor (2006)



Fotografia 19 – Baixa luminosidade, iluminação pública ligada.
Fonte: o autor (2006)

Como esta instalação envolve alta voltagem, nossa região 220 volts, exige-se cautela e medidas de segurança para evitar acidentes, ainda mais quando as instalações são feitas, diretamente, com os alunos.

Após concluída a atividade, um dos professores, satisfeito, comentou que há alguns dias os alunos haviam comentado que apagavam a luz da iluminação pública com uma caneta laser e queriam uma explicação para o fato.

Certamente, com esta atividade, simples de ser efetuada, os alunos também compreenderão o esquema de funcionamento da iluminação pública.

Atividade prática 2

Outra atividade que desenvolvemos serviu para mostrar o mesmo princípio do funcionamento da iluminação pública, envolvendo outros materiais.

Material necessário:

- 1 LDR 25 mm;
- 1 relé duplo, 12 Volts;
- 1 lâmpada de baixa potência;
- 1 fonte de 12 Volts
- cabos tipo jacaré para interligar os componentes

O esquema a seguir – figura 21 - mostra como os componentes são interligados

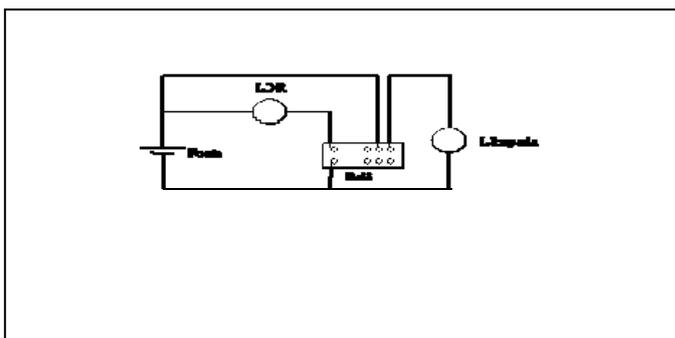


Figura 21 – Esquema de iluminação pública.

Sentimos algumas dificuldades para realizar esta atividade, pois o esquema somente funcionou em situações muito especiais. O LDR que é usado deve ser de grande sensibilidade, pois na nossa atividade acionava a bobina do relé, mas a lâmpada não ligava. Somente com uma incidência luminosa intensa, consegue-se reduzir a resistência do LDR, para que o esquema dê resultados.

Uma atividade semelhante como a que desenvolvemos está sugerida no livro *Aplicações da Física Quântica: do transistor à nanotecnologia*, por Valadares, Chaves e Alves (2005, p. 71 – 73).

Referências:

CHESMAN, Carlos; ANDRE, Carlos e MACEDO, Augusto. *Física Moderna Experimental e Aplicada*. São Paulo: Livraria da física, 2004.

LAÉRCIO. *Relé Fotoelétrico*. <<http://www.tucano2.com.br/ei/relefoto.htm>>, acesso em 11 jan 2007

APÊNDICE H - Oficina 6 - Isolantes, condutores, semicondutores e supercondutores de eletricidade

Conhecer as propriedades elétricas dos diferentes materiais sempre foi uma obstinação e continua sendo na atualidade, momento em que existe uma forte tendência para novas tecnologias. Quanto à condução de eletricidade, os materiais estão classificados, basicamente em quatro grandes grupos, sendo eles: isolantes, condutores, semicondutores e supercondutores. Atualmente, pesquisas envolvem estudos de materiais de todos os grupos, mas estão concentradas, principalmente, nos dois últimos, devido à promessa de aplicação em novas tecnologias. As características estruturais de cada grande grupo são de ordem atômica, pela quantidade de elétrons livres na última camada eletrônica.

Outro fator determinante no comportamento de um certo material, sobre suas características elétricas, é o meio onde este se encontra no que está relacionada, principalmente, a temperatura e o campo elétrico.

Condutores e isolantes elétricos

Todas as substâncias podem ser ordenadas de acordo com sua facilidade de conduzir corrente elétrica. Geralmente, no topo da lista, estão colocados os bons condutores, enquanto no fim, os bons isolantes. Existe, de certa forma, uma grande distância entre um extremo e outro desta lista, no que diz respeito à condução de eletricidade. Enquanto é fácil estabelecer uma corrente elétrica através de milhares de quilômetros por fios de metal, que em sua maioria são bons condutores de eletricidade, fica, extremamente, difícil formar uma corrente por poucos centímetros de um isolante elétrico.

Nos metais é fácil de estabelecer uma corrente elétrica, já que possuem um ou mais elétrons livres nas camadas de maior energia, que não estão firmemente presos aos núcleos, podendo se deslocar, praticamente, livres pelo material.

Tradicionalmente, diz-se que os isolantes elétricos não conduzem eletricidade. Materiais em que a última camada eletrônica é incompleta e os elétrons estão firmemente ligados ao seu núcleo. As partículas portadoras de cargas elétricas apresentam grande dificuldade para se mover dentro do material.

Os corpos podem ser bons ou maus condutores de eletricidade. São bons condutores os metais em geral como: o cobre, o ferro, o alumínio, o níquel, a grafita, entre outros. Já os maus condutores ou isolantes são: o papel, a porcelana, a borracha, o vidro, a madeira seca, entre outros.

Os condutores são bons condutores à temperatura ambiente, mas a variação desta pode interferir na condutibilidade de elétrons. Quando a temperatura aumenta, ela interfere consideravelmente, na resistência dos condutores, que também aumenta. Já nos isolantes, o aumento da temperatura pode reduzir a rigidez dielétrica de certos materiais.

A capacidade de isolação muda de material para material. Quando submetidos a grandes diferenças de potenciais, aumentam a força que atuam sobre os elétrons desse material, podendo, no entanto, os tornar condutores. Esse aumento na diferença de potencial arranca um ou mais elétrons de cada átomo que passam a se comportar como elétrons livres em sua estrutura, transformando o isolante em um bom condutor de eletricidade.

O valor máximo da diferença de potencial que pode ser aplicado a um isolante sem que ele se torne condutor é denominado de rigidez dielétrica do material. Esse valor varia muito de um material para outro, sendo que alguns suportam diferenças de potenciais elevadas e continuam isolantes, enquanto outros se tornam condutores com diferença de potencial baixa.

Semicondutores

Os condutores elétricos, geralmente, aumentam sua resistência quando a temperatura se eleva, ao contrário do que ocorre com os semicondutores, diminui a resistência quando aumenta a temperatura. Assim, são condutores nas temperaturas usuais e isolantes nas baixas temperaturas. Outro fator que diferencia os metais condutores dos semicondutores é o número de elétrons livres disponíveis para a condução elétrica. Conforme Valadares, Chaves e Alves, (2005, p. 8), nos metais o número de elétrons livres “é da ordem de 10^{22} por cm^3 , ou seja, cada átomo contribui com cerca de um elétron”. Enquanto nos semicondutores é bastante reduzido: “cerca de um elétron para cada 10^3 a 10^{10} átomos, o que significa 10^{12} a 10^{19} elétrons livres por cm^3 ”.

Além do germânio, do silício e de alguns outros elementos, uma grande quantidade de substâncias são semicondutoras. Esta classe intermediária de substâncias, não tão bons condutores como o cobre, são extremamente úteis para a eletrônica.

Um semicondutor puro como o elemento Silício apresenta uma condutividade elétrica limitada; porém se pequenas quantidades de impurezas são incorporadas à sua estrutura cristalina, suas propriedades elétricas alteram-se, significativamente. O material pode passar, por exemplo, a conduzir eletricidade em um único sentido, da forma que age um diodo. A adição de uma outra impureza lhe confere a propriedade de conduzir eletricidade, apenas, no outro sentido.

As substâncias semicondutoras são importantes na fabricação de componentes eletrônicos tais como: diodos, transistores e outros de diversos graus de complexidade tecnológica, microprocessadores e nanocircuitos, usados em nanotecnologia. Portanto, atualmente, o elemento semicondutor é primordial na indústria eletrônica e confecção de seus componentes.

Valadares, Chaves e Alves, (2005, p. 15), mostram a fantástica natureza dos semicondutores quando afirmam:

é praticamente impossível controlar o número enormemente grande de elétrons livres presentes nos metais. Por outro lado, os semicondutores, que se encontram no meio do caminho entre os metais e os isolantes, podem ser modificados de forma controlada, alterando-se com extrema precisão o número de elétrons livres disponíveis em áreas pré-definidas do material. A partir de um mesmo pedaço de semicondutor “puro” é possível obter-se regiões com propriedades elétricas distintas, um fator decisivo na fabricação de dispositivos isolados e de circuitos integrados de grande complexidade.

Uma característica dos sólidos são as múltiplas interações entre os átomos que distorcem os níveis discretos de energia, dando origem a faixas de energia chamadas de “bandas”. As bandas de condução e as bandas de valência são separadas por bandas proibidas que são chamadas de *gaps*. Cada tipo de material possui um *gap*, característico, que o diferencia.

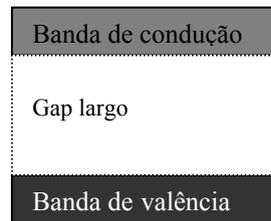
A banda de valência é uma banda de energia formada por níveis de energia, ocupada por elétrons semilivres que estão um pouco mais separados do núcleo que os demais. Esta banda tem energias menores que a banda de condução, local no qual se dá o transporte dos elétrons. A banda de condução é o intervalo de energias de energia superior à da banda de valência. É nestas energias que se dá a condução elétrica. A quantidade de energia necessária para tirar um elétron da banda de valência e colocá-lo na banda de condução é que determina se um sólido será um condutor, semicondutor ou isolante.

Nos condutores ou metais as bandas de valência e de condução se superpõem. Já nos materiais isolantes existe uma grande separação entre elas, ou seja, possuem um *gap*

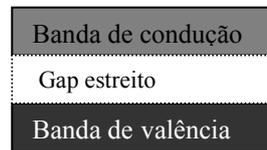
largo, o que impede a transferência de elétrons. Enquanto, nos semicondutores as bandas estão mais próximas do que nos isolantes, o *gap* é estreito.

Energia dos elétrons:

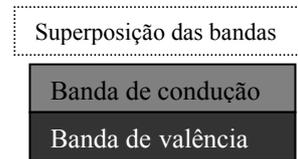
Material isolante



Material semiconductor



Material condutor



Nos condutores existem sempre bandas de energia semi preenchidas, para as quais os elétrons de condução podem ser transferidos com a aceleração que sofrem quando o material é submetido a um campo elétrico externo. Com a elevação da temperatura, aumenta a oscilação dos núcleos atômicos, aumentando o número de colisões dos elétrons com estes. Assim, os elétrons são cada vez mais desviados, elevando a resistividade elétrica do material.

Ao contrário dos condutores, os isolantes e os semicondutores, com a redução da temperatura aumenta a dificuldade de transferir elétrons da banda de valência para a de condução. No zero absoluto, os elétrons estarão preenchendo, completamente, a banda de Valência, de menor energia, enquanto a banda de condução fica vazia. Nos semicondutores, quando aumenta a temperatura os elétrons da banda de valência absorvem energia térmica e se deslocam para a banda de condução, onde participam da condução elétrica. O espaço deixado pelo elétron na banda de valência contribui para a corrente elétrica. Valadares, Chaves e Alves, destacam:

o comportamento elétrico dos diversos materiais pode ser compreendido, em linhas gerais, a partir do conceito de bandas de energia e utilizando-se o princípio de exclusão de Pauli, que regula a distribuição dos elétrons nas bandas. De acordo com esse princípio, se uma banda fica cheia, a banda seguinte passa a ser ocupada, como em um estacionamento de carro com vários andares. Uma vez ocupada uma vaga ela deixa de existir (2005, p.8).

Como o *gap* dos isolantes é bem maior que o dos semicondutores, mesmo com a elevação da temperatura a energia térmica não é suficiente para transferir os elétrons de uma banda para outra. Como não há elétrons na banda de condução, não são capazes de estabelecer corrente elétrica.

Supercondutores

É sabido que os metais e condutores de eletricidade na temperatura ambiente apresentam uma certa resistência ao movimento de elétrons, provocando aquecimento e perda de energia. No entanto, pesquisas intensas estão em andamento com o objetivo de descobrir materiais que não apresentem resistência à condução da eletricidade.

Determinados materiais quando expostos a temperaturas muito baixas, próximo ao zero absoluto, adquirem resistência nula para a corrente elétrica, são chamados supercondutores. A supercondutividade em metais próximos ao zero absoluto, foi descoberta em 1911 pelo físico Heike Kamerlingh Onnes. Já em 1987 as mesmas características foram observadas em um composto não-metálico em altas temperaturas, acima de 100 K.

O potencial de aplicação dessa tecnologia, tanto em baixas, como em altas temperaturas, é bastante prometedora. Incluem a transmissão de energia a grandes distâncias sem perdas, veículos de alta velocidade magnética levitados, com o objetivo de substituir os trens. Embora ainda não tenham revolucionado a eletrônica ou a eletricidade, como previsto pelos entusiastas, têm sido usadas em pesquisas para criar eletromagnetos capazes de gerar grandes campos magnéticos sem perda de energia ou em equipamentos que medem a corrente elétrica com precisão. Podem ter aplicações em computadores mais rápidos, reatores de fusão nuclear com energia, praticamente, ilimitada. Na medicina a supercondutividade é essencial para o funcionamento de equipamentos de ressonância magnética nuclear.

Atividades práticas desenvolvidas

Discutimos, inicialmente, elementos teóricos das características dos materiais quanto à capacidade de conduzir eletricidade. No momento seguinte da oficina desenvolvemos atividades experimentais para, posteriormente, serem aplicadas pelos professores com seus alunos. As atividades desenvolvidas se resumem, basicamente, em medir a resistência elétrica de diferentes materiais, usando um multímetro digital.

Atividade 1

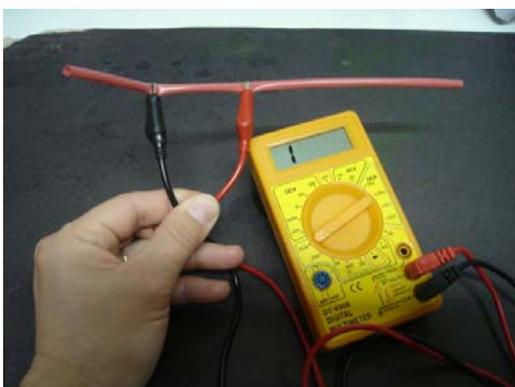
Nesta atividade verificamos a resistência elétrica apresentada por alguns materiais conhecidos como isolantes elétricos. Usamos, basicamente, um multímetro e alguns materiais isolantes.

Material necessário:

- multímetro digital;

- pedaço de vidro;
- pedaço de madeira (lápis);
- pedaço de plástico (canudinho);
- lamparina;
- fósforo.

Com o multímetro na função ohmímetro, conectamos um objeto de cada vez, nos cabos de entrada do aparelho para fazer a leitura da resistência no vídeo – fotografias 20 e 21. Inicialmente, a atividade foi desenvolvida com os objetos a temperatura ambiente. Para dar mais significado a atividade, com o auxílio da lamparina, aquecemos esses objetos e verificamos o valor da resistência registrada no vídeo do multímetro.



Fotografia 20 – Resistência elétrica do plástico
Fonte: o autor (2006)



Fotografia 21 – Resistência da madeira
Fonte: o autor (2006)

Verificamos que o valor registrado é o mesmo para as diferentes situações, conforme mostram os registros nas fotografias 20 e 21, acima. Este valor representa uma resistência maior que a capacidade do aparelho, normal para materiais considerados isolantes.

Atividade 2

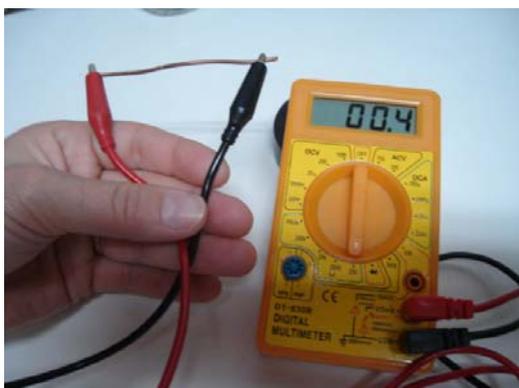
Nesta atividade verificamos a resistência elétrica apresentada por alguns materiais conhecidos como condutores elétricos. Usamos, basicamente, um multímetro e alguns materiais condutores.

Material necessário:

- 1 multímetro digital;
- 1 fio de cobre de 10 cm de comprimento;
- 1 fio de alumínio de 10 cm de comprimento;

- 1 parte de resistência de chuveiro;
- 1 lâmparina;
- fósforo.

Com o multímetro na função ohmímetro, conectamos um objeto da cada vez, nos cabos de entrada do aparelho e realizamos a leitura da resistência no vídeo. Para tornar a atividade mais significativa, aquecemos os objetos, com o auxílio da lâmparina, e verificamos o valor da resistência registrada no vídeo do multímetro – fotografias 22 e 23.



Fotografia 22 – Resistência elétrica do cobre a temperatura ambiente
Fonte: o autor (2006)



Fotografia 23 – Resistência do cobre aquecido.
Fonte: o autor (2006)

Verificamos que o cobre tem resistência elétrica baixa a temperatura ambiente, porém esse valor é alterado quando aquecemos o material. Observamos, também, diferentes valores de resistência para diversos materiais, nas mesmas condições.

Atividade 3

Com um multímetro verificamos a resistência elétrica do semicondutor LDR, quando exposto a diferentes intensidades luminosas.

Material necessário:

- multímetro digital;
- fonte luminosa ou luz natural;
- 1 LDR de no mínimo 2 cm de diâmetro;
- 1 régua de um metro de comprimento;
- papelão ou outro material opaco com perfurações de diferentes diâmetros.

Iniciamos esta atividade perfurando o papelão. Com auxílio do compasso e estilete produzimos perfurações circulares de diferentes diâmetros, sendo o menor de 2 mm e o maior de 20 mm. Cada professor confeccionou o seu material.

Como fonte de luz utilizamos uma lâmpada de mercúrio de 400 watts (usada para iluminação pública) e aproveitamos a estrutura feita para a célula fotoelétrica, no que tange ao reator e suporte. Este tipo de lâmpada emite uma intensidade luminosa praticamente uniforme em suas proximidades, ao contrário do que ocorre com as lâmpadas incandescentes. Fixamos a lâmpada a uma altura superior a um metro, sobre uma mesa, de tal forma que pudéssemos movimentar o LDR.



Fotografia 24 – Papelão perfurado, LDR e Multímetro.
Fonte: o autor (2006)



Fotografia 25 – Componentes para medição da resistência do LDR.
Fonte: o autor (2006)

Conectamos os terminais do LDR no multímetro na função ohmímetro e com a face semicondutora voltada para a lâmpada, verificamos a variação da resistência na medida que este foi aproximado da lâmpada, com distâncias pré-determinadas. Repetimos o mesmo processo várias vezes, usando o papelão perfurado, variando a distância e a área iluminada do LDR.

Para acompanhar a variação dos resultados obtidos, foi disponibilizado aos professores uma tabela que relacionava a distância com a área de iluminação, preenchendo o campo correspondente a cada medição.

Tabela 1 – Relação entre distância entre a lâmpada até LDR com a área de iluminação do LDR

Diam. X Dist.	D1 = 1cm	D2 = 5cm	D3 = 10cm	D4 = 20cm	D5 = 40cm	D6 = 75cm	D7 = 100cm
Diâmetro 0mm							

Diâmetro 2 mm							
Diâmetro 4mm							
Diâmetro 6mm							
Diâmetro 8mm							
Diâmetro 10mm							
Diâmetro 12mm							
Diâmetro 14mm							
Diâmetro 16mm							
Diâmetro 18mm							
Diâmetro 20mm							

Como atividade complementar, para melhor visualizar as relações entre resistência, distância e área, foi sugerida a construção de gráficos em papel milimetrado relacionando estas grandezas.

Os LDRs utilizados nesta atividade foram retirados de relés fotoelétricos de iluminação pública, com defeitos em outros componentes. Percebemos, no entanto, que a resistência apresentada varia para a mesma área e distância toda vez que trocamos de LDR. No entanto como o objetivo é compreender a natureza do comportamento dos semicondutores sensíveis a radiação luminosa pode-se dizer que a atividade é interessante.

Poderíamos afirmar que a atividade foi desenvolvida a temperatura ambiente, o que não é real, pois ocorre um aumento da temperatura nas proximidades da lâmpada pelo calor por ela gerado e dissipado. Nestas condições, o calor é uma variável difícil de ser controlada com os recursos disponíveis para desenvolver a atividade, interferindo diretamente na resistência do semicondutor. No entanto, o grupo de professores julga que isto não interfere nos objetivos pedagógicos da atividade.

Referências:

VALADARES, Eduardo de Campos; CHAVES, Alaor e ALVES, Esdras Garcia. *Aplicações da física Moderna: do transistor à nanotecnologia*. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

APÊNDICE I - Oficina 7 - Resistores e capacitores

Resistor

Os aparelhos que fornecem calor como o ferro elétrico, a torradeira, o aquecedor, o chuveiro, a secadora, a lâmpada de filamento, entre outros, possuem condutores que se aquecem durante a passagem da corrente elétrica. Esse aquecimento ocorre devido ao efeito Joule que é o aquecimento que acontece pela transformação da energia elétrica em calor, devido a colisão de elétrons da corrente com outras partículas do condutor. Condutores com essa característica são denominados resistores. Se a resistência elétrica permanece constante para qualquer tensão ou corrente elétrica que circular pelo dispositivo, o resistor é considerado ideal.

Na prática, os resistores limitam a intensidade da corrente elétrica por meio de determinados componentes. É um dispositivo muito utilizado na eletrônica, com o objetivo de limitar a intensidade de corrente nos circuitos.

Existem vários estilos de resistores, podendo ser fixos ou variáveis, ou ainda, longos e finos, com material resistivo colocado ao centro e uma perna de metal ligada em cada extremidade. O encapsulamento destes resistores é chamado de encapsulamento axial.

A figura 22 mostra detalhes construtivos de um resistor de filme de carbono (carvão), enquanto na figura 23 estão representados símbolos úteis para linguagem técnica.

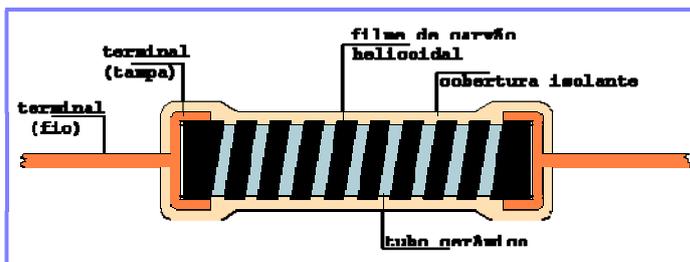


Figura 22 – Resistor de carbono e seus componentes

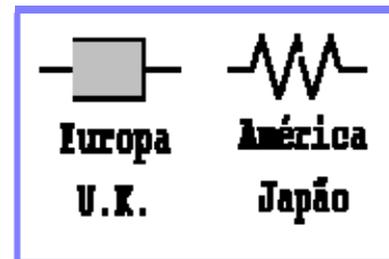


Figura 23 – Símbolos para a representação de resistores.

Fonte figuras 22 e 23: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_T02.asp>, acesso em 10 jan 2007.

Na fase de construção uma película fina de carbono, em forma de filme, é depositada sobre um tubo de cerâmica que, posteriormente, é enrolado em hélice até que a resistência entre os extremos assume um valor próximo ao desejado. Ainda são acrescentados

terminais em cada extremo do resistor, além de ser recoberto por uma camada isolante. Na etapa final do processo são pintadas as faixas coloridas que indicam o valor da resistência.

Outros tipos de resistores, os de filme de metal, ou óxido de metal são produzidos de forma muito parecida, mas são mais precisos nos valores de tolerância. Enquanto os resistores de carvão têm uma tolerância com valores de, aproximadamente, (+ ou -) 10% ou 5% dos valores nominais, os de filme de metal possuem tolerância de (+ ou-) 2% ou 1% do valor nominal.

Um outro tipo de resistor é feito enrolando um fio fino, de ligas especiais, sobre uma barra de cerâmica, chamados resistores de fio. Devido a sua grande precisão, são muito usados para circuitos e reparos de multitestes, osciloscópios e outros aparelhos de medição. Alguns tipos desses resistores podem ser usados em fontes de alimentação e circuitos de correntes bem intensas, sem que ocorra um aquecimento excessivo.

Os resistores usados em computadores e outros dispositivos são, tipicamente, muito menores, freqüentemente, são utilizadas tecnologias de montagem em superfície, ou SMT (do inglês *surface-mount technology*), esse tipo de resistor não tem perna de metal.

Os resistores de carvão, como os da figura 24, são facilmente encontrados nas lojas de peças de materiais eletrônicos, com preço acessível.

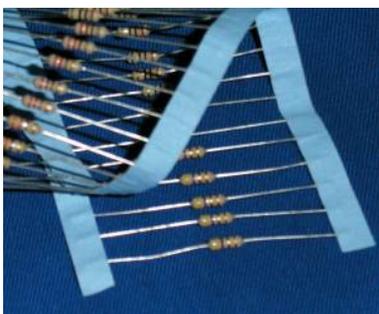


Figura 24 - Fita de resistores de carvão

Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Resistor>>, acesso em 10 jan 2007.

Além dos resistores fixos existem também os resistores variáveis. Neste caso, são chamados de *potenciômetros* ou *reostatos*. O valor nominal é alterado ao girar um eixo ou deslizar uma alavanca. Enquanto o potenciômetro é um tipo de resistor variável comum, sendo, normalmente, utilizado para controlar o volume em amplificadores de áudio; o reostato é um resistor que possui dois terminais: um fixo e o outro deslizante. Um exemplo de aplicação é no ferro elétrico de passar roupa.

Existem ainda inúmeros outros tipos de resistores, com diferentes funções. Na realidade qualquer objeto físico de qualquer material pode ser um tipo de resistor. O que acontece é que diferentes materiais apresentam variadas resistências à passagem da corrente elétrica. Além da natureza do material, interfere também na resistência: o tamanho, a temperatura e a radiação eletromagnética, em determinadas situações, como nos semicondutores.

A unidade de medida da resistência, no sistema internacional de unidades, é o Ohm. O valor de um resistor de carbono pode ser, facilmente, determinado de acordo com as cores que apresenta na cápsula que envolve o material resistivo, ou então usando um multímetro na função ohmímetro.

Como os resistores são, geralmente, muito pequenos, não há espaço para escrever suas especificações no invólucro. Por isso, foi criado um código baseado em faixas coloridas impressas em uma das extremidades do resistor. Cada cor tem um significado, podendo ser um dígito, um fator de multiplicação ou a especificação da tolerância, como mostra a tabela a seguir.

Tabela 2 – Código das cores de resistores elétricos.

Cor	1ª faixa	2ª faixa	3ª faixa	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	$\times 10^0$	
Marron	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$ (F)
Vermelho	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)
Laranja	3	3	3	$\times 10^3$	
Amarelo	4	4	4	$\times 10^4$	
Verde	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$ (D)
Azul	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$ (C)
Violeta	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$ (B)
Cinza	8	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ (A)
Branco	9	9	9	$\times 10^9$	
Ouro				$\times 0.1$	$\pm 5\%$ (J)
Prata				$\times 0.01$	$\pm 10\%$ (K)
Sem cor					$\pm 20\%$ (M)

Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Resistor>>, acesso em 10 jan 2007.

Na figura 25, abaixo, a primeira faixa é interpretada como o primeiro dígito do valor ôhmico da resistência do resistor. Para o resistor mostrado abaixo, a primeira faixa é

amarela, assim o primeiro dígito é 4. A segunda faixa é o segundo dígito, no resistor mostrado essa é violeta, então o segundo dígito é 7. A terceira faixa é chamada de multiplicador e não é interpretada do mesmo modo. O número associado à cor do multiplicador nos informa quantos "zeros" devem ser colocados após os dígitos que já temos. Na figura, a faixa vermelha nos diz que devemos acrescentar 2 zeros. O valor ôhmico desse resistor é 4700 ohms, quer dizer, $4\,700\Omega$ ou $4,7\text{ k}\Omega$.

Em resistores codificados com cores, uma faixa prata mais à direita demonstra uma tolerância de 10%, uma faixa dourada-ouro significa 5% de tolerância, uma faixa vermelha marca 2% e uma faixa marrom significa 1% de tolerância. Resistores com tolerância menor, também chamados de resistores de precisão, estão disponíveis. A ausência da quarta faixa indica uma tolerância de 20%.

Portanto, como a quarta faixa do resistor da figura é da cor ouro, a tolerância é de cinco por cento, para mais ou para menos.

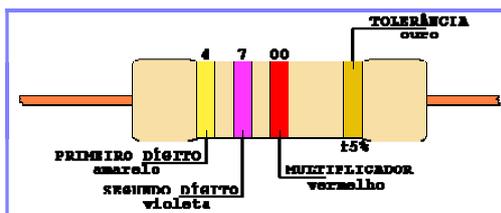


Figura 25 – Resistor identificado com o código de cores.

Fonte: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_T02.asp>, acesso em 10 jan 2007.

Existem resistores Axiais de cinco faixas e são usados para resistores de baixa tolerância (1%, 0.5%, 0.25%, 0.1%) - ou seja, de mais alta precisão, para denotar o dígito extra. As primeiras três faixas representam os dígitos significantes, o quarto é o multiplicador, e o quinto é a tolerância.

Os resistores SMT seguem um padrão numérico. As cápsulas, geralmente, são marrons, azuis ou verdes, embora outras cores sejam encontradas, ocasionalmente, como o vermelho escuro ou cinza escuro.

Cada resistor tem uma voltagem e uma corrente máximas, acima das quais a resistência pode mudar ou o resistor pode se danificar fisicamente. Apesar de alguns resistores conterem as taxas de voltagem e corrente determinadas, a maioria deles são classificados em função da potência máxima, que é determinada pelo tamanho físico. Para os resistores de carbono e filme de metal a potência, geralmente, é 1/8 watt, 1/4 watt e 1/2 watt.

A potência do resistor significa a quantidade de energia elétrica que é convertida em outra forma de energia, no caso térmica, em um certo intervalo de tempo. Essa potência

dissipada no resistor é indesejável e inútil, portanto deve ser transferida para o meio ambiente. Essa transferência depende, basicamente, da superfície do corpo do resistor, sendo que, quanto maior o resistor mais rapidamente o calor será transferido.

A figura 26, abaixo, mostra resistores de potências diferentes, enquanto a figura 27 mostra resistores de tamanhos diferentes.

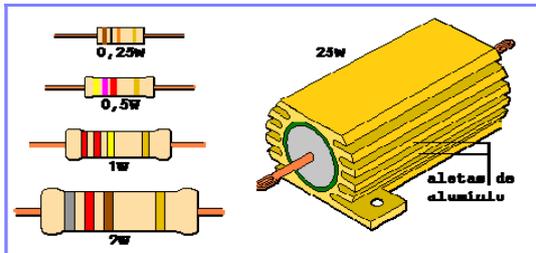


Figura 26 – Resistores classificados conforme potência.

Fonte:

<http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_T02.asp>, acesso em 10 jan 2007

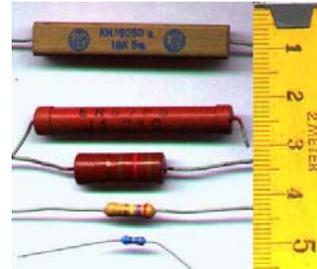


Figura 27 – Diferentes tamanhos de resistores.

Fonte:

<<http://pt.wikipedia.org/wiki/Resistor>>, acesso em 10 jan 2007

Quando os resistores são limitados por não poderem passar de determinadas dimensões devem usar outros dispositivos para dissipar de forma apropriada, o calor gerado. Um dos recursos é manter uma constante ventilação com o uso de ventiladores. Já em outros casos, os resistores podem ser colocados em cápsulas de alumínio com aletas para aumentar a superfície de contato com o ar – figura 26.

Para uma maior eficiência nos circuitos onde são usados resistores, estes podem ser associadas em quatro combinações diferentes, sendo elas denominadas de: série, paralelo, estrela e triângulo. Qualquer que seja o tipo da associação, esta sempre resultará numa única resistência total, a qual é, normalmente, designada por resistência equivalente.

Capacitor

O capacitor é um componente que tem a característica de armazenar uma determinada carga elétrica. Além de armazenar cargas elétricas, os capacitores têm, na atualidade, inúmeras outras aplicações tecnológicas, principalmente, em eletrônica. Eles são também empregados para produzir geradores de alta voltagem, dispositivos amplificadores, sintonizadores, filtros, retificadores, entre outros. Não existe aparelho eletrônico que não possua inúmeros capacitores em seus circuitos

Há capacitores de vários formatos, mas todos, na prática, são de placas paralelas, separados por um dielétrico. As placas armazenam a carga em suas superfícies, no limite com

o dielétrico. O valor da carga armazenada é igual, mas de sinal oposto, de tal modo que a carga total é nula.

A capacitância (C) é a propriedade dos capacitores de armazenar energia elétrica e é medida pelo quociente da quantidade de carga (Q) armazenada pela tensão (V) existente entre as placas.

No sistema internacional de medidas a unidade de capacitância é o Farad (F), que significa a carga de um Coulomb quando causa uma diferença de potencial de um volt entre as placas. Porém, para circuitos práticos o Farad é uma unidade muito grande e usa-se os submúltiplos como o microfarad (μF), o nanofarad (nF) e o picofarad (pF), para medir a capacitância.

A capacitância de um capacitor de placas paralelas constituído de dois eletrodos planos idênticos de área A separados a distância constante d é aproximadamente igual a:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

onde: C é a capacitância em farads, ϵ_0 é a permissividade eletrostática do vácuo ou espaço livre e ϵ_r é a constante dielétrica ou permissividade relativa do isolante utilizado.

Vários tipos de capacitores estão disponíveis nas lojas de materiais eletrônicos, com capacitâncias variando de poucos picofarads até milhares de Farads e voltagens acima de milhares de volts. Quanto maior a voltagem e a capacitância, maior o tamanho físico do capacitor. A medida da tolerância para capacitores é, geralmente, especificada de 5% ou 10%.

Os capacitores, freqüentemente, são classificados de acordo com o material usado como dielétrico. Entre os dielétricos usados podemos destacar a cerâmica, o poliestireno, o poliéster, o polipropileno, o tântalo, o eletrolítico e o próprio ar. Cada um destes materiais permite um certo intervalo de capacitância.

Podemos ver pela lista dos dielétricos, a seguir, os valores da capacitância e algumas aplicações desses materiais. Informações retiradas do site da Wikipedia (2007).

Cerâmica: (valores baixos até cerca de $1\mu\text{F}$)
 C0G or NP0 - tipicamente de 4.7pF a $.047\mu\text{F}$, 5%. Alta tolerância e performance de temperatura. Maiores e mais caros
 X7R - tipicamente de 3300pF a $.33\mu\text{F}$, 10%. Bom para acoplamento não-crítico, aplicações com timer.
 Z5U - tipicamente de $.01\mu\text{F}$ a $2.2\mu\text{F}$, 20%. Bom para aplicações em bypass ou acoplamentos. Baixo preço e tamanho pequeno.
 Poliestireno: (geralmente na escala de picofarads)
 Poliéster: (de aproximadamente 1nF até $1\mu\text{F}$)
 Polipropileno: (baixa perda. alta voltagem, resistente a avarias)
 Tântalo: (compacto, dispositivo de baixa voltagem, de até $100\mu\text{F}$ aproximadamente)

Eletrolítico: (de alta potência, compacto mas com muita perda, na escala de $1\mu\text{F}$ - $1000\mu\text{F}$)

Em aparelhos de circuitos integrados de semicondutores, os capacitores podem ser fabricados usando linhas metálicas e isolantes num substrato. Tais capacitores são usados para armazenar sinais analógicos em filtros chaveados por capacitores e para armazenar dados digitais em memória dinâmica de acesso aleatória (DRAM – do inglês *dynamic random Access memory*, ou memória temporária). Diferentemente de capacitores discretos, porém, na maior parte do processo de fabricação, tolerâncias precisas não são possíveis, sendo que 15% a 20% é considerado bom.

Determinados capacitores têm a capacidade de liberar correntes enormes em circuitos curtos, o que pode ser perigoso. Por segurança, todos os capacitores grandes deveriam ser descarregados antes do manuseio. Uma maneira de fazer isso é colocar um resistor pequeno de 1 a 10 ohms nos terminais, isso é, criando um circuito entre os terminais, passando pelo resistor.

A especificação dos valores nominais depende da forma e das dimensões do capacitor e, em geral, aparece impressa no corpo do capacitor. Quando o capacitor é muito pequeno, existe um código de cores para fornecer esses dados.

No capacitor de poliéster para a identificação dos valores é usado um conjunto de 5 faixas coloridas, conforme tabela na qual a primeira faixa representa o primeiro algarismo, a segunda faixa o segundo algarismo, a terceira faixa o algarismo multiplicador, a quarta faixa a tolerância e a quinta a tensão, com valor obtido em picofarad.



Figura 28 – Capacitor com o código das cores.
Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Capacitor>>, acesso em 11 jan 2007

Tabela para identificação dos valores dos capacitores de poliéster

Cor	Faixas 1 e 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5
0	0	–	20%	–
1	1	x 10	–	250V
2	2	x100	–	–
3	3	x1000	–	400V
4	4	x10000	–	–
5	5	x100000	–	630V
6	6	x1000000	–	–
7	7	–	–	–
8	8	–	–	–
9	9	–	10%	–

Fonte Tabela 3:
<<http://pt.wikipedia.org/wiki/Capacitor>>, acesso em 11 de jan 2007.

Existem também capacitores variáveis, nos quais a capacitância pode ser alterada intencionalmente e repetidamente como os usados para controle de frequência e sintonia em aparelhos de comunicação. Sua construção permite alterar a distância entre as placas ou a superfície da área das placas superpostas. Nestes capacitores o ar faz o papel de isolante entre as placas.

A figura 27 a seguir, mostra um capacitor variável de sintonia de rádio.



Figura 29 – capacitor variável

Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Capacitor>>, acesso em 11 jan 2007.

Outro tipo de capacitor é construído com uma camada de eletrolítico de espessura molecular como dielétrico. Obtido, quimicamente, com a deposição de camadas finíssimas de um sal de alumínio em folhas de alumínio dá a este capacitor alta capacidade. Como a energia armazenada é inversamente proporcional à espessura do dielétrico, esses capacitores têm uma densidade de energia, extremamente, alta, podendo chegar a centenas ou até milhares de Farads.

Esses capacitores eletrolíticos podem ser usados como substitutos para baterias em aplicações nas quais uma grande corrente de descarga seja necessária. Eles também podem ser recarregados centenas de milhares de vezes, diferentemente, das baterias convencionais que duram apenas algumas poucas centenas ou milhares de ciclos de recarga.

Os capacitores compõem, ao lado dos resistores, dos diodos e dos transistores, a linha de frente de componentes eletrônicos, que tornou possível a era da eletrônica e das telecomunicações. Mas, nas placas de circuito impresso de qualquer aparelho eletrônico, se percebe que os capacitores são os maiores dentre esses componentes, ocupando o espaço de muitos transistores.

Os cientistas sempre tiveram que lidar com o problema de miniaturizar os capacitores, pois ao se aproximar da nano escala eles têm uma queda no rendimento na sua utilização. Porém, os pesquisadores Nicola Spaldin e Massimiliano Stengel (2007), da Universidade da Califórnia, Estados Unidos, descobriram por que os capacitores de filme, ou

película, apresentam uma capacitância tão abaixo daquela que seria, teoricamente, esperada. Eles utilizaram cálculos de mecânica quântica para provar que a chamada "camada dielétrica morta" na interface metal-isolante é a responsável pela redução da capacitância que se verifica nesses capacitores minúsculos. As propriedades quânticas fundamentais da interface são a raiz do problema. Na fala dos cientistas a solução passa pela utilização de metais com alta capacidade de blindagem, o que deverá permitir um rendimento pleno dos capacitores.

Atividades práticas desenvolvidas:

Atividade 1

Inicialmente estudamos os resistores, buscando, primeiramente, maior conhecimento teórico destes, com relação à constituição física, resistividade e aplicações.

Material necessário:

- 1 multímetro digital;
- resistores com diferentes resistências;
- isqueiro.

Estudamos o código das cores e identificamos a resistência de diferentes resistores pelo código das cores. Depois de ter identificado a resistência nominal pelo referido código, verificamos este valor com o auxílio de um multímetro na função ohmímetro.

Para atizar o espírito investigativo, aproveitamos o resistor com os terminais ligados ao ohmímetro, para verificar o que acontece com a resistência elétrica desse componente quando ele é aquecido com a chama de um isqueiro, por exemplo.

Aproveitamos a oportunidade e fizemos associações em série e paralelo, usando diferentes resistores. Inicialmente, medimos a resistência individual de cada resistor que, posteriormente, associamos em série e em paralelo. Verificamos que os valores das associações ficaram dentro da faixa de tolerância prevista, isto tanto na associação em série, como na associação paralela.

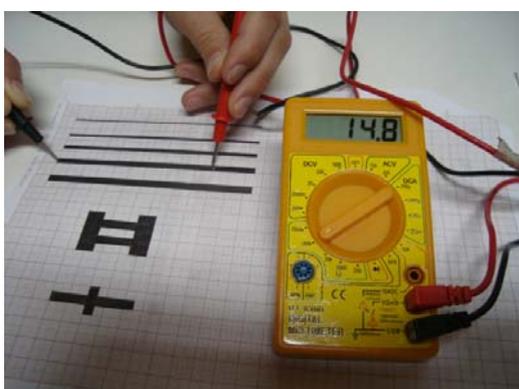
Atividade 2

Na segunda atividade que desenvolvemos sobre resistência elétrica, nos baseamos nas informações obtidas em um artigo publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, de Rocha Filho, et al (2002, v. 20, n. 2, p. 228 – 236), com o título: resistores de papel e grafite: ensino experimental de eletricidade com papel e lápis.

Material necessário:

- lápis 6B;
- multímetro;
- papel milimetrado;
- régua.

Inicialmente, desenhamos os resistores – fotografia 26, conforme indicado na dissertação, no momento seguinte foram efetuadas as medições. Aos professores foi disponibilizada uma tabela para o registro dos valores das medições dos diferentes resistores, relacionando largura e comprimento – fotografia 27.



Fotografia 26 – Resistores de grafite.
Fonte: o autor (2006)

Professor: Sérgio Luis Kessler

Tabela de variação da resistência do comprimento em função da largura para Resistores de papel e grafite, retangulares.

Distância entre as pontas de medição (cm)	R1 - largura do traço 1mm (kΩ)	R2 - largura do traço 2mm (kΩ)	R3 - largura do traço 3mm (kΩ)	R4 - largura do traço 4mm (kΩ)	R5 - largura do traço 5mm (kΩ)
1	10 M	4 M	4 M	2 M	1 M
2	18 M	8 M	6 M	3 M	2 M
3	26 M	11 M	7 M	4 M	3 M
4	35 M	15 M	10 M	5 M	4 M
5	44 M	18 M	12 M	7 M	5 M
6	53 M	21 M	14 M	8 M	6 M
7	63 M	25 M	16 M	9 M	7 M
8	72 M	29 M	18 M	10 M	8 M
9	82 M	32 M	20 M	11 M	10 M
10	92 M	36 M	22 M	12 M	11 M
11	103 M	40 M	23 M	13 M	12 M
12	114 M	45 M	26 M	16 M	15 M

Fotografia 27 – Tabela de valores de resistência elétrica.
Fonte: o autor (2006)

Em outro momento da atividade foram feitas associações de resistores de grafite para verificar as resistências equivalentes, tanto em série como em paralelo.

Essa atividade foi muito bem aceita e muito elogiada pelos professores do grupo pela facilidade com que pode ser desenvolvida com os alunos, principalmente, pelo fato do material utilizado ser de baixo custo e de fácil acesso. A atividade foi, especialmente, elogiada pelo valor pedagógico e cognitivo, para ensinar o conceito de resistência elétrica, como também associação de resistores, pois os alunos, normalmente, apresentam limitações na compreensão quando esses assuntos são trabalhados de forma tradicional.

Atividade 3

Baseados no artigo publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, de Rocha Filho, et al (2005, v. 22, n. 3, p. 400 – 415), construímos capacitores de grafite sobre garrafas plásticas e copos plásticos.

Material necessário:

- multímetro;
- lápis 6B;
- garrafas plásticas descartáveis (pet) e copos plásticos;
- tesoura;
- régua;
- lixa

Para confeccionar os capacitores, seguimos as orientações do artigo, acima citado. Houve entusiasmo, envolvimento e interesse por parte dos professores pela atividade. Reconheceram a importância desta atividade para desenvolvê-la com seus alunos.



Fotografia 28 – Capacitor de grafite.
Fonte: o autor (2006)



Fotografia 29 – Capacitor de grafite enrolado.
Fonte: o autor (2006)

Nas fotografias 28 e 29, acima, podemos ver capacitores de grafite e a respectiva capacitância, sendo que na fotografia 28, paralelo aberto enquanto na fotografia 29, o mesmo capacitor enrolado.

Referências:

_____. **Resistores.** <http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_T02.asp>, acesso 10 jan 2007

ROCHA FILHO, J. B. et al. *Resistores de papel e grafite: Ensino experimental de eletricidade com papel e lápis.* Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 20, n. 2, p. 228-236, 2002.

_____. *Construção de capacitores de grafite sobre papel, copos e garrafas plásticas, e medida de suas capacitâncias.* Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 22, n. 3, p. 400-415, 2005.

SALAMI, Marcos A. *Resistores e capacitores com lápis, papel e plástico*. 2004. Dissertação (Mestrado) – PUCRS, Porto Alegre.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Resistor>>, acesso em 10 jan 2007.

_____ <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Capacitor>>, acesso em 11 jan 2007.

APÊNDICE J - Oficina 8 - Estrutura do LDR, do Diodo, do Led e do Transistor

LDR – do inglês, *Light Dependent Resistor*



Figura 30 – LDR.

Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/LDR>>, acesso em 12 jan 2007.

Em português LDR - figura 30, significa *Resistor Variável Conforme Incidência De Luz*. São dispositivos resistores fabricados a partir de semicondutores, fracamente, dopados, cuja resistência varia conforme a intensidade de radiação eletromagnética do espectro visível que incide sobre ele. Também conhecido como transdutor ou sensor que converte a luz em valores de resistência.

O LDR é feito de sulfeto de cádmio (CdS) ou seleneto de cádmio (CdSe). Conforme Valadares, Chaves e Alves (2005, p.21): “o CdS é um material semicondutor cuja energia de *gap* corresponde a luz visível, estando a sua sensibilidade máxima na faixa de 4000 a 7000 angstroms (Å)”. Quanto maior a intensidade de luz que incide no LDR, tanto maior é número de fótons incidentes e maior será o número de pares elétron-lacuna que são portadores de cargas livres. A condutividade elétrica do LDR aumenta na medida em que aumenta o número de portadores livres disponíveis para a condução elétrica.

Os LDRs tem aplicação tecnológica bem ampla, por exemplo, são responsáveis para controlar o acendimento do sistema de iluminação pública, em medidores de luz, em

câmaras fotográficas, rádios-relógio e alarmes de segurança. Outra categoria de semicondutores, feitos de arseneto de gálio (GaAs), são usados em controle remoto de televisão, que opera na faixa do infravermelho, fora do espectro visível.

Diodo

O primeiro diodo, uma espécie de válvula, foi construído em 1904 por Fleming, em um invólucro de vidro fechado a vácuo, com dois eletrodos. Um dos eletrodos, chamado de cátodo, é aquecido para liberar elétrons, enquanto o outro eletrodo chamado ânodo capta esses elétrons e envia-os novamente para o cátodo através de um circuito externo.

Inicialmente, este diodo foi construído para detectar ondas de alta frequência, mas também foi utilizado como retificador de corrente, ou seja, para converter corrente alternada em corrente contínua, pois só deixa passar a corrente elétrica num único sentido.

O diodo foi o primeiro dispositivo eletrônico utilizado na construção de computadores. Com vários diodos foi possível construir a memória binária (0 e 1), através da detecção da passagem ou não de corrente elétrica.



Figura 31 – Diodo.



Figura 32 – Triodo.

Fonte: figuras 31 e 32: <http://piano.dsi.uminho.pt/museuv/1905a1942.html>, acesso em 20 jan 2007.

Um terceiro eletrodo foi adicionado ao diodo em 1907, por Forest e constituiu o triodo, utilizado como amplificador de sinais. A figura 31, acima, mostra um diodo em forma de válvula com aspecto de lâmpada, enquanto a figura 32, acima, mostra um triodo.

Diodo semicondutor

Atualmente, os diodos na sua grande maioria são constituídos de material semicondutor, de tamanho muito menor que os anteriores, de aspecto, completamente, diferente, mas funciona da mesma maneira. O diodo semicondutor é composto, basicamente, de cristal de silício ou germânio, em finas camadas, cujas faces opostas são dopadas por diferentes elementos para formar as camadas pn. Cada face tem características diferentes, gerando regiões condutoras com excesso de elétrons em uma e falta de elétrons na outra, separadas por uma região de equilíbrio por recombinação de cargas positivas e negativas, chamada de barreira de potencial, ou região de depleção.

A face com excesso de cargas negativas é a região N (cátodo), com elétrons disponíveis para a condução. Enquanto, a outra face no qual existe uma falta de cargas negativas é a região P (ânodo), também chamado pelo termo *lacuna*. Podemos, também, dizer que a face N possui maior número de cargas Negativas, enquanto a face P possui maior número de cargas Positivas.

A região entre N e P é uma região neutra, chamada também de junção P-N. Nesta região os elétrons do material tipo N se difundem pela junção e se combinam com algumas lacunas do material tipo P, entrando, em equilíbrio.

Existem vários tipos de diodos, sendo que a maioria apresentam propriedades retificadoras. Podem, também, ser classificados conforme a capacidade de conduzir corrente e a tensão que suportam ou a velocidade com que operam. Existem, também, os diodos emissores de luz, os famosos LED's, que possuem as mesmas propriedades dos diodos normais, porém, emitem luz.

Na figura abaixo temos: em 33 um diodo de germânio, em 34 a representação de um diodo e em 35 a representação simbólica de um LED.

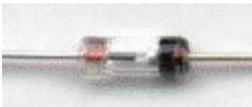


Figura 33 – Diodo de germânio



Figura 34 – Símbolo do Diodo

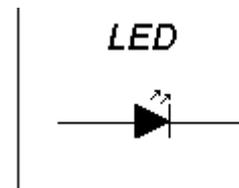


Figura 35 Símbolo do LED

Fonte: figuras 33, 34 e 35 - <<http://leandrocodorna.vilabol.uol.com.br/Diodo.html>>, acesso em 20 jan 2007.

Uma aplicação importante dos diodos é nas fontes de alimentação, para retificar a corrente elétrica alternada, pois muitos componentes eletrônicos funcionam com corrente contínua.

LED – do ingles, *Light Emitting Diode*

No português LED significa Diodo Emissor de Luz ou dispositivo semicondutor emissor de luz, cujo funcionamento é, basicamente, igual a de um diodo comum. A luz visível que é emitida pelo LED é monocromática e é produzida pelas interações energéticas do elétron. Ocorre um processo de recombinação ou aniquilamento mútuo de elétrons e lacunas que gera a luz.

Em qualquer junção P-N polarizada diretamente, dentro da estrutura, próximo à junção, ocorrem recombinações de lacunas e elétrons. Essa recombinação exige que a energia possuída por esse elétron, que até então era livre, seja liberada, o que ocorre na forma de calor ou fótons de luz. (ENCICLOPÉDIA LIVRE, disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/LED>>, acesso em 20 jun. 2006).

Em uma visão simplificada de uma junção P-N de um LED, o material dopante de uma área do semicondutor contém átomos com um elétron a menos na banda de valência em relação ao material semicondutor. Na ligação os íons desse material dopante - íons aceitadores removem elétrons de valência do semicondutor, deixando lacunas ou *buracos*, portanto, o semicondutor torna-se do tipo P. Na outra área do semicondutor o material dopante contém átomos com um elétron a mais do que o semicondutor puro, em sua faixa de valência. Portanto, na ligação esse elétron fica disponível sob a forma de elétron livre, formando o semicondutor do tipo N.

A cor de luz emitida pelo LED é definida pelo *gap* do material semicondutor, ou seja, as impurezas adicionais que são colocadas nestes materiais que emite fótons de determinada energia, assumindo uma cor característica, muito pura, monocromática – figura 36.

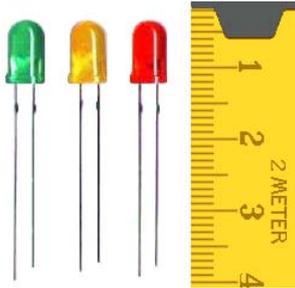


Figura 36: LEDs

Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/LED>>, acesso em 20 jun 2006.

Existem também LEDs que podem emitir formas de luz que não são percebidas pela nossa visão, como a luz infravermelha e a ultravioleta.

A luz emitida é monocromática, sendo a cor, portanto, dependente do cristal e da impureza de dopagem com que o componente é fabricado. O led que utiliza o arsenieto de gálio emite radiações infravermelhas. Dopando-se com fósforo, a emissão pode ser vermelha ou amarela, de acordo com a concentração. Utilizando-se fosfeto de gálio com dopagem de nitrogênio, a luz emitida pode ser verde ou amarela. Atualmente, pesquisa-se o LED branco, ou seja, um componente capaz de emitir luz em vários comprimentos de onda ao mesmo tempo. (ENCICLOPÉDIA LIVRE, disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/LED>>. acesso em 20 jun. 2006, grifos do autor).

Os LEDs são polarizados, isto é, a corrente circula somente numa direção. Caso houver inversão dos pólos ele não funciona, portanto a polaridade precisa ser observada na hora de utilizá-lo. No caso do LED é preciso que o ânodo seja ligado ao pólo positivo do gerador e o cátodo seja ligado ao negativo – figura 37.

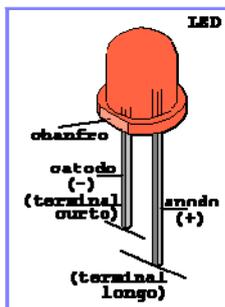


Figura 37 – Componentes do LED.

Fonte:

<http://www.complex.cz/index.php?submenu=venkovni_led_obrazovky&subpage=o_technologii_led> acesso em 09 jan 2007.

Em geral, os LEDs operam com nível de tensão de 1,6 a 3,3V. A potência necessária está na faixa típica de 10 a 150 mW, com um tempo de vida útil de 100.000 ou

mais horas. Como são componentes muito sensíveis, devem ser usados com um resistor para controlar a corrente – figura 38. O valor do resistor depende da tensão do gerador que é usado.

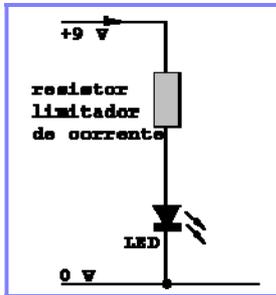


Figura 38 – Circuito: resistor e LED.

Fonte: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_T02.asp>, acesso em 10 jan 2007.

Os LDEs, geralmente, são utilizados em substituição às lâmpadas de sinalização ou lâmpadas pilotos nos painéis dos instrumentos e aparelhos diversos. Também são empregados na comunicação óptica.

Transistor



Figura 39 - Transistores

Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Trans%C3%ADstor>>, acesso em 09 jan 2007.

O transistor veio para substituir as válvulas usadas para amplificar pequenos sinais elétricos em equipamentos de áudio e televisores. As válvulas apresentam algumas inconveniências como: o volume, a fragilidade, a produção de calor em excesso, entre outros. Porém, elas continuam sendo usadas em equipamentos de áudio combinados com circuitos digitais.

Os primeiros transistores eram dispositivos simples e usados para operar correntes de baixa intensidade. No entanto, com o passar do tempo alguns aperfeiçoamentos foram feitos nos processos de fabricação, resultando em uma grande variedade de tipos, capazes de operar com pequenas intensidades de corrente, como também, com corrente elevada. Mudanças ocorreram também com relação às tensões e velocidade de funcionamento. Assim, existe hoje uma enorme lista de transistores com diferentes capacidades e funções.

Os transistores são na atualidade, largamente usados e com muitas vantagens se comparados com as válvulas, isto fica evidente na fala de Valadares, Chaves e Alves (2005, p. 22):

[...] além de serem minúsculos comparados às válvulas, são mais confiáveis, duram mais, produzem menos calor, consomem muito menos energia e se prestam à integração em ultra-alta escala, o que não ocorre com as válvulas.

Descoberto em 1947, o transistor se popularizou e foi o principal responsável pela revolução da eletrônica na década de 60, cujas funções principais são a amplificação e o chaveamento de sinais elétricos.

Para obter uma estrutura equivalente de um transistor são empilhados três regiões semicondutoras de polaridades alternadas de modo que entre elas existem duas junções. As regiões semicondutoras de polaridades alternadas recebem o nome de emissor (E), base(B) e coletor(C). A estrutura do transistor pode ser feita de duas formas diferentes: regiões na seqüência N-P-N ou P-N-P – figura 40.

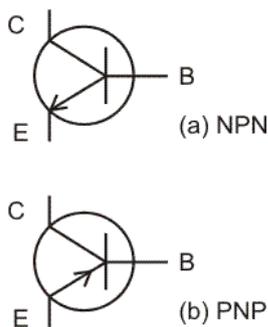


Figura 40 - Símbolos dos transistores bipolares.

Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Trans%C3%ADstor>>, Acesso em 09 jan 2007.

O transistor PNP é montado justapondo-se uma camada P (positiva), uma N (negativa) e outra P (positiva). O transistor do tipo NPN é obtido de modo similar. A camada do centro é denominada *base* e as outras duas são o *emissor* e o *coletor*. Como pode ser observado nos símbolos acima – figura 40, o emissor é indicado por uma seta que aponta para dentro do transistor se o componente for PNP, ou para fora se for NPN.

No transistor de junção bipolar o controle da corrente coletor-emissor é feito injetando corrente na base. O efeito transistor ocorre quando a junção coletor-base é polarizada reversamente, e a junção base-emissor é polarizada diretamente. Uma pequena corrente de base é suficiente para estabelecer uma corrente entre os terminais de coletor-

emissor. Quanto maior for a corrente de base, maior será a corrente entre os terminais coletor-emissor.

Além do transistor de junção bipolar, existem também outros tipos de transistores, principalmente, os de *efeito de campo* (transistores FET, de Field Effect Transistor), neste caso o controle da corrente é feito por tensão aplicada à porta.

O transistor mais utilizado, atualmente, na operação e na memória temporária de computadores é o chamado MOSFET (do inglês, *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*), devido a seu baixo consumo de energia, a rapidez com que opera e por permitir um altíssimo grau de integração.

Os primeiros transistores eram fabricados a base de Germânio, porém foi descoberto uma forma de fabricar transistores usando o Silício, que oferecem uma série de vantagens se comparado com o Germânio. Atualmente, o transistor de germânio não é mais usado, foi substituído pelo de silício que possui características muito melhores. Na natureza, o silício é um material isolante elétrico, devido à organização das ligações eletrônicas de seus átomos, gerando uma rede eletrônica altamente estável.

Ao contrário do Germânio, o Silício é um material abundante na natureza, somado ao aperfeiçoamento das técnicas de produção, baixou, significativamente, o preço do transistor. Isso permitiu que ele se popularizasse e possibilitou uma verdadeira revolução na indústria de eletrônicos, principalmente, computadores, substituindo a válvula termoiônica.

No processo de purificação o Silício assume uma estrutura cristalina em sua organização atômica. Em seguida, é cortado em finos discos e o material é submetido a um processo de dopagem, isto é, são introduzidas, entre as ligações dos átomos, quantidades, rigorosamente, controladas de materiais selecionados, conhecidos como impurezas, que transformam a estrutura eletrônica. Estas impurezas retiram (impureza aceitadora) ou acrescentam (impureza doadora) elétrons dos átomos de Silício, gerando o Silício P ou N. O Silício é positivo (P) quando faltam elétrons e negativo (N) quando tem excesso de elétrons. Em outras palavras, se tiver um elétron a menos fica faltando um elétron, o que produz uma *lacuna* que funciona como se fosse um *buraco móvel* na estrutura cristalina. Como resultado, temos ao fim do processo: um *semicondutor*.

A importância histórica do transistor para a sociedade moderna, no que diz respeito à evolução tecnológica, fica evidente na afirmação, a seguir:

o transistor é considerado por muitos uma das maiores descobertas ou invenções da história moderna, tendo tornado possível a revolução dos computadores e

equipamentos eletrônicos. A chave da importância do transistor na sociedade moderna é a sua habilidade de ser produzido em enormes quantidades usando técnicas simples, resultando em preços irrisórios. É conveniente salientar que é praticamente impossível encontrarmos circuitos integrados que não possuam internamente centenas, milhares ou mesmo milhões de transistores, juntamente com outros componentes como resistências e condensadores. Por exemplo o microprocessador Pentium 4 da Intel tem 42 milhões de transistores, usando uma arquitetura de fabricação de 130 nanômetros, ou seja cada transistor fica distanciado dos outros 130 milionésimos de um milímetro. (ENCICLOPÉDIA LIVRE, disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Trans%C3%ADstor>>. Acesso em: 09 jan 2007).

Os transistores, atualmente, têm substituído quase todos os dispositivos eletromecânicos e a maioria dos sistemas de controle. Aparecem em grandes quantidades no que se refere à eletrônica, desde os computadores aos carros. Com computadores transistorizados a informação digitalizada é uma realidade global.



Figura 41 - Transistor moderno de alta potência.

Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Trans%C3%ADstor>>. Acesso em 09 jan. 2007.

Atividades práticas desenvolvidas

Neste encontro estudamos a estrutura física molecular do LDR, do LED, do Transistor e do Diodo, quatro componentes muito usados na eletrônica. Atividades práticas envolvendo o LDR já foram desenvolvidas nas oficinas 5 e 6 - anexos G e H, quando estudamos a iluminação pública e os semicondutores, porém estabelecemos relações e destacamos as aplicações deste na tecnologia.

Em relação aos transistores, já usamos na construção da célula fotoelétrica e do eletroscópio, porém naquela oportunidade somente destacamos a sua função e não estudamos sua estrutura. Nesta oficina estudamos sua composição física e suas aplicações na tecnologia.

Desenvolvemos três atividades demonstrativas, sugeridas no livro: Aplicações da Física Quântica: do transistor à nanotecnologia, de Valadares, Chaves e Alves (2005, p. 33-34).

Atividade 1

Material necessário:

- 1 Diodo;
- 1 isqueiro;
- 1 ohmímetro (multímetro).

O objetivo desta atividade foi observar a variação da resistência elétrica do diodo. Portanto, ligamos os terminais do diodo no multímetro, na função ohmímetro e com o isqueiro o esquentamos. O calor permite a transferência de elétrons da banda de valência para a banda de condução, gerando pares elétron-lacuna que diminuem a barreira de potencial formada na junção pn, diminuindo a resistência elétrica do diodo, o contrário que acontece com os condutores de eletricidade, como por exemplo, o filamento de uma lâmpada quando aumenta a sua temperatura. Neste experimento a luz não interfere no diodo, pois este está encapsulado com material opaco.

Atividade 2

Material necessário:

- 1 LED;
- 1 ohmímetro (multímetro);
- 1 lâmpada ligada ou similar.

Ligamos o LED nos terminais do multímetro, na função ohmímetro e observamos a variação da resistência elétrica do dispositivo, mudando a intensidade luminosa sobre o LED.



Fotografia 30 – LED conectado de forma invertida.

Fonte: o autor (2006)



Fotografia 31 – LED conectado de forma correta.

Fonte: o outro (2006)

A luz transfere elétrons da banda de valência para a banda de condução, gerando pares elétron-lacuna que diminuem a barreira de potencial formada na junção pn, fazendo com que a resistência elétrica do dispositivo caia. Quando nada acontece com a resistência, deve-se inverter os terminais do LED ligados ao ohmímetro, pois este é polarizado, isto é, conduz corrente somente em um sentido. Na fotografia 30, acima, o LED está sendo iluminado, no entanto está com a polarização invertida e a resistência é máxima, enquanto na fotografia 31, a conexão está correta o multímetro registra o valor da resistência. A resistência elétrica do LED varia conforme varia a intensidade luminosa.

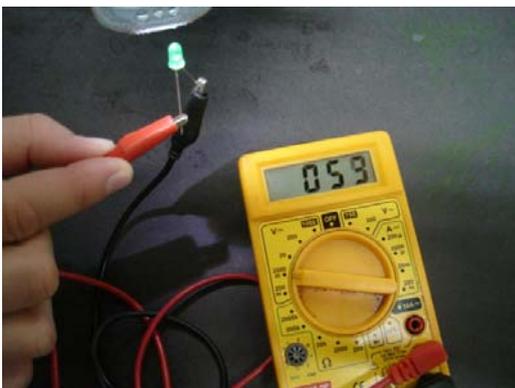
Atividade 3

Nesta atividade observamos que o LED pode funcionar como uma pilha.

Material necessário:

- 1 LED;
- 1 lâmpada ligada;
- 1 voltímetro (multímetro).

Ligamos os terminais do LED no multímetro na função voltímetro. Ao aproximar e afastar o LED da lâmpada, de modo que varia a intensidade luminosa sobre ele, muda a quantidade de fótons incidentes, fazendo com que a leitura no multímetro varia.



Fotografia 32 – Pilha de LED pouca luminosidade.
Fonte: o autor (2006)



Fotografia 33 – Pilha de LED bastante luminosidade.
Fonte: o autor (2006)

Nas fotografias 32 e 33 observamos as diferentes tensões geradas quando muda a intensidade luminosa sobre o LED, quanto mais intensa a luminosidade, maior será a tensão gerada.

Referências:

NETO, Luiz Ferraz. *Espectroscópio*. <http://www.feiradeciencias.com.br/sala09/09_21.asp>, acesso em 10 jan 2006.

VALADARES, Eduardo de Campos; CHAVES, Alaor e ALVES, Esdras Garcia. *Aplicações da física Moderna: do transistor à nanotecnologia*. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. <<http://pt.wikipedia.org/wiki/LDR>>, acesso em 12 jan 2007.

_____ <<http://pt.wikipedia.org/wiki/LED>>, acesso em 20 jun. 2006).

_____ <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Trans%C3%ADstor>>, acesso em 09 jan 2007.

<<http://piano.dsi.uminho.pt/museuv/1905a1942.html>>, acesso em 20 jan 2007.

<<http://leandrocodorna.vilabol.uol.com.br/Diodo.html>>, acesso em 20 jan 2007.

<http://www.complex.cz/index.php?submenu=venkovni_led_obrazovky&subpage=o_technologii_led> acesso em 09 jan 2007.

APÊNDICE J - Oficina 9 - Emissão termoiônica

O efeito termoiônico ocorre em todos os corpos metálicos, a partir de uma temperatura mínima. Todos os metais possuem em sua estrutura elétrons livres com movimento desordenado devido a sua agitação térmica. Lima, Foschini e Magini (2001, p.3), definem o efeito termoiônico: “como a emissão de elétrons por uma superfície metálica aquecida”. Os primeiros sinais desse fenômeno foram observados em meados do século XVIII por Charles DuFay. Na oportunidade DuFay notou que um gás conduzia eletricidade quando colocado próximo a um sólido aquecido.

Outros trabalhos desenvolvidos em 1853 pelo físico francês Edmund Becquerel, mostraram que é possível produzir corrente elétrica a partir de um potencial gerado entre dois eletrodos de platina quente com ar aquecido entre estes. Ainda em 1883, Thomas A. Edison verificou que elétrons são emitidos quando um metal é aquecido, por isso também chamado efeito Edison, ou, simplesmente, emissão termoiônica.

Para demonstrar o fenômeno, Edison adaptou duas placas metálicas A e B - figura 41, próximas em uma ampola de vidro e fez vácuo nela, pois a emissão termoiônica é mais

intensa se o corpo estiver no vácuo. Depois, ligou as placas metálicas para fora da ampola, inserindo um galvanômetro G no circuito, entre elas. Edison observou que, quando uma das placas era aquecida, o galvanômetro acusava a passagem de uma corrente elétrica. Isso em função de que a placa A aquecida emitia elétrons que, atingindo a placa B, originavam uma corrente que circulava pelo condutor, passando pelo galvanômetro.

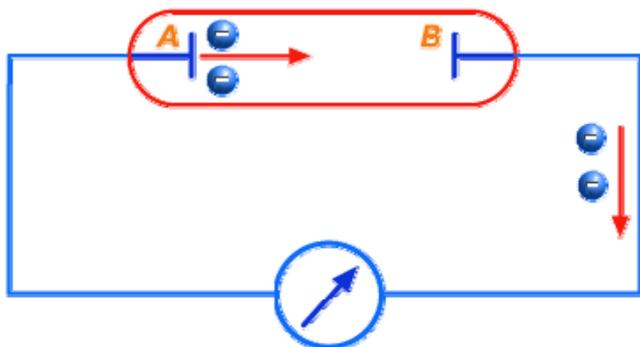


Figura 41 - Esquema de Edison do efeito termoiônico.

Fonte: < <http://efisica.if.usp.br/moderna/raios-x/raios-x/>>, acesso em 10 jan 2006 (autor

Cada elétron que abandona a superfície do material necessita de uma energia mínima que depende das características do material.

Podemos compreender o efeito termoiônico de uma maneira simples. Ao fornecer energia térmica a um material, seus elétrons ganham energia cinética. Haverá portanto a emissão desses elétrons se sua energia for suficiente para superar a barreira de potencial da superfície do material. (LIMA, FOSCHINI E MAGINI, 2001, p.3).

Como aplicação tecnológica a emissão termoiônica é largamente usada na produção de válvulas e diodos, em diferentes formatos e tipos, para diferentes fins. Muito importante nos aparelhos eletroeletrônicos. As válvulas são tubos de vidro nos quais é produzido vácuo e onde são colocados três ou mais eletrodos para ampliar pequenos sinais elétricos, em rádios e outros equipamentos de áudio e televisores. Porém, na atualidade o espaço de aplicação ficou reduzido, pois foram substituídas pelos transistores, mas ainda são usadas em projetos de amplificadores de áudio. Ao contrário dos transistores, as válvulas além de volumosas são frágeis, consomem muita potência e geram calor excessivo. Também precisam de certo tempo para funcionar, pois os eletrodos precisam ser aquecidos para emitir elétrons, que é o efeito termoiônico.

Atividade prática desenvolvida

Inicialmente, trabalhamos o assunto teoricamente, ou seja, o que é o efeito termoiônico e suas aplicações tecnológicas. Na oportunidade, observamos algumas válvulas de televisão que haviam sido providenciadas para servirem de recurso e assim melhorar a compreensão dos conceitos teóricos e o significado da atividade.

Na seqüência, com auxílio de alguns materiais simples, de baixo custo, construímos um esquema para observar o fenômeno termoiônico.

Material necessário:

- multímetro analógico;
- bateria de 9 V,
- cabos jacaré;
- maçarico a gás;
- haste metálica;

Conseguimos observar o fenômeno com um esquema simples, conforme representado na figura 42 e fotografia 34, abaixo.

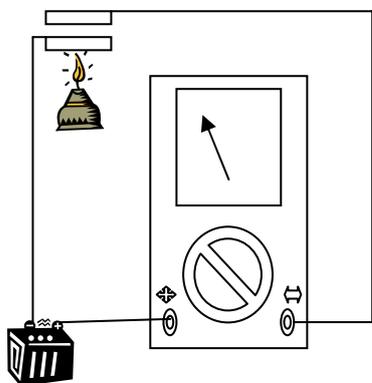


Figura 42 – Efeito Termoiônico, esquema.
Fonte: o autor (2006)



Fotografia 34 – Efeito termoiônico, componentes.
Fonte: o autor (2006)

No esquema, a haste metálica ligada ao pólo negativo da bateria, emite elétrons ao ser aquecida pelo maçarico. Enquanto a outra haste absorve os elétrons formando um fluxo de corrente contínua pelo galvanômetro do multímetro.

Selecionamos a função homímetro, no multímetro, na maior escala de resistência, permitindo que uma pequena corrente na bobina flexionasse o ponteiro.

Os professores se envolveram na atividade para entender o fenômeno, que no geral, conheciam pelas válvulas de televisão, mas não sabiam explicar como ocorria o processo.

Por que os televisores que tem em sua construção válvulas demoram para ligar? A explicação consiste em entender que elas necessitam de um período de fluxo de corrente para aquecer e ampliar correntes.

Referências:

LIMA, E.F. DE, FOSCHINI, M. E MAGINI M. *O Efeito Termoiônico: Uma Nova Proposta Experimental*. Revista Brasileira de Ensino Física vol.23 nº.4 São Paulo Dec. 2001. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-47442001000400005#fig02>, acesso em 06 jan 2006.

SALMERON, Roberto A. <<http://efisica.if.usp.br/moderna/raios-x/raios-x/>>, acesso em 10 jan 2006.

APÊNDICE L - Oficina 10 - A física quântica e a realidade.

Para completar os encontros programados, neste último, procuramos entender um pouco mais as aplicações da Física Moderna, e como ela vem influenciando as diferentes áreas do conhecimento humano. Sabemos que o advento da Física Moderna, a relatividade e a teoria quântica, causaram, e continuam causando transformações, significativas, na vida dos seres humanos. Seu campo de ação se estendeu para além da Física, com desdobramentos importantes na Química e na Biologia, assim como em várias outras áreas do conhecimento.

A Física Quântica nasce no momento em que avançam as pesquisas experimentais no nível molecular e atômico, bem como de ondas eletromagnéticas no final do século XIX, quando determinados fatos observados não podiam mais ser explicados pelas teorias em vigor até então, ocorrendo uma contradição entre a teoria e os resultados experimentais surpreendentes no contexto da mecânica de Newton e do eletromagnetismo de Maxwell. Caldeira afirma que:

os pesquisadores do começo do século passado se viram obrigados a formular hipóteses revolucionárias que culminaram com a elaboração de uma nova física capaz de descrever os estranhos fenômenos que ocorriam na escala atômica; a mecânica quântica. (<<http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica02.htm>>, acesso em 07 out 2007).

Os novos fatos geraram, e continuam gerando, acalorados debates em diferentes áreas do conhecimento humano que vão desde as ciências exatas a filosofia. “Embora todos os físicos estejam de acordo que a teoria quântica funciona, no sentido que ela prevê resultados que estão em excelente concordância com a experiência, há uma crescente controvérsia em relação aos seus fundamentos filosóficos” (EISBERG e RESNICK, 1979, p. 113). Novos conceitos de matéria e diferentes postulados provocaram um grande avanço intelectual e tecnológico no final do século XIX e XX, culminando em modernas máquinas e equipamentos presentes no dia-a-dia das atividades humanas.

Mesmo com discussões sérias, conceitos sólidos baseados em observações experimentais, ainda há interpretações duvidosas das leis quânticas, como comprova a fala de Caldeira: “as características não cotidianas dos fenômenos quânticos levaram muitos pesquisadores, e também leigos, a formular interpretações equivocadas da nova teoria, o que infelizmente, ainda em nossos dias atrai a atenção das pessoas menos informadas.” (<<http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica02.htm>>, acesso em 07 out 2007). O mesmo pensamento é compartilhado por Rocha Filho ao afirmar:

é difícil avaliar a profundidade da revolução introduzida pela Física Moderna, mas a Relatividade e a Teoria Quântica estão definitivamente influenciando áreas tão diferentes como a saúde e a economia, como pode ser comprovado pelo número crescente de publicações destes segmentos com nomes exóticos envolvendo a Física, ainda que provavelmente muito disso se resume a truques de mercado para aumentar as vendas de produtos da Nova Era (2004, p. 24).

Mas, por outro lado sabemos que sem a mecânica quântica muitos dos equipamentos eletrônicos que fazem parte do nosso arsenal, com os quais lidamos rotineiramente, não existiriam. Podemos citar o *laser*, o aparelho de CD e DVD, o controle remoto e as TVs; aparelhos hospitalares como: os de ressonância magnética, os computadores entre muitos outros. Conforme Caldeira: “todos os dispositivos eletrônicos usados nos equipamentos da chamada *high-tech* só puderam ser projetados porque conhecemos a mecânica quântica.” (<<http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica02.htm>>, acesso em 07 out 2007).

Conforme Rocha Filho (2004, p. 26), “a Física Quântica é a disciplina científica que estuda as propriedades das moléculas, dos átomos e das partículas subatômicas e também as interações entre esses corpos e ondas eletromagnéticas”. Em outras palavras, podemos dizer que a mecânica quântica é a teoria que descreve o comportamento da matéria na escala

do "muito pequeno", ou seja, átomos, moléculas e núcleos, que por sua vez são compostos pelas partículas elementares.

Para Rocha Filho (2004, p. 23)

A Física Moderna foi construída sobre um lastro de objetividade que assegurou a consistência de sua estrutura conceitual, baseada nos resultados organizados de múltiplos experimentos cientificamente controlados, realizados por cientistas de todas as partes do mundo desde o final de século XIX.

Atividades práticas desenvolvidas

Atividade 1

Assistimos o filme: “Quem somos Nós?” e após abriu-se um espaço para discussão e debate de idéias apresentadas no mesmo. Os professores fizeram comentários gerais, concordando com certas afirmações e discordando de outras. Porém, ficaram admirados pelas diferentes maneiras com que a realidade pode ser concebida.

Como recurso teórico, também, foram providenciados e entregues para cada professor dois artigos – anexos E e F, nos quais os autores assumem uma postura crítica em relação ao conteúdo do filme e a forma da apresentação dos conceitos sobre Física Quântica.

Informações sobre o Filme:

Quem Somos Nós?

(*What The Bleep do we Know?*, 2005)

Gênero: **Documentário**

Duração: **108 minutos**

Pais: **EUA**

Ano: **2005**

Distribuidora: **PlayArte**

Diretor: **Betsy Chasse, Mark Vicente, William Arntz**

Elenco: **Barry Newman, Elaine Hendrix, Marlee Matlin, Robert Bailey Jr.**

Site Oficial: <http://www.whatthebleep.com/>



Amanda, a protagonista, é interpretada por Marlee Matlin, que se vê numa fantástica experiência ao estilo de 'Alice no País das Maravilhas', quando sua vida cotidiana, tão carente de inspiração, literalmente começa a desenredar-se, revelando o mundo incerto de valores ocultos, encobertos por uma realidade alarmante, que a maioria de nós considera normal.

Amanda é literalmente lançada em direção a um redemoinho de acontecimentos caóticos, enquanto os personagens que encontra durante esta odisséia revelam um conhecimento mais profundo e oculto, que ela jamais percebera querer saber. Assim como toda heroína, Amanda é mergulhada numa crise, passando a questionar as premissas fundamentais de sua vida - e percebe que a realidade na qual sempre acreditou, principalmente em relação aos homens, os relacionamentos com outras pessoas, ou, ainda, a maneira como seus sentimentos afetam seu trabalho, não faz parte, de fato, da vida real!!

À medida que Amanda aprende a relaxar vivendo essa experiência, ela se torna capaz de dominar seus temores, adquire sabedoria e conquista a chave dos segredos de todas as idades, tudo isso, de uma forma muito divertida. A partir daí, ela já não é mais uma vítima das circunstâncias, mas está a caminho de ser a grande força

criativa de sua própria vida, que, por sinal, jamais voltará a ser a mesma. (<<http://www.playarte.com.br/Filme/Default.asp?id=25>>), acesso 10 jul 2006.

Referências:

CALDEIRA, M. <<http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica02.htm>>, acesso em 07 out 2007

EISBERG, Robert e RESNICK, Robert. *Física Quântica*. RJ: Campus (Elsevier), 1979. 22ª reimpressão.

PLAYARTE.: <<http://www.playarte.com.br/Filme/Default.asp?id=25>>, acesso 10 jul 2006.

ROCHA FILHO, João Bernardes da. *Física e Psicologia*. P.A.: Edipucrs 2004.

SITE OFICIAL: <http://www.whatthebleep.com/>

ANEXOS

ANEXO A – Ficha de Inscrição

Ficha de inscrição fornecida, aos professores, pela Secretaria de Estado da Educação para participarem das oficinas de Física Moderna.



ESTADO DE SANTA CATARINA
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GERÊNCIA DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE DIONÍSIO CERQUEIRA

FICHA DE AVALIAÇÃO PEDAGÓGICA

Nome: _____ Unidade Escolar _____
(a sua identificação não é obrigatória)

Observe a escala de classificação abaixo apresentada e escolha uma só opção para cada item avaliado:

ÓTIMO	BOM	SATISFATÓRIO	REGULAR	PÉSSIMO
5	4	3	2	1

DOCENTES

OBJETIVOS PEDAGÓGICOS / ATUAÇÃO DOCENTE	5	4	3	2	1	MÉDIA
Objetivos propostos dos conteúdos ministrados						
Carga horária dos temas trabalhados pelos docentes						
Conceituação teórica do conteúdo						
Atividades propostas e exemplos apresentados pelos docentes						
Linguagem utilizada pelos docentes						
Relação dos conhecimentos ministrados com sua prática pedagógica						
Utilização dos recursos tecnológicos pelos docentes						

COORDENAÇÃO

OBJETIVOS PEDAGÓGICOS / ATUAÇÃO COORDENAÇÃO PEDAGÓGICA	5	4	3	2	1	MÉDIA
Atuação da Coordenação do evento						

Destaque as experiências vividas (pessoal e profissional - relação teoria / prática e relacionar com o cotidiano escolar) as trocas com o grupo e o docente, assim como, as possibilidades de avanços, reflexões para o encaminhamento do trabalho com os alunos.

(Caso necessário, utilize o final da página)

FICHA DE AVALIAÇÃO ADMINISTRATIVA

ÓTIMO	BOM	SATISFATÓRIO	REGULAR	PÉSSIMO
5	4	3	2	1

OBJETIVOS ADMINISTRATIVOS	5	4	3	2	1	MÉDIA
Prazo de recebimento do convite						
Clareza do convite						
Qualidade dos equipamentos técnicos utilizados						
Distribuição de materiais/documentos pedagógicos ou administrativos						
Data e horário da realização do evento						
Socialização e integração						

ANEXO C – Entrega dos certificados aos professores do grupo – expedidos pela Secretaria de Estado da Educação, Ciência e Tecnologia



Fotografia 35 – Entrega de certificados

ANEXO D - Certificado

ESTADO DE SANTA CATARINA
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GERÊNCIA DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO MIGUEL DO OESTE - SC

CERTIFICADO

Certificamos que **SÉRGIO LUIS KESSLER** nascido(a) em 06/12/1975, na cidade de Itapiranga/SC, portador(a) da Cédula de Identidade n.º 3430398, atuou como Docente no **CURSO DE CAPACITAÇÃO O ENSINO DA FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS NO ENSINO MÉDIO**, realizado em Itapiranga, no período de 10/06 a 26/08 de 2006, com carga horária de 60 (sessenta) horas.

São Miguel do Oeste, 28 de novembro de 2006.


Nelson Hobold
Gerente de Educação, Ciência e Tecnologia


Jorge Welter
Secretário de Desenvolvimento Regional

ANEXO E – Artigo 1

PROBLEMAS DO "MUNDO QUÂNTICO"

Estava eu numa palestra sobre Hermetismo quando alguém, empolgado com as teorias do palestrante, emendou: "Isso aí é um pensamento quântico, não é?" Estremeci dos pés à cabeça. Parece que o "vírus dos quanta" se espalhou irremediavelmente entre os esotéricos. Me sinto um pouco culpado, pois meu artigo sobre o filme *Quem somos nós?* é um dos mais lidos do blog, todo mês. Não, eu não mudei de idéia a respeito do filme, que continuo achando muito bom (com ressalvas, claro) pra expandir um pouco a visão para além do mundo rígido e materialista, que a física quântica nos ensina que, em **certo nível**, é IRREAL. Mas, pela primeira vez, procurei me colocar de fora, na pele de um apreciador do misticismo fast-food sem conhecimentos científicos, e percebi que o filme passa uma idéia bastante errônea de que os físicos quânticos estão endossando o esoterismo, quando NÃO ESTÃO!

Se perceberem bem no final do filme quem são os entrevistados, temos físicos sérios ao lado de pesquisadores amadores (como eu, sem especialização em nada), como um quiroprático e (acreditem se quiser) um "espírito guerreiro de 35 mil anos chamado Ramtha, canalizado no filme por J.Z. Knight". Os que fazem essa ponte (física quântica = espiritualidade) são eles, e o sentimento geral é que TODOS fizeram isso durante o filme. Infelizmente o filme foi editado de uma maneira que um dos cientistas, o professor da Columbia University, David Albert, é - segundo ele mesmo - "profundamente não-simpático a tentativas de ligar mecânica quântica à consciência", tendo explicado isso em frente às câmeras, em 4 horas de entrevista. "Se eu soubesse que seria tão radicalmente deturpado no filme, certamente não teria concordado em participar". Os realizadores do filme se defenderam em uma carta aberta, onde deixam claro o caráter de auto-ajuda do filme, especialmente na frase: "Quando nós criamos **Quem somos nós?**, nós procuramos apresentar aos espectadores uma visão de mundo particular - um modo de ver a vida - que é diferente do que a maioria das pessoas têm adotado. Para fazer isso, nós entrevistamos um grupo de avançados cientistas. Mas nós nunca pretendemos que nosso filme fosse uma exaustiva visão geral da física quântica". Pena isso não ter ficado muito claro no filme, que assumiu status de "documentário".

Um dos problemas de interpretação da física quântica é o efeito do pesquisador no resultado. É chamado de "observador": Na mecânica quântica, um sistema encontra-se indefinido até que um **observador consciente** realize uma medida, por ocasião da qual o sistema (aparentemente) "escolhe" um estado particular em que se apresentará. O problema é que o sistema pesquisado é tão pequeno, tão susceptível a interferências, que NÃO HÁ MANEIRA (até agora) de você chegar a uma estimativa precisa sem perturbar o sistema, mais ou menos como tentar localizar, lá no fundo do mar, a trajetória de um peixinho sem entrar na água. "Observador", na mecânica quântica, tem o significado de **dispositivo físico que faz a medida ou a interação entre dois sistemas**, e não exatamente um observador com auto-consciência. Mas especula-se academicamente que até mesmo esses dispositivos fazem parte de uma cadeia que se liga à consciência do pesquisador, que causa indiretamente o colapso (o que não deixa de ter alguma razão, mais no aspecto metafísico do que físico, mas ainda são teorias, ok? Se formos estender esse pensamento a tudo, até mesmo a sua torradeira é um "observador consciente").

Outro problema que deve ser bem esclarecido é o tal do "salto quântico", que muitos esquisotéricos usam pra tudo! Segundo uma amiga física explicou: "Quando um elétron dá um salto quântico não significa que ele sumiu... Ele está lá ainda! Não é o elétron que possui energia quantizada, mas sim o estado em que se encontra, o estado que chamamos de *ligado*. Os elétrons, quando estão num estado *ligado*, como por exemplo um átomo, possuem níveis de energia certos que podem ser ocupados. No caso de um átomo esse estado *ligado* permite que o elétron ocupe 'órbitas' mais ou menos definidas, que chamamos de orbitais atômicos. Ou seja, eles possuem energia bem definidas, ou quantizadas. Por isso nos desenhos de átomos vemos elétrons girando em seus orbitais (que pode não corresponder à realidade, mas dá uma idéia de como os elétrons se acomodam). O salto quântico é quando esse elétron perde ou ganha energia EXATAMENTE igual a energia necessária para ele passar para outra órbita possível. Mas deve-se lembrar que elétrons não são partículas. Não é uma bolinha que "pula" para outra órbita. Ele é algo que possui características de partícula e de onda.

No caso dos elétrons não há mudança de massa, de densidade, ou perda de temperatura com o salto quântico. Ele salta de um nível para outro - quando se encontra em estados *ligados* - ganhando ou perdendo um fóton (luz), mas o que muda na estrutura do

elétron?? Nada! Ele não perde massa, não ganha massa, não muda de "cor", não fica mais quente...

Então não é o elétron que é quântico, mas os níveis de energia do estado *ligado* dele é que o são - quer dizer, estados de energia bem definidos. Por que as órbitas possíveis são quantizadas? Para garantir a conservação da energia, e é a explicação do porque o elétron não 'cai' no núcleo... Já que o núcleo possui carga positiva e exerce atração eletromagnética a carga negativa do elétron.

Um elétron livre, sem campos externos, pode assumir qualquer energia, então ele não faria salto algum..."

Dito isto, como se explicam cientificamente as "curas quânticas", "terapias quânticas" ou "qualquer-outra-coisa quântica" que pipocam por aí em cursos e comunidades esotéricas? Estariam elas lidando com energias **quantizáveis**? Queria eu que coisas como o Reiki pudessem ser explicadas cientificamente, mas AINDA NÃO O SÃO! E temos de viver com isso, sem precisar inventar uma explicação pseudo-científica pra convencer pessoas relutantes, mesmo que seja por uma boa causa...

Os "fenômenos" aparentemente surreais da mecânica quântica ocorrem em sistemas muito, muito pequenos. Estamos tratando aqui de elétrons. Essa mecânica funciona muito bem pra ESSES sistemas, mas falha por completo ao tentar explicar objetos MACROS, como uma folha, uma cadeira ou uma galáxia. Para isso a física clássica, previsível, ou a relativística, de Einstein, ainda funcionam muito bem. Se quiserem fazer o teste, basta cuspir pra cima num ângulo de 90°. De acordo com a física quântica, há uma probabilidade desse cuspe assumir outra direção que não o seu rosto. Façam o teste e depois me digam qual das leis está valendo na SUA realidade.

Um documentário muito mais comprometido com a ciência e que possui uma linguagem bem moderna é o **The Elegant Universe** (O Universo Elegante), apresentado pelo físico Brian Greene (autor do livro homônimo). O primeiro episódio, **O sonho de Einstein**, trata exatamente das diferenças ao tentar explicar o mundo o micro e o macro.

Artigo retirado:

http://www.saindodamatrix.com.br/archives/2006/07/problemas_do_mu.html, acesso em 1 de jul 2006.

ANEXO F – Artigo 2

Consciência Quântica ou Consciência Crítica?

Roberto J. M. Covolan

O advento da Física Quântica causou e tem causado enormes transformações na vida de todos nós. Nem sempre e nem todos estamos conscientes dos modos pelos quais uma revolução científica iniciada há cem anos pode nos afetar ainda hoje, mas provavelmente já ouvimos falar de seu impacto na evolução da própria Física e de toda controvérsia gerada pelas dificuldades conceituais de interpretação dos fenômenos quânticos. Seus efeitos, porém, se estenderam para além da Física, com desdobramentos importantes na Química, com a teoria de orbitais quânticos e suas implicações para as ligações químicas, e na Biologia, com a descoberta da estrutura do DNA e a inauguração da genética molecular, apenas para citar dois exemplos.

Mesmo conscientes disso tudo, estaríamos preparados para mais essa: para a possibilidade de que a própria consciência possa operar com base em princípios ou efeitos quânticos? Pois é o que andam conjecturando algumas das mentes mais brilhantes de nosso tempo... e alguns franco-atiradores também. A descoberta do mundo quântico, que tanto impacto teve nas ciências e tecnologias, ameaça agora envolver o "etéreo" universo da psique.

É preciso dizer desde logo que, na verdade, essa história não é assim tão nova. Desde o início de sua formulação, a Física Quântica apresentou uma dificuldade essencial: a necessidade de se atribuir um papel fundamental para a figura do observador (aquele que está realizando um experimento quântico). Isso decorre do fato da teoria quântica ser de caráter não determinístico, ou seja, trata-se de uma teoria para a qual a fixação do estado inicial de um sistema quântico (um átomo, por exemplo) não é suficiente para determinar com certeza qual será o resultado de uma medida efetuada posteriormente sobre esse mesmo sistema. Pode-se, contudo, determinar a probabilidade de que tal ou qual resultado venha a ocorrer. Mas, quem define o que estará sendo medido e tomará ciência de qual resultado se obtém-se com uma determinada medida é o observador. Com isso, nas palavras de E. P. Wigner, "foi necessária a consciência para completar a mecânica quântica".

A introdução de elementos subjetivos na Física Quântica, embora tenha sido defendida por físicos notáveis como von Neumann, além do próprio Wigner, é considerada altamente indesejável, tendo sido tentadas diferentes formulações para

contornar esse problema que, aliás, é objeto de debate ainda hoje. Contudo, não é tanto esse problema de caráter epistemológico que se quer focalizar aqui, mas sim a possibilidade de que certos efeitos quânticos possam fazer parte do funcionamento do cérebro e estejam envolvidos na manifestação da consciência. Porém, antes de ir direto ao ponto, convém apontar alguns aspectos da dinâmica cerebral mais aceitos atualmente.

De forma resumida, pode-se dizer que as descrições mais convencionais apontam a consciência como sendo uma propriedade emergente das atividades computacionais realizadas pelas redes de neurônios que constituem o cérebro. O cérebro é visto essencialmente como um "computador" para o qual as excitações neurais (correspondentes à atividade sináptica) seriam os estados de informação fundamentais (equivalentes aos bits). A partir dessa visão, certos padrões de atividades neurais teriam estados mentais correlatos, sendo que oscilações sincronizadas no tálamo e no córtex cerebral produziriam uma conexão temporária dessas informações e a consciência surgiria como uma propriedade nova e singular, emergente da complexidade computacional das redes neurais atuando em sincronia.

Em geral, os enfoques quânticos não excluem o funcionamento do cérebro através de redes neurais (seria negar o óbvio), mas consideram que complexidade somente não explica tudo e situam efeitos quânticos como centrais para a descrição da emergência ou geração do eu consciente. Aliás, alguns desses modelos negam que consciência seja uma propriedade emergente de redes neurais operando além de um certo nível crítico de complexidade, mas consideram que a dinâmica cerebral, na verdade, organiza e faz aflorar algo que já é uma propriedade intrínseca da natureza.

Há vários desses modelos e os mecanismos dos quais lançam mão são os mais diversos (...e os mais "viajados"). Infelizmente o espaço aqui disponível não é suficiente senão para salientar alguns aspectos mais importantes. Para que o leitor possa ter pelo menos um "aperitivo" do que propõem esses modelos, vamos destacar aqui três deles.

Modelo de Fröhlich-Marshall-Zohar - Herbert Fröhlich, físico especialista em supercondutividade a altas temperaturas, propôs, há bastante tempo, que seria possível ocorrerem estados quânticos coletivos em sistemas biológicos. Existiriam efeitos vibracionais dentro das células correspondentes a radiação eletromagnética na faixa de microondas, resultantes de um fenômeno de coerência quântica biológica que teria origem em grandes quantidades de energia disponibilizadas por atividades metabólicas.

Com isso, ele sugeriu a possibilidade de que estados de coerência quântica de grande alcance, semelhantes aos observados em supercondutividade e em lasers, chamados de condensados de Bose-Einstein, poderiam existir mesmo a temperaturas tão altas como as características de sistemas biológicos.

I. Marshal (psiquiatra) e D. Zohar (física), tendo como preocupação básica o caráter unitário da consciência, encontraram na proposta de Fröhlich as propriedades necessárias de extensão espacial (não localidade) e capacidade para muitos estados se fundirem num todo único, não analisável, aspectos característicos dos fenômenos mentais. Marshal se valeu, então, do sistema de fonons bombeados de Fröhlich para propor que certas proteínas neurais poderiam formar condensados de Bose-Einstein, dando origem aos fenômenos conscientes.

Modelo de Eccles e Beck - Sir John Eccles, ganhador do prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina de 1963 e autor, com Karl Popper, do livro *The Self and Its Brain*, propôs um modelo, posteriormente aperfeiçoado em parceria com Frederick Beck, físico teórico, pelo qual efeitos quânticos ocorreriam nos terminais sinápticos dos neurônios e seriam moduladores das funções cerebrais. O mecanismo central estaria relacionado à exocitose, processo pelo qual as moléculas neurotransmissoras contidas em minúsculas vesículas são expelidas através da passagem sináptica entre neurônios.

Por esse modelo, a chegada de um impulso nervoso ao terminal de um axônio (prolongamento tubular através do qual os neurônios se comunicam) não induziria invariavelmente as vesículas a expelirem seus neurotransmissores através da sinapse, como se pensava. Isso seria controlado por uma espécie de "gatilho quântico", associado a transferências de elétrons através de um fenômeno denominado tunelamento, que promoveria alterações conformacionais nas membranas controladoras do mecanismo de deliberação de neurotransmissores. Com isso, efeitos quânticos seriam os controladores efetivos de toda a dinâmica cerebral, embora não fique claro como é que tal mecanismo implicaria na emergência da consciência.

Modelo de Hameroff-Penrose - Dois dos principais propositores da Consciência Quântica são Stuart Hameroff, médico, e Roger Penrose, físico-matemático de Oxford que atua na área de Cosmologia e Gravitação e foi ganhador do prêmio Wolf juntamente com Stephen Hawking. Ao final da década de 80, Penrose lançou um livro muito instigante, *A Mente Nova do Imperador*, que causou sensação e foi o responsável por muito da discussão a respeito de consciência e efeitos quânticos que se seguiu. Nesse livro, ele elabora extensas discussões a respeito dos seguintes pontos:

- O pensamento humano não é algorítmico (é não-computacional);
- Os únicos processos não-algorítmicos no Universo são os processos quânticos;
- Não existe atualmente uma Física Quântica completa, mas está faltando uma Teoria Quântica da Gravitação;
- O advento dessa nova teoria seria o passaporte para se formular um modelo quântico para a consciência.

Anos mais tarde, Penrose, em parceria com Hameroff, formulou um modelo um pouco mais específico, procurando localizar as estruturas cerebrais onde ocorreriam os tais efeitos quânticos. Nesse modelo, eles principiam por correlacionar certas características da psique com atributos de sistemas quânticos. Por exemplo:

- A sensação de um self unitário (the binding problem) - isso é atribuído a coerência quântica e não-localidade;
- Livre arbítrio - decorrência de um processo randômico, não-determinístico; teria a ver com indeterminação quântica;
- Intuição - processamento não-algorítmico, computação via superposição quântica;
- Diferença e transição entre estados não-conscientes e consciência - colapso da função de onda.

A idéia deles é que a consciência poderia "emergir" como um estado quântico macroscópico a partir de um certo nível crítico de coerência de eventos acontecendo em certas estruturas subneurais, denominadas microtubulos, que compõem o esqueleto neuronal. Os ingredientes essenciais do modelo são os seguintes:

- Coerência quântica e auto-colapso da função de onda são essenciais para a emergência de consciência e isto acontece nos microtubulos;
- Tubulinas, subunidades dos microtubulos, são acopladas por eventos quânticos internos e interagem cooperativamente entre si;
- Deve ocorrer coerência quântica entre tubulinas através de um bombeamento de energia térmica e bioquímica, provavelmente a la Fröhlich;

- Durante o processamento pré-consciente, ocorre um processo de computação/superposição quântica nos microtubulos, até que um auto-colapso acontece em função de efeitos relacionados à Gravitação Quântica;
- O auto-colapso resulta em "estados clássicos" de tubulinas que então implementam uma determinada função neurofisiológica;
- Conexões via MAPs (microtubule-associated proteins) sintonizam e "orquestram" essas oscilações quânticas.

Consciência Quântica ou Consciência Crítica? - Pelo seu caráter altamente especulativo, modelos como os aqui delineados acabam provocando fortemente o senso crítico de físicos e neurocientistas. Recentemente, Max Tegmark, de Princeton, publicou um trabalho em que ele mostra que os tempos de decoerência quântica em situações como as aqui aventadas são extremamente pequenos, entre 10^{-13} a 10^{-20} segundos, quando os tempos característicos para processos neurais são da ordem de 10^{-3} a 10^{-1} segundos. Hameroff e colaboradores contra-atacaram, afirmando que as estimativas de Tegmark não levaram em conta efeitos importantes que elevariam tais tempos de decoerência para valores neurofisiologicamente relevantes.

Apesar de se tratarem de idéias bastante controversas, atualmente se procura estabelecer arranjos experimentais em condições de testar modelos como os aqui apresentados. Os leitores interessados poderão obter maiores informações no website <http://www.consciousness.arizona.edu/>.

Artigo retirado de: <<http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica14.htm>>
acesso em 1 jul 2006.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

K42e Kessler, Sérgio Luís
O ensino da física moderna no ensino médio : necessidades e dificuldades no oeste catarinense / Sérgio Luís Kessler. – Porto Alegre, 2008.
211 f. : il.

Diss. (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática)
– Fac. de Física, PUCRS.

Orientação: Prof. Dr. João Bernardes da Rocha Filho.

1. Física – Ensino Médio. 2. Educação – Santa Catarina. 3. Aprendizagem – Dificuldades. 4. Métodos e Técnicas de Ensino.
I. Rocha Filho, João Bernardes da.

CDD 530.07

**Ficha Catalográfica elaborada por
Vanessa Pinent
CRB 10/1297**