

A FÍSICA DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS E O COTIDIANO DOS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO: CONSTRUÇÃO DE UMA PROPOSTA DE ENSINO

RESUMO

Este trabalho consiste na elaboração de uma proposta pedagógica de ensino das radiações eletromagnéticas, envolvendo alguns conceitos de Física Moderna. A proposta está fundamentada na teoria sócio-histórica cultural de Vygotsky, que tem como um de seus princípios a interação social entre os indivíduos, ou seja, um intercâmbio de idéias entre os membros de um grupo. Para trabalhar nessa perspectiva, optou-se pela confecção de um material que pudesse facilitar a comunicação entre os participantes da pesquisa. Esse material é composto por três atividades experimentais e um painel contemplando assuntos básicos sobre as radiações eletromagnéticas para serem trabalhados com alunos do ensino médio. O presente trabalho pretende verificar a funcionalidade e capacidade desse material, quando trabalhado numa perspectiva Vygotskyana, de propiciar o ensino de tópicos relacionados à Física das radiações eletromagnéticas nas salas de aula nesse nível de ensino.

Este tema foi escolhido pela importância, no mundo atual, de compreender as aplicações das radiações no cotidiano e saber reconhecer as radiações eletromagnéticas e seus diferentes usos. A escolha das atividades propostas foi orientada pela sondagem das concepções prévias de alunos de Física do ensino médio sobre o tema e deve mobilizar nos alunos habilidades de cooperação, solidariedade e responsabilidade.

As estratégias de ensino e aprendizagem utilizadas em sala de aula estão pautadas na apresentação de conhecimentos como desafios cuja solução, por parte dos alunos, envolve mobilização de recursos cognitivos, investimento pessoal e perseverança para uma tomada de decisões.

Ao final do trabalho foi realizada a avaliação dos resultados obtidos através de questionários e de comentários feitos pelos alunos durante o trabalho com o material pedagógico. Um dos elementos básicos desse trabalho foi a comparação entre os resultados obtidos após o trabalho em sala de aula e os dados da sondagem inicial, assim como a análise das respostas e comentários dos alunos durante o trabalho com o material pedagógico.

ABSTRACT

This work consists of an elaboration of an electromagnetic radiations pedagogical teaching proposal, comprehending some concepts of modern Physics. The proposal is based on the Vygotsky socio historical cultural theory, that has as one of its premises the social interaction among the subjects, in other words, an interchange of ideas among the member of a group. To work in this perspective, a material that make easier the communication among the research participants was chosen. This material is formed by three experimental activities and a panel displaying basic subjects of electromagnetic radiations to be worked with high school students. The present work intends to verify its functionality and capacity, when used in a “Viygotskiyana” perspective, of allowing the teaching of topics related to electromagnetic radiations Physics in the classrooms on this school level.

This theme was chosen due to the importance, in today’s world, to understand the application of radiation in our lives and to understand the electromagnetic radiations and their different usage. The choice of the activities offered was oriented through the analysis of the previous conceptions of students of Physics from high school on the theme and should create in the students abilities of cooperation, solidarity, responsibility.

The strategies of teaching and learning used in the classroom are based on the presentation of knowledge as challenge whose solution, presented by the students, involves mobilization of cognitive resources, personal investment and perseverance to decision taking.

At the end of the work it was made an evaluation of the results through questionnaire and comments done by the students during the work with the pedagogical material, having as one of their basic elements the comparison between the results got after the work in the classroom and the data of initial analysis, as well as the analysis of answers and comments of students during the work with the pedagogical material.

1.1 - INTRODUÇÃO

Os fenômenos elétricos e magnéticos são conhecidos há séculos. O poder de atração que certas substâncias exerciam sobre outras quando eram manipuladas por magos e sacerdotes sempre exerceu um indiscutível fascínio entre filósofos e cientistas de todas as épocas. No entanto, com exceção da bússola que, a partir do século XI, tornou possível longas viagens terrestres e marítimas, a eletricidade e o magnetismo nada de prático ofereceram ao homem até o século XVIII. A ciência da eletricidade e do magnetismo só começou a desenvolver-se de fato, há cerca de trezentos anos. Mesmo assim, muitos cientistas como Stephen Gray (1670-1736), Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), Luigi Galvani (1737-1798), Alessandro Volta (1745-1827), entre outros, dedicaram sua vida inteira ao seu estudo. Criaram máquinas eletrostáticas que produziam grandes faíscas, sendo a primeira delas projetada pelo alemão Otto von Guericke (1602-1686), e posteriormente, dispositivos capazes de armazenar essas faíscas elétricas e que poderiam dar choques terríveis, como a Garrafa de Leyden criada por Van Musschenbroek (1692-1761). Enfrentaram raios e trovões, que algumas vezes os levaram a morte, realizando experimentos perigosos como o de Benjamin Franklin (1706-1790), americano da Filadélfia, que descobriu que corpos em forma de ponta permitiam o “vazamento” da eletricidade, inventando o pára-raios (GASPAR, 1996).

A união desses dois ramos da ciência, o magnetismo e a eletricidade, ocorreu no início do século XIX, com a descoberta da indução eletromagnética pelo professor da Universidade de Compenhagen, Hans Christian Oersted (1776-1851), que em uma de suas aulas experimentais colocou um fio condutor ligado a

pilhas paralelamente à agulha de uma bússola e notou que a agulha da bússola se movimentou sozinha, quase formando um ângulo reto com a sua posição original de orientação. (ROCHA, 2002). No final do século XIX o físico-matemático James Clerk Maxwell (1831-1879) conseguiu uma formulação matemática unificada das leis de Ampère (1775-1836), Faraday (1791-1867), Gauss (1777-1855) e Lenz (1804 -1865), expressando essas leis na forma de quatro equações, conhecidas hoje como *equações de Maxwell*. Fazendo comparações com medidas da velocidade da luz e de seus trabalhos, Maxwell no ano de 1864 pôde afirmar que a luz consistiria em perturbações transversais se propagando no mesmo meio que os campos elétricos e magnéticos, prevendo a existência de ondas eletromagnéticas. Em 1880, o alemão Heinrich Hertz, confirmou experimentalmente as idéias de Maxwell, produzindo ondas de pequeno comprimento através de um circuito de corrente elétrica oscilante. Esse fato foi de fundamental importância para que o homem pudesse utilizar e desenvolver novas tecnologias nas mais variadas áreas do mundo moderno, desde o laser e a saúde até informações precisas de planetas e estrelas distantes (ROCHA, 2002).

A importância das radiações eletromagnéticas está voltada principalmente para suas aplicações e utilizações associadas às tecnologias, em especial as de comunicação, utilizadas por grande maioria da população mundial. Em vista disso, seu estudo aparece como um tópico fundamental a ser ensinado aos alunos em formação, pois dessa maneira, terão contato com conteúdos presentes no seu cotidiano. O ensino de tópicos relacionados à realidade vivida pelo aluno deveria ser mais difundido e praticado por educadores, pois ficaria mais fácil e prazeroso entender a realidade do mundo que os cerca. Infelizmente, a prática de ensino realizada em muitas instituições escolares está muito defasada em relação aos conteúdos atuais nas diversas áreas. Muitas vezes, é ensinado o funcionamento de determinadas tecnologias que foram descobertas há mais de duzentos anos, sendo esquecidas as tecnologias utilizadas atualmente.

1. 2- JUSTIFICATIVA

Muitas são as críticas que costumam ser feitas ao currículo de Física do ensino médio em nossas escolas (PACCA, 1992; BRASIL, 1999-). Talvez a mais contundente seja o seu desligamento da realidade vivenciada pelo aluno, o que tem resultado em textos e materiais didáticos tão ou ainda mais desligados dessa realidade. Nesses textos, movimentos são descritos por pontos materiais; blocos deslizam por planos horizontais perfeitamente lisos puxados por outros blocos através de fios e polias sem massa; a resistência do ar não existe; espelhos e lentes não deformam as imagens; resistores têm resistência constante mesmo quando aquecidos; os medidores elétricos não interferem nos circuitos; correntes elétricas são sempre contínuas e a luz visível é o único tipo de radiação eletromagnética.

Pode-se argumentar que é muito difícil fugir das idealizações nesse nível de ensino, pois nossos alunos não possuem conhecimentos matemáticos que lhes possibilitem a análise de situações mais complexas, o que é verdade. Mas nada os impede de conhecer essas limitações, de saber que a realidade não é tão comportada e uniforme como muitos dos nossos livros de Física insinuam.

Durante muitos anos, o ensino médio vinha sendo considerado como uma preparação para o ensino universitário, tendo como objetivo último o sucesso no vestibular. No entanto, os tempos mudaram e a escolaridade média vem sendo bastante ampliada assim como o espaço de atuação social dos egressos da escola média, que não necessariamente buscam o ensino superior. O objetivo da escola média deve estar voltado para a formação de jovens independentemente de sua escolaridade futura. Jovens que adquiram instrumentos para raciocinar, compreender as causas e razões das coisas, exercer seus direitos, cuidar da saúde, participar de discussões, ou seja, instrumentos para a vida. (KAWAMURA e HOSOUME, 2003).

Outro aspecto a ser considerado diz respeito à ausência em alguns livros didáticos, de conhecimentos necessários para a compreensão do mundo contemporâneo. Não estão presentes, por exemplo, conhecimentos que permitam

compreender as telecomunicações, Internet, telefonia celular, ou até mesmo a contribuição da Física aos desenvolvimentos atuais da área médica, ou da Física dos fenômenos ambientais e aspectos relacionados à cosmologia (KAWAMURA e HOSOUME, 2003). Não se trata apenas da falta de conteúdos de Física Moderna, mas também da necessidade de se trabalhar aspectos cotidianos, relacionados ao funcionamento dos aparelhos que norteiam nossa vida assim como as tecnologias a eles associadas.

Neste contexto, poucos professores de Física têm consciência dessa necessidade de trazer exemplos e conteúdos relacionados ao dia a dia dos alunos para dentro da sala de aula e, ao que parece, um número ainda menor pensa em modificar esse quadro. Esta constatação já tinha sido argumentada nas orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio em que *“Muitos deles tem se sentido perdidos, sem os instrumentos necessários para as novas tarefas, sem orientações mais concretas em relação ao que fazer”* (BRASIL, 1999, pg 2).

Com o intuito de aproximar a Física apresentada dentro da sala de aula à realidade vivida pelo aluno - que muitas vezes desconhece os fenômenos que estão ocorrendo ao seu redor - nossa escolha, para o desenvolvimento de uma proposta de ensino recai sobre o estudo das radiações eletromagnéticas, cuja importância é confirmada por estar presente em dois dos seis temas estruturadores dos Parâmetros Curriculares Nacionais+:

1 - **Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações**, visto que aparelhos eletromagnéticos emitem radiações eletromagnéticas e as informações são enviadas por meio de ondas eletromagnéticas.

2 - **Matéria e Radiação**, que evidencia a importância de

“Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios-x) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de microonda, tomografia etc)” (BRASIL, 2002, p.29)

Os outros quatro temas estruturados contidos nos PCN+ são:

3 - Movimentos: variações e conservações.

4 - Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia.

5 - Som, Imagem e Informação.

6 - Universo, Terra e Vida.

Esses quatro temas, mais os dois citados anteriormente, apresentam uma das possíveis formas para a organização do currículo de Física. As atividades de ensino podem ser mais bem organizadas explicitando para os jovens os elementos de seu cotidiano que se deseja considerar. Os temas são exemplos de como reorganizar áreas como a Mecânica, Termologia, Eletromagnetismo e Física Moderna, de forma a atribuir-lhes novos sentidos. (BRASIL, 2002, p.19).

Além dos conteúdos sobre radiações eletromagnéticas estarem inseridos nos temas estruturadores dos PCN+, outro fator que nos incentivou na escolha desse tema foi o lançamento pela Sociedade Brasileira de Física de uma coleção de livros sobre temas atuais de física, dentre os quais existem livros específicos sobre as microondas (CARVALHO, 2005), a luz visível (BARTHEM, 2005) e a radiação ultravioleta (OKUNO e VILELA, 2005). O principal intuito dessa coleção é *“surpir eventuais deficiências na formação dos professores”* (CARVALHO, 2005). Os temas dessa coleção cobrem, de maneira acessível, os principais tópicos desse surpreendente campo de conhecimento, *“oferecendo aos professores uma sólida introdução à Física desenvolvida no século XX”* (CARVALHO, 2005).

Outro fator a se considerar em relação à compreensão dos estudantes do ensino médio de tópicos sobre radiações eletromagnéticas é que *“seu entendimento aparece como uma necessidade para a compreensão dos fenômenos ligados a situações vividas pelos alunos, sejam de origem natural ou de origem tecnológica”* (ASTOLFI, 1995), como por exemplo a radiação solar, os aparelhos de microondas de suas casas, a captação de ondas de rádio e televisão por antenas, as radiografias das mais diversas partes do corpo com a utilização de raios X, etc.

“O cotidiano contemporâneo depende, cada vez mais intensamente, de tecnologias baseadas na utilização de radiações e nos avanços na área da microtecnologia. Introduzir esses assuntos no ensino médio significa promover nos jovens competências para, por exemplo, ter condições de avaliar riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias etc.), acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados à utilização da energia nuclear ou compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática” (BRASIL, 1999, p 28).

Na verdade, na nossa visão, um dos obstáculos para o ensino das radiações no currículo de Física do ensino médio, muitas das vezes justificado pelo pouco número de aulas, é a falta de uma proposta didática que possibilite a apresentação desse conteúdo. Ou ainda, a introdução do estudo das radiações no ensino médio depende de *“uma proposta que viabilize a sua transposição didática para esse nível de ensino”* (GASPAR, 1993), que tenha como elementos fundamentais o conhecimento do professor sobre o assunto, a consciência da importância do tema, materiais que auxiliem o professor e uma proposta de ensino adequada aos materiais, para que se possa promover aprendizagem. Chevallard (1991) no estudo da matemática diz que: *“Um conteúdo do conhecimento, tendo sido designado como saber a ensinar sofre então um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto a tomar lugar entre os objetos de ensino. O trabalho que, de um objeto de saber a ensinar faz um objeto de ensino é chamado de transposição didática”*. Afinal o saber escolar é produzido na confluência entre o objeto a ser ensinado, que tem um perfil epistemológico definido e independente, um projeto político-pedagógico (explicitado ou não, democraticamente construído ou não) que estabelece conhecimentos, valores e atitudes relevantes, e um conjunto de procedimentos didáticos que deverão tornar o objeto de saber um objeto ensinável (TEIXEIRA e KRAPAS, 2005).

Este trabalho oferece alguns instrumentos auxiliares para tornar viável uma proposta desse tipo, na qual se possa auxiliar professores a desenvolverem com mais êxito suas atividades e assim promover uma melhoria no processo de ensino aprendizagem.

1.3 - OBJETIVOS

A proposta tem cinco objetivos básicos:

- Buscar o conhecimento das pré-concepções que alunos do ensino médio têm a respeito das radiações eletromagnéticas, tanto do ponto de vista conceitual como prático, relacionadas ao seu cotidiano.
- Desenvolver uma proposta de ensino capaz de estimular a interação social e o diálogo entre os participantes.
- Produzir um material pedagógico e propor uma metodologia para o desenvolvimento de uma proposta de ensino, capaz de possibilitar a aprendizagem de tópicos sobre radiações eletromagnéticas no ensino médio.
- Avaliar a adequação da utilização desse material em turmas do ensino médio.
- Verificar se o material e a metodologia para sua utilização foram capazes de propiciar o aprendizado nos alunos participantes.

Capítulo II

REFERENCIAL TEÓRICO

O principal referencial teórico-pedagógico deste trabalho está relacionado com as visões construtivistas de ensino, em especial com a teoria sócio-histórica cultural de Vygotsky (1989), que orienta essa proposta de elaboração e utilização de um material voltado ao ensino das radiações. Nossa hipótese de trabalho é que esse material e a sua utilização devem ser capazes de promover e incrementar interações sociais, que são *“na perspectiva vigotskiana, o veículo fundamental para a transmissão dinâmica do conhecimento social, histórico e culturalmente construído”* (MOREIRA, 1999, p.112) e que, de acordo com essa teoria, são essenciais para promoção da aprendizagem de novos conceitos.

O modelo didático para o ensino das radiações eletromagnéticas adotado, visando a aprendizagem efetiva dos estudantes, tem como ponto de partida o conhecimento das idéias prévias dos estudantes sobre o tema escolhido. O referencial teórico está baseado nas pesquisas relacionadas por Mortimer (1994) que discute os resultados obtidos por trabalhos sobre as idéias dos estudantes. Complementam o referencial, os primeiros trabalhos sobre mudança conceitual que foram propostos por Posner (1982) e Hewson & Thorley (1989).

Como instrumento de apoio para o ensino das radiações, foi confeccionado um painel no formato de um mapa conceitual. A fundamentação teórica aos mapas conceituais está baseada na teoria de aprendizagem de David Ausubel (1968).

2.1- A teoria sócio histórica cultural de Vygotsky

Nas três últimas décadas, pesquisas no campo da Educação em Ciências têm buscado a construção de um referencial teórico que permita a superação de uma concepção de ensino-aprendizagem fortemente marcada pela transmissão-recepção de conceitos científicos considerados como prontos, acabados e absolutos (LATAILLE *et al*, 1992). Tais pesquisas contribuíram para o desenvolvimento da perspectiva construtivista de ensino-aprendizagem, que coloca o aluno como sujeito pensante, responsável e comprometido com o processo de construção de seu conhecimento. A idéia de construção está presente não apenas nas obras de Piaget (1986) e Vygotsky (1989), mas também na de Carl Rogers (1986), que se baseia na construção da pessoa humana e suas relações, e na de Paulo Freire (1963), fundamentada na construção do homem novo, na construção do saber e da cultura como expressões dos anseios e expectativas das camadas populares.

Todas essas idéias se contrapõem ao modelo de ensino tradicional, no qual o professor é o detentor de conhecimentos e deve transmiti-los aos alunos, que são considerados tábulas rasas, totalmente carentes de informações e prontas para absorverem tudo o que lhes for dito. Devido ao fracasso desse tipo de ensino, outras práticas de cunho construtivistas de ensino vêm sendo adotadas, porém ainda são pouco utilizadas.

Uma das perspectivas construtivistas de ensino é a teoria sócio-histórica cultural de Vygotsky. De acordo com uma nota de Lúria (1989), Lev Semenovitch Vygotsky nasceu a 5 de novembro de 1896 em Orsha, na Bielorrússia. Graduou-se na Universidade de Moscou com especialização em Literatura. De 1917 a 1923 lecionou Literatura e Psicologia numa escola de Gomel, onde dirigia também a seção de teatro do centro de educação em adultos. Publicou nessa época sua primeira pesquisa em literatura, mais tarde reeditada com o título: "A psicologia da Arte". Criou também um laboratório de psicologia no Instituto de Treinamento de Professores, onde dava um curso de Psicologia. Em 1924 Vygotsky mudou-se para Moscou, trabalhando inicialmente no Instituto de Psicologia e depois no instituto de Estudos das Deficiências por ele criado. Entre 1925 e 1934 reuniu em

torno de si um grande grupo de jovens cientistas, que trabalhavam nas áreas da psicologia e do estudo das anormalidades físicas e mentais. Simultaneamente, o interesse pela Medicina o levou a fazer um curso estudando, inicialmente, no Instituto Médico de Moscou e posteriormente em Kharkov, onde ministrava um curso de Psiconeurologia. Pouco antes de sua morte foi convidado a dirigir o Departamento de Psicologia do Instituto Soviético de Medicina Experimental. Morreu de tuberculose em 11 de junho de 1934, com 58 anos.

A teoria de Vygotsky diz que o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores tais como o desenvolvimento da linguagem, desenvolvimento simbólico, resolução de problemas, formação de conceitos, atenção, memória etc, têm sua origem em contextos sociais, ou seja, através de atividades e ações compartilhadas, para somente depois serem internalizadas pelo sujeito. Este processo de internalização é expresso na obra de Vygotsky a partir da formulação da *“lei de dupla formação”* ou *“lei genética geral do desenvolvimento”*. Neste processo de internalização, Vygotsky destaca a mediação semiótica, especialmente da linguagem *“posto que é por sua natureza auto-reflexiva e mediadora que se constitui a relação do homem com o mundo social”* (VYGOTSKY, 1988).

Para Vygotsky, as relações sociais convergem para funções psicológicas no indivíduo através da mediação, com a qual se tem a internalização de atividades, comportamentos sociais e culturais. Enquanto sujeito do conhecimento, o homem não tem acesso direto aos conhecimentos, mas sim mediado, através de recortes de coisas reais, operadas pelo sistema simbólico que dispõe. Vygotsky enfatiza a construção do conhecimento como uma interação mediada por várias relações, ou seja, o conhecimento não está sendo visto como uma ação do sujeito sobre a realidade, e sim pela mediação feita por outros sujeitos. Essa conversão não é direta e sim mediada e inclui o uso de instrumentos e signos. Instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa e signo é algo que significa uma outra coisa. A combinação de instrumentos e signos é característica apenas do ser humano e permite o desenvolvimento de funções mentais ou processos psicológicos superiores. Vygotsky não analisa nem o indivíduo nem o contexto e

sim a interação entre eles. A interação social é o veículo fundamental para a transmissão dinâmica do conhecimento social, histórico e culturalmente desenvolvido. Essa implica em um mínimo de duas pessoas intercambiando informações e está diretamente relacionada à aquisição de significados, tais como palavras (signos lingüísticos), números (são signos matemáticos) etc. O mais importante dos signos é a linguagem e a fala é de extrema importância para seu desenvolvimento. Para Vygotsky a linguagem representa um salto qualitativo na evolução da espécie. É ela que fornece os conceitos, as formas de organização do real e a mediação entre o sujeito e o objeto do conhecimento. Por meio dela é que as funções mentais superiores são socialmente formadas e culturalmente transmitidas, portanto, sociedades e culturas diferentes produzem estruturas diferenciadas. O homem possui a capacidade de representar a realidade simbolicamente. A palavra é o sistema mais eficiente para isso, configurando-se como elemento mediatório entre o homem e o mundo. Cada palavra é ao mesmo tempo uma representação do pensamento e da fala. Isto porque o significado da palavra, por ser um conceito ou uma generalização, é incontestavelmente um ato de pensamento. Assim a linguagem permite o intercâmbio social. (VYGOTSKY, 1989).

A cultura fornece ao indivíduo os sistemas simbólicos de representação da realidade, ou seja, o universo de significações que permite construir a interpretação do mundo real. Ela dá o local de universo de significações no qual seus membros estão em constante processo de recriação e reinterpretação de informações, conceitos e significados. (VYGOTSKY, 1996).

O momento de maior significado no curso do desenvolvimento intelectual, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, então duas linhas completamente independentes de desenvolvimento, convergem (VYGOTSKY, 1989).

O processo de internalização é fundamental para o desenvolvimento do funcionamento psicológico humano. A internalização envolve uma atividade externa que deve ser modificada para tornar-se uma atividade interna, é interpessoal e se torna intrapessoal.

O termo função mental é utilizado para referir-se aos processos de: memória, pensamento, atenção e percepção. Vygotsky dizia que o pensamento tem origem na motivação, interesse, necessidade, impulso, afeto e emoção.

Na teoria Vygotskyana existem dois níveis de desenvolvimento: um real, já adquirido ou formado, que determina o que a criança já é capaz de fazer por si própria, e um potencial, ou seja, a capacidade de aprender com outra pessoa.

A diferença entre o que o sujeito é capaz de fazer por si só e o que pode fazer com a ajuda de outros é chamado de zona de desenvolvimento proximal, definindo as funções que estão em processo de maturação representando a região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre. (VYGOTSKY, 1996).

É na troca com outros sujeitos e consigo próprio que se internalizam os conhecimentos, papéis e funções sociais, o que permite a formação de conhecimentos e da própria consciência. Trata-se de um processo que caminha no plano social – relações interpessoais – para o plano individual interno – relações intrapessoais. Com isso pode-se dizer que a escola é o local onde a intervenção pedagógica intencional desencadeia o processo de ensino-aprendizagem.

Os fatores primordiais para serem levados em conta no ensino de acordo com a perspectiva Vygotskyana são: o papel fundamental do professor como mediador na aquisição de significados contextualmente aceitos, o indispensável intercâmbio de significados entre professor e aluno dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, a origem social das funções mentais superiores e a linguagem, como o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo. O ensino se consuma quando professor e aluno compartilham significados. Sem a interação social, ou sem intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo.

2.2 - A teoria de Vygotsky e os experimentos em sala de aula.

Vygotsky dizia que os experimentos deveriam servir para iluminar os processos e deveriam oferecer o máximo de oportunidades para o sujeito se engajar nas atividades a serem observadas ao invés de controladas. Nessas atividades a introdução de obstáculos e desafios é fundamental. Para Vygotsky, o único e bom ensino é aquele que está à frente do desenvolvimento cognitivo e uma boa aprendizagem é aquela que está avançada em relação ao desenvolvimento.

Considerando o uso de atividades experimentais como sendo auxiliadoras para um melhor desenvolvimento de aspectos relativos aos pressupostos de Vygotsky, pode-se destacar dentre as mais variadas modalidades de experimentação, o emprego de atividades de demonstração. Provavelmente a característica mais marcante dessas atividades é a possibilidade de ilustrar alguns aspectos dos fenômenos físicos abordados, tornando-os de alguma forma perceptíveis e com possibilidade de propiciar aos estudantes a elaboração de representações completas referenciadas. Essas atividades ainda podem ser classificadas em duas categorias diferentes: a de demonstrações fechadas e de demonstrações/observações abertas. As demonstrações fechadas se caracterizam pela simples ilustração de um determinado fenômeno físico, sendo uma atividade centrada no professor. As atividades de demonstração/observação abertas incorporam outros elementos, apresentando uma maior abertura e flexibilidade para discussões que podem permitir um aprofundamento nos aspectos conceituais e práticos relacionados aos equipamentos, a possibilidade de se levantar hipóteses e o incentivo à reflexão crítica, de modo que a demonstração consistiria em um ponto de partida para a discussão sobre o fenômeno abordado, com possibilidade de exploração mais profunda do tema estudado. Alguns autores (AXT, 1993 e SILVEIRA, 1995) salientam a importância dessas atividades para ilustrar e tornar menos abstratos os conceitos físicos abordados, ao mesmo tempo em que torna mais interessante, fácil e agradável o seu aprendizado, motivando a participação dos alunos. A compreensão de um

fenômeno através de uma demonstração pode permitir aos alunos compreenderem o funcionamento de outros equipamentos e generalizar o comportamento dos sistemas observados para outras situações em que esses mesmos fenômenos estejam presentes. (MENDONÇA *et al* 1998 e PIMENTEL 1999).

Dentre os diversos aspectos que merecem ser salientados, destaca-se o fato de as atividades experimentais de demonstração possibilitarem a ilustração de um determinado fenômeno, podendo contribuir para a compreensão de diversos aspectos relacionados ao mesmo. Em geral, tais atividades demandam um pequeno tempo de realização e podem ser facilmente integradas a uma aula com ênfase expositiva, sendo utilizadas como ponto de partida, procurando despertar o interesse do estudante para o tema a ser abordado. Para uma maior eficiência do processo de aprendizagem, estas atividades podem ser conduzidas de modo que permitam o questionamento por parte dos alunos, incentivando-os a buscarem explicações para os fenômenos estudados, possibilitando a elaboração de novas idéias a partir de suas próprias vivências, criando um ambiente propício para o desencadeamento de interações sociais entre os participantes do processo. Outra modalidade interessante do uso da experimentação relaciona-se à ilustração e análise de fenômenos básicos presentes em situações típicas do cotidiano. Estas situações são consideradas como fundamentais para a formação das concepções espontâneas dos estudantes, uma vez que essas concepções se originam a partir da interação do indivíduo com objetos e situações do mundo em que vive (ARAUJO, 2003).

Com a utilização de metodologias que permitam explorar ao máximo as atividades de demonstração é possível fazer com que essas superem a simples ilustração de um fenômeno e possam contribuir efetivamente para o aprendizado conceitual desejado e para o desenvolvimento de novas habilidades e posturas dos estudantes.

Trabalhos com relatos de melhorias do nível de aprendizado (BARREIRO e BAGNETO, 1992) observado em estudantes a partir do uso de aulas dessa

natureza reforçam a idéia de que estas atividades podem de fato contribuir para melhorar a qualidade do ensino de Física.

2.3 - Conceitos espontâneos dos alunos e mudança conceitual

A partir da década de 70 começou a surgir na literatura um grande número de trabalhos voltados para as idéias dos estudantes, e também dos professores, em relação a diversos conceitos científicos. (MORTIMER, 1994). Foi o chamado movimento das concepções alternativas, que teve maior destaque nas décadas de 1970 e 1980 (BASTOS, 1998). Esses trabalhos buscavam uma compreensão mais clara e profunda dos variados elementos que caracterizam o ensino de Ciências, pretendendo assim gerar adequações ou modificações nas práticas pedagógicas do professor em sala de aula (DINIZ, 1996). Concepções alternativas podem, em princípio, ser entendidas como formas diversas de interpretar a natureza, desenvolvidas pelos alunos nas interações da vida cotidiana.

Os trabalhos realizados por autores participantes desse movimento têm fornecido uma gama de dados acerca de como as pessoas constroem e transformam suas concepções sobre determinados assuntos ou fenômenos (MORTIMER, 1994). Tais dados têm levado especialistas da área a concluir que:

- ▶ *“Os alunos, a partir de suas experiências com fenômenos naturais, seres vivos, pessoas, informações da mídia, etc., constroem por si mesmos uma variedade de teorias que norteiam as coisas da natureza.*
- ▶ *Teorias que os alunos trazem consigo podem divergir consideravelmente dos conhecimentos científicos atuais.*
- ▶ *Teorias não-científicas dos alunos podem ser consideradas resistentes a mudança.*
- ▶ *Teorias dos alunos que divergem do saber científico podem funcionar como importantes obstáculos-à aprendizagem escolar.*

► *O ensino escolar em diferentes países do mundo tem sido ineficaz em fazer com que os alunos construam conceitos cientificamente aceitáveis” (BASTOS, 1998, p 17).*

Sem sombra de dúvidas, o contrário também pode acontecer, visto que certas idéias, mesmo que rudimentares, podem constituir excelentes pontos de partida para que o aluno elabore concepções cientificamente corretas.

A constatação de que o aluno chega às salas de aula com idéias que divergem do saber científico e são resistentes à mudança tem motivado educadores construtivistas a pesquisar caminhos pelos quais concepções não-científicas podem ser transformadas ou substituídas (BASTOS, 1998). Com isso, modelos de ação didática têm sido propostos com o objetivo de enfrentar essa problemática das idéias alternativas, sendo um dos mais conhecidos, o da mudança conceitual, fundamentado principalmente nos trabalhos de Posner (1982) e Hewson & Thorley (1989). Para esses autores a mudança conceitual é um processo em que a concepção alternativa do estudante perde status e a concepção científica ganha status. O aluno tenderá a conservar as concepções que considera inteligíveis, plausíveis e proveitosas. O trabalho do professor é fazer com que os estudantes vejam as concepções científicas como inteligíveis ao mesmo tempo em que mais plausíveis e proveitosas do que as concepções alternativas. Para isso o professor necessitará criar argumentos convincentes que se contraponham às idéias não científicas dos estudantes; descobrir situações reais, acessíveis a todos ou de fácil demonstração, nas quais as teorias dos alunos sejam aplicáveis; identificar pontos de partida consistentes, de acordo com as idéias prévias dos alunos, para a construção de idéias -cientificamente corretas; propor currículos em que as situações anteriores possam ser utilizadas consistentemente no sentido de favorecer a mudança conceitual nos estudantes (BASTOS, 1998). Outra preocupação desse campo de pesquisa, voltado para a mudança conceitual, refere-se ao desenvolvimento de estratégias e metodologias de ensino que efetivamente envolvam os alunos num processo de mudança conceitual em sala de aula.

Visando então sistematizar um modelo para mudança conceitual, Posner (1982) relacionou quatro condições básicas para que a mesma se processe:

- ▶ *“Insatisfação com os conceitos existentes: é necessário que o indivíduo acredite que pequenas mudanças não resolverão o problema ou anomalias que se configuram para ele, passando a perceber a necessidade de uma mudança mais radical.*
- ▶ *A nova concepção deve ser inteligível: o indivíduo deve ser capaz de construir uma representação coerente e com significado da nova concepção. Para isso é preciso que ele entenda os termos e os símbolos que a compõem, assim como a forma de relacionamento dos mesmos.*
- ▶ *A nova concepção deve ser plausível: o novo conceito deve ser capaz de resolver os problemas gerados pelos seus predecessores, e ser consistente com as suposições fundamentais do indivíduo.*
- ▶ *A nova concepção deve ser frutífera: o novo conceito deve ter a capacidade de se estender, revelando novas áreas de investigação” (POSNER apud Nardi, 1982).*

Promover mudanças conceituais se tornou sinônimo de ensinar ciências, com a substituição de concepções alternativas por concepções científicas. Nessa perspectiva, concepções divergentes não podem existir num mesmo indivíduo, ou seja, antes de aceitar as concepções científicas ele tem que abandonar as concepções alternativas (DINIZ, 1996).

Contrapondo-se a essa idéia, Mortimer (1994) enfatiza que não é adequado descrever o processo de ensino como uma substituição das idéias prévias dos estudantes por idéias científicas. Ele argumenta que os indivíduos não possuem uma versão única para um determinado conceito, mas sim aquilo que ele denomina “perfil conceitual”, ou seja, um conjunto de diferentes versões para um mesmo conceito, as quais não são necessariamente compatíveis entre si.

Mortimer classifica as diferentes noções sobre massa que compõem o perfil conceitual em cinco categorias distintas:

- ▶ “Realismo ou pensamento de senso comum: Associa-se a idéia de massa apenas aquilo que aparenta possuir ou de fato possui grande peso.
- ▶ Empirismo: A idéia de massa está relacionada a quantidades que podem ser precisamente medidas através de balanças, isto é, verificadas empiricamente.
- ▶ Racionalismo clássico ou newtoniano: A noção de massa não é mais definida isoladamente, mas sim por sua relação com outras noções, isto é, se $F=m.a$, então $m= F/a$.
- ▶ Racionalismo moderno: A noção de massa, “que era uma função simples, vai tornar-se complexa”. A massa “não é mais absoluta no tempo e no espaço, mas torna-se uma função complicada da velocidade”. Nesta “Física relativística”, a massa não se diferencia claramente da energia, pois energia e massa podem converter-se uma na outra.
- ▶ Racionalismo contemporâneo: Agrega novas noções que ainda não estavam presentes no racionalismo moderno.”(MORTIMER, 1994, P.66-7).

Todas essas noções poderiam existir ao mesmo tempo em um mesmo indivíduo, e essas poderiam ser utilizadas de acordo com o contexto no qual o estudante estivesse envolvido. Nessa perspectiva não existe a necessidade de uma concepção de senso comum ser eliminada para que uma concepção racional moderna seja construída, por exemplo.

De fato, para evitar uma modificação em suas idéias, teorias e convicções, o aluno pode incorporar as idéias a serem usadas no contexto cotidiano e as idéias a serem usadas no contexto escolar em diferentes setores de sua estrutura cognitiva, favorecendo o surgimento daquilo que na criança, Osborne & Wittrock (1995), denominaram três tipos de ciência, sendo elas: ciência baseada na intuição, ciência baseada no uso cotidiano da linguagem e ciência escolar. Um

outro aspecto a se levar em conta é que nem sempre as concepções alternativas dos alunos podem servir como pontos de partida adequados para a construção das concepções científicas.

Acredita-se que as contribuições fundamentais da mudança conceitual e das concepções alternativas, como áreas de investigação do ensino de ciências, se localizem no fato de se voltarem prioritariamente para uma compreensão mais aprofundada dos conceitos, das idéias dos alunos e dos professores, buscando constantemente uma articulação com os procedimentos didáticos necessários para o envolvimento dos alunos num processo de aprendizagem efetivo, ou seja, que implique numa mudança.

2.4 – Mapas Conceituais

Mapeamento conceitual é uma técnica de análise que pode ser usada para ilustrar a estrutura conceitual de uma fonte de conhecimentos. Essa ilustração é chamada de mapa conceitual. Sua forma de apresentação depende dos conceitos e das realizações incluídas, de como os conceitos são representados e do critério para organizá-los. Podem então ser chamados de diagramas hierárquicos indicando os conceitos e as relações entre esses conceitos. Esses diagramas procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina, de um livro, de um artigo, de um experimento de laboratório de uma obra ou de uma outra fonte ou área de conhecimentos qualquer.

Pode-se concluir que um mapa conceitual é um recurso que visa facilitar a aprendizagem dos conceitos. Dispensa equipamentos sofisticados ou instalações especiais, possibilitando assim, seu uso em até mesmo nas mais modestas condições de trabalho.

Podem existir mapas em uma, duas ou três dimensões, porém os mais utilizados são os de duas dimensões, pois fornecem uma representação menos elementar das estruturas conceituais que os unidimensionais e são menos complexos do que os mapas com três ou mais dimensões. (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1987).

Num mapa conceitual a dimensão vertical pode representar o grau de generalidade, dando uma certa hierarquia aos conceitos. Os conceitos mais abrangentes ou gerais são colocados no topo do mapa. Conforme se desce, conceitos intermediários menos abrangentes ou subordinados são descritos. Finalmente, na parte inferior do mapa, aparecem os conceitos mais específicos. As linhas conectando conceitos sugerem relações entre os mesmos, que podem ser identificadas por palavras ou frases.

A fundamentação teórica dos mapas conceituais está na teoria de aprendizagem de David Ausubel (1968).

A teoria de Ausubel é uma teoria cognitivista e, como tal, busca explicar teoricamente o processo de aprendizagem segundo a ótica do cognitivismo. A psicologia da cognição procura descrever, em linhas gerais, o que sucede quando o ser humano se situa e organiza seu mundo. Preocupa-se com o processo da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição. Para Ausubel, novas idéias e informações podem ser aprendidas e retiradas na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e sirvam, dessa maneira, de ancoramento a novas idéias e conceitos (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1987).

Na teoria Ausubeliana, quando novas informações adquirem significado para o indivíduo através da interação com conceitos existentes, sendo por esses compreendidos e contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade, a aprendizagem é dita significativa. Segundo os cognitivistas, esse tipo de aprendizagem é o mecanismo humano para adquirir e reter a vasta quantidade de informações de um corpo de conhecimentos.

Para Ausubel, a aquisição, por parte do aluno, de um conhecimento claro, estável e organizado é mais do que o principal objetivo em sala de aula ou a principal variável dependente usada na avaliação da eficácia do ensino, pois, uma vez adquirido, esse conhecimento passa a ser o principal fator a influenciar a aquisição de novos conhecimentos na mesma área. (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1987).

Na confecção do mapa sobre radiações eletromagnéticas os conceitos foram dispostos seguindo uma hierarquia, partindo dos conceitos mais gerais, que ficam na parte superior do mapa, para os mais específicos, que ficam na parte inferior do mapa. Para esse mapa foram criadas algumas figuras ilustrativas e também um espectro eletromagnético reagrupados com caixas de texto e interligadas por setas indicando a relação entre os conceitos.

Capítulo III

METODOLOGIA

O presente capítulo apresenta a descrição das principais etapas seguidas durante a realização desse trabalho, iniciado por uma pesquisa bibliográfica e por uma sondagem de pré-concepções de alunos do ensino médio. Na seqüência são apresentados os materiais pedagógicos produzidos, assim como sua construção e o trabalho com eles realizado dentro das salas de aula.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados durante essas etapas de pesquisa foram questionários, observações e gravações em fita de áudio. A análise dos resultados quantitativos, referentes à diferença no percentual de acertos nos questionários iniciais e finais, e dos resultados qualitativos, referentes à fala dos alunos registrada durante o trabalho em sala de aula, gravado em fita de áudio, serão apresentados no próximo capítulo.

3.1- Questionário inicial de sondagem de concepções-prévias sobre radiações eletromagnéticas.

A primeira etapa do trabalho diz respeito à pesquisa bibliográfica, a procura de artigos científicos sobre o ensino de radiações eletromagnéticas.

Apesar da grande quantidade de artigos existentes sobre concepções prévias em nossa literatura (MORTIMER, 1994) e também de artigos específicos sobre radiações eletromagnéticas relacionados às tecnologias nas quais vem sendo associadas e aos danos que essas podem causar a saúde (AUBRECHT *et al*, 2000), encontramos poucos artigos em português sobre o levantamento de concepções prévias sobre radiações ao nível do ensino médio. Podemos citar como exemplos, para o nível superior de ensino, trabalhos encontrados sobre sondagem de concepções sobre as idéias da quantidade de radiações em

determinados locais (AUBRECHT, TORICK, 2000) e, de tópicos mais específicos sobre radiações eletromagnéticas, relacionados às concepções sobre raios-X (COSTA 2002). Outro exemplo a ser citado é o trabalho de Greca *et al* (1998), no qual, seguindo indicações da teoria de Jhonson-Lard, foram realizadas várias entrevistas nas quais buscam saber como os estudantes utilizavam o conceito de campo eletromagnético.

Os resultados dessa pesquisa serviram como um elemento orientador para a elaboração do questionário de sondagem das pré-concepções dos alunos do ensino médio a ser trabalhado em algumas escolas da cidade de Campos dos Goytacazes.

Esse questionário foi elaborado por professores e alunos do Programa de Pós Graduação em Ciências Naturais e é composto por dez questões sendo cinco de múltipla escolha e cinco discursivas.

Para elaboração do questionário procuramos em alguns livros do ensino médio que tratam do assunto (GREF, 1993; GASPAR, 2001) questões que, a nosso ver, fariam parte do cotidiano dos alunos do ensino médio. Durante essa busca, pudemos encontrar alguns livros que abordam assuntos sobre as radiações eletromagnéticas de uma forma clara e objetiva, contemplando os seus principais aspectos, como por exemplo, o livro “Curso de Física” (ALVARENGA, 1997). Outros, como “Física 3” (CABRAL e LAGO, 2002) dedicam um capítulo extenso sobre o tema, iniciado por um apanhado histórico e seguido por uma quantidade grande de assuntos sobre as radiações. Encontramos também livros que apenas citam alguma coisa sobre o assunto, de uma forma incompleta e insuficiente para o estudo de tópicos básicos sobre o tema.

A elaboração dessas questões passou por modificações durante o seu processo de construção, até que se conseguisse chegar ao formato considerado mais apropriado para o ensino médio. As questões abordam características das radiações eletromagnéticas e algumas de suas utilizações e aplicações no nosso dia a dia, sendo que muitas das vezes não nos damos conta de que determinados fenômenos só ocorrem devido à existência das ondas eletromagnéticas.

Depois de concluído o formato inicial do questionário, visto que esse ainda estava sujeito a modificações, fizemos a validação do mesmo, seguindo indicações de REA e PARKER (2000), com alunos do terceiro ano do ensino médio, que não faziam parte dos alunos participantes da pesquisa, e com professores de Física da UENF. Nessa validação verificamos que o questionário estava de fácil compreensão, com uma linguagem adequada e coerente ao público com o qual seria trabalhado; as questões estavam em um nível de complexidade desejado, sem cálculos matemáticos ou questões muito específicas sobre o assunto. Além disso definimos o tempo necessário para que esse pudesse ser respondido com clareza e tranqüilidade pelos participantes.

Como a elaboração do planejamento de ensino desse trabalho está baseada na abordagem do tema através da interação social com os alunos durante as apresentações dos experimentos demonstrativos, consideramos de suma importância saber quais eram as idéias que esses alunos possuíam sobre as radiações eletromagnéticas, tentando verificar a situação atual do ensino desses conteúdos e focalizar os temas que deverão ser explorados na próxima etapa do trabalho.

Depois de validados e concluídos, os questionários (ANEXO 1) foram levados a quatro salas de aula de escolas da cidade de Campos dos Goytacazes. Foram trabalhados com quatro turmas diferentes, totalizando um total de cento e dez alunos.

Chegando às salas de aula explicitamos nossa idéia de trabalho, explicando que eles faziam parte de uma pesquisa de mestrado e que suas respostas seriam de grande importância para nossos resultados. Explicamos para os alunos que tipo de trabalho realizaríamos naquele dia e pedimos para que eles respondessem às questões com sinceridade, sem receio de acertar ou errar.

Consideramos, durante a validação, que trinta minutos seria suficiente para a resposta das dez questões, podendo esse tempo ser estendido por mais dez minutos se algum participante necessitasse do mesmo.

Após a entrega dos questionários para os alunos, foram lidas todas as questões para sanar eventuais dúvidas referentes ao texto. Fizemos questão de

ênfatizar aos alunos que se não tivessem noção sobre alguma resposta, não receassem em assinalar ou escrever que não sabiam a mesma, tanto nas perguntas discursivas como nas de múltipla escolha, visto que essas continham uma opção “não sei a resposta” que poderia ser assinalada.

Fomos recolhendo os questionários à medida que os alunos iam terminando, e nenhum dos alunos necessitou mais do que trinta minutos para responder às questões.

Os questionários foram corrigidos e analisados, sendo que suas respostas foram classificadas em quatro categorias: certa, parcialmente certa, errada, não sei. Os resultados obtidos nessa sondagem de concepções prévias serviram como elemento orientador para a etapa seguinte desse trabalho, a elaboração de um planejamento de ensino que pudesse propiciar o ensino de conteúdos relacionados às radiações eletromagnéticas. Com os resultados da sondagem pudemos definir também os tópicos mais carentes a serem trabalhados com os alunos. Concluimos que para uma proposta inicial deveríamos abordar a geração, transmissão e propagação das ondas eletromagnéticas, assim como algumas de suas características físicas principais: o comprimento de onda, a frequência e sua velocidade de propagação.

3.2 - Atividades experimentais de demonstração / observação aberta.

Iniciamos a busca de subsídios para a construção do material pedagógico, não deixando de ênfatizar que a participação dos estudantes em sala de aula seria de fundamental importância para alcançar um dos nossos objetivos iniciais. A opção foi o trabalho com experiências demonstrativas abertas e com um mapa conceitual sobre os tópicos escolhidos. Com as atividades experimentais poderíamos trabalhar mais facilmente com o referencial pedagógico escolhido, a teoria sócio-histórica cultural de Vygotsky, visto que o trabalho com atividades experimentais pode facilitar o desencadeamento de interações sociais entre os participantes do processo dentro da sala de aula, sendo que esse é um dos aspectos mais importantes dessa teoria para que aconteça a aprendizagem.

Iniciamos a preparação de três atividades experimentais que tratavam fundamentalmente da geração, transmissão e propagação das ondas eletromagnéticas, nas quais ainda era possível se explorar conteúdos relacionados à velocidade de propagação e ao comprimento de onda das mesmas.

Essas atividades foram construídas com materiais, na sua grande maioria, de fácil aquisição e de custo acessível, para que pudessem ser reproduzidas por professores ou até mesmo pelos seus alunos em trabalhos escolares ou feiras de ciência.

A primeira atividade experimental de demonstração foi chamada de “Rádio Roncador”, na qual um rádio AM a pilhas, sintonizado em uma estação qualquer, emite ruídos quando raspamos um fio, ligado a duas pilhas, em uma lima. A segunda atividade experimental é um “Emissor-Receptor” de ondas eletromagnéticas, no qual uma onda criada no emissor é captada no receptor e utilizada para acender uma lâmpada de Néon. A última montagem foi apelidada de “Gaiolas de celulares”, nas quais os aparelhos de celular podem funcionar ou não no interior da gaiola, dependendo do tamanho e do material da malha que reveste a gaiola.

3.2.1 - Rádio Roncador

As ondas eletromagnéticas como, por exemplo, os sinais de rádio que se propagam pelo espaço e transmitem informações por grandes distâncias, podem ser produzidas de forma simples e apesar disso poucas pessoas sabem que com apenas três componentes improvisados pode-se gerar ondas dessa natureza.

Quando uma corrente elétrica sofre interrupções muito rápidas, podem ocorrer oscilações de cargas elétricas num circuito, que por sua vez, de acordo com a Lei de Ampère, originarão um campo magnético ao redor do condutor no qual estão contidas as cargas (HALLIDAY, RESNIK, WALKER, 1995). Como a corrente elétrica está variando por causa das interrupções, o campo magnético criado ao redor do condutor é um campo magnético variável. De acordo com a lei

de Faraday, um campo magnético variando no espaço dá origem a uma força eletromotriz e, portanto gera um campo elétrico também variável, e esse por sua vez induz outro campo magnético variável. Essa indução de campos variáveis dará origem a uma onda eletromagnética que se propagará com as características de um movimento ondulatório.

Essas variações podem ser produzidas na corrente elétrica de uma maneira muito simples, raspando um fio ligado a uma pilha numa lima comum. Para intensificar essas oscilações, ou seja, produzir os sinais desejados, pode se utilizar uma bobina enrolada em um pedaço de ferrite. Com esses elementos: uma bobina enrolada em um bastão de ferrite, uma pilha comum, uma lima e uns pedaços de fio de cobre, tem-se um transmissor rudimentar de oscilações eletromagnéticas.

Na realidade, este circuito não gera um sinal de frequências fixas. Seus sinais se espalham numa ampla faixa de frequências, produzindo assim um “ruído radioelétrico”. Os sinais produzidos pelo transmissor atravessam obstáculos como tábuas, pedaços de papelão e podem ser captados por um rádio AM.

Esse equipamento não deve ser utilizado para transmissões de longo alcance, pois pode interferir em muitos tipos de aparelhos de comunicação.

Foram aparelhos similares a este, os primeiros utilizados por Marconi e outros pesquisadores que acabaram por inventar o rádio no final do século XIX. (GASPAR, 1996).

Essa experiência, o “Rádio roncador”, é indicada para demonstrações em sala de aula ou em feiras de ciência, onde o transmissor e o receptor se encontram a pequena distância um do outro. Essa montagem foi inspirada eu um experimento que pode ser encontrado em: www.feiradeciencias.com.br .

Material utilizado

O material utilizado para essa montagem é de fácil aquisição, tem um custo baixo e é composto por:

- Uma base de madeira.

- ▶ Duas pilhas grandes.
- ▶ Suporte para pilhas.
- ▶ Fio de cobre número 22 até 32.
- ▶ Uma lima.
- ▶ Um rádio AM.
- ▶ Um pedaço de ferrite.
- ▶ Bússola.

Montagem

A figura a seguir mostra o esquema geral da montagem.

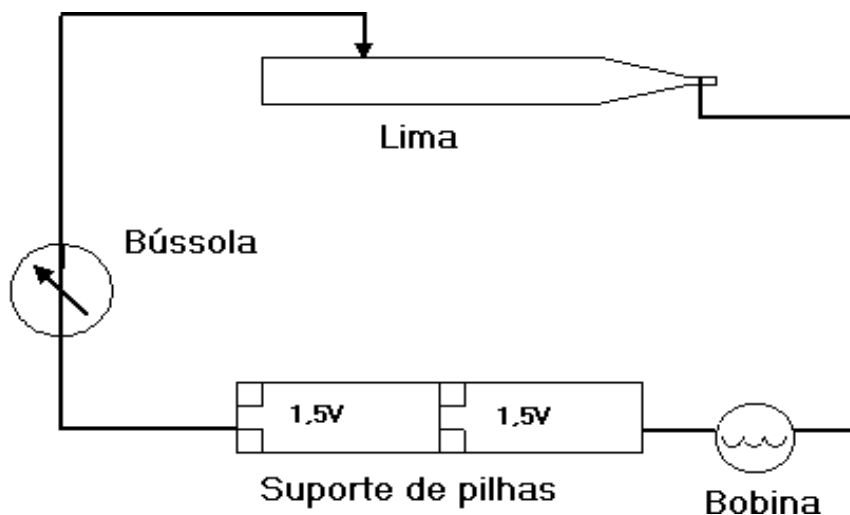


Figura 1: Esquema de montagem do experimento “Rádio roncador”.

O primeiro passo é confeccionar a bobina, enrolando o fio de cobre ao redor do pedaço de ferrite, que pode ser conseguido em qualquer rádio transistorizado sem uso, não importando se o formato do ferrite é cilíndrico ou achatado. Em nossa montagem utilizamos 50 voltas de fio de cobre ao redor do pedaço de ferrite, sendo esse número suficiente para obtermos o efeito desejado.

A segunda etapa é fixar a lima, o suporte de pilhas, a bússola e a bobina sobre a base de madeira. Essa fixação pode ser feita com cola, ou com encaixes na madeira e alguns parafusos. Feito isso, pode se iniciar as ligações dos fios.

Uma extremidade do fio da bobina será ligada diretamente na lima e a outra extremidade será ligada em um dos pólos do suporte para pilhas. Do outro pólo do suporte para pilhas há um fio de cobre, que tem uma parte fixada acima de uma bússola, para que seja visível o aparecimento do campo magnético ao redor do fio quando este é percorrido pela corrente elétrica, e a extremidade livre para que possa ser raspada na lima, fechando o circuito elétrico.

Se os fios utilizados forem esmaltados, esses devem ser raspados nos pontos de ligação, pois o esmalte funciona como isolante, não permitindo a passagem de corrente elétrica pelo circuito.

A seguir têm-se algumas imagens desse aparato pronto.



Figura 2: Vista superior e lateral da atividade experimental “Rádio roncador”.

Funcionamento do aparato

O procedimento de operação é bastante simples. Estando as pilhas colocadas de forma correta no suporte, basta raspar a extremidade do fio de cobre na lima, gerando algumas faíscas durante o contato, para que o rádio ligado e

sintonizado em qualquer frequência AM capte oscilações eletromagnéticas produzidas durante a raspagem do fio de cobre na lima e emita ruídos de acordo com a intensidade do contato do fio na lima, simulando um telégrafo.

3.2.2 - Emissor-Receptor de ondas eletromagnéticas.

A segunda atividade experimental construída foi o “Emissor-Receptor” de ondas eletromagnéticas. Apesar de contemplar alguns dos conceitos físicos envolvidos na primeira montagem, o “rádio roncador”, esse experimento além de mais completo, aborda de forma mais clara a transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas, assim como sua propagação através do espaço. Nessa montagem tanto o emissor, quanto o receptor são sintonizáveis, ou seja, há um circuito oscilante L-C, com um capacitor e um indutor, para cada um deles.

Material utilizado

- ▶ Duas bases de madeira
- ▶ Três pilhas grandes e porta pilhas
- ▶ Uma roda dentada e uma chapa de metal flexível
- ▶ Uma lâmpada de Néon NE-2
- ▶ Fio de cobre esmaltado bitola 22, fios, solda, jacarés
- ▶ Tubo de PVC ou de papelão
- ▶ Dois capacitores variáveis

Montagem

O esquema da montagem pode ser visto a seguir:

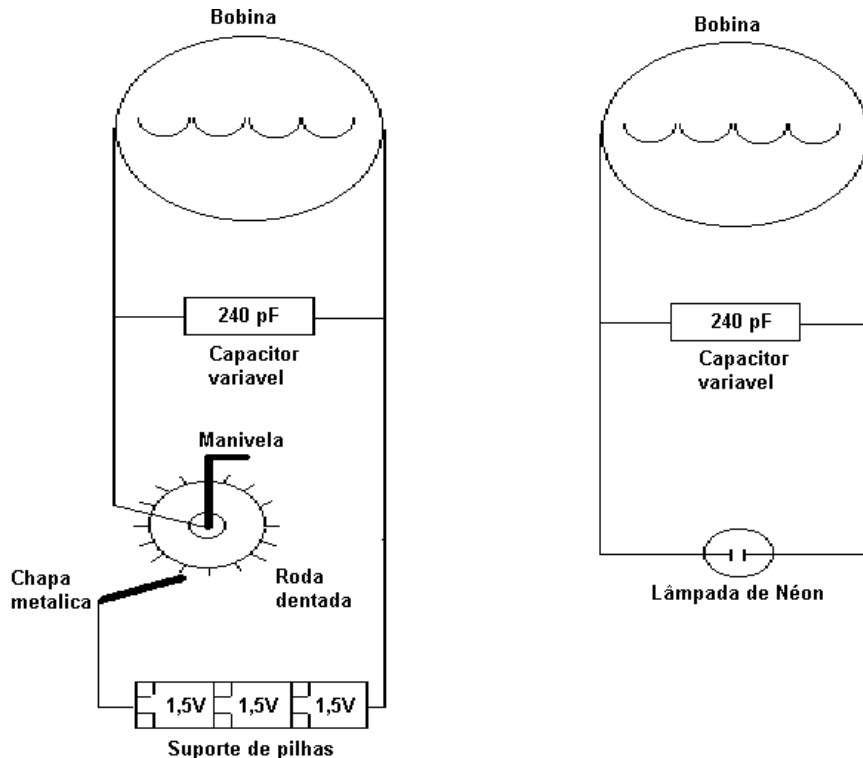


Figura 3: Esquema de montagem do experimento “Emissor-receptor”.

A primeira etapa é a construção das bobinas. Essas devem ter as mesmas dimensões e o mesmo número de enrolamentos. Para enrolar a bobina pode-se utilizar tubo de papelão, facilmente encontrado em lojas de armarinho, ou tubos de pvc, encontrados em lojas de materiais de construção, ambos com diâmetro de aproximadamente 10 centímetros. Inicialmente cortam-se dois pedaços iguais do tubo de papelão, com aproximadamente 12 centímetros de comprimento. Feito isso, inicia-se o enrolamento das bobinas, que deve ser de 80 voltas para cada uma delas. O mesmo número de voltas nas duas bobinas é essencial para um bom funcionamento do aparato. Esse enrolamento pode ser feito manualmente, ou

com o auxílio de uma bobinadeira, que nada mais é do que um suporte no qual se prende o tubo de papelão, podendo fazer com que esse gire ao redor do seu próprio centro, facilitando o enrolamento do fio. Ao finalizar o enrolamento é necessário fixar os fios para que não soltem e isso pode ser feito com fita adesiva ou cola.

A segunda etapa é a construção de uma base para a roda dentada. A lima utilizada no experimento do “rádio roncador” foi substituída por uma roda dentada metálica. Essa roda metálica pode ser conseguida em ferros velhos, podendo ser uma lâmina de serra circular utilizada para cortar madeira ou uma engrenagem metálica qualquer. Ela deve ser acoplada a uma manivela que a fará girar. Ao girar, a roda dentada entra em contato com uma lâmina metálica flexível, podendo essa ser de cobre ou bronze, por exemplo, que é fixada à base de madeira.

Nessa montagem necessita-se de dois capacitores variáveis de 240 pF de duas seções, típicos de rádios valvulados, porém só é necessário usar uma seção do capacitor. Esses equipamentos podem ser obtidos em oficinas de conserto de rádios e televisores. A capacitância não precisa ser rigorosamente igual a 240 pF, sendo que dois capacitores variáveis de rádios antigos irão funcionar bem. O importante é que os dois capacitores tenham a mesma capacitância.

Com as bobinas prontas, a roda metálica girando acoplada à manivela e os capacitores, é só iniciar a montagem junto aos outros elementos do circuito.

No emissor devem-se ligar os dois terminais da bobina nos dois terminais de entrada do capacitor. Um terminal de saída do capacitor deve ser ligado em um dos pólos do suporte de pilhas e o outro terminal de saída deve ser ligado no suporte ou na manivela da roda dentada. Soldado ao outro pólo do suporte de pilhas deve haver um fio ligado a um “jacaré” ou um interruptor que será ligado à placa de metal flexível. Essa placa de metal encosta-se à roda dentada fechando o circuito.

No receptor devem-se ligar os dois terminais da bobina nos terminais de entrada do capacitor. Os dois terminais de saída do capacitor devem ser ligados a cada uma das pernas metálicas da lâmpada de Néon.

Vale salientar que se os fios utilizados forem esmaltados, esses devem ser raspados nos pontos de ligação, pois o esmalte funciona como isolante, não permitindo a passagem de corrente elétrica pelo circuito, evitando o funcionamento do experimento.

A seguir têm-se algumas imagens desse aparato pronto:

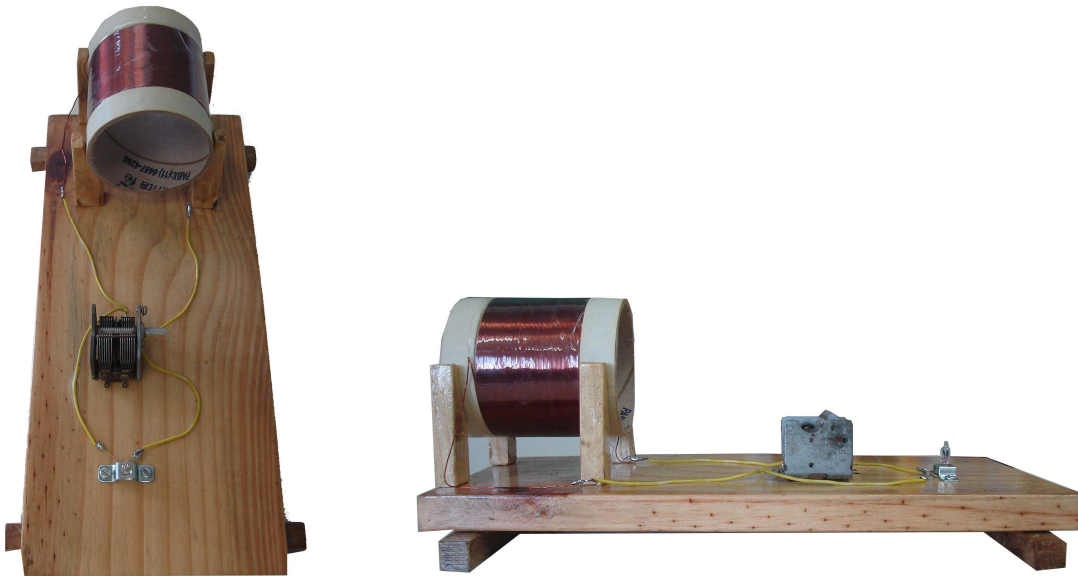


Figura 4: Vista superior e lateral do receptor de ondas eletromagnéticas.

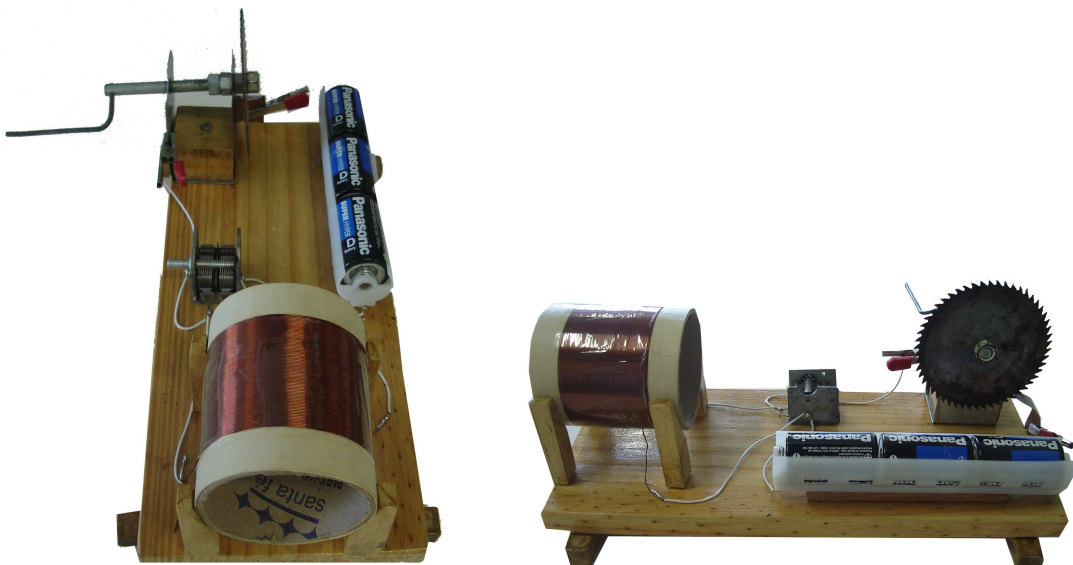


Figura 5: Vista superior e lateral do emissor de ondas eletromagnéticas.



Figura 6: Vista lateral do “emissor-receptor” de ondas eletromagnéticas.

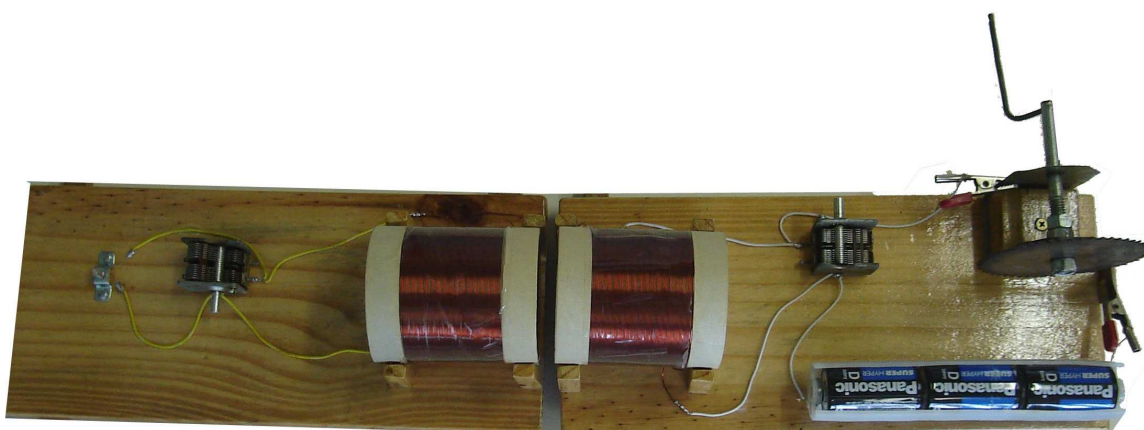


Figura 7: Vista superior do “Emissor-receptor” de ondas eletromagnéticas.

Funcionamento do aparato

Operar o equipamento é bastante simples. Inicialmente deve-se conectar o jacaré à lâmina flexível, o que permitirá a passagem de corrente elétrica pelo circuito. Em seguida, ajusta-se o capacitor variável do transmissor em uma abertura qualquer. Predispõe-se a bobina do emissor e a bobina do receptor frente a frente a uma distância de aproximadamente dois centímetros. Pode-se iniciar o movimento giratório da roda dentada, que irá produzir faíscas durante o contato com a lâmina flexível. Ajusta-se o capacitor variável do receptor até que a lâmpada de Néon acenda, evidenciando o recebimento de ondas emitidas pelo transmissor.

Para uma determinada abertura do capacitor variável no transmissor, há uma pequena faixa de frequência irradiada, a qual, só será captada no receptor com o minucioso ajuste de seu capacitor variável. Uma demonstração similar a essa pode ser encontrada em: www.feiradeciencias.com.br .

3.2.3 - Gaiola de celulares

A terceira atividade foi chamada de gaiola de celulares. Trata de um experimento simples, fácil de ser montado e explorado. Essa atividade contempla tópicos relacionados à possibilidade ou não de captação de ondas eletromagnéticas, assim como algumas de suas características como comprimento de onda, e conseqüentemente frequência e energia. Esse experimento é uma variante da gaiola de Faraday, que é uma blindagem elétrica, ou seja, uma superfície condutora que envolve uma determinada região do espaço, e que pode em determinadas situações impedir a entrada, nessa região, de perturbações ocasionadas por campos elétricos ou ondas eletromagnéticas.

Material utilizado

- ▶ Pedacos de madeira
- ▶ Telas metálicas de diferentes malhas
- ▶ Folha de papel alumínio
- ▶ Caixa de sapatos, pote de plástico
- ▶ Telefone celular

Montagem

Inicialmente é necessário construir a base de madeira das gaiolas. As dimensões podem ser as mais variadas, porém como são utilizadas com aparelhos de celular em seu interior, podem ter um tamanho reduzido. Deve-se

cortar quatro pedaços iguais de madeira de aproximadamente 15 centímetros para o comprimento e oito pedaços de 10 centímetros, sendo quatro para a altura e quatro para largura de cada gaiola. Um bom tamanho para a altura e largura dos pedaços cortados é de dois centímetros.

Devem ser construídas duas bases de madeira iguais, as quais devem ser revestidas com telas de metal de diferentes malhas, sendo uma tela com malha de aproximadamente um centímetro e a outra tela com uma malha de aproximadamente um milímetro.

Para facilitar o revestimento das gaiolas com as telas é necessário recortar um molde de papel ou papelão que envolva totalmente a base de madeira, deixando sempre um pedaço sobressalente em cada um dos lados para facilitar na fixação e evitar que alguma parte não fique bem coberta.

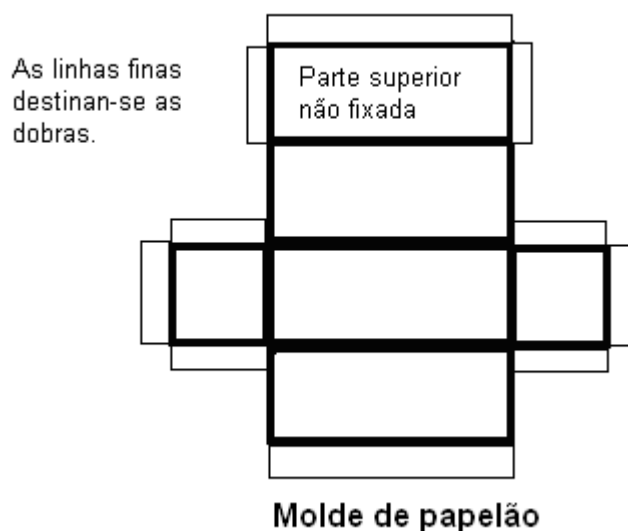


Figura 8: Esquema de recorte do molde de papelão.

Feito o molde, basta cortar as telas de acordo com o mesmo, fazer as dobras no formato da base de madeira e fixá-las com alguns percevejos, tendo o cuidado para que a base esteja totalmente revestida. Só não é necessário fixar a parte superior da tela, que servirá como uma tampa, para podermos colocar objetos em seu interior. Para que o aparato fique no formato de uma gaiola, essa parte

superior não fixada com percevejos deve ser dobrada de modo que permaneça fechada, o que é fácil de fazer com malhas de metal, pois essas são bem maleáveis.



Figura 9: Gaiolas de celulares de malhas diferentes.



Figura 10: Gaiolas com telefones em seu interior.

Funcionamento do aparato

O funcionamento desse experimento é bastante simples. Estando as gaiolas isentas de vazamentos, ou seja, totalmente recobertas, basta abrir a tampa de metal, colocar algum aparelho de celular dentro da gaiola e fechar a tampa e verificar se o aparelho de celular está ou não fora de área. O procedimento deve ser feito nas duas gaiolas.

3.3 - Mapa conceitual sobre radiações eletromagnéticas

Além das atividades experimentais de demonstração construídas, consideramos essencial a elaboração de material escrito que contemplasse aspectos fundamentais das radiações eletromagnéticas, e auxiliasse a apresentação dos conceitos durante o trabalho a ser realizado em sala de aula.

O material escolhido foi um mapa conceitual, composto por diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos. Esses conceitos são dispostos seguindo uma hierarquização, partindo dos conceitos mais gerais (parte superior do mapa) para os mais específicos (parte inferior do mapa) (MOREIRA, 1980). Mapas conceituais são representações concisas das estruturas conceituais que estão sendo ensinadas e, como tal, provavelmente facilitam a aprendizagem dessas estruturas (MOREIRA, 1987).

A construção desse mapa seguiu indicações de artigos e livros sobre o assunto (MOREIRA, 1987) e da teoria de David Ausubel (MOREIRA e MASINI, 1982), e teve como base para os tópicos a serem evidenciados os assuntos que seriam abordados junto com as atividades experimentais de demonstração.

Para esse mapa confeccionamos algumas figuras gráficas, que poderiam auxiliar o estudante a ter uma noção de conceitos abstratos como, por exemplo, o campo magnético gerado ao redor de um fio percorrido por uma corrente elétrica e a propagação de uma onda eletromagnética. Elaboramos também um espectro

eletromagnético, contendo algumas das características físicas de cada uma das radiações eletromagnéticas, como energia, frequência e comprimento de onda, assim como exemplos de onde elas podem ser encontradas no nosso cotidiano.

Essas figuras foram reagrupadas junto com caixas de texto, as quais se relacionam uma com a outra por meio de setas, que seqüenciavam os conceitos explorados a partir de um conceito mais geral para conceitos mais específico.

O mapa em seu formato final pode ser visto a seguir:

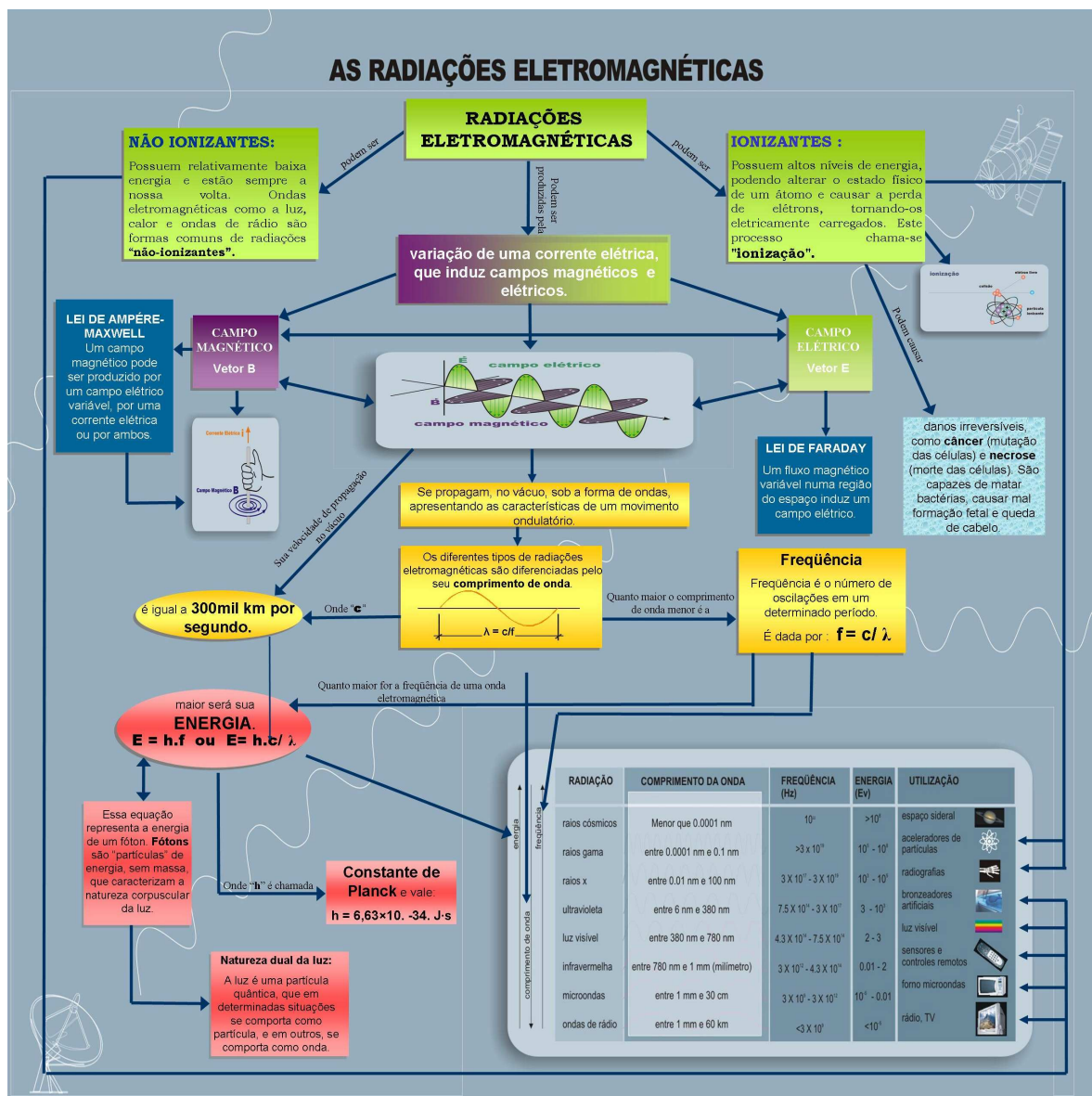


Figura 11: Mapa conceitual sobre radiações eletromagnéticas.

3.4- Trabalho realizado em sala de aula com o auxílio do material pedagógico produzido.

Terminada a confecção do planejamento de ensino para o trabalho de conceitos básicos sobre radiações eletromagnéticas, composto por três atividades experimentais de demonstração e um mapa conceitual, retornamos às mesmas salas de aula do ensino médio nas quais realizamos a sondagem inicial e começamos o trabalho cooperativo com os alunos.

Antes de levar o material até as salas de aula, elaboramos um plano de questões que fossem capazes de despertar o interesse dos alunos e dar início ao processo de interação social entre os participantes, servindo como subsídio facilitador de questionamentos básicos sobre os tópicos a serem explorados. Numa etapa de validação, esse plano, assim como todo o material e a estratégia para sua apresentação foram trabalhados com um grupo de dez alunos, também do terceiro ano do ensino médio, que não faziam parte de nossa amostra. Nessa validação, procurou-se verificar se as questões estavam bem formuladas para o contexto e se eram capazes de motivar os alunos a interagirem. Durante esse trabalho pode-se verificar que algumas questões poderiam ser modificadas, que as atividades experimentais e o mapa conceitual se completavam em muitos aspectos, que o tempo de duas horas era suficiente para o desenvolvimento do trabalho e que a linguagem utilizada durante as explicações necessárias e os textos do mapa conceitual estavam de fácil entendimento.

Após algumas correções no plano de questões (ANEXO 3) retornamos às salas de aula, onde inicialmente conversamos com os alunos sobre o trabalho que seria realizado naquele dia, deixando-os livres para fazer perguntas e interagirem a qualquer momento. Infelizmente só pudemos trabalhar com três das quatro turmas nas quais realizamos a sondagem inicial, devido a alguns problemas relacionados à reforma de uma das escolas.

O mapa conceitual foi fixado no quadro negro e os experimentos foram trabalhados sobre a mesa do professor. Pedimos para que os alunos fizessem

círculos de cadeiras ao redor dessa mesa e que aqueles que quisessem poderiam ficar em pé.

Iniciamos o trabalho fazendo um resumo dos conceitos existentes no mapa conceitual, e explicamos como os alunos deveriam se orientar para entender as ligações existentes entre os mesmos. Esse resumo durou cerca de quinze minutos, durante os quais falamos superficialmente sobre o que era uma onda eletromagnética, o que diferenciava uma onda da outra e algumas de suas utilizações no cotidiano. Feito isso, colocamos sobre a mesa a primeira atividade experimental a ser trabalhada, o “rádio roncador”. Primeiramente nomeamos todos os elementos que compunham a montagem. Durante essa nomeação já surgiram algumas perguntas sobre a bobina.

Nessa atividade experimental pretendíamos trabalhar conceitos relacionados à existência e produção de ondas eletromagnéticas, pois verificamos na sondagem inicial uma carência grande em relação a esses conceitos. Para isso foi preciso discutir tópicos básicos, alguns deles conhecidos pelos alunos, como a existência de um campo magnético ao redor de um fio percorrido por uma corrente elétrica variável, assim como a indução de um campo elétrico devido ao campo magnético variante originado ao redor do fio. Iniciamos então, perguntando aos alunos se eles sabiam o que era uma bússola.

A partir das respostas dos alunos, iam sendo feitas outras perguntas, muitas delas não presentes em nosso roteiro, dando um direcionamento no discurso para que eles pudessem ir construindo o conhecimento a partir de nossos comentários e de suas participações. Depois de explorados conceitos relacionados a bússola, que é um instrumento que se orienta pelo campo magnético terrestre, e de termos alguns exemplos sobre a utilização da mesma, pedimos a um aluno que raspasse o fio solto na lima, primeiro com as pilhas desligadas e depois com as pilhas ligadas. Perguntamos a eles o que eles estavam vendo. Nossa expectativa era que os alunos percebessem o movimento do ponteiro da bússola. Com isso pudemos começar a questionar sobre o surgimento de um campo magnético ao redor do fio, quando o circuito era fechado na lima, que interferia na orientação da bússola. Com o auxílio do mapa conceitual, pudemos explorar os conteúdos

referentes a indução de campos magnéticos e elétricos variáveis e sua propagação no espaço sobre forma de ondas, visto que esses assuntos estavam contemplados e inter-relacionados. Toda vez que recorriamos ao mapa pedíamos para os alunos que tentassem, a partir do último tópico explorado no mesmo, chegar até o tópico que tratasse do assunto discutido naquele momento.

Ligamos o radinho AM e começamos a questionar qual era sua função no experimento. Perguntamos o que eles achavam que iria acontecer se eu raspasse o fio na lima e se eu só encostasse o fio na lima estando o rádio ligado.

Depois de ouvir algumas idéias dos alunos as colocamos em prática, e eles puderam ouvir o ruído emitido pelo rádio quando o fio era raspado na lima. Perguntamos então o que chegava até o rádio para ele emitir esses ruídos e porque esses ruídos só ocorriam durante a raspagem do fio. Conseguimos evidenciar a produção de uma onda eletromagnética a partir de uma corrente variável e sua captação pelo rádio.

Começamos a fazer perguntas sobre o que ocorreria se colocássemos alguns anteparos entre o rádio e a montagem, e onde deveríamos colocar o rádio para ouvir melhor os ruídos. Deixamos os alunos operarem o equipamento durante essa etapa para que pudessem verificar qual era o melhor local para se ouvir os ruídos. Nossa intenção nesse momento era que eles percebessem que a bobina, a que suscitou questões durante a apresentação dos componentes do aparato experimental, funcionava como uma antena que intensificava o sinal produzido. A segunda atividade experimental trabalhada foi o “Emissor-Receptor de ondas eletromagnéticas”. Iniciamos a apresentação mais uma vez identificando cada elemento que compunha o emissor e o receptor. Nesse aparato pretendíamos trabalhar de forma mais clara a transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas, assim como sua propagação pelo espaço.

Iniciamos a apresentação perguntando quais eram as semelhanças existentes entre esse e o primeiro experimento apresentado. De acordo com as semelhanças físicas apontadas pelos alunos, fomos perguntando sobre as funções de cada elemento no circuito, direcionando os alunos para que eles mesmos pudessem, fazendo associações à primeira atividade, descobrir qual era

o papel de cada elemento no circuito. Depois perguntamos o que acontecia quando a manivela era girada e, após as respostas, pedimos aos alunos para que fizessem alguma associação desse efeito com o ocorrido na experiência anterior. Nesse momento pudemos evidenciar os conceitos relativos à produção de ondas eletromagnéticas com a variação de uma corrente elétrica. Nessa experiência ficou mais visível a variação da corrente elétrica, pois a distância entre os dentes da serra eram bem mais visíveis do que os sulcos da lima. Pedimos para que um dos alunos aproximasse as duas bobinas frente a frente e, para outro aluno, que girasse a manivela. Os alunos observaram o fenômeno ocorrido com a lâmpada, que permaneceu acesa enquanto o aluno girava a manivela. Perguntamos então como aquela luz poderia acender se ela não estava ligada a nenhuma pilha ou tomada, para verificar se eles iriam fazer alguma analogia com a propagação de ondas eletromagnéticas apresentado no primeiro experimento.

Perguntamos se eles achavam que as bobinas eram iguais e giramos o ponteiro do capacitor enquanto um aluno girava a manivela, fazendo com que a lâmpada apagasse. Pedimos para o aluno que continuasse a girar a manivela e ajustamos novamente o capacitor de modo que a lâmpada acendesse novamente. Nesse momento foi necessário realizar diversas intervenções e refletir durante a ação para a escolha de perguntas e comentários que pudessem auxiliar os alunos a entenderem por que a lâmpada apagou quando alteramos a capacitância. Nesse momento pudemos tratar de conceitos relacionados à emissão e recepção de ondas eletromagnéticas, e com o auxílio do mapa conceitual iniciamos uma discussão sobre as diferentes frequências das ondas eletromagnéticas e sobre o conceito de ressonância, sempre fazendo associações com situações vivenciadas pelos alunos.

Inserimos pedaços de papelão entre as bobinas e perguntamos aos alunos o que eles achavam que iria acontecer. Mesmo com a inserção desses objetos a transmissão ocorre. Com isso questionamos se haveria transmissão se em vez de ar atmosférico existisse um vácuo entre as bobinas. Recorremos novamente ao mapa conceitual para falar sobre a velocidade de propagação dessas ondas, e sobre o fato de não necessitarem de um meio material para se propagarem.

Perguntamos aos alunos que tipos de transmissão ocorrem no vácuo e quais aparelhos eles conhecem que funcionam com transmissões parecidas com essa, tanto no vácuo como em nossa atmosfera. Nesse momento tivemos uma série de exemplificações interessantes, algumas delas errôneas, mas que com o auxílio de novos comentários e questionamentos puderam ser corrigidas.

Iniciamos o trabalho com a terceira e última demonstração experimental, a “Gaiola de celulares”. Mais uma vez, explicamos quais eram os elementos que compunham aquela montagem, e além das duas gaiolas levamos um pedaço de tela de nylon e um pedaço de papel alumínio. Pedimos três celulares de diferentes alunos, os quais foram colocados sobre a mesa. Fizemos uma ligação para cada um deles verificando que estavam funcionando perfeitamente. Perguntamos se eles sabiam o que ocorreria se os celulares fossem colocados dentro da gaiola com a malha maior, porém, ninguém soube responder. Colocamos, então, os celulares, um por vez, dentro dessa primeira gaiola. Ligamos novamente para cada um dos celulares. Em uma das escolas um dos telefones já não funcionou dentro dessa gaiola. Acreditamos que isso possa ter ocorrido devido ao fato de essa escola estar localizada numa região afastada do centro da cidade, onde o sinal de certas operadoras de telefonia móvel pode ser deficiente. Colocamos então os telefones dentro da segunda gaiola, com a malha de um centímetro. Todos os telefones testados ficaram fora de área, ou seja, não estavam recebendo as ondas eletromagnéticas emitidas pela antena emissora. Perguntamos então qual era a diferença entre as duas gaiolas, o que era fácil de ver pelos tamanhos das malhas. Então perguntamos aos alunos porque o celular funcionava dentro da primeira gaiola e não funcionava dentro da segunda. Nesse momento recorremos ao mapa conceitual e trabalhamos conceitos relacionados ao comprimento de onda, característica que diferencia uma onda da outra. Ainda seguindo o mapa, falamos mais uma vez da frequência e da energia dessas ondas. Cada vez que tratamos cada uma dessas características físicas, mostrávamos as grandezas referentes a cada uma das radiações no espectro eletromagnético. Pegamos a malha de nylon, que era da ordem de milímetros, e perguntamos aos alunos se o celular funcionaria envolvido por essa malha. Após algumas repostas dos alunos,

testamos o celular envolvido pela malha de nylon e verificamos que ele funcionava. Envolvermos os celulares em uma folha de papel alumínio e perguntamos o que ocorreria. Nessa etapa pudemos enfatizar que o que não permitia que o telefone funcionasse dentro da segunda gaiola não era apenas o tamanho da malha, mas também o material de que essa era feita, tendo esse que ser metálico.

Associamos a atividade com algo que alguns alunos estão acostumados a operar ou já viram em algum lugar, perguntando a eles se já haviam reparado que na porta dos fornos de microondas existe uma chapa repleta de pequenos furos. Perguntamos, então, qual seria a função daquela malha e de que material eles achavam que ela era feita. Nossa idéia era verificar se os alunos iriam fazer alguma associação com as gaiolas.

Terminadas as apresentações, deixamos os alunos à vontade para interagirem com os experimentos e com isso pudemos tirar algumas dúvidas e continuar conversando um pouco mais sobre os fenômenos abordados, visto que muitos alunos estavam bastante interessados no funcionamento e até mesmo na construção das atividades experimentais.

3.5 - Questionário final sobre radiações eletromagnéticas.

Duas semanas após o trabalho realizado com os materiais pedagógicos, retornamos às salas de aula para mais uma etapa de nosso trabalho, referente a um questionário final sobre radiações eletromagnéticas.

Esse questionário (ANEXO 2) seguiu os mesmos padrões do questionário inicial de sondagem, sendo composto por dez questões, das quais cinco eram de múltipla escolha e as outras cinco eram dissertativas.

Mais da metade dessas questões foram mantidas do questionário inicial, pois foram consideradas determinantes na escolha do material didático produzido e seriam essenciais para verificar se o material e a metodologia para sua utilização foram capazes de propiciar alguma mudança conceitual.

As outras questões que compunham o questionário final foram elaboradas de acordo com os conteúdos mais importantes que foram tratados durante as aulas com o material pedagógico.

Em certos casos, alguns questionários podem ter perguntas que sofram de infidelidade em seus resultados devido a sua localização no mesmo, podendo as últimas questões não serem respondidas com êxito devido ao cansaço ou falta de tempo por parte do entrevistado. Considerando essa possibilidade, fizemos três tipos de questionário, todos com as mesmas questões, porém com ordens diferentes.

Esse questionário foi validado com os mesmos alunos do terceiro ano do ensino médio que participaram da validação do material pedagógico e que não faziam parte de nossa amostra, e com professores de Física da UENF.

Consideramos, mais uma vez, que trinta minutos seria suficiente para que os alunos respondessem às questões.

Chegando as salas de aula, explicamos aos alunos que aquela seria mais uma etapa de nosso trabalho e que mais uma vez necessitávamos da sinceridade dos mesmos ao responder às questões. Enfatizamos que o objetivo desse questionário não era avaliar os alunos e sim a adequação e viabilidade do material pedagógico e da metodologia por nós utilizada, verificando se essas foram capazes de propiciar algum aprendizado por parte dos alunos. Esses questionários foram trabalhados com as três turmas nas quais realizamos o trabalho com o material pedagógico, totalizando 80 participantes. Cabe salientar que para efeitos de comparação dos resultados, só serão considerados os alunos que participaram das três etapas do processo: sondagem, atividades com material pedagógico e questionário final. Infelizmente não conseguimos realizar as outras etapas do trabalho com o Grupo 4, devido a problemas de reforma na escola.

Após a entrega dos questionários para os alunos, foram lidas todas as questões para sanar eventuais dúvidas referentes ao texto. Passados trinta minutos, alguns alunos ainda não tinham acabado, e liberamos mais dez minutos para que eles pudessem responder às questões com mais tranquilidade. Depois que todos os questionários foram entregues e recolhidos, agradecemos aos

alunos e professores pela colaboração durante todas as etapas de nosso trabalho e iniciamos a fase de análise dos resultados.

Capítulo IV

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Capítulo IV – Resultados e Discussões

Neste capítulo serão analisados os resultados alcançados com quatro grupos que participaram do trabalho em sala de aula sobre o ensino de radiações eletromagnéticas. Esses resultados foram obtidos durante o trabalho inicial com o questionário de sondagem, o trabalho em sala de aula e com o questionário final. A discussão desses resultados será feita de forma individual, quando determinada questão estiver presente em apenas um dos questionários, ou comparativa, quando determinada questão estiver presente nos dois questionários. Além disso, serão discutidos os resultados obtidos durante as gravações das falas dos alunos ocorridas no trabalho em sala de aula com o material pedagógico.

4.1- Resultados referentes ao questionário inicial de sondagem de concepções-prévias sobre radiações eletromagnéticas.

Quatro turmas do ensino médio, totalizando cento e dez entrevistados, responderam ao questionário inicial de sondagem de concepções-prévias sobre radiações eletromagnéticas (ANEXO 1). Para uma melhor análise dos resultados obtidos nessa etapa, que tinham o propósito de demonstrar o que os alunos sabiam sobre o assunto e de dar um direcionamento nos tópicos a serem trabalhados, as respostas foram caracterizadas em quatro patamares: Certa, Parcialmente correta, Errada e Não sei a resposta. Os participantes de cada turma foram nomeados de grupo um, dois, três e quatro, e os resultados serão apresentados por grupo e depois coletivamente. O percentual obtido nos dois últimos patamares, ou seja, as respostas assinaladas com “Não sei a resposta” e as respostas erradas foram somadas e totalizaram os resultados negativos. Essa

distinção feita dentre os resultados negativos em erradas e “não sei a resposta” foi feita apenas para tentar verificar qual o percentual de alunos que não possuía nenhuma noção sobre o assunto abordado na questão.

Os grupos foram escolhidos aleatoriamente e agora serão apresentados os resultados obtidos com o **Grupo 1**, composto por trinta e dois alunos. Esses resultados serão apresentados pela tabela 4.1.1 (ANEXO 4) e pelo gráfico a seguir:

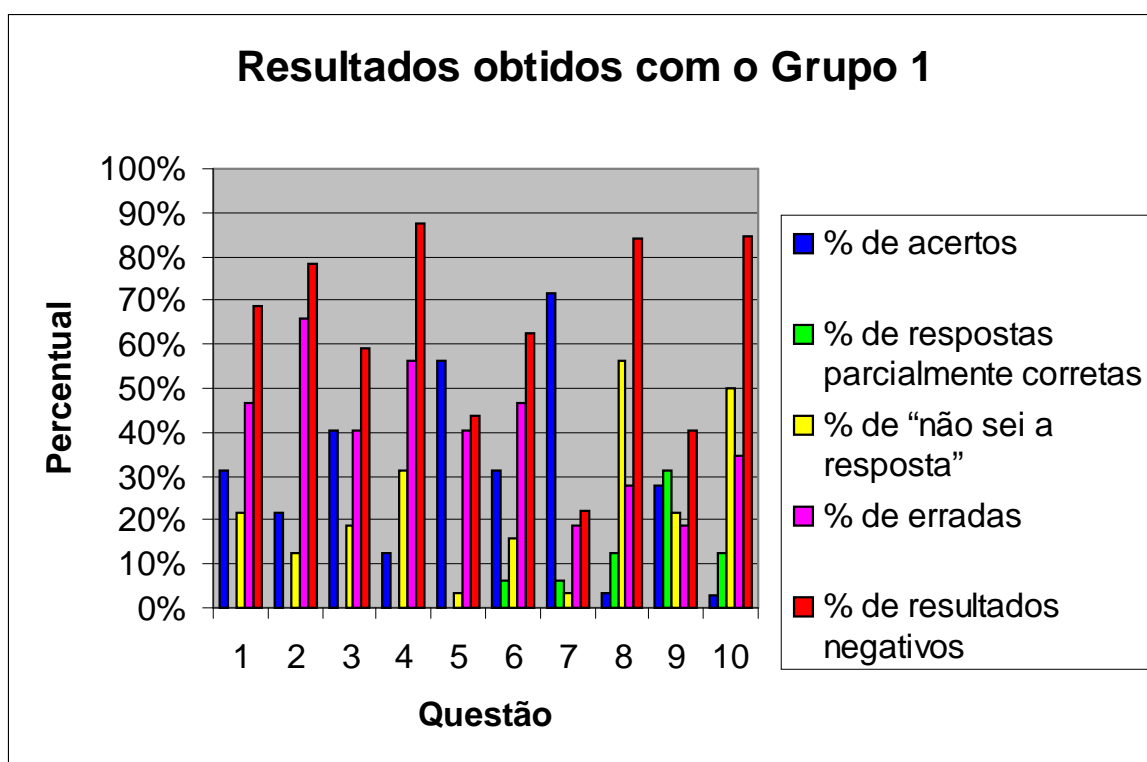


Figura 12: Resultados obtidos com Grupo 1 na sondagem de pré-concepções.

O Grupo 1 tinha aulas no período da manhã e era formado, em sua maioria, por adolescentes. Pertence a uma escola pública conceituada e de grande disputa de vagas por parte dos estudantes. Possui uma ótima estrutura, com professores concursados, bons laboratórios didáticos e alguns anos de tradição. Nesse grupo pudemos notar que sete das dez questões tiveram mais de cinquenta por cento de resultados negativos. Cabe salientar que nesse momento iremos fazer um breve

comentário sobre cada grupo de depois iremos fazer uma análise mais apurada sobre os resultados gerais de todos os grupos juntos.

O **Grupo 2**, composto por trinta alunos terá seus resultados iniciais demonstrados pela tabela 4.1.2 (ANEXO 5) e no gráfico a seguir:

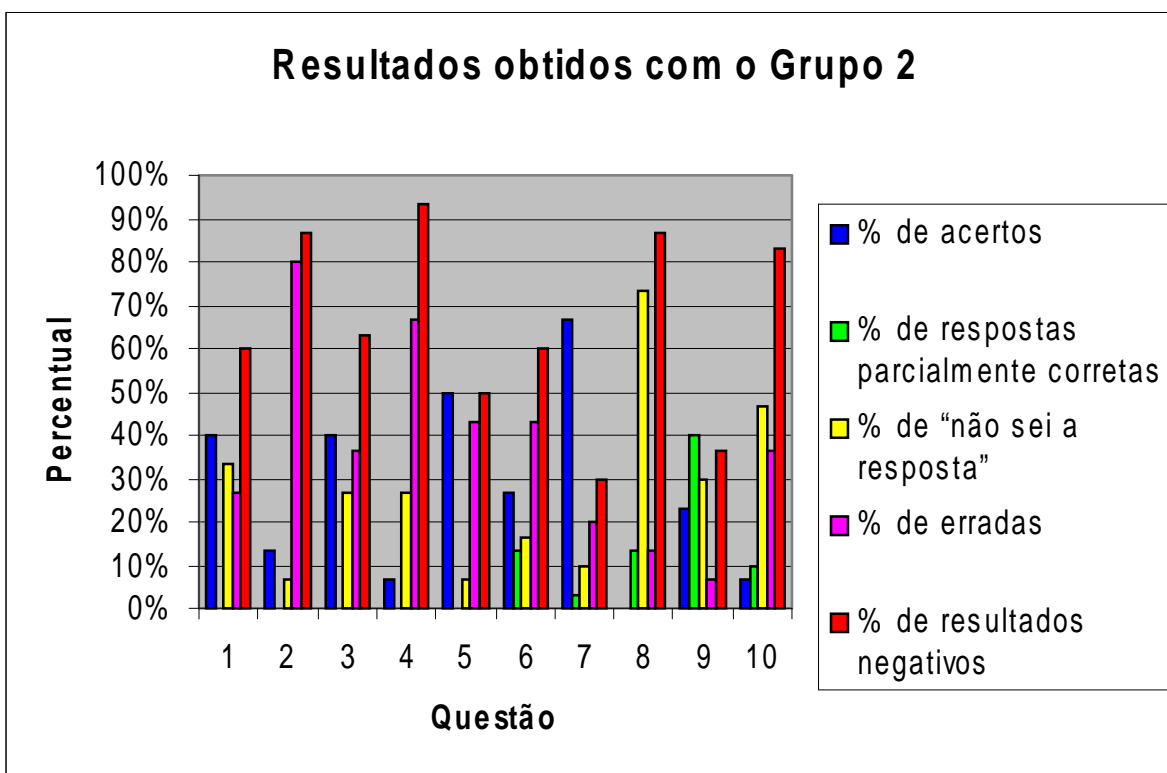


Figura 13: Resultados obtidos com o Grupo 2 na sondagem de pré-concepções.

O Grupo 2 tinha aulas no período da manhã e era formado integralmente por adolescentes. Pertence à mesma escola que o Grupo 1. Mais uma vez pudemos ver um grande número de resultados negativos, sendo que em apenas uma das questões os resultados positivos conseguem prevalecer sobre os resultados negativos.

Dando seqüência, vamos apresentar os resultados iniciais do **Grupo 3** composto por 22 alunos. Esses resultados podem ser vistos na tabela 4.1.3 (ANEXO 6) e no gráfico a seguir:

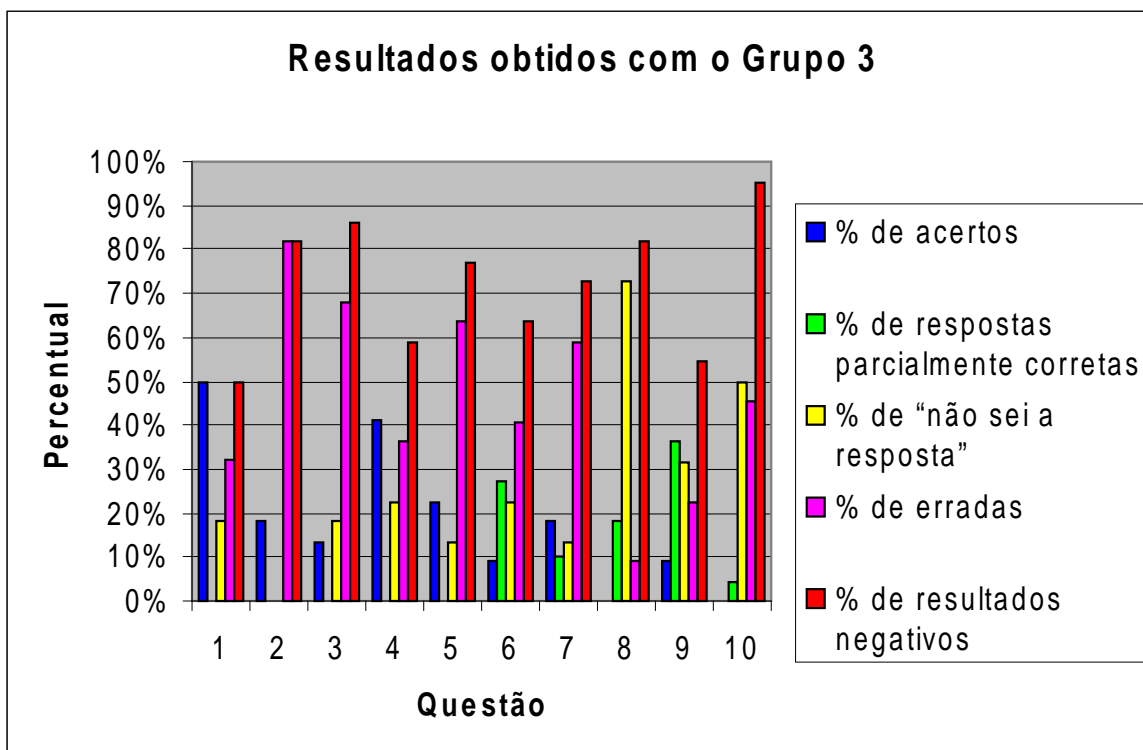


Figura 14 : Resultados obtidos com o Grupo 3 na sondagem de pré-concepções.

O **Grupo 3**, composto por 22 alunos, tinha aula no período noturno, com a maioria dos alunos sendo adultos e com um emprego fixo durante o dia. Pertence a uma escola localizada na periferia da cidade, com pouquíssima estrutura, salas de aula com paredes de madeira, muitas delas quebradas, e até mesmo sem quadro negro. **Não** possuía laboratórios didáticos. Esse ambiente era provisório, visto que o local original da escola estava passando por reformas gerais. Nesse grupo pudemos verificar que todas as questões tiveram um índice de resultados negativos iguais ou superiores a cinquenta por cento.

Na seqüência temos os resultados obtidos das respostas de 26 alunos correspondentes ao **Grupo 4**. Esses resultados também serão apresentados na tabela 4.1.4 (ANEXO 7) e no gráfico a seguir:

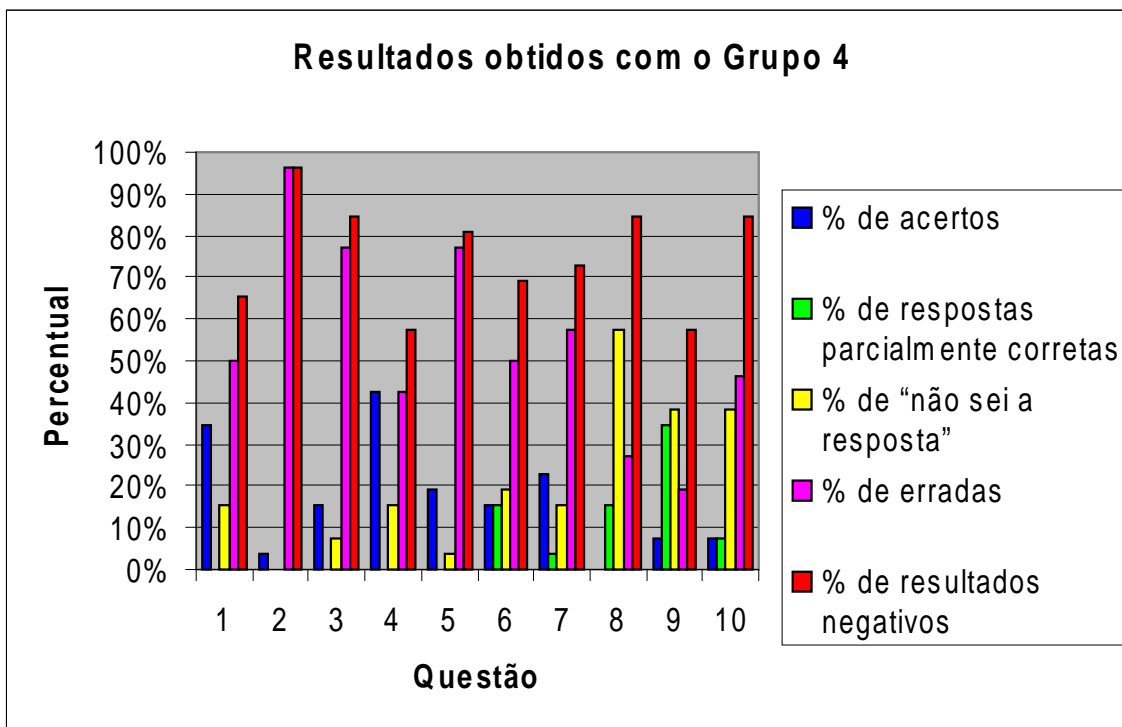


Figura 15: Resultados obtidos com o Grupo 4 na sondagem de pré-concepções.

O **Grupo 4**, composto por 26 alunos, tinha aula no período noturno, com a maioria dos alunos sendo adultos, e com um emprego fixo durante o dia. Pertence a mesma escola que o grupo 3. Nesse grupo fica evidente a mesma ocorrência das turmas anteriores com um alto índice de resultados negativos em todas as questões.

A seguir temos os resultados gerais que representam o somatório dos resultados obtidos com todos os grupos, totalizando 110 entrevistados. Mais uma vez esses resultados serão apresentados pela tabela 4.1.5 (ANEXO 8) e no gráfico a seguir:

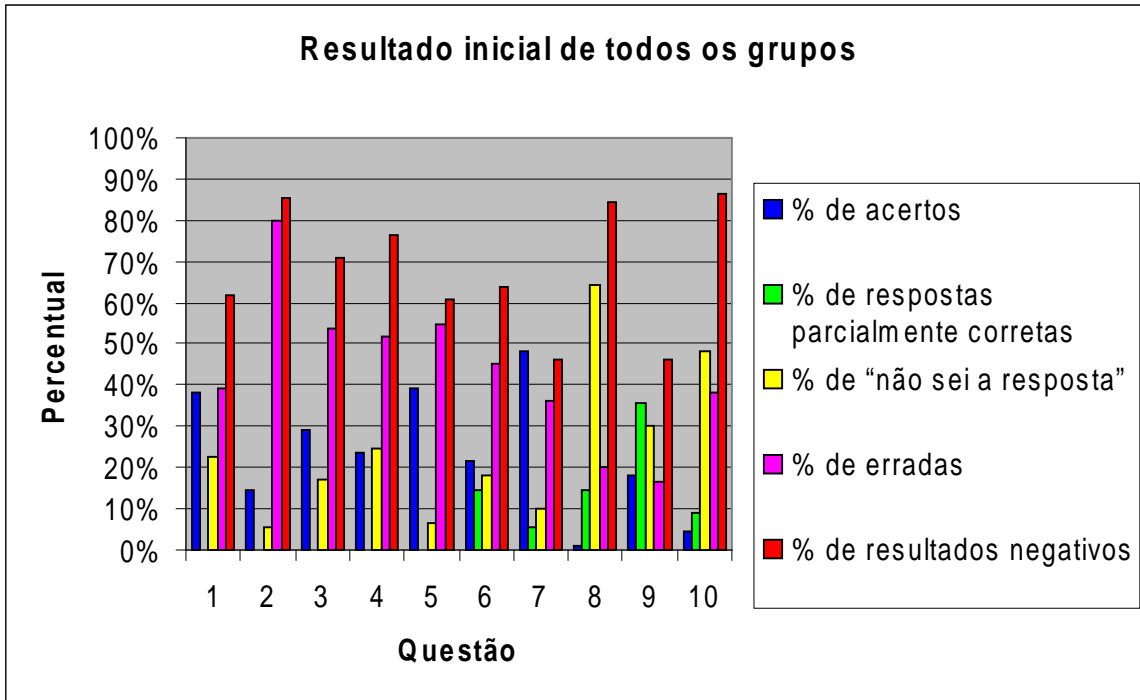


Figura 16: Resultados iniciais de todos os Grupos.

Nesse momento iremos fazer um comentário sobre os resultados obtidos em cada uma das questões, referentes aos resultados da soma de todos os grupos. Temos agora um grupo mais heterogêneo, no qual temos diferentes realidades vividas pelos alunos. Mais uma vez, pudemos verificar pelo gráfico anterior que o percentual de acertos em todas as questões pode ser considerado insatisfatório.

A primeira questão tinha como objetivo verificar se os alunos sabiam que o “sinal da televisão”, que é uma onda eletromagnética, se propaga com mesma a velocidade que a luz, sendo que essa também é uma onda eletromagnética. Essa questão aborda um conceito muito importante relacionado às radiações eletromagnéticas, a sua velocidade de propagação, que é a mesma para todos os tipos de ondas eletromagnéticas existentes e coincide com a velocidade de propagação da luz, ou seja, $300.000.000 \text{ m/s}$. Apesar de obtermos apenas 38,18% de respostas certas, essa questão foi uma das que teve um dos maiores números de acertos.

A questão número dois trata de um conceito físico conhecido com *Gaiola de Faraday* e trata de um experimento simples, que pode ser trabalhado facilmente

dentro de sala de aula. Nessa questão gostaríamos de verificar se os alunos iriam associar o fato de o rádio ter ficado mudo ao fato de não mais ter recebido o sinal provindo da antena emissora, devido a ele estar envolvido por uma folha de papel alumínio, que funciona como uma *Gaiola de Faraday*. Constatamos que muitos alunos acharam que o rádio ficou mudo porque estava dentro de recipientes fechados, como uma jarra de vidro ou uma caixa de sapatos, sendo que nesses locais, o aparelho continua recebendo o sinal da antena e emitindo som, mesmo que esse seja abafado pelas paredes do recipiente. Dentre as questões de múltipla escolha essa foi a que teve o pior resultado, com 85,45% de resultados negativos.

Na terceira questão abordamos uma característica importante das ondas eletromagnéticas, o fato de não necessitarem de um meio material para se propagarem, fato esse que as diferencia das ondas mecânicas como a onda sonora. Nas proximidades da lua não existe uma atmosfera como a terrestre, ou seja, não existe meio material para ondas mecânicas se propagarem, porém todas as ondas eletromagnéticas podem se propagar nessa região sem problema algum. A resposta correta para essa questão só pode ser “ondas sonoras”, visto que as outras respostas correspondem a ondas eletromagnéticas. Essa questão teve baixos índices de acertos, com 29,09% de respostas corretas.

A quarta questão trata do laser, muito utilizado para leitura de discos compactos, em cirurgias e nas canetas a laser, de fácil aquisição no mercado. Devido a sua vasta utilização achamos importante formular uma questão sobre o laser, mais especificamente sobre de onde ele provém, pois nos deparamos com crianças e adultos fazendo citações ao laser, sem saber o que ele é na verdade. O laser é uma luz monocromática, provinda da Amplificação da Luz pela Emissão Estimulada da Radiação. A resposta correta para essa questão é então, luz visível. Os resultados mostram um índice insatisfatório nessa questão com 76,35% de resultados negativos.

A quinta questão se refere à utilização do controle remoto, presente em muitas casas, e que envia informações para televisão através de uma onda eletromagnética, a radiação infravermelha, que é a alternativa correta para essa

questão. Nessa questão pretendíamos saber se os alunos acreditam que ao aumentarem o volume da televisão pelo controle remoto, a informação é enviada sob forma de onda sonora ou sob outro tipo de onda, e depois disso, qual tipo de onda eletromagnética transporta essa informação. Acreditávamos que essa questão seria uma das mais difíceis, porém ela obteve o segundo maior número de respostas corretas, alcançando 39,09% de acertos. Mesmo assim verificamos várias respostas referentes às ondas sonoras, evidenciando que alguns alunos desconhecem que os controles remotos enviam informações para a televisão através de radiações eletromagnéticas e acreditam que o volume da televisão aumenta devido ao envio de ondas de som.

A sexta questão tratou de um tema muito abordado, principalmente na época do verão, que é a exposição aos raios solares sem proteção, que pode causar sérios danos a nossa saúde. Grande parte dos alunos atribuiu o fato da menina ter se queimado devido à maresia, e com isso podemos verificar que isso é algo difundido culturalmente na região. Porém ainda tivemos uma parcela de alunos que acertou a questão, evidenciando que somente a barraca não filtra todos os raios solares e que os raios solares são refletidos pela areia e pela água da praia e atingem a menina debaixo da barraca. Ficamos surpresos quando um dos alunos fez um desenho dos raios refletindo na areia da praia e atingindo a garota debaixo da barraca. Tivemos algumas questões consideradas parcialmente corretas nessa questão, como por exemplo:

“Os raios solares são refletidos pela areia, que funciona no caso como um espelho, mesmo debaixo da barraca ela acabou se queimando”.

“Ao estar embaixo de uma barraca não significa que os raios solares não cheguem até ela. O guarda-sol nos permite estar menos exposta ao sol, pois alguns raios solares ultrapassam a cobertura e dependendo do tecido, uns ultrapassam mais do que os outros”.

“Ela foi queimada por ondas ultravioletas que saiu do sol, foi refletida pela areia e pela água, fazendo com que ela se queimasse”.

Para essa questão, esperávamos que o aluno destacasse tanto a reflexão ocorrida na areia como a passagem da radiação pelo tecido da barraca.

Na sétima questão abordamos mais uma vez a transmissão de sinais para o televisor. Dessa vez, gostaríamos de saber se o aluno achava que as informações de imagem e som viriam todas da antena emissora, ou se vinham da tomada. Obtivemos o maior número de acertos de todas as questões com 48,18% de acertos, resultado que chegou mais próximo de ser considerado satisfatório. Mesmo assim, verificamos que muitos alunos acreditam que o som provém da tomada e a imagem da antena, ou vice-versa. Algumas respostas erradas para essa questão podem ser vistas a seguir:

“Chega por ambas as coisas, principalmente pela torre que transmite para a antena a eletricidade para que chegue o som”.

“Por ambas, o som chega pela tomada, e a imagem pela antena”.

A oitava pergunta tratava das portas automáticas que abrem e fecham com a nossa aproximação encontradas em drogarias, shopping centers e outras lojas. Pretendíamos saber se os alunos sabiam qual o efeito físico associado à abertura e fechamento dessas portas e por que isso acontecia. O fenômeno responsável é o efeito fotoelétrico que utiliza uma das radiações eletromagnéticas, mais especificamente a luz, que ao atingir determinados metais dentro de células fotoelétricas, retira elétrons desses metais sendo que os componentes eletrônicos da célula fotoelétrica controlam a energia da corrente elétrica necessária para que as portas se abram. Essa questão teve o menor índice de acertos, apenas 0,91% de nossa amostra e o maior índice de “não sei a resposta”, com 64,54%. Apesar de grande parte dos jovens participantes já ter se deparado com a situação a qual a questão se relacionava, verificamos que eles praticamente nunca ouviram falar sobre o efeito fotoelétrico. Tivemos algumas respostas consideradas parcialmente corretas como, por exemplo:

“Ela tem um tipo de sensor embutido nela. Quando uma pessoa passa para frente ou para em frente dela, ela detecta o sinal e abre”.

“Ela tem um tipo de sensor que é acionado quando uma pessoa se aproxima, fazendo com que a porta se abra, devido ao calor produzido pelo corpo”.

Pudemos ainda nessa questão confirmar que algumas pessoas fazem associações a determinados fenômenos com o raio laser, como citamos na questão número quatro:

“São lasers que postos em cima da porta, fazem a porta se abrir ao chegar perto dela”.

“Porque geralmente tem um sensor laser antes da porta que detecta quando passa uma pessoa, e a porta se abre”.

A penúltima questão se referia a um fato muito comentado em jornais e revistas, que foi o pouso de duas sondas terrestres no planeta Marte para coleta de informações sobre características do planeta. Nessa questão pretendíamos verificar se os alunos sabiam como as informações têm sido enviadas dessas sondas até o nosso planeta. Apesar de termos um número de acertos de 18,18%, tivemos o maior índice de respostas consideradas parcialmente corretas, com 35,45%, pois muitos alunos responderam que era uma transmissão similar à feita pelos satélites, o que não deixa de ser verdade. A resposta correta para essa questão está relacionada às ondas eletromagnéticas, mais especificamente à transmissão de microondas. Pudemos constatar nessa questão que alguns alunos possuem a idéia de que para a transmissão de informações é necessário um meio material. Isso pode ser visto nas falas a seguir:

“Através de satélites conectados em redes de Internet”.

Na última pergunta abordamos a utilização dos fornos caseiros de microondas, cada dia mais comuns e mais utilizados por nós. Pretendíamos verificar se os alunos sabiam ou perceberam que as microondas dentro do forno só atuam sobre moléculas de água e gordura presente nos alimentos. Com isso, o copo com água iria ficar mais quente, pois a água esquentaria devido à ação das microondas e por condução trocariam calor com o copo. Já o outro copo, permaneceria à temperatura ambiente, pois as microondas não aquecem o vidro. Apesar de não ter tido o menor número de respostas corretas, essa questão obteve o maior número de resultados negativos com 86,36%. Verificamos que muitos alunos acreditam que as microondas atuam de mesma forma em materiais diferentes, visto que muitos deles responderam que os dois copos ficariam a mesma temperatura. Além disso, muitos alunos fizeram comparações com a quantidade de massa em cada copo para responderem a pergunta. A seguir temos algumas respostas para essa questão:

“Ficaram à mesma temperatura, como são feitos de mesmo material, conduzem o calor em igual proporção”.

“Acho que vão ficar a mesma temperatura. Porque ficaram o mesmo tempo e o material do copo é igual”.

“O copo com água ficará mais quente pois ele tem mais volume para esquentar”.

“O copo com água ficará mais quente, pois serão (a água e o copo) aquecidos, e a soma de seu aquecimento será maior do que o que está sem água”.

Analisando os resultados obtidos nessa sondagem e verificando um grande número de erros em todas as questões, pudemos concluir que os alunos do ensino médio, participantes de nossa pesquisa, possuem uma grande carência de conhecimentos relacionados aos diferentes tipos de radiações eletromagnéticas existentes, e também sobre onde elas vêm sendo empregadas, associadas ao uso de tecnologias. Esses resultados nos incentivaram a continuar com nosso

propósito de construir um material didático para o ensino de conteúdos básicos relacionados às radiações eletromagnéticas, e serviram como elemento orientador para a escolha do material a ser construído e dos tópicos a serem trabalhados. Como foi evidenciada uma carência de conhecimentos em todas as questões, escolhemos abordar os tópicos mais elementares sobre radiações eletromagnéticas, visto que não seria possível tratar de um conteúdo mais específico, como efeito fotoelétrico e raios laser, se os alunos não possuísem conhecimentos sobre geração, transmissão, recepção e características físicas como comprimento de onda, frequência e velocidade de propagação.

4.2- Resultados referentes ao questionário final sobre radiações eletromagnéticas

O questionário final, respondido pelos alunos após o trabalho realizado em sala de aula com os materiais pedagógicos, foi desenvolvido com três das quatro turmas iniciais do terceiro ano do Ensino Médio, totalizando oitenta entrevistados. Devido a problemas de reforma em uma das escolas, não foi possível realizar o trabalho com os materiais pedagógicos em uma das turmas. Com isso, esse grupo não fará parte resultados finais. Serão apresentados os resultados referentes aos Grupos um, dois e três, participantes de todas as etapas do trabalho assim como uma comparação entre os resultados iniciais e finais desses grupos. Os resultados serão apresentados seguindo o mesmo padrão de caracterização de respostas utilizado para os resultados da sondagem inicial.

Somando os alunos dos três grupos representativos de nossa amostra, inicialmente participaram do trabalho 84 alunos e nessa etapa final 80 alunos. Dois alunos do Grupo 2 e dois alunos do Grupo 3, participantes da sondagem inicial, não participaram das etapas finais do trabalho. Para efeitos de comparação será apresentado um gráfico, com os resultados obtidos na sondagem inicial, contendo apenas o resultado geral dos grupos 1, 2 e 3, pois só esses três grupos participaram de todas as etapas do trabalho. Esses resultados obtidos inicialmente com 84 alunos podem ser vistos na tabela 4.2.1 (ANEXO 9) e no gráfico a seguir:

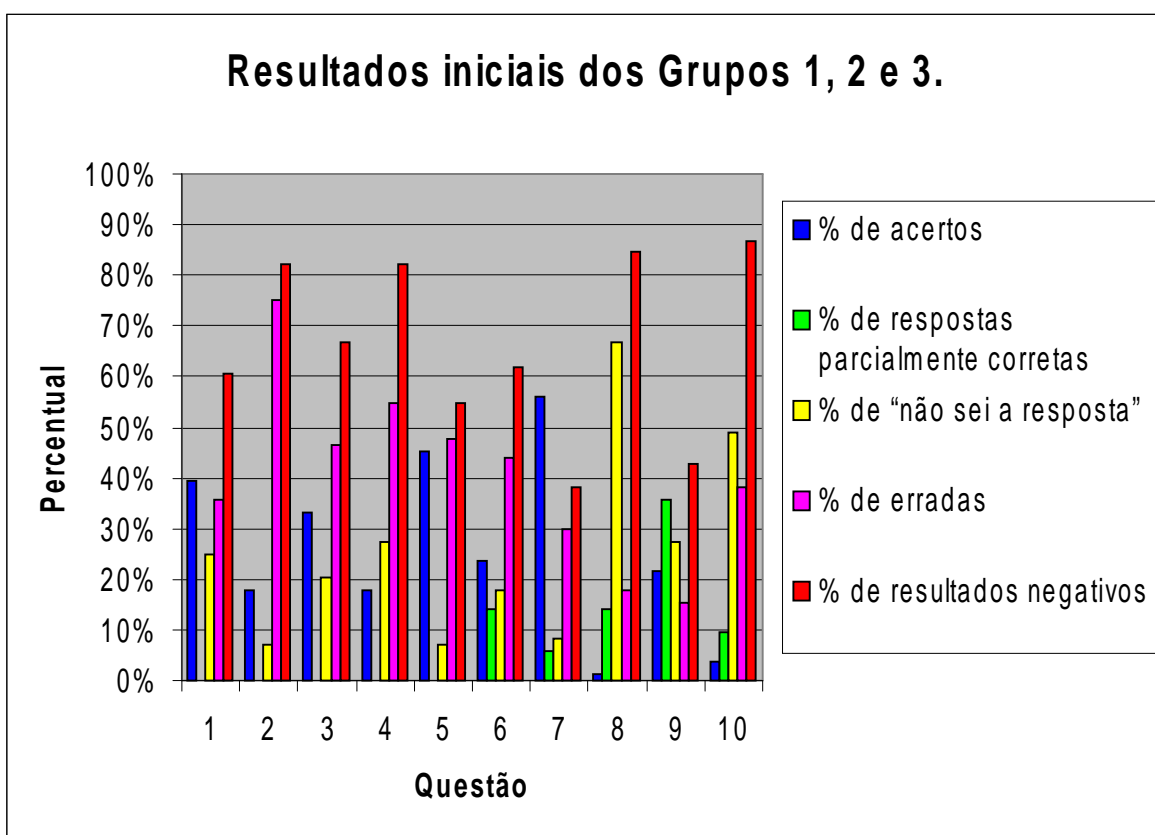


Figura 17: Resultados obtidos na sondagem com os Grupo 1, 2 e 3.

A partir de agora vamos começar a analisar os resultados obtidos após o trabalho pedagógico. A seguir temos os resultados obtidos das respostas de 32 alunos correspondentes ao **Grupo 1**, que podem ser vistos na tabela 4.2.2 (ANEXO 10) ou no gráfico a seguir:

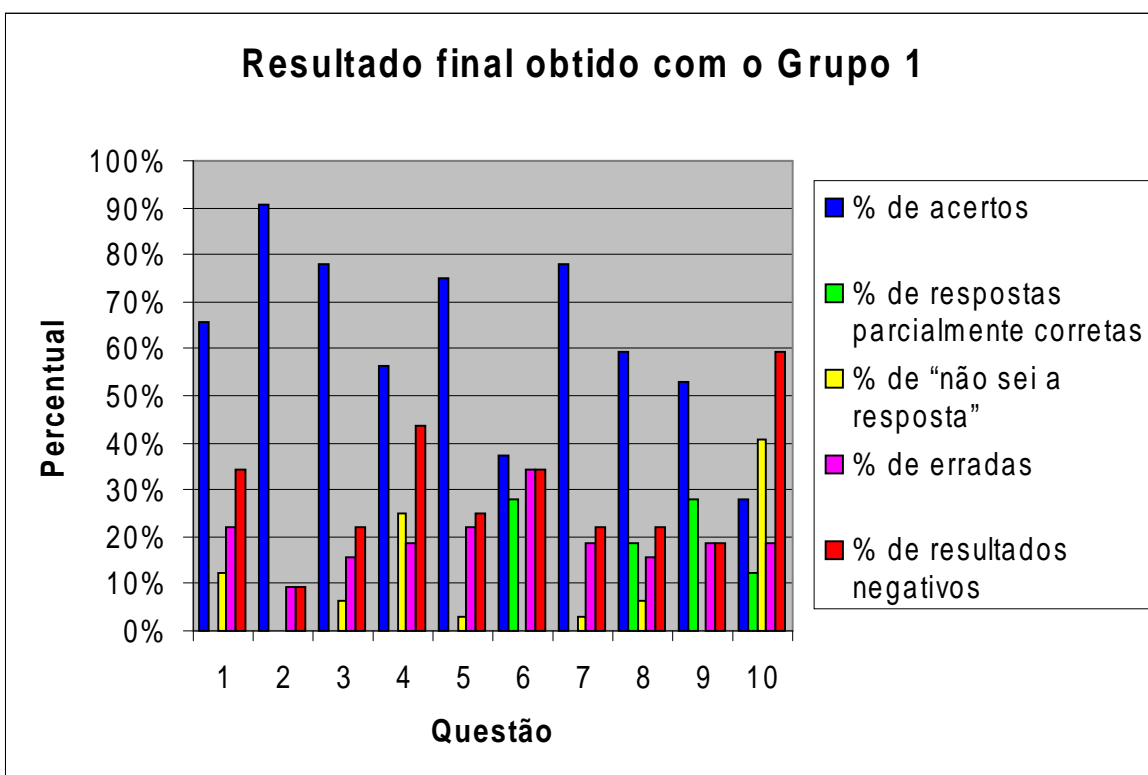


Figura 18: Resultados obtidos no questionário final com o Grupo 1.

Mais uma vez vamos fazer um breve comentário sobre os resultados de cada grupo e depois uma análise mais apurada do resultado geral correspondente a somatória de todos os grupos.

Podemos claramente verificar um bom índice de acertos em pelo menos metade das questões. Somente na última questão, o número de resultados negativos ultrapassou a quantidade de resultados positivos.

A seguir temos os resultados obtidos das respostas de 28 alunos correspondentes ao **Grupo 2**, que podem ser vistos na tabela 4.2.3 (ANEXO 11) e no gráfico a seguir:

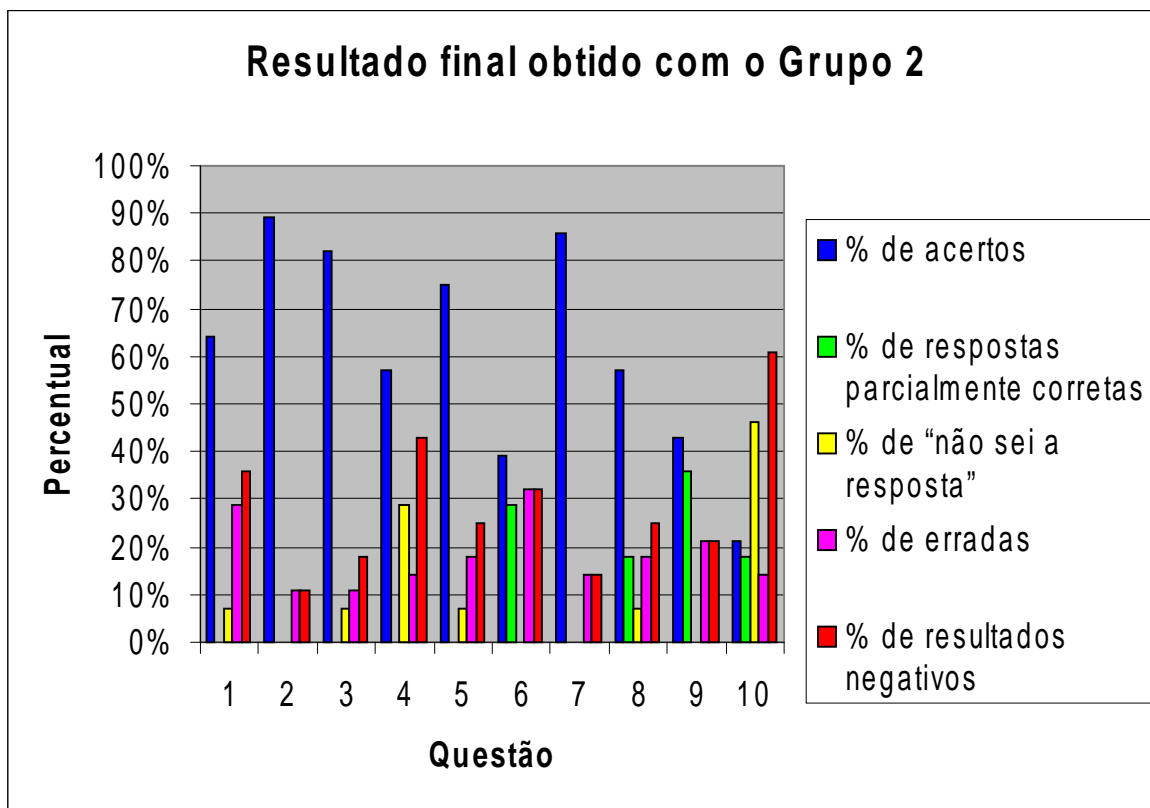


Figura 19: Resultados obtidos no questionário final com o Grupo 2.

Esse grupo era formado inicialmente por trinta alunos, porém dois deles não participaram de todas as etapas de nosso trabalho. Novamente podemos ver que a porcentagem de acertos superou a porcentagem de erros na grande maioria das questões.

Dando seqüência, temos os resultados obtidos das respostas de 20 alunos correspondentes ao **Grupo 3**, que podem ser vistos na tabela 4.2.4 (ANEXO 12) ou no gráfico a seguir:

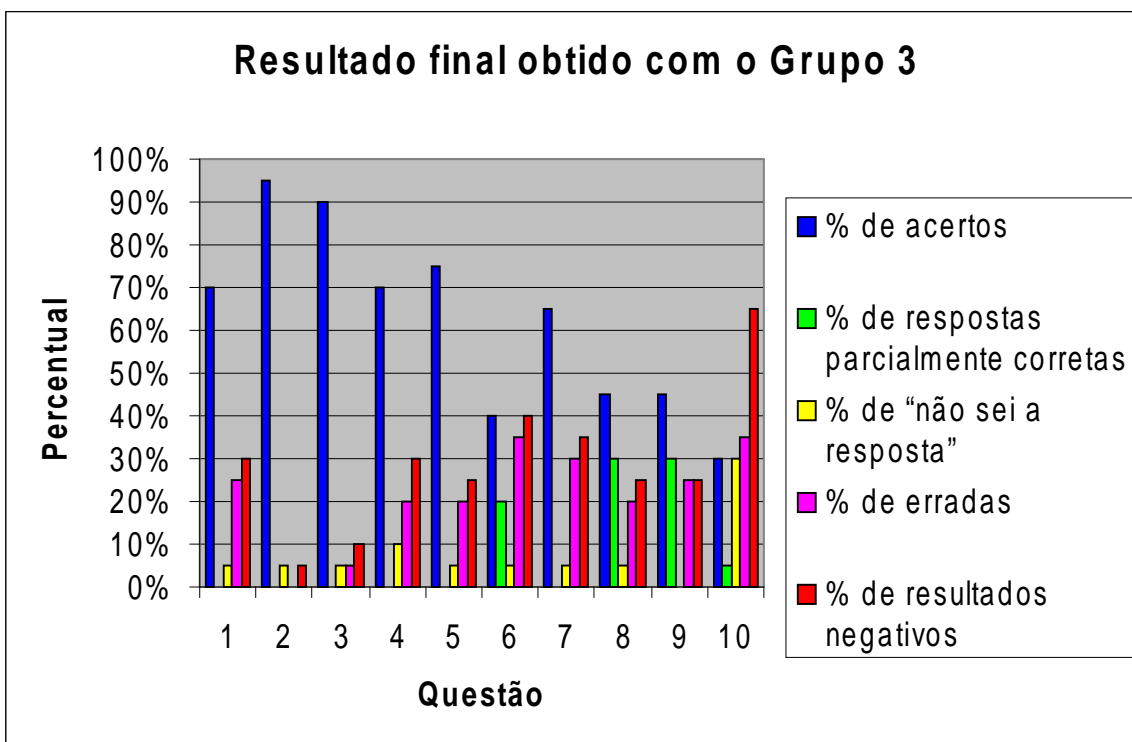


Figura 20: Resultados obtidos no questionário final com o Grupo 3.

Nessa etapa final, esse foi o único grupo que sobrou da escola que tinha as condições de ensino menos privilegiadas. Infelizmente não conseguimos realizar as outras etapas do trabalho com o Grupo 4, devido a problemas de reforma na escola. O Grupo 3 teve ainda uma redução de dois alunos em relação aqueles que participaram da sondagem inicial, visto que esses dois alunos não participaram de todas as etapas do trabalho. Podemos mais uma vez verificar que a maioria das questões teve bons índices de acertos.

Agora vamos analisar os resultados obtidos das respostas de 80 alunos correspondentes à soma de todos os grupos, que podem ser vistos na tabela 4.2.5 (ANEXO 13) e no gráfico a seguir:

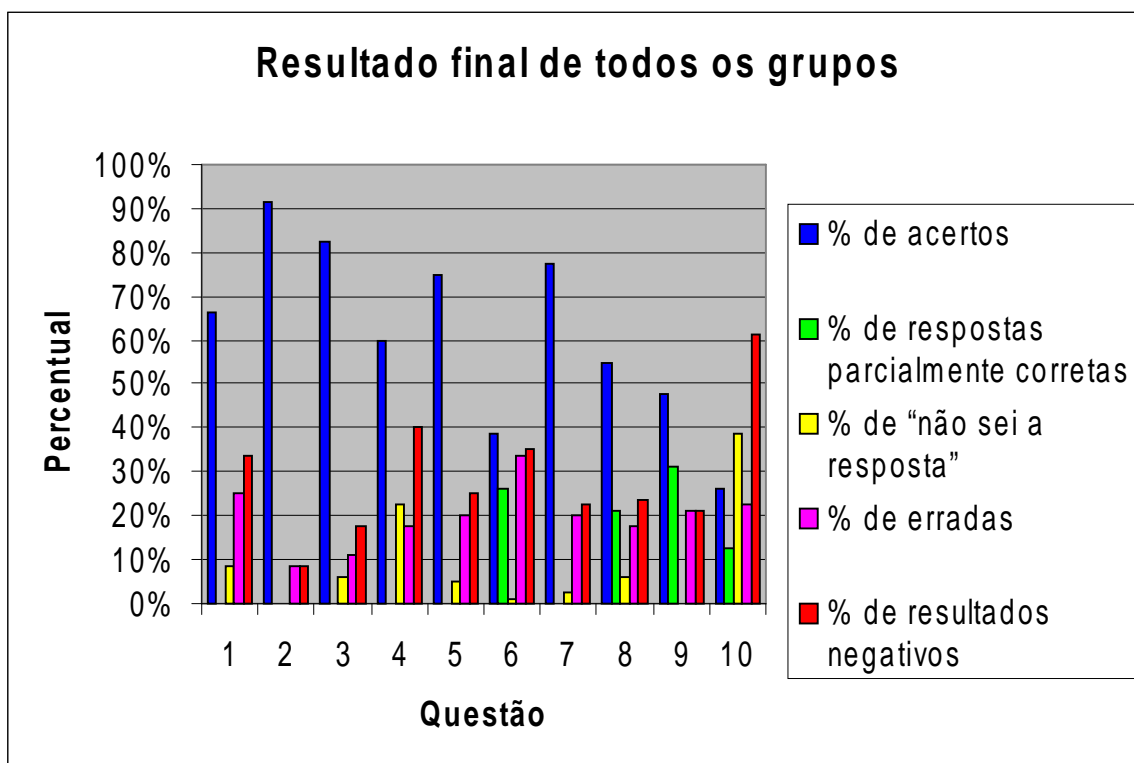


Figura 21: Resultado final de todos os Grupos.

Podemos constatar que sete das dez questões tiveram um índice de acertos acima de cinquenta por cento. Além disso, somente a questão número dez obteve mais resultados negativos do que positivos. Vamos agora fazer uma análise individual de cada uma das questões.

A primeira questão, também presente no questionário inicial, tinha como objetivo verificar se os alunos, após o trabalho com o material pedagógico, sabiam que o “sinal da televisão”, que é uma onda eletromagnética, se propaga com mesma velocidade que a luz. Nessa etapa essa questão obteve um índice de acertos 66,25%, sendo esse um bom resultado, visto que na primeira etapa esses mesmos alunos acertaram apenas 39,28%.

A segunda questão, que fazia parte do questionário inicial, aborda um conceito físico conhecido com *Gaiola de Faraday* e trata de um experimento simples, que pode ser trabalhado facilmente dentro de sala de aula. Constatamos que muitos alunos, que inicialmente acharam que o rádio ficou mudo porque estava dentro de recipiente fechados, adquiriram a concepção de que o rádio não funcionaria envolvido por uma folha de papel alumínio. Essa questão obteve os melhores resultados dessa etapa, com 91,25% de acertos, sendo que na etapa inicial seus índices foram de 82,14% de resultados negativos. Pode-se atribuir tal resultado ao fato de um dos experimentos, a “Gaiola de celulares”, tratar desse tema com clareza, no qual foi feita uma comparação com o papel alumínio e outros materiais.

A terceira questão, também presente no questionário inicial, aborda uma característica importante das ondas eletromagnéticas, o fato de não necessitarem de um meio material para se propagarem, fato esse que as diferencia das ondas mecânicas como a onda sonora. Essa questão teve 82,5% de acertos. Foi um dos fatores mais enfatizados quando o trabalho didático se subsidiava no mapa conceitual, que continha o espectro com as radiações existentes e tratava da propagação dessas radiações pelo vácuo.

Dando seqüência à mesma linha de raciocínio, a quarta questão trata de uma característica comum a todas ondas eletromagnéticas se propagando no vácuo, a sua velocidade, fator esse que estava contemplado no painel. Esse aspecto foi considerado de suma importância para o entendimento de como determinadas informações são transmitidas com tanta rapidez por longas distâncias. Essa questão atingiu um índice satisfatório, com 60% de acertos.

A quinta questão tratava de uma característica física das radiações eletromagnéticas, que diferencia uma onda da outra, dando origem as suas nomeações específicas e sua disposição no espectro eletromagnético. Essa característica é o comprimento de onda, discutido durante o trabalho com o painel como os experimentos, principalmente nas “gaiolas de celulares”. Pode-se constatar que grande parte dos alunos conseguiu entender esse conceito, visto que a questão teve 75% de acertos.

A sexta questão pretende saber por que o som de um rádio é perturbado por ruídos durante uma tempestade repleta de raios e trovões. Nessa questão pretende-se verificar se os alunos compreenderam algo sobre geração de ondas eletromagnéticas com variações de corrente elétrica, no caso um relâmpago, e também sobre a captação de algumas frequências dessas ondas, geradas durante um relâmpago, pelo rádio. O primeiro experimento, “o rádio roncador” aborda, quase em sua totalidade, aspectos relativos à produção e captação de ondas eletromagnéticas. A seguir podem ser vistas algumas respostas certas para essa questão:

“Por causa do campo eletromagnético gerado pelos raios e trovões. Todo campo elétrico gera um campo magnético”.

“Pois sua antena capta os pulsos eletromagnéticos provocados pela descarga”.

“Por causa do campo eletromagnético gerado pela imensa descarga elétrica ocorrida nos raios”.

A sétima questão, presente no questionário inicial, aborda a transmissão de sinais para o televisor. Mais uma vez, pretende-se saber se o aluno achava que as informações de imagem e som viriam todas da antena emissora, ou se vinham da tomada. Na primeira etapa, essa questão obteve o maior número de acertos de todas as questões com 48,18% de acertos. Nessa etapa, o índice de acertos foi de 77,5%. Nessa questão não tivemos respostas consideradas parcialmente certas, visto que os alunos que acertaram a resposta compreenderam esse conceito em sua totalidade. Algumas respostas corretas dadas pelos alunos podem ser vistas a seguir:

“Pela antena, a tomada só fornece eletricidade”.

“Pela antena que recebe as ondas eletromagnéticas”

“O som e a imagem, sendo ondas, são captadas através da antena, que as capta de um satélite”.

A oitava questão, também presente no questionário inicial, refere-se ao pouso de duas sondas terrestres no planeta Marte para coleta de informações sobre características do planeta. Nessa questão pretendia-se verificar se os alunos sabiam como as informações têm sido enviadas dessas sondas até o nosso planeta. Na primeira etapa o número de acertos foi de 18,18%, e na segunda etapa foi de 55%. A resposta correta para essa questão está relacionada às ondas eletromagnéticas, mais especificamente à transmissão de microondas. Mesmo com essa evolução no percentual de respostas corretas, tivemos algumas respostas que demonstram que o aluno não compreendeu os aspectos relativos à transmissão de ondas eletromagnéticas, ou continua somente convivendo com suas pré-concepções. Algumas respostas erradas para essa questão podem ser vistas a seguir:

“Por ondas sonoras”.

“Por imagens de computador”.

Algumas respostas dadas à oitava questão demonstram o aprendizado de conceitos não pertinentes a essa questão, porém de suma importância:

“Por ondas eletromagnéticas, já que essas não precisam de um meio material para se propagarem”.

A penúltima questão, também presente no questionário inicial, tratou de um tema muito abordado, principalmente na época do verão, que é a exposição aos raios solares sem proteção, que pode causar sérios danos a nossa saúde. A porcentagem de alunos que evidenciou que somente a barraca não filtra todos os raios solares e que os raios solares são refletidos pela areia e pela água da praia, que é a resposta correta, foi de 47,5%. Apesar do resultado não ter tido mais de 50% de acertos, teve-se um grande percentual de respostas consideradas parcialmente corretas, nas quais os alunos enfatizavam apenas alguns dos dois aspectos citados na resposta correta, totalizando o maior índice de respostas dessa categoria entre todas as questões com 31,25%. A seguir podem ser vistas algumas respostas parcialmente certas:

“Os raios ultra-violeta. Foi porque o material da barraca não era adequado para bloquear totalmente os raios”.

“Os raios ultra violeta batem na areia e chegam na garota”

“A luz solar refletida pela areia. A luz do sol que bateu na areia foi refletida para todos os lados, portanto queimou a garota”

Além disso, tivemos algumas respostas referentes ao comprimento de onda dessa radiação como por exemplo:

“Isso aconteceu por causa da radiação solar, ela é muito pequena e consegue passar entre os micro furos da barraca, e também sendo refletida na areia”.

“Os raios ultravioletas. Foi possível porque esses raios serem "tão pequenos" que conseguem atravessar a barraca”

Nessa questão também se pode constatar que alguns alunos continuam somente com as suas concepções antigas sobre o assunto, dando o mesmo tipo de resposta da etapa inicial:

“A maresia, e com a quentura foi esquentando até ela queimar”.

A décima e última questão almeja saber se os alunos conhecem algum tipo de produção de ondas eletromagnéticas e como ele funciona. O objetivo dessa questão era verificar se os alunos conseguiriam descrever o processo de produção de uma onda eletromagnética, enfatizada no “Rádio roncador” e no “Emissor-receptor”. Os menores índices de acertos foram obtidos nessa questão, com resultados insatisfatórios, alcançando apenas 26,25% de acertos. Pode-se verificar que esse processo de geração pode não ter ficado claro para muitos alunos, pois essa questão obteve o maior índice de “não sei a resposta”, totalizando 38,75%. Apesar disso, pode-se verificar que alguns alunos recordaram o que foi feito nos experimentos e acertaram a questão:

“Variações de uma corrente elétrica, que induz campos magnéticos e elétricos sucessivamente”.

“Descargas elétricas. Qualquer descarga elétrica produz um campo eletromagnético”.

Alguns alunos tentaram até descrever o ocorrido nos experimentos:

“Passar um fio de cobre na lima ligada a um circuito elétrico. Isso ocorre porque há contato, não há contato, há contato, não há contato. Essa variação de corrente no contato que produz ondas eletromagnética”.

“Sim, ao ser ”fechado” um circuito elétrico, forma-se ao redor dos fios um campo magnético, que por sua vez faz um campo elétrico, e assim por diante...”

“Sim. Neste processo é utilizada uma lima e um circuito aberto. A lima servirá como uma chave para fechar o circuito. Ao se passar o fio rapidamente na lima, haverá uma produção de ondas eletromagnéticas variáveis, causarão interferência na captação do rádio”.

Comparando os resultados obtidos com os Grupos 1, 2 e 3 na primeira etapa e depois na última etapa, tem-se:

Questão de número	% de acertos	% de respostas parcialmente corretas	% de “não sei a resposta”	% de erradas	% de resultados negativos
1	38,18%		22,72%	39,1%	61,82%
2	14,54%		5,45%	80%	85,45%
3	29,09%		17,27%	53,63%	70,9%
4	23,63%		24,54%	51,81%	76,35%
5	39,09%		6,36%	54,54%	60,9%
6	21,81%	14,54%	18,18%	45,45%	63,63%
7	48,18%	5,45%	10%	36,36%	46,36%
8	0,91%	14,54%	64,54%	20%	84,54%
9	18,18%	35,45%	30%	16,36%	46,36%
10	4,54%	9,09%	48,18%	38,18%	86,36%

Tabela 5: Porcentagem inicial de acertos, parcialmente corretas, “não sei a resposta” e erradas de todos os Grupos.

Questão de número	% de acertos	% de respostas parcialmente corretas	% de “não sei a resposta”	% de erradas	% de resultados negativos
1	66,25%		8,75%	25%	33,75%
2	91,25%		0%	8,75%	8,75%
3	82,5%		6,25%	11,25%	17,5%
4	60%		22,5%	17,5%	40%
5	75%		5%	20%	25%
6	38,75%	26,25%	1,25%	33,75%	35%
7	77,5%	0%	2,5%	20%	22,5%
8	55%	21,25%	6,25%	17,5%	23,75%
9	47,5%	31,25%	0%	21,25%	21,25%
10	26,25%	12,5%	38,75%	22,5%	61,25%

Tabela 10: Porcentagem final de acertos, parcialmente corretas, “não sei a resposta” e erradas de todos os Grupos.

É notório nos resultados iniciais que nove das dez questões constituintes do questionário tiveram uma porcentagem maior de resultados negativos do que de respostas corretas, enquanto que nos resultados obtidos a partir do questionário final, esse quadro se inverte e apenas uma questão possui um percentual de resultados negativos maior do que o percentual de acertos.

Todas as questões que estavam presentes no questionário inicial e também no final tiveram um aumento significativo no número de respostas corretas. Dentre as questões que não faziam parte do questionário inicial, mas estavam presentes no questionário final, apenas a questão de número 10 não atingiu índices satisfatórios com 61,25% de resultados negativos. Algumas questões como a número 6 não tiveram um grande índice de acertos, porém seus resultados negativos foram menores do que o de acertos, com uma boa porcentagem de respostas consideradas parcialmente corretas.

Com esses resultados podemos afirmar que ocorreu aprendizagem por boa parte dos alunos sobre os conceitos físicos estudados, relacionados à natureza das radiações eletromagnéticas que estão presentes do seu dia-a-dia.

4.3 – Resultados obtidos durante as interações com alunos dentro das salas de aula.

Durante as aulas com o apoio do material pedagógico, foi possível verificar que a utilização de princípios da teoria de Vygotsky junto a esses materiais já começa a gerar bons frutos desde o início do trabalho. De acordo com que os alunos vão respondendo aos comentários e perguntas do pesquisador, eles já vão criando novas idéias em suas mentes. Se a idéia não for correta, cabe ao apresentador, formular uma nova questão que leve o aluno a chegar a uma concepção adequada.

Nessa etapa serão apresentadas algumas falas dos alunos, que foram consideradas como resultados do processo de interação social, que podem ser perguntas, comentários ou sugestões e que demonstram o início do aprendizado de conceitos relacionados às radiações eletromagnéticas.

Grupo 1

O primeiro exemplo que pode ser citado nesse sentido é o caso da bússola. Quando foi perguntado aos alunos sobre a função da bússola, um aluno disse: “*Indicar o norte*”. Então foi perguntado por que ela sempre indicava para o norte e alguém falou: “*Tem alguma coisa com a Terra*”. E outro aluno completou: “*É o campo magnético*”. Foi então perguntado por que o ponteiro da bússola mexia quando raspávamos o fio e um aluno disse: “*Tem que ter algum campo magnético próximo*”. Para surpresa do apresentador, um aluno apontou para uma figura do painel e perguntou: “*É o campo do fio da figura?*”.

Quando estava ocorrendo uma discussão sobre a interferência causada no rádio, foi perguntado aos alunos por onde o rádio captava essa interferência e alguns responderam que era pela antena. Essa idéia de captação de ondas eletromagnéticas foi enfatizada nesse momento e um aluno questionou: “*Então tudo que chega de informação é captado pela antena*”.

Durante a raspagem do fio sobre a lima um aluno falou: “*A lima é como uma chave que abre e fecha rapidamente*”.

Ao final da apresentação do primeiro experimento um aluno falou: “*Onda eletromagnética... vários campos elétricos e magnéticos*”.

Na segunda etapa com o “Emissor-receptor” os alunos inicialmente identificaram as semelhanças entre os dois experimentos.

Depois foi perguntado qual seria a função da roda dentada e um aluno disse: “*A mesma da lima, abrir e fechar o circuito*”. A partir daí foram feitas perguntas sobre a indução de campos e os alunos fizeram associações com o primeiro experimento, muitos deles respondendo corretamente sobre esses aspectos. Um exemplo ocorreu quando a manivela foi girada e foi perguntado o que ocorria ao redor do fio e um aluno respondeu: “*Vai ter campo magnético que vai induzir campo elétrico e que vai induzir campo magnético*”.

No terceiro experimento, quando foi perguntado por que o celular não recebia sinal dentro da segunda gaiola um aluno disse: “*Por causa do material dela*”.

Esse grupo teve uma boa participação durante nosso trabalho. A turma colaborou, não fez algazarra e demonstrou bastante interesse pelos experimentos, visto que alguns alunos pediram um roteiro de montagem dos experimentos para poderem reproduzi-los.

Grupo 2

Nesse grupo, durante a primeira explanação com o painel sobre radiações ionizantes e não ionizantes, um aluno perguntou: “*Mas microondas também causa danos?*”. Parece que nesse momento esse aluno entendeu que radiações não ionizantes não causavam danos, o que faz sentido uma vez que as microondas poderiam ser classificadas como tal. O fato não foi explicado pelo pesquisador no mesmo momento, e esse assunto foi explorado durante todo processo, para que os alunos conseguissem distinguir os dois tipos de radiações eletromagnéticas existentes. Durante uma dessas discussões uma menina disse: “*Então eu estou emitindo radiação agora*”. Nesse momento ocorria um comentário de que corpos que emitem calor emitem radiação infravermelha.

Nessa turma, quando foi perguntado sobre o que orientava a bússola um aluno respondeu consciente: “*O campo magnético da Terra*”.

Quando foi perguntado o que poderia ocorrer se o fio fosse raspado na lima, outro aluno respondeu com segurança: "*Vai dar interferência*". E foi perguntado por que ele achava que daria interferência. E ele respondeu: "*Vai raspar e vai gerar um campo que vai ter energia para ser captada pelo rádio*". Então foi perguntado, que tipo de campo? Um aluno respondeu que seria magnético, outros que seria um campo elétrico e a partir daí o apresentador foi fazendo comentários que pudessem auxiliar os alunos a formarem uma idéia correta, até que um aluno disse: "*São campos elétricos e magnéticos que como se fossem uma onda no ar, causam a interferência no rádio*".

No segundo experimento quando foi perguntado aos alunos o que surgiria ao redor do fio assim que o circuito fosse fechado os alunos responderam: "*um campo magnético*" e o pesquisador perguntou o que esse campo magnético variando daria origem, e mais uma vez os alunos disseram: "*um campo elétrico, e um vai ficar induzindo o outro até que eles se propagem como uma onda*". Esse comentário deixa bem claro que os alunos puderam, durante a apresentação do primeiro experimento, entender os conceitos que norteiam a geração simples de uma onda eletromagnética. Nessa montagem um aluno perguntou: "*Professor, essa onda que foi gerada nesse experimento é igualzinha a do outro*". A partir desse comentário foi possível começar a se falar com os alunos o que diferenciava uma onda da outra, seu comprimento de onda. Em determinado momento o apresentador disse: "*Você sabendo o comprimento da onda...*" e foi interrompido por aluno que completou: "*Você sabe caracterizar ela*". O apresentador perguntou aos alunos se eles achavam que as diferentes radiações de comprimentos de ondas variados tinham a mesma velocidade. A grande maioria deles achou que não, pois as ondas menores deveriam ser mais lentas. Com o auxílio do painel, pode-se comentar com os alunos que essas possuem a mesma velocidade de propagação no vácuo, e começar uma discussão sobre a frequência das ondas eletromagnéticas.

Quando o pesquisador iniciou o experimento das gaiolas de celulares, um aluno fez um comentário inusitado: "*Tem algo a ver com a tela do forno de*

microondas". E outra aluna perguntou: "*Do que é feita aquela tela*". Essas questões tiveram que ser feitas pelo apresentador em outras turmas.

Dando seqüência a esse experimento, o pesquisador perguntou o que poderia ocorrer com o celular se esse fosse colocado dentro da gaiola e um aluno disse: "*Vai ficar fora de área*". E foi lhe perguntado por que ele achava isso, então ele respondeu: "*A grade não vai deixar o telefone receber sinal*". Apesar de o aluno ter respondido certo, ele não sabia porque a grade impedia que o telefone não recebesse sinal. Esse conceito foi trabalhado até que um aluno, olhando para o painel, fez um comentário surpreendente: "*O celular dentro da gaiola de malha menor não é atingido pelos sinais da antena de celular, mas pode ser atingido por um raio gama, que tem comprimento menor e pode atravessar o furo da tela*". Isso evidencia um certo entendimento sobre os diferentes comprimentos de ondas característicos de cada radiação.

O trabalho com esse grupo foi o mais difícil de ser desenvolvido, devido ao fato de os alunos não estarem interagindo muito com o pesquisador, o que dificulta o trabalho com o referencial teórico escolhido. Apesar disso, pode-se verificar que esse grupo foi o que durante as apresentações deu o maior número de respostas corretas sobre o assunto.

Grupo 3

Mais um vez, o primeiro exemplo que pode ser citado nesse sentido é o caso da bússola. Quando foi perguntado sobre a utilidade da bússola, poucos responderam, e mesmo assim, lembraram de suas aulas de história, pois fizeram referências aos navegadores que descobriram a América e o Brasil. No experimento "Rádio roncador", o primeiro a ser trabalhado, a bússola foi desorientada pela raspagem do fio de cobre na lima. Foi então perguntado aos alunos o que aconteceu. Muitos deles responderam que o ponteiro da bússola mexeu, apesar de uma boa parcela de alunos ter observado as faíscas provocadas sobre a lima. Foi então perguntado: Por que o ponteiro da bússola mexeu? Um dos alunos respondeu: "*Por causa da corrente elétrica*".

A partir dessa resposta, foram feitos questionamentos sobre o que poderia ser induzido ao redor de um fio percorrido por uma corrente elétrica, até se conseguir que um dos alunos comentasse: *“Ah! O que faz a bússola mexer é o campo magnético, parecido com o da Terra”*.

Dando seqüência, um dos alunos perguntou qual era a função da bobina, e depois de ter sido esclarecido que a bobina estava ali para amplificar o sinal produzido um dos alunos perguntou: *“E se não tivesse a bobina, a bússola ia rodar também?”* Um outro aluno respondeu: *“É claro, a bobina só aumenta, o que faz a bússola girar é o campo em volta do fio”*. Esse comentário foi aprimorado pelo pesquisador, que explicitou que se a bobina fosse maior poderia interferir em aparelhos nas casas ao redor. Outra pergunta surgiu: *“Isso depende do fio?”* Outro aluno respondeu: *“do fio e da energia fornecida”*.

Quando o rádio foi ligado, foi perguntado o que ele recebia para emitir sons. Uma aluna respondeu: *“recebe um sinal”*. Depois foi perguntado o que ocorrerá quando o fio de cobre for raspado sobre a lima. Não tendo respostas, o efeito foi demonstrado e logo um aluno disse: *“interferência, dá interferência”*. E outro já comentou: *“esses rádios tem um bobina dentro”*. E aí foi perguntado como se poderia associar essa bobina existente dentro do rádio com a do nosso experimento. Um aluno arriscou *“a do experimento envia e essa recebe?”* Esse comentário foi reestruturado pelo apresentador, que comentou mais uma vez que se o experimento tivesse uma bobina grande, poderiam ter interferências nas casas ao redor. Um dos alunos comentou: *“Isso poderia influenciar na frequência da polícia ou do corpo de bombeiros”*. Então um aluno perguntou: *“Se o rádio estivesse um pouco mais longe não teria essa interferência?”* Foi feito o que ele disse para que os alunos pudessem ver que quanto mais o rádio se distanciava, menor era o ruído por ele produzido.

No segundo experimento, inicialmente foi perguntado quais eram as semelhanças entre essa montagem e a primeira. Os alunos responderam sobre alguns aspectos bem visíveis, porém um deles fez um comentário interessante: *“No primeiro, o circuito fechava com o fio na lima e aqui vai fechar com o jacaré nessa placa”*.

Em determinado momento foi perguntado o que ocorria de parecido com o primeiro experimento quando a manivela era girada. A primeira resposta foi: “*Tá saindo faíscas*”. Outro aluno comentou: “*Tá abrindo e fechando*”, relacionando a passagem de eletricidade pelo circuito. Então foi novamente perguntado o que ocorre ao redor de um fio percorrido por corrente elétrica, e logo foi respondido “*Aparece um campo magnético*”. Perguntou-se o que o campo magnético variando poderia produzir e um aluno disse: “*um campo elétrico e daí outro magnético e daí outro elétrico...*”.

O experimento foi colocado a funcionar e foi perguntado por que a lâmpada acendeu sem estar ligada à eletricidade. A primeira resposta foi: “*tem um campo magnético que vai de uma bobina para outra*”. O pesquisador perguntou se era apenas um campo magnético e uma aluna respondeu: “*tem um campo elétrico também que juntos se propagam de uma para outra*”.

Uma aluna perguntou: “*Nesse caso, se girar a manivela e ligar o radinho, dá contato?*”. O contato que ela disse se referia à interferência. Apesar desse processo não estar contido no planejamento, deixou-se que os alunos o realizassem, para verificar o que iria acontecer. Eles puderam verificar por si mesmos que ocorriam as interferências e mais uma vez foi pedido para eles explicarem o que estava ocorrendo. Neste momento alguns alunos explicaram o processo de produção simples de uma onda eletromagnética e sua captação pelo radinho.

Na terceira atividade, a “Gaiola de celulares”, depois que os alunos viram que o celular ficava fora de área dentro da gaiola, foi perguntado a eles se o celular funcionaria se a gaiola fosse revestida com tela de nylon ou papelão. Alguns alunos responderam que também não funcionaria. Então foi perguntado como é que os celulares deles funcionavam dentro daquela sala de aula se todas as janelas estavam cobertas com telas contra pernilongos. Um dos alunos disse: “*Então depende do material*”. E outro disse: “*Por isso que eu vi numa experiência que o celular não funciona no papel alumínio... tem que ser metálico?*”. Um outro aluno perguntou: “*Por que tem que ser de metal?*”. O apresentador auxiliou os

alunos a sanarem suas dúvidas fazendo algumas relações entre o campo elétrico da onda eletromagnética e sua difração num material condutor.

Quando o apresentador iniciou os comentários sobre por que os telefones funcionavam no interior da gaiola de maior malha e não funcionavam no interior da gaiola de menor malha um aluno comentou: *“A onda vinda da antena entra nessa gaiola, mas não entra naquela”*. Apontando para a gaiola de malha maior e de malha menor sucessivamente. Esse simples comentário facilitou o trabalho do conceito de comprimento de onda.

Terminadas as apresentações os alunos puderam mexer à vontade nos experimentos, o que deu origem a bons comentários e boas perguntas. A seguir temos alguns exemplos:

Um aluno querendo colocar a bússola próxima aos fios do outro experimento disse: *“Professor, então se eu colocar a bússola perto de qualquer fio desse com corrente ela vai mexer?”*.

Um aluno se referindo a bobina do receptor do experimento “Emissor-receptor” indagou: *“Nesse aqui, se enrolarmos um papel alumínio nessa bobina, também não vai chegar onda nele?”*. Com isso o apresentador fez essa adaptação improvisada no experimento e perguntou por que a bobina não recebia as ondas enviadas pelo emissor. Um aluno disse: *“Porque a onda é maior que os furinhos que a gente não vê no papel alumínio, e não consegue passar e também porque ele é de metal”*.

Um aluno fez um comentário interessante sobre um fato ocorrido em sua casa: *“Quando eu coloco o celular para carregar, dá interferência no rádio. Quando eu tiro o carregador da tomada, pára. Então no fio do carregador são gerados campos que atingem meu rádio e dão interferência”*.

Esse grupo foi o mais participativo de todos, com alunos bastante interessados, com muitas dúvidas, o que torna o trabalho mais prazeroso à medida que se nota a formação de novas idéias nos alunos. Acreditamos que o fato de eles não possuírem um laboratório na escola e de não estarem acostumados com aulas com materiais pedagógicos diferentes dos tradicionais, fez com que eles tivessem tanto interesse e conseqüentemente participação.

Analisando a participação dos alunos durante o trabalho em sala de aula, pudemos verificar que a metodologia por nós adotada foi capaz de despertar o interesse e a participação dos alunos durante o processo, fazendo com que o trabalho fosse colaborativo e cooperativo, pois as respostas iam se completando até a formação de um conceito correto. Esse despertar de curiosidade e interesse, a nosso ver, pode ser um facilitador para o início da aprendizagem de conceitos.

Capítulo V – Considerações Finais

O uso de materiais pedagógicos, como atividades experimentais e mapas conceituais, como ferramentas auxiliares para professores no processo de ensino-aprendizagem é um caminho trilhado com sucesso nas pesquisas que envolvem educação e metodologias de aprendizagem.

Segundo Okada (1996) “o conhecimento é um processo inacabado e decorrente de relações sociais”. Assim, partindo do pressuposto de que uma das vantagens das atividades experimentais é a possibilidade de se gerar conhecimento a partir do trabalho colaborativo, optamos, conforme foi mostrado no capítulo 3, pela confecção das atividades experimentais com utilização de material reciclado ou de baixo custo, visando dentre outras coisas:

- ▶ Incentivar professores e alunos para a utilização de materiais reciclados nas mais variadas áreas do conhecimento.

- ▶ Incentivar alunos e professores a reproduzirem os experimentos sem preocupações com gastos, o que muitas das vezes é considerado como empecilho.

- ▶ Mostrar para os alunos do ensino médio que a Física não é uma ciência baseada somente em formalismos, como muitos deles estão acostumados a ver, mas também em conceitos e suas relações. Fazê-los perceber a presença da Física em suas vidas, entendendo a importância da Física como base para a evolução tecnológica e humana, e assim despertar o interesse pelo conhecimento dessa Ciência.

Para um direcionamento na construção do material pedagógico fez-se necessária a sondagem das pré-concepções de alunos do ensino médio sobre

tópicos de radiações eletromagnéticas. Os resultados dessa sondagem inicial mostraram em síntese que:

- ▶ Os alunos não têm conhecimentos sobre a natureza das radiações eletromagnéticas que estão presentes no seu dia a dia.

- ▶ Os alunos praticamente desconhecem as utilizações dessas radiações em tecnologias utilizadas por eles em seu cotidiano.

Os resultados negativos do início de nossa proposta, referentes à sondagem inicial nos incentivaram a continuar com esse trabalho, pois acreditamos que assuntos como o escolhido, presentes na vida cotidiana, são fundamentais para uma boa formação dos estudantes do ensino médio.

Pudemos verificar que o material pedagógico construído estava adequado para o nível de ensino escolhido, visto que a compreensão do funcionamento de cada um dos experimentos, assim como do painel, foi notória na maioria dos alunos. O interesse de alguns dos alunos em reproduzir os materiais apresentados também evidencia a sua adequação a esse nível de ensino. O trabalho realizado com materiais pedagógicos tendo como suporte a teoria sócio-histórica cultural de Vygotsky para sua apresentação, pode ser considerado uma relação entrelaçada de significações, visto que a utilização desses materiais ajuda a despertar o interesse dos estudantes e também facilita o processo de interação social, fundamental para que ocorra o aprendizado.

Percebemos que uma aula fora dos padrões tradicionais, na qual os alunos são estimulados a participarem do processo de ensino e da construção do conhecimento a partir da interação com outros sujeitos, é uma alternativa interessante para ser trabalhada com alunos nos mais variados níveis de educação. Acreditamos que esse tipo de prática pedagógica deveria ser mais realizada e incentivada entre os alunos dos cursos de Licenciatura, para que não ficassem somente na aprendizagem de teorias pedagógicas, e sim que as incorporassem e as colocassem realmente em prática antes da chegada nas escolas. Infelizmente, por experiência própria, pude constatar que muitos amigos

de classe, durante a graduação, tinham uma identificação por alguma teoria pedagógica. Porém, entre aqueles que foram para as salas de aula, segundo conversas informais, raros eram os momentos em que eles conseguiam fugir do tradicionalismo.

Mudanças educacionais dependem de professores e de sua formação. Dependem também das práticas pedagógicas em sala de aula e de um investimento educativo nos projetos de escola (LINHARES e REIS, 2005).

De acordo com Linhares (2001), o crescente número de pesquisas a partir da análise de práticas pedagógicas e docentes, justifica-se pela pouca eficiência dos modelos tradicionais frente à demanda da sociedade moderna (ZEICHNER, 1993; GARCIA, 1994 *apud* LINHARES, BEMFEITO, SANTOS, 2001).

Pudemos ainda, nesse trabalho, constatar a diferença nas condições do ambiente escolar de duas escolas de uma mesma região. À primeira vista parece haver privilégio de alguns alunos pelo fato de uma das escolas possuir uma boa estrutura e bons laboratórios, enquanto a outra não tinha um quadro negro decente. Porém, mesmo existindo essas diferenças, as pré-concepções dos alunos dessas escolas sobre determinados fenômenos são bem parecidas e estão, praticamente, a uma mesma distância dos conceitos científicos.

Encontramos algumas dificuldades durante a realização desse trabalho. A primeira delas, demonstrada numa pesquisa realizada por Reis (2001): grande parte dos professores de Física de nível médio do norte fluminense leciona sem serem licenciados em Física. Esse fator cria, em alguns casos, um receio nos professores de liberarem algumas de suas aulas para um trabalho diferente do qual ele está acostumado a realizar. Esse receio é expresso em respostas relativas à pequena carga horária que as turmas de Física possuem e ao número extensivo de aulas que o professor tem que dar durante a semana, o que, segundo alguns deles, os impede de realizar trabalhos dessa natureza. Outro fator que atrapalhou o andamento de nossa pesquisa foi a ocorrência de uma greve em uma das escolas, o que fez com que o trabalho tivesse que ser realizado em uma data posterior à prevista em nosso cronograma inicial. Além disso, uma das turmas só participou de nossa sondagem inicial porque o colégio onde essa turma

tinha aulas estava em reforma e com isso eles foram transferidos para outra escola, na qual tinham um novo professor que argumentou sobre o atraso no conteúdo escolar daquela turma e não permitiu a realização das demais etapas do trabalho.

Após a comparação entre os dados obtidos inicialmente e os dados obtidos no questionário final, assim como da análise das gravações das falas e comentários dos alunos em fita de áudio, podemos concluir que houve um aprendizado de conceitos relacionados à natureza das radiações eletromagnéticas assim como de onde elas vêm sendo empregadas.

Mesmo tendo uma evolução grande em praticamente todas as respostas no questionário final, o que pode caracterizar que ocorreu a aprendizagem de conceitos relacionados ao tema, pudemos verificar que em muitos alunos as pré-concepções continuam fortes e enraizadas, não conseguindo conviver com os conceitos científicos explorados. Esse fato já havia sido citado em um artigo de Mortimer (1994) que diz que as pré-concepções são pessoais, fortemente influenciadas pelo contexto do problema, bastante estáveis e resistentes a mudança.

Ao desenvolver esse projeto nos foi possível aprofundar conceitos específicos sobre radiações eletromagnéticas. Adquiri novos conhecimentos que envolviam toda a história da eletricidade, do magnetismo e ótica. Obtive conhecimentos e habilidades relacionadas a planejamento, construção e montagem de aparatos experimentais e elaboração de mapas conceituais. Além disso, adquiri conhecimentos relacionados a propostas de inovações metodológicas, trabalhos pedagógicos e sobre outras teorias de aprendizagem.

A continuidade dessa pesquisa pode possibilitar algumas idéias futuras, como:

- ▶ Criação oficinas de construção de experimentos com materiais de baixo custo para formação inicial e continuada de professores.
- ▶ Disponibilização do roteiro da construção das atividades pedagógicas em um ambiente virtual de ensino.

► Criação de um espaço repleto de atividades experimentais que possam ser disponibilizadas aos professores da região para auxiliá-los em suas aulas.

Pudemos verificar que, com o auxílio de atividades experimentais, o processo de ensino e aprendizagem pode se tornar mais fácil, eficiente e prazeroso. Com a visualização do fenômeno, o aluno compreende melhor o conceito explorado. Além disso, pudemos verificar que a utilização de uma metodologia de ensino fora do padrão tradicional, baseada em interações sociais, perguntas e comentários que propiciem o desencadeamento de idéias novas nos alunos, proporciona um clima ótimo em sala de aula, sendo isso notório na participação e interesse dos alunos durante as apresentações.

Com os resultados obtidos nesse trabalho acreditamos poder contribuir para que se investigue e pesquise mais sobre novas formas de ensino e modelos pedagógicos que contribuam para mudar a situação do ensino atual, não somente em relação aos conceitos de radiações eletromagnéticas, mas também de vários outros tópicos que são, ou poderiam ser, abordados no ensino médio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, B. **Curso de Física** . 4ª ed. São Paulo, Scipione, 1997.

ARAÚJO, M. S. T.- “ Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes finalidades” **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol, n 2, pg 176- 194 junho/2003.

ASTOLFI, J. P. & DEVELAY, M. - **A didática das ciências**, Papirus, S. Paulo, 1995.

AUBRECHT, G. J.; MAY, D.; KASSEBAUM, T.;STITH, J. H.; “Microwaves, X rays, and gama rays – Harmful to health? What Physics estudents Think?” **VII International Conference on Physics Education**, 2000.

AUBRECHT, G. J.; TORICK, D. A.; “Radioactivity: a study of student ideas and development of a curriculum based on the finding’s” **VII International Conference on Physics Education**, 2000.

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

AXT, R. -“Ondas estacionárias longitudinais em uma barra metálica”. **Cad. Cat. Ens. Fís**, 21 (4): 550-551, (1993).

BARREIRO, A. C. M. e BAGNATO, V. ” Aulas demonstrativas nos cursos básicos de Física”. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, 9 (3): 280-288, 1992.

BARTHEM, R. - A Luz - **Temas atuais de física**, Editora Livraria da Física, Sociedade Brasileira de Física, São Paulo, 1ª edição, 2005.

BASTOS, F. “**Construtivismo e ensino de Ciências**” In: Roberto Nardi. (Org.). Questões atuais no ensino de Ciências. 1 ed. São Paulo, p.3 - 25.. 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC, 1999. Disponível em:

<http://www.mec.gov.br/semtec/ensmed/pcn.shtm>

Acesso em: 15/01/05

BRASIL, **PCN+ Ensino Médio**: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. / Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.144 p.

CABRAL, F. e LAGO, A. “**Física**” 3 ed, vol 3, Harbra, 576 p., 2002.

CARVALHO, R.P. - Microondas -**Temas atuais de física**, Editora Livraria da Física, Sociedade Brasileira de Física, São Paulo, 1ª edição, 2005.

CHEVALLARD, Y. e JOHSUA, M. - **La transposition didatique: du savior savant au savior enseigné**. Paris: La Pensée Sauvage, 1991.

COSTA, L. G. e COSTA, A. P. A. “O ensino de Física das radiações na formação de auxiliares de enfermagem e atendentes de consultórios odontológicos: sondagem de concepções sobre os Raios-X com enfoque na prevenção e tecnologia” **Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, p. 161-165, 2002.

DINIZ, R. E. S. “Concepções e Práticas pedagógicas do Professor de Ciências”. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 2, n. 1, p. 02-09, 1996.

FREIRE, P. **Alfabetização e conscientização**. Porto Alegre, Editora Emma, 1963.

GARCIA, C. M. **Formacion Del professorado para el cambio educativo**. Barcelona. P.P.U. 1994.

GASPAR, A. **Física 3 – Eletromagnetismo e Física Moderna** – São Paulo, Ed. Àtica. 2001.

GASPAR, A. **História da Eletricidade** São Paulo, Ed. Àtica, pág. 6 –18.1996.

GASPAR, A - **Museus e Centros de Ciências** – Conceituação e proposta de um referencial teórico - Tese de doutoramento apresentada na Faculdade de Educação da USP, 1993.

GRECA, I, M. et al. “Modelos Mentais e Aprendizagem de Física em Eletricidade e Magnetismo”, **Ensenanza de las Ciências**, v.16 (2), p. 289-303, 1998.

REF – **Grupo de Reelaboração do Ensino de Física**, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. & WALKER, J. “ **Fundamentos de Física**” 4.ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1995.

HEWSON, P. H., THORLEY, N. R. The Conditions of conceptual change in the classroom. **Internacional Journal of Science Education**, v11, n.esp., p.541-553, 1989. In: Roberto Nardi. (Org.). **Questões atuais no ensino de Ciências**. 1 ed. São Paulo, p.3 - 25. 1998.

JOHNSON-LARD, P. “**Mental Models**”, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983, 513p.

KAWAMURA, M. R.D.e HOSOUME, Y. “A contribuição da Física para um novo Ensino Médio” **A Física na Escola**, Vol.4, n 2, p.20, Novembro 2003.

LATAILLE, Yves et al. **Piaget, Vygotsky, Wallon: Teorias psicogenéticas em discussão**. SP, Summus, 1992.

LINHARES, M. P.; BEMFEITO, A. P. D.; SANTOS, M. S. “Buscando novas propostas para a formação continuada” **VI Congresso Enseñanza de las Ciências**, Barcelona, 12-15 setembro de 2001.

LINHARES, M. P.; REIS, E. M. “Aprendendo a ensinar: a sala de aula como um espaço de reflexão.” **Enseñanza de las Ciências**, Barcelona, 2005.

LÚRIA, A. R. – **Nota bibliográfica sobre Vygotsky** – In: Vygotsky, L. S. - A Formação social da Mente - Martins Fontes – São Paulo, pg. 17-18, 1989.

MENDONÇA, C. R.; MOSOGUTI, L. ; MUNIZ, S. R.; TUBOV, A. M.; BAGNATO, V. S. “ Demonstrações de reflexão total interna para alunos do segundo grau”. **Rev. Brás. Ens. Fís.**, 20 (3): 296-300, 1998.

MOREIRA, M.A.“Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa.” **Ciência e Cultura**, 32(4): 474-479, 1980.

MOREIRA, M.A. e MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MOREIRA, M.A. e BUCHWEITZ, B. - **Mapas conceituais** – instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo. 1987, 83p.

MOREIRA, M. A. - **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MORTIMER, E. F. – “Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?” In: **ESCOLA DE VERÃO FEUSP**, 3,1994, Serra Negra. Caderno de textos. São Paulo: FEUSO, p. 56-74, 1994.

NETO, L. F. **Feira de ciências – O Imperdível**, disponível em:

<http://www.feiradeciencias.com.br/>

Acesso em: abril de 2005.

OKADA, S. **Teoria de Aprendizagem: as consciências dos seus quatro momentos**. São Paulo, Compart. 1996.

OKUNO, E. e VILELA, M.A.C. – Radiação Ultravioleta: Características e efeitos - **Temas atuais de física**, Editora Livraria da Física, Sociedade Brasileira de Física, São Paulo, 1ª edição, 2005.

OSBORNE, R. e WITTRICK. M. The generative learning model and its implications for science education. **Studies in Science Education**, v12, p.59-87, 1985.

OSTERMANN, F. & MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio". **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, 5(1), março 2000. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5_n1_a2.htm.

Acesso em: 10 jan. 2003.

PACCA, J. L. A. (1992) “O Profissional de Educação e o Significado do Planejamento Escolar: Problemas dos Programas de Atualização”. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, 14 (1): 39-42

PIAGET, J. - **A linguagem e o pensamento da criança**. SP, Martins Fontes, 1986.

PIMENTEL, J. R. - “Lentes biconvexas convergentes e divergentes”. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, 15 (2): 206-209, 1999.

POSNER, G. J. -Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual cahnge. **Science Education**, v. 66, n.2, p. 211-27, 1982. In: Roberto Nardi. (Org.). Questões atuais no ensino de Ciências. 1 ed. São Paulo, p.3 - 25.. 1998.

REA, L. M. e PARKER, R. A. “**Metodologia de pesquisa: do planejamento à execução**” - São Paulo: Pioneira, 2000.

REIS, E. M. Formação Continuada a Distância de Professores de Física do Nível Médio: desenvolvimento e Avaliação de um Curso Piloto com Suporte na Internet. Tese de Mestrado em Ciências e Informática. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

ROCHA, J.F.M. (2002). **Origens e Evoluções das Idéias da Física** Cap. 3 – Origem e Evolução do Magnetismo – Salvador, EDUFBA.

ROGERS, C. Sobre o Poder Pessoal. São Paulo: Martins Fontes, 1986.

SILVEIRA, F.S “Sem quebrar as taças”. **Cad. Cat. Ens. Fís**, 12 (2):152-156, 1995.

TEIXEIRA. A, e KRAPAS, S. - Reflexões sobre a transposição didática da lei de coulomb. In: **VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias**, 2005, Granada. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, 2005. p. 1-5.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo, Martins Fontes, 1989.

VYGOTSKY, L. S. - **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**, São Paulo ICONE, 1988.

VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo, Martins Fontes, 1996.

ZEICHNER, K. A. **Formação reflexiva de professores: idéias e práticas**. Educa, Lisboa, 1993.

ANEXO 1

Questionário de sondagem de pré-concepções com alunos do terceiro ano do ensino médio sobre radiações eletromagnéticas.

1 - Ao ligar a TV de sua casa você rapidamente consegue sintonizar um sinal de tv que vem de uma antena emissora. A velocidade de propagação no espaço desse sinal de TV é aproximadamente:

- () igual à velocidade do som, ou seja, 340m/s.
- () igual à velocidade da luz, ou seja, 300.000.000m/s.
- () igual à velocidade de um avião, ou seja, 800 Km/h.
- () nula, pois sinais de TV não possuem velocidade de propagação.
- () não sei a resposta.

2 - Um jovem rapaz estava em sua casa ouvindo seu radio de pilhas e decidiu colocá-lo dentro de diferentes recipientes para verificar em qual recipiente o rádio sintonizaria melhor a estação. Ao fazer isso, estando o rádio sempre no mesmo volume, ele percebeu que dentro de um certo recipiente ele não ouvia nada. Em qual dos recipientes a seguir o rádio ficava “mudo”?

- () dentro de uma caixa de sapatos fechada.
- () dentro de uma jarra de vidro com tampa de vidro.
- () envolvido por uma folha de papel alumínio.
- () envolvido por uma folha de plástico dentro de um isopor.
- () não sei a resposta.

3 - Um foguete nas proximidades da lua, certamente não encontra em sua trajetória:

- () raios X.
- () radiação ultravioleta.
- () microondas.
- () ondas sonoras.
- () não sei a resposta.

4 - Os Lasers utilizados na leitura de cds, códigos de barra de produtos de supermercado e nos sistemas de comunicação por fibra óptica, muito usados em telefonia, basicamente provém de:

- () luz visível.
- () microondas.
- () raios gama.
- () masers.
- () não sei a resposta.

5 - Você alguma vez já deve ter apertado os botões de um controle remoto de uma televisão e visto que ela responde a seu comando imediatamente. Quando você aperta o botão do controle remoto para aumentar o volume a transmissão dessa informação do controle remoto para a televisão é feita por meio de:

- () ondas de rádio.
- () radiação laser.
- () ondas sonoras.
- () radiação infravermelha.
- () não sei a resposta.

6 - Uma garota foi à praia e se esqueceu de levar o protetor solar. Com medo de ficar queimada ela permaneceu o tempo todo debaixo da barraca, não se expondo ao sol. Quando chegou em casa e se olhou no espelho viu que estava com a pele avermelhada e um pouco queimada. O que queimou a garota? Como isso foi possível se ela não ficou exposta ao sol?

7 - No caso da televisão, o som e a imagem chegam até o aparelho pela tomada, pela antena ou por ambas?

8 - Em alguns Shopping's somos surpreendidos por portas que abrem e fecham sozinhas sem que nós façamos nada, basta nos aproximarmos da porta que ela abre. Você sabe por que isso acontece?

9 - No ano passado os robôs "**Spirit**" e "**Opportunity**" pousaram no planeta Marte e enviaram para a Terra informações sobre o solo e as formações rochosas desse planeta. Como você acha que essas informações foram enviadas?

10 - Imagine você colocando dois copos iguais de vidro dentro de um forno de microondas, estando um copo vazio e o outro com água. Ligando o forno por 30 segundos, você acredita que eles ficarão à mesma temperatura ou algum dos dois copos irá ficar mais quente? Justifique sua resposta.

ANEXO 2

Questionário pós diagnóstico sobre radiações eletromagnéticas

1 - Ao ligar a TV de sua casa você rapidamente consegue sintonizar um sinal de tv que vem de uma antena emissora. A velocidade de propagação no espaço desse sinal de TV é aproximadamente:

- igual à velocidade do som, ou seja, 340m/s.
- igual à velocidade da luz, ou seja, 300.000.000m/s.
- igual à velocidade de um avião, ou seja, 800 Km/h.
- nula, pois sinais de TV não possuem velocidade de propagação.
- não sei a resposta.

2 - Um jovem rapaz estava em sua casa ouvindo seu radio de pilhas e decidiu colocá-lo dentro de diferentes recipientes para verificar em qual recipiente o rádio sintonizaria melhor a estação. Ao fazer isso, estando o rádio sempre no mesmo volume, ele percebeu que dentro de um certo recipiente ele não ouvia nada. Em qual dos recipientes a seguir o rádio ficava “mudo”?

- dentro de uma caixa de sapatos fechada.
- dentro de uma jarra de vidro com tampa de vidro.
- envolvido por uma folha de papel alumínio.
- envolvido por uma folha de plástico dentro de um isopor.
- não sei a resposta.

3 - Um foguete nas proximidades da lua, certamente não encontra em sua trajetória:

- raios X.
- raios gama.
- radiação ultravioleta.
- microondas.
- ondas sonoras.
- não sei a resposta.

4 - As radiações eletromagnéticas, no vácuo, caracterizam-se por possuir:

- mesma frequência.
- mesma velocidade.
- mesmo comprimento de onda.
- mesma amplitude.
- não sei a resposta.

5 – As ondas eletromagnéticas diferenciam-se umas das outras devido a uma característica própria de cada uma delas, que é:

- () o comprimento de onda.
- () a velocidade.
- () a frequência.
- () a energia.
- () não sei a resposta.

6 – Por que o som de um rádio é perturbado por ruídos durante uma tempestade repleta de raios e trovões?

7 – No caso da televisão, o som e a imagem chegam até o aparelho pela tomada, pela antena ou por ambas?

8 - No ano passado os robôs “**Spirit**” e “**Opportunity**” pousaram no planeta Marte e enviaram para a Terra informações sobre o solo e as formações rochosas desse planeta. Como você acha que essas informações foram enviadas?

9 - Uma garota foi à praia e esqueceu de levar o protetor solar. Com medo de ficar queimada ela permaneceu o tempo todo debaixo da barraca, não se expondo ao sol. Quando chegou em casa e se olhou no espelho viu que estava com a pele avermelhada e um pouco queimada. O que queimou a garota? Como isso foi possível se ela não ficou exposta ao sol?

10 - Você conhece alguma maneira simples de se produzir ondas eletromagnéticas? Como as ondas são geradas por esse processo?

ANEXO 3

Plano de questões trabalhadas junto às atividades de demonstração.

Primeira atividade: “Rádio roncador”.

- ⇒ O que é uma bússola?
- ⇒ O que acontecerá, estando as pilhas desligadas, se eu encostar o fio que está solto na lima?
- ⇒ Quando eu raspo o fio na lima, agora com as pilhas ligadas, o que pode ser visto de diferente?
- ⇒ Porque a bússola se movimenta? O que são as faíscas?
- ⇒ Se eu só encostar o fio na lima sairão faíscas?
- ⇒ E se eu ligar o radinho, o que vocês acham que pode acontecer?
- ⇒ E quando eu raspo o fio na lima com o rádio ligado?
- ⇒ Se só encostar o fio na lima, haverá algum ruído?
- ⇒ O que chega até o rádio para ele fazer esse ruído?
- ⇒ E se eu afastar o rádio?
- ⇒ E se eu colocar um anteparo entre a montagem e o rádio?
- ⇒ Onde devo colocar o rádio para ficar mais fácil de ouvir os ruídos? Por que?

Segunda atividade: “Emissor - receptor de ondas eletromagnéticas”.

- ⇒ Quais as diferenças aparentes existem entre essa montagem e a primeira?
- ⇒ Na montagem anterior eu fechava o circuito ao encostar o fio na lima. Onde vocês acham que eu vou fechar o circuito nessa montagem?
- ⇒ O que acontece quando eu giro a manivela?

⇒ Como podemos fazer uma associação entre esse efeito e o ocorrido na experiência passada?

⇒ E quando eu aproximo as bobinas uma da outra e giro a manivela, o que mais ocorre?

⇒ Como a luz acende se ela não está ligada a nenhuma pilha ou nem mesmo a uma tomada?

⇒ Vocês acham que as bobinas são iguais? E se eu girar um capacitor o que ocorre?

⇒ Então pra que eles servem?

⇒ Como é feita então essa transmissão?

⇒ Se entre as bobinas não houvesse ar atmosférico e fosse um vácuo, haveria transmissão?

⇒ Quais aparelhos vocês conhecem que funcionam com transmissões parecidas com estas?

Terceira atividade: “Gaiola de celulares”.

⇒ O que acontece quando eu coloco o celular dentro da primeira gaiola?

⇒ E quando coloco dentro dessa outra? Porque isso acontece?

⇒ O que existe de diferente entre as duas gaiolas?

⇒ E se eu revestir uma dessas gaiolas com uma malha mais fina, o que ocorrerá?

⇒ E se essa malha for de nylon ou tecido, o celular vai tocar?

⇒ E se eu envolver o celular numa folha de papel alumínio?

⇒ Alguém já notou que na parte interna da porta do forno de microondas existe uma tela metálica? Existe alguma relação entre essa tela e a nossa gaiola?

⇒ Cite exemplos de onde você utilizaria uma gaiola como essa.

ANEXO 4

Resultados obtidos na sondagem de pré-concepções a partir das respostas de 32 alunos correspondentes ao Grupo 1:

Questão de número	% de acertos	% de respostas parcialmente corretas	% de “não sei a resposta”	% de erradas	% de resultados negativos
1	31,25%		21,87%	46,87%	68,74%
2	21,87%		12,5%	65,63%	78,13%
3	40,62%		18,75%	40,62%	59,37%
4	12,5%		31,25%	56,25%	87,5%
5	56,25%		3,13%	40,62%	43,75%
6	31,25%	6,25%	15,63%	46,87%	62,5%
7	71,87%	6,25%	3,13%	18,75%	21,88%
8	3,13%	12,5%	56,25%	28,12%	84,37%
9	28,12%	31,25%	21,87%	18,75%	40,62%
10	3,12%	12,5%	50%	34,47%	84,47%

Tabela 1: Porcentagem de acertos, parcialmente corretas, “não sei a resposta” e erradas do Grupo 1.

ANEXO 5

Resultados obtidos na sondagem de pré-concepções a partir das respostas de 30 alunos correspondentes ao Grupo 2:

Questão de número	% de acertos	% de respostas parcialmente corretas	% de “não sei a resposta”	% de erradas	% de resultados negativos
1	40%		33,33%	26,66%	59,99%
2	13,33%		6,66%	80%	86,66%
3	40%		26,66%	36,66%	63,32%
4	6,66%		26,66%	66,66%	93,32%
5	50%		6,66%	43,33%	49,99%
6	26,66%	13,33%	16,66%	43,33%	59,99%
7	66,66%	3,33%	10%	20%	30%
8	0%	13,33%	73,33%	13,33%	86,66%
9	23,33%	40%	30%	6,66%	36,66%
10	6,66%	10%	46,66%	36,66%	83,32%

Tabela 2: Porcentagem de acertos, parcialmente corretas, “não sei a resposta” e erradas do Grupo 2.

ANEXO 6

Resultados obtidos na sondagem de pré-concepções a partir das respostas de 22 alunos correspondentes ao Grupo 3:

Questão de número	% de acertos	% de respostas parcialmente corretas	% de “não sei a resposta”	% de erradas	% de resultados negativos
1	50%		18,18%	31,82%	50%
2	18,18%		0%	81,82%	81,82%
3	13,63%		18,18%	68,18%	86,36%
4	40,91%		22,72%	36,36%	59,08%
5	22,72%		13,63%	63,63%	77,26%
6	9,09%	27,27%	22,72%	40,9%	63,62%
7	18,18%	9,9%	13,63%	59,09%	72,72%
8	0%	18,18%	72,72%	9,09%	81,81%
9	9,09%	36,36%	31,81%	22,72%	54,53%
10	0%	4,54%	50%	45,45%	95,45%

Tabela 3: Porcentagem de acertos, parcialmente corretas, “não sei a resposta” e erradas do Grupo 3.

ANEXO 7

Resultados obtidos na sondagem de pré-concepções a partir das respostas de 26 alunos correspondentes ao Grupo 4:

Questão de número	% de acertos	% de respostas parcialmente corretas	% de “não sei a resposta”	% de erradas	% de resultados negativos
1	34,61%		15,38%	50%	65,38%
2	3,84%		0%	96,15%	96,15%
3	15,38%		7,69%	76,92%	84,61%
4	42,3%		15,38%	42,3%	57,68%
5	19,2%		3,84%	76,92%	80,76%
6	15,38%	15,38%	19,23%	50%	69,23%
7	23,1%	3,84%	15,38%	57,69%	73,07%
8	0%	15,36%	57,69%	26,92%	84,61%
9	7,69%	34,61%	38,46%	19,23%	57,69%
10	7,69%	7,69%	38,46%	46,16%	84,62%

Tabela 4: Porcentagem de acertos, parcialmente corretas, “não sei a resposta” e erradas do Grupo 4.

ANEXO 8

Resultados obtidos na sondagem de pré-concepções a partir das respostas de 110 alunos correspondentes a soma de todos os grupos:

Questão de número	% de acertos	% de respostas parcialmente corretas	% de “não sei a resposta”	% de erradas	% de resultados negativos
1	38,18%		22,72%	39,1%	61,82%
2	14,54%		5,45%	80%	85,45%
3	29,09%		17,27%	53,63%	70,9%
4	23,63%		24,54%	51,81%	76,35%
5	39,09%		6,36%	54,54%	60,9%
6	21,81%	14,54%	18,18%	45,45%	63,63%
7	48,18%	5,45%	10%	36,36%	46,36%
8	0,91%	14,54%	64,54%	20%	84,54%
9	18,18%	35,45%	30%	16,36%	46,36%
10	4,54%	9,09%	48,18%	38,18%	86,36%

Tabela 5: Porcentagem de acertos, parcialmente corretas, “não sei a resposta” e erradas de todos os Grupos.

ANEXO 9

Resultados obtidos na sondagem de pré-concepções a partir das respostas de 84 alunos correspondentes a soma dos Grupos 1, 2 e 3:

Questão de número	% de acertos	% de respostas parcialmente corretas	% de “não sei a resposta”	% de erradas	% de resultados negativos
1	39,28%		25%	35,71%	60,71%
2	17,87%		7,14%	75%	82,14%
3	33,33%		20,23%	46,42%	66,65%
4	17,85%		27,38%	54,76%	82,14%
5	45,23%		7,14%	47,6%	54,74%
6	23,80%	14,28%	17,87%	44,04%	61,91%
7	55,95%	5,95%	8,33%	29,76%	38,09%
8	1,19%	14,28%	66,66%	17,87%	84,53%
9	21,42%	35,71%	27,38%	15,47%	42,85%
10	3,57%	9,52%	48,80%	38,09%	86,89%

Tabela 6: Porcentagem de acertos, parcialmente corretas, “não sei a resposta” e erradas dos Grupos 1, 2 e 3.

ANEXO 10

Resultados obtidos no questionário final com 32 alunos do Grupo 1:

Questão de número	% de acertos	% de respostas parcialmente corretas	% de “não sei a resposta”	% de erradas	% de resultados negativos
1	65,62%		12,5%	21,87%	34,37%
2	90,62%		0%	9,37%	9,37%
3	78,12%		6,25%	15,62%	21,87%
4	56,25%		25%	18,75%	43,75%
5	75%		3,12%	21,87%	24,99%
6	37,5%	28,12%	0%	34,37%	34,37%
7	78,12%	0%	3,12%	18,75%	21,87%
8	59,37%	18,75%	6,25%	15,62%	21,87%
9	53,12%	28,12%	0%	18,75%	18,75%
10	28,12%	12,5%	40,6%	18,75%	59,35%

Tabela 7: Porcentagem de acertos, parcialmente corretas, “não sei a resposta” e erradas do grupo 1.

ANEXO 11

Resultados obtidos no questionário final com 28 alunos do Grupo 2:

Questão de número	% de acertos	% de respostas parcialmente corretas	% de “não sei a resposta”	% de erradas	% de resultados negativos
1	64,28%		7,14%	28,57%	35,71%
2	89,28%		0%	10,71%	10,71%
3	82,14%		7,14%	10,71%	17,85%
4	57,14%		28,57%	14,28%	42,85%
5	75%		7,14%	17,85%	24,99%
6	39,28%	28,57%	0%	32,14%	32,14%
7	85,71%	0%	0%	14,28%	14,28%
8	57,14%	17,85%	7,14%	17,85%	24,99%
9	42,85%	35,71%	0%	21,42%	21,42%
10	21,42%	17,85%	46,42%	14,28%	60,7%

Tabela 8: Porcentagem de acertos, parcialmente corretas, “não sei a resposta” e erradas do grupo 2.

ANEXO 12

Resultados obtidos no questionário final com 20 alunos do Grupo 3:

Questão de número	% de acertos	% de respostas parcialmente corretas	% de “não sei a resposta”	% de erradas	% de resultados negativos
1	70%		5%	25%	30%
2	95%		5%	0%	5%
3	90%		5%	5%	10%
4	70%		10%	20%	30%
5	75%		5%	20%	25%
6	40%	20%	5%	35%	40%
7	65%	0%	5%	30%	35%
8	45%	30%	5%	20%	25%
9	45%	30%	0%	25%	25%
10	30%	5%	30%	35%	65%

Tabela 9: Porcentagem de acertos, parcialmente corretas, “não sei a resposta” e erradas do Grupo 3.

ANEXO 13

Resultados obtidos no questionário final com 80 alunos referentes a soma dos Grupos 1, 2 e 3:

Questão de número	% de acertos	% de respostas parcialmente corretas	% de “não sei a resposta”	% de erradas	% de resultados negativos
1	66,25%		8,75%	25%	33,75%
2	91,25%		0%	8,75%	8,75%
3	82,5%		6,25%	11,25%	17,5%
4	60%		22,5%	17,5%	40%
5	75%		5%	20%	25%
6	38,75%	26,25%	1,25%	33,75%	35%
7	77,5%	0%	2,5%	20%	22,5%
8	55%	21,25%	6,25%	17,5%	23,75%
9	47,5%	31,25%	0%	21,25%	21,25%
10	26,25%	12,5%	38,75%	22,5%	61,25%

Tabela 10: Porcentagem de acertos, parcialmente corretas, “não sei a resposta” e erradas de todos os Grupos.