

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS**

**O LASER EM NOSSA VIDA: UMA PROPOSTA DE INSERÇÃO DA
FÍSICA MODERNA EM SALA DE AULA**

Claudia Seibt

Lajeado, junho de 2011

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS

**O LASER EM NOSSA VIDA: UMA PROPOSTA DE INSERÇÃO DA
FÍSICA MODERNA EM SALA DE AULA**

Claudia Seibt

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas. Centro Universitário UNIVATES, Lajeado.

Orientadora: Dra. Eniz Conceição Oliveira
Co-orientadora: Dra. Marlise Heemann Grassi

Lajeado, junho de 2011

CLAUDIA SEIBT

**O LASER EM NOSSA VIDA: UMA PROPOSTA DE INSERÇÃO DA
FÍSICA MODERNA EM SALA DE AULA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas. Centro Universitário UNIVATES, Lajeado.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Eniz Conceição Oliveira – UNIVATES - Orientadora

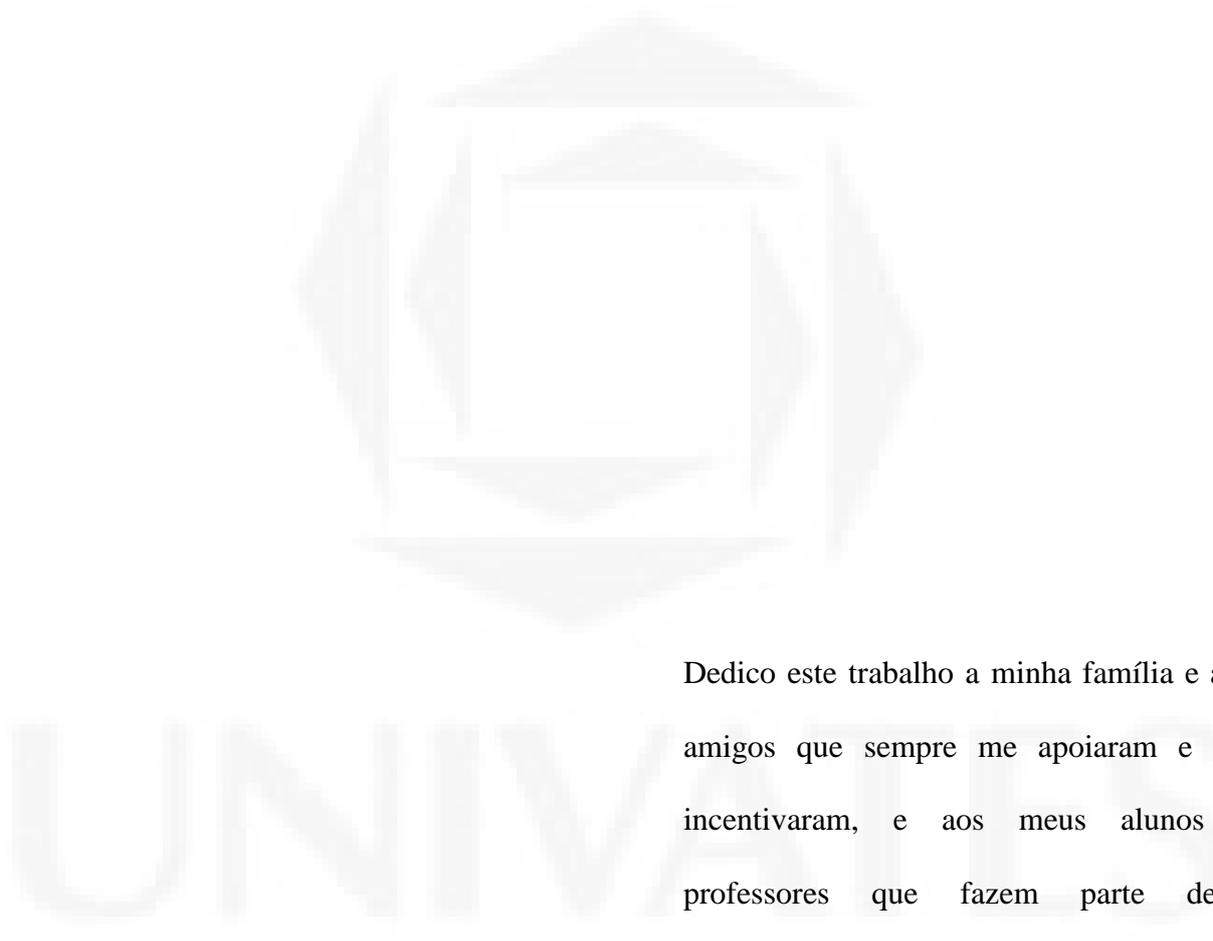
Prof^a Dr^a Marlise Heemann Grassi - UNIVATES Coorientadora

Prof^a Dr^a Aline Cristiane Pan – PUC/RS

Prof Dr João Batista Hares – PUC/RS

Lajeado, junho de 2011

DEDICATÓRIA



Dedico este trabalho a minha família e aos amigos que sempre me apoiaram e me incentivaram, e aos meus alunos e professores que fazem parte desta conquista.

AGRADECIMENTOS

À Prof. Dra. Eniz Conceição Oliveira pela orientação e à Prof. Dra. Marlise Heemann Grassi pela co-orientação, paciência e pelas observações que me guiaram na realização desse trabalho.

Aos professores, funcionários e alunos da turma 3A do Colégio Estadual Mário Quintana, por colaborar para a realização desse trabalho.

Ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas, Centro Universitário UNIVATES, professores, colegas e funcionários, pelos ensinamentos e companheirismo.

Ao meu namorado Fabrício, pelo amor, incentivo e por ter compartilhado comigo todos os momentos felizes e difíceis durante o curso de Mestrado.

À minha mãe Laura, pelo amor, companheirismo, incentivo, no decorrer do curso.

E a todos aqueles que contribuiriam, diretamente ou indiretamente, para a realização desse trabalho.

RESUMO

O objetivo geral desta dissertação foi desenvolver uma proposta de ensino investigativa, envolvendo a Física Moderna no Ensino Médio. As atividades foram realizadas com um grupo de 27 alunos matriculados no terceiro ano do ensino médio do Colégio Estadual Mário Quintana, localizado em Barão de Cotegipe/RS. O tema escolhido foi “O Laser em nossas vidas” e os procedimentos didáticos buscaram envolver os alunos no seu processo de aprendizagem através da pesquisa bibliográfica. A justificativa para a escolha do tema apóia-se na possibilidade de contextualização pois o LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – Amplificação de luz por emissão estimulada de radiação) está presente em situações vivenciadas com frequência como o som ouvido de um CD, o código de barras de um supermercado, os dispositivos de iluminação pública, entre outros. A questão que norteou a pesquisa foi analisar a reação dos estudantes diante de um trabalho didático-pedagógico diferenciado, apoiado em pesquisa e planejado a partir das percepções que os mesmos tinham sobre a forma como a disciplina Física é usualmente trabalhada nas escolas e sobre as concepções de fenômenos presentes nos cotidianos. As informações foram obtidas através de questionário, entrevistas e registros constantes em instrumentos de avaliação e analisadas segundo as orientações da metodologia de análise de conteúdo. Os resultados da análise indicaram que a pesquisa como princípio educativo favorece a construção do conhecimento por envolver o aluno na sua aprendizagem e pode contribuir para a modificação de estereótipos que ainda sobrevivem no ensino de Física nas escolas.

Palavras chave: Ensino de Física – pesquisa – LASER

ABSTRACT

The objective of this study was to develop a proposal for investigative learning, involving the modern physics in high school. The activities were held with a group of 27 students enrolled in the third year high school at Colégio Estadual Mário Quintana, in Barão de Cotegipe /RS. The theme was "The Laser in our lives" and the teaching procedures involved the students in their learning process through the research. The choice of this theme is based on the possibility of contextualisation, because the LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) is present in situations experienced day by day, as frequently heard the sound of a CD, the barcode in a supermarket, public lighting devices, among others. The question that guided the research was to analyze the reaction of the students in front of a different didactic and pedagogic work, planned and supported by research from the perceptions that they had about how the subject physics is usually taught in schools and on the conceptions about the phenomena present in their daily routine. The information was obtained through questionnaires and interviews and analyzed according to the guidelines of content analysis methodology. The results indicated that the research as an educational principle contributed to the construction of knowledge by involving students in their learning and can contribute to change the stereotypes that still survive in physics teaching at schools.

Keywords: Physics Teaching - Research - LASER

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa com a localização do Colégio Estadual Mário Quintana	34
Figura 2. Trabalho dos alunos na confecção do cartaz que expõe suas pesquisas sobre a história da música e observação do funcionamento do toca discos	38
Figura 3. Questão 4 do questionário aplicado aos alunos	46
Figura 4. Questão 5 do questionário aplicados aos alunos	46
Figura 5. Questão 8 do questionário aplicado aos alunos	47
Figura 6. Pequena gota caindo em uma superfície líquida	71
Figura 7. Superposição de duas ondas se propagando em um mesmo meio	73
Figura 8. Onda transversal propagando-se em uma corda e ultrapassando um obstáculo	73
Figura 9. A luz do Sol penetrando entre as árvores	74
Figura 10. Representação esquemática de um eclipse do Sol	75
Figura 11. Representação esquemática de onda eletromagnética propagando-se para direita.	77
Figura 12. Ilustração esquemática dos diversos tipos de ondas eletromagnéticas conhecidas que constituem o espectro eletromagnético	79
Figura 13. Detalhes do funcionamento de um forno de microondas	81
Figura 14. Fotografias térmicas. (A) Não-fumante; (B) fumante	82
Figura 15. Diagrama do espectro visível	82
Figura 16. Ilustração das zonas espectrais UV-A, UV-B E UV-C da radiação ultravioleta	83
Figura 17. Representação esquemática dos efeitos da radiação UV na pele	84
Figura 18. Estágios da exposição do filme revelam, fóton a fóton, a formação de uma fotografia. Os números aproximadamente de fótons em cada estágio são (a) $3 \cdot 10^3$, (b) $1,2 \cdot 10^4$, (c) $9,3 \cdot 10^4$, (d) $7,6 \cdot 10^5$, (e) $3,6 \cdot 10^6$ e (f) $2,8 \cdot 10^7$	88
Figura 19. Ilustra a comparação entre a luz branca incoerente (primeira imagem de cima pra baixo), a luz de uma única frequência e comprimento de onda, mas que ainda contém uma mistura de fases (segunda imagem de cima pra baixo) e a luz coerente (terceira imagem de cima pra baixo)	89
Figura 20. Ilustração esquemática da emissão espontânea de um fóton pelo átomo (a) e a emissão estimulada da radiação de dois fótons em fase (b)	90
Figura 21. A figura ilustra as principais etapas para a produção de um feixe de laser. (A) estimulação dos átomos; (B) reflexão das ondas luminosas; (C) travessia do feixe incidente	90

SUMÁRIO

PRIMEIRAS IMAGENS	12
1 LUZES TEÓRICAS	16
1.1 Vygotski	16
1.2 Ausubel	21
1.3 Análise de Conteúdo	26
2 TRAJETÓRIA INVESTIGATIVA	33
2.1 Contextualização	33
2.2 Ensinando e Aprendendo	35
2.3 Analisando	45
2.3.1 Investigação e impressões	45
2.3.2 Entrevistas	49
2.3.3 Conteúdo de pesquisa	50
2.3.4 Percepção e análise	51
REFLEXÃO	53

REFERÊNCIAS	55
Anexo I	60
Anexo II	65
Apêndice I	71
Apêndice II	92
Apêndice III	94
Apêndice IV	95
Apêndice V	98
Apêndice VI	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Cronograma com as datas das aulas	35
Quadro 2: Quadro geral com as respostas dos alunos às questões propostas	48
Quadro 3: Respostas da entrevista	49

PRIMEIRAS IMAGENS

Introduzo este trabalho com um pouco de minha história profissional, apresentando-me aos que dedicarem um intervalo tempo para leitura e apreciação desta ferramenta que vem para acrescentar experiência e resultados de pesquisa em educação.

O objetivo de cursar uma faculdade de matemática foi traçado no ano em que cursava o Ensino Médio. A fascinação e até facilidade com a disciplina me envolvia e despertava um interesse cada vez maior por cálculos e problemas do gênero. A questão financeira e a separação de meus pais apontavam obstáculos que certamente enfrentaria. Trabalhando durante o dia, concluí o Ensino Médio noturno, economizando os valores maiores possíveis, sabendo que minha mãe não teria condições de me sustentar e custear uma faculdade.

Em 1998, prestei vestibular na Universidade Regional Integrada URI - Campus de Erechim para o curso de Matemática e fui classificada. Minha preparação para o vestibular foi o Ensino Médio noturno que cursei em uma escola estadual. Continuando a trabalhar, cursava a faculdade à noite, estudando nos finais de semana. Infelizmente, as economias terminaram e, em 2002, fui obrigada a reduzir o número de créditos por semestre, com isso adiando minha formação para um ano posterior à formação da turma de 1998, “minha turma”.

Contudo, não desanimei e, felizmente, alcancei meu objetivo: estava formada em Licenciatura de Matemática e Física. No final do curso, troquei meu trabalho em uma Indústria de Confecções para assumir a regência de classe de uma sala de aula, trabalhando com o ensino fundamental séries finais na disciplina de Matemática. Durante toda minha graduação, participei de vários cursos de aperfeiçoamento, os quais até hoje fazem parte desta contínua formação. A busca por um curso de Especialização tornava cada vez maior o amor que sentia pela minha vocação. Durante o curso de especialização a motivação vinda dos professores apontou que o caminho era prosseguir, logo o próximo objetivo a ser traçado era a busca pelo mestrado.

A gratificação por todo este esforço está presente na satisfação de conviver com eternos “professores”, meus alunos. Neste tempo, que já passei com eles aprendi muitas coisas. Além de conteúdos matemáticos e físicos, aprendi as diferenças que existem, os problemas que muitos enfrentam em suas famílias e buscam muitas vezes na escola e com o professor alguma ajuda, um pouco de carinho, atenção.

Ser professor de Física não é apenas receber um diploma de graduação é estar em contínua busca de aprendizado, de informação, de conceitos e habilidades que sempre surgem meio a novos conhecimentos. Busco desenvolver estratégias para construir caminhos que desmistifiquem a idéia de que a Física só é prazerosa para aqueles que possuem certa facilidade com os números. Penso que todos são capazes, o que falta é um incentivo, uma atitude de mudar a maneira de ensinar a Física, penso que é preciso construir um caminho diferente de ensinar Física.

Acredito que estudar Física pode deixar de ser um sacrifício para nossos alunos. A forma como desenvolvemos o hábito de ensino na sala de aula deve partir de atividades dinâmicas, proporcionando ao aluno caminhos diversos para construção de seu conhecimento.

O objetivo geral desta dissertação foi desenvolver e aplicar um trabalho que envolva os alunos no processo de ensino aprendizagem utilizando a pesquisa como intermédio para introduzir a Física Moderna no Ensino Médio. A pesquisa foi realizada no Colégio Estadual Mário Quintana, localizado em Barão de Cotegipe/RS, atendendo a uma turma de 27 alunos do Ensino Médio. O tema escolhido foi “O LASER em nossa vida”, propondo a este grupo de alunos a inserção da Física Moderna no Ensino Médio. A escolha do tema permeia o princípio de que é mais fácil contextualizar situações vivenciadas pelos alunos, sendo assim, o LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – Amplificação de luz por emissão estimulada de radiação) está presente em situações que podem ser vistas com frequência como o som ouvido de um CD, o código de barras de um supermercado, os dispositivos de iluminação pública, entre outros.

Baseando-se neste tema, as atividades propostas buscam contextualizar situações vivenciadas pelos alunos, motivando sua pesquisa e envolvendo o aluno em aulas onde seu conhecimento prévio faz a diferença na hora de construir o conhecimento a respeito de conteúdos normalmente trabalhados no ensino médio.

Os conteúdos desenvolvidos por intermédio de questões incentivam a criatividade do aluno e no decorrer do trabalho envolvem o tema proposto. Tais questões foram elaboradas baseando-se em artigos científicos que tratam de curiosidades apontadas pelos alunos e situações proporcionadas por intermédio do professor.

O trabalho desenvolvido favorece a interdisciplinaridade e aproxima o conteúdo da disciplina com a situação real vivenciada pelo aluno, enriquecendo conceitos formulados fora da escola. Valorizar a construção do conhecimento na zona de desenvolvimento real facilita para o professor trabalhar com a zona de desenvolvimento proximal, favorecendo um ensino aprendizagem significativo e construtivo (OLIVEIRA, 1999).

A coleta de materiais alternativos para estudos e desenvolvimento das aulas foi feita previamente, antes do início da pesquisa. Como a idéia é proporcionar uma aprendizagem diferenciada e motivadora, atividades práticas fizeram parte das aulas planejadas e foram providenciadas com antecedência, tendo sua construção e montagem baseada em aparelhos alternativos, de fácil construção e de custo baixo.

Como forma de avaliação da pesquisa, fez-se a leitura dos dados recolhidos durante e depois da aplicação do tema nas aulas de Física de uma turma do terceiro ano. Neste momento foram avaliados os questionários, interpretando as idéias de melhoria no ensino de Física que surgiram nas entrevistas com os alunos, também foram analisados os conhecimentos dos alunos, indicados nas avaliações aplicadas e nos textos por eles redigidos.

O problema apresentado neste trabalho refere-se à visão que os alunos têm em relação à Física trabalhada em sala de aula e qual será a sua reação frente à Física Moderna apresentada a eles por meio de um trabalho diferenciado que envolva a pesquisa e os conhecimentos prévios dos alunos. A investigação, com base nos dados produzidos a partir de questionário, entrevistas, e documentos de avaliação busca esclarecer se há alguma diferença na visão do aluno a respeito da Física como disciplina.

Luzes Teóricas lança um olhar em direção as teorias de aprendizagem tendo como referência os autores Ausubel, Vygotsky e Moraes. Avaliaremos os conhecimentos prévios e conceitos subsunçores; o desenvolvimento cognitivo através do contexto social, histórico e cultural; a mediação por instrumentos e signos; a interação social; a análise de conteúdos.

A Trajetória Investigativa apresenta a construção e sistematização dos dados reunidos aos resultados da análise dos instrumentos de investigação utilizados nesta pesquisa.



1 LUZES TEÓRICAS

A precisão de lançar um olhar especial a autores como L. S. Vygotsky e D. Ausubel surge no momento em que brota a necessidade de iluminar minha capacidade de análise.

1.1 Vygotsky

O objetivo de Vygotsky, Luria e Leontiev era propor uma “nova psicologia”, a síntese¹ entre duas fortes tendências pensantes na psicologia, a psicologia como ciência natural e a psicologia como ciência mental. Segundo Oliveira (1997, p. 23):

Essa nova abordagem para a psicologia fica explícita em três idéias centrais que podemos considerar como sendo os “pilares” básicos do pensamento de Vygotsky:

- As funções psicológicas tem um suporte biológico, pois são produtos da atividade cerebral;
- O funcionamento psicológico fundamenta-se nas relações sociais entre o indivíduo e o mundo exterior, as quais se desenvolvem num processo histórico;
- A relação homem/mundo é uma relação mediada por sistemas simbólicos.

Para explicar o desenvolvimento cognitivo Vygotsky parte da premissa que este desenvolvimento não ocorre independente do contexto social, histórico e cultural. Para ele os processos mentais superiores de um indivíduo tem sua origem em processos sociais e esses processos mentais só podem ser compreendidos se compreendermos os instrumentos e signos que fazem esta mediação (MOREIRA, 1999).

Instrumentos e signos são construções sócio-históricas e culturais. “... Um instrumento é algo que pode ser usado pra fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma coisa...” (MOREIRA, 1999, p.111). O desenvolvimento cognitivo acontece com a interiorização de instrumentos e sistemas de signos desenvolvidos pela cultura, parte da natureza de cada ser humano, único que é capaz de combinar o uso de

¹ Para Vygotsky a síntese de dois elementos é a emergência de algo novo, possível devido à interação entre esses elementos num processo de transformação. “...o homem enquanto corpo e mente, enquanto ser biológico e ser social, enquanto membro da espécie humana e participante de um mesmo processo.” (Oliveira, 1997, p. 23).

instrumentos e signos. A linguagem é o sistema simbólico básico de todos os grupos humanos.

Para Oliveira (1997, p. 36):

Os sistemas de representação da realidade – e a linguagem é o sistema simbólico básico de todos os grupos humanos – são, portanto, socialmente dados. É o grupo cultural onde o indivíduo se desenvolve que lhe fornece formas de perceber e organizar o real, as quais vão constituir os instrumentos psicológicos que fazem a mediação entre o indivíduo e o mundo.

O homem torna-se capaz de ver o mundo e operar sobre ele através de sistemas de signos que constitui uma espécie de “código”, uma representação da realidade que se torna mediadora entre o indivíduo e o mundo real. É através da experiência com o mundo objetivo e o contato com os signos fornecidos pela cultura que o homem decifra o mundo. “Toda a vida humana está impregnada de significações e a influência do mundo social se dá por meio de processos que ocorrem em diversos níveis.” (OLIVEIRA, 1997, p. 37-38). A cultura não pode ser pensada como algo pronto, mas como um constante processo de recriação e reinterpretação de informações, conceitos e significados. O indivíduo internaliza as formas de comportamento fornecidas pela cultura, transformando atividades externas e funções interpessoais em atividades internas, intrapsicológicas. O desenvolvimento deste indivíduo inserido em um determinado grupo cultural se dá “de fora para dentro”.

Na opinião de Moreira (1999, p. 113):

Para internalizar signos, o ser humano tem que captar os significados já compartilhados socialmente, ou seja, tem que passar a compartilhar significados já aceitos no contexto social em que se encontra, ou já construídos social, histórica e culturalmente.

A transmissão de inter para intrapessoal, na perspectiva vygotskyana, é veiculada pela interação social, cuja análise não é nem o indivíduo nem o contexto, mas a interação entre eles. Esta interação torna-se fundamental para o desenvolvimento cognitivo e lingüístico de qualquer indivíduo (MOREIRA, 1999).

Para Vygotsky, segundo Oliveira (1997, p.58) o contexto no qual a interação ocorre é muito importante:

...essa importância que Vygotsky dá ao papel do outro social no desenvolvimento dos indivíduos cristaliza-se na formulação de um conceito específico dentro de sua trajetória, essencial para a compreensão de suas idéias sobre as relações entre desenvolvimento e aprendizagem: o conceito de zona de desenvolvimento proximal.

A zona de desenvolvimento proximal definida por Vygotsky é a distância existente entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo e seu nível de desenvolvimento potencial. A capacidade de realizar tarefas de forma independente é denominada de desenvolvimento real. A capacidade de desempenhar tarefas com a ajuda de companheiros é denominada nível de desenvolvimento proximal (MOREIRA, 1999).

A concepção de Vygotsky, segundo Oliveira (1997, p.61), sobre as relações entre desenvolvimento e aprendizagem é muito significativa para o ensino escolar. “... Se o aprendizado impulsiona o desenvolvimento, então a escola tem um papel essencial nas construções do ser psicológico adulto dos indivíduos que vivem em sociedades escolarizadas”. O processo de ensino aprendizagem na escola deve ser construído baseando-se no nível de desenvolvimento real da criança para sabermos a relação entre o processo de desenvolvimento dela e as possibilidades de instrução. Em seguida o professor deve interferir na zona de desenvolvimento proximal dos alunos provocando avanços que não ocorreriam espontaneamente, com uma idéia de reconstrução, de reelaboração de significados que lhes foram transmitidos pelo grupo cultural.

A zona de desenvolvimento proximal é um instrumento analítico necessário para planejar a instrução e para explicar seus resultados. Pela instrução, os conceitos científicos relacionam-se com o dia-a-dia e tornam-se conceitos cotidianos da criança, porém, se os conceitos científicos não são incluídos, ou não são mediados pela instrução, o desenvolvimento da criança pode ser afetado (MOLL, 1996).

Segundo Oliveira (1992, p.23):

As proposições de Vygotsky acerca do processo de formação de conceitos nos remetem à discussão das relações entre pensamento e linguagem, à questão da mediação cultural no processo de construção de significados por parte do indivíduo, ao processo de internalização e ao papel da escola na transição de conhecimentos de natureza diferente daqueles aprendidos na vida cotidiana.

As concepções de Vygotsky a respeito do funcionamento do cérebro humano baseiam-se na idéia de que as funções psicológicas superiores são construídas ao longo da história social do homem, que traz consigo uma estrutura básica estabelecida ao longo da

historia da espécie. A evidência de uma forte ligação entre os processos psicológicos humanos e a inserção do indivíduo num contexto sócio-histórico específico caracteriza seu funcionamento psicológico. Para Oliveira (1992, p.26): “...Instrumentos e símbolos construídos socialmente definem quais das inúmeras possibilidades de funcionamento cerebral serão efetivamente concretizadas ao longo do desenvolvimento e mobilizadas na realização de diferentes tarefas.”

A capacidade de lidar com representações que substituem o real permite que o ser humano faça relações mentais na ausência dos referentes concretos, sobrepondo-se aos limites impostos pelo mundo fisicamente perceptível e pelas ações motoras abertas. Segundo Oliveira (1992, p.28):

... os conceitos são construções culturais, internalizadas pelos indivíduos ao longo de seu processo de desenvolvimento. Os atributos necessários e suficientes para definir um conceito são estabelecidos por características dos elementos encontrados no mundo real, selecionados como relevantes pelos diversos grupos culturais. É o grupo cultural onde o indivíduo se desenvolve que vai lhe fornecer, pois, o universo de significados que ordena o real em categorias (conceitos), nomeadas por palavras da língua desse grupo.

Baseando-se nessas concepções Vygotsky estuda o processo de formação de conceitos experimentalmente e conclui que a formação de conceitos tem seu início na infância.

As descobertas principais de nossos estudos podem ser assim resumidas: o desenvolvimento dos processos que finalmente resultam na formação de conceitos começa na fase mais precoce da infância, mas as funções intelectuais que, numa combinação específica, formam a base psicológica do processo da formação de conceitos amadurece, se configura e se desenvolve na puberdade.(VYGOTSKY 2005, p.72).

Ele também ressalta a importância do uso do signo como meio de canalização entre nossas operações mentais e a solução do problema enfrentado. A presença de um problema, porém, não pode ser vista como única causa do processo de formação de conceitos, o meio ambiente deve estimular seu intelecto fazendo novas exigências, em que os processos mentais devem ser direcionados com a ajuda de signos (VYGOTSKY, 2005).

Essa trajetória na formação de conceitos passa por três fases básicas (equivalentes funcionais dos conceitos) e estas fases se subdividem em vários estágios (VYGOTSKY, 2005):

- a) Agregação desorganizada, ou amontoado: criado ao acaso ocorre quando a criança agrupa alguns objetos desiguais de maneira desorganizada, pode-se ver este estágio como uma manifestação de tentativa e erro, onde cada objeto acrescentado é uma mera suposição ou tentativa.
- b) Pensamento por complexos: a criança começa agrupar os objetos devido à relação que de fato existem entre esses objetos. O pseudo conceito, último estágio desta fase, é uma ponte entre o pensamento por complexos da criança e o pensamento adulto.
- c) Conceitos potenciais: resultado de uma espécie de abstração, também presente na formação dos complexos, de um traço comum em diferentes unidades.

Segundo Vygotsky (2005, p.98):

... Nos conceitos potenciais propriamente ditos, um traço abstraído não se perde facilmente entre os outros traços. A totalidade concreta dos traços foi destruída pela sua abstração, criando-se a possibilidade de unificar os traços em uma base diferente. Somente o domínio da abstração, combinado com o pensamento por complexos em sua fase mais avançada, permite á criança progredir até a formação dos conceitos verdadeiros.

Vygotsky (2005) distingue o processo de formação de conceitos “cotidianos” ou “espontâneos”, ou seja, conceitos desenvolvidos com atividades práticas da criança, interações sociais imediatas, dos conceitos chamados “conceitos científicos” que são aqueles adquiridos por meio do ensino. Um conceito não pode ser ensinado por meio de treinamento, ele acontecerá quando o próprio desenvolvimento mental da criança já tiver atingido o nível necessário. Como também não pode simplesmente ser transmitido pelo professor ao aluno.

Nas palavras de Oliveira (1992, p. 31-32):

... Poder-se-ia dizer que *o desenvolvimento dos conceitos espontâneos da criança é ascendente, enquanto o desenvolvimento dos seus conceitos científicos é descendente*, para um nível mais elementar e concreto. Isso decorre das diferentes formas pelas quais os dois tipos de conceitos surgem. Pode-se remontar a origem de um conceito espontâneo a um confronto com uma situação concreta, ao passo que um conceito científico envolve, desde o início, uma atitude ‘mediada’ em relação a seu objeto.

A construção de um conceito científico só acontece quando o desenvolvimento de um conceito espontâneo tenha alcançado certo nível. Os conceitos científicos, diferentemente dos cotidianos, estão organizados em sistemas consistentes de inter-relações, ou seja, implicam uma atitude metacognitiva, envolvendo uma atitude mediada desde o início de sua construção. A intervenção pedagógica – a importância da instituição escola na sociedade letrada – provoca avanços que não ocorreriam espontaneamente. Segundo Oliveira (1992, p.33):

... A aprendizagem desperta processos internos de desenvolvimento que só podem ocorrer quando o indivíduo interage com outras pessoas. O processo de ensino-aprendizagem que ocorre na escola propicia o acesso dos membros imaturos da cultura letrada ao conhecimento construído e acumulado pela ciência e a procedimentos metacognitivos, centrais ao próprio modo de articulação dos conceitos científicos.

A aprendizagem é necessária para desenvolvimento, assim como o bom ensino é aquele que fica à frente do desenvolvimento cognitivo e o dirige. A consumação do ensino acontece quando, aluno e professor, compartilham significados, mostrando que este intercâmbio é fundamental para a aprendizagem. Para Moreira (1999, p. 121):

...Sem 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. Interação e intercâmbio implicam, necessariamente, que todos os envolvidos no processo ensino-aprendizagem devam falar e tenham oportunidade de falar.

Dada a natureza da intervenção pedagógica proposta, que busca a construção de aprendizagens significativas, serão apresentados aspectos de uma teoria que destaca a importância dos conhecimentos prévios e da relação destes com as vivências cotidianas dos alunos.

1.2 Ausubel

Ausubel reconhece a existência de três tipos de aprendizagem: psicomotora, que envolve respostas musculares adquiridas com treinos e práticas; afetiva, que resulta de sinais internos identificada com experiências tais como o prazer e a dor, alegria ou ansiedade, satisfação ou descontentamento; e a cognitiva, que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende. As experiências cognitivas

sempre estão acompanhadas de experiências afetivas e geralmente são importantes na aquisição de habilidades psicomotoras. A aprendizagem cognitiva é o foco da teoria de Ausubel (MOREIRA, 1999).

Na década de 1960, quando a escola estava sobre forte influência comportamentalista Ausubel apresenta sua teoria da aprendizagem significativa, que segundo ele, ocorre quando há interação entre a nova informação e a estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, a aprendizagem significativa se caracteriza por uma interação entre a nova informação e a já existente (DAMASIO; TAVARES, 2011).

Nas palavras de Moreira (1997, p.1):

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

Na teoria de aprendizagem de Ausubel a mesma se torna eficiente quando o aprendiz consegue incorporar o novo conteúdo às suas estruturas de conhecimento, sendo significativos para ele quando há relação com seu conhecimento prévio (GOMES *et al.*, 2009). Assim:

Para haver aprendizagem significativa são necessárias duas condições. Em primeiro lugar, o aluno precisa ter uma disposição para aprender: se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrária e literalmente, então a aprendizagem será mecânica. Em segundo, o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógica e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem os conteúdos que têm significado ou não para si próprio (PELIZZARI, *et al.*, 2002, p.38).

Dessa forma o processo de construção do conhecimento acontece de forma individualizada, quando a interação da nova informação com o repertório cognitivo do aprendiz acontece, temos uma ponte, uma ligação chamada de subsunção². O cérebro humano armazena informações organizadas, criando uma hierarquia conceitual, onde elementos mais específicos de conhecimento são ligados a conceitos mais gerais criando uma estrutura cognitiva. “*Estrutura cognitiva* significa, portanto, uma estrutura hierárquica

² Aportuguesada a palavra inglesa “subsumer”, subsunção equivale a inseridor, facilitador ou subordinador. (Moreira, 1999).

de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo” (MOREIRA, 1999, p.153).

Quando acontece a aprendizagem significativa, o aprendiz transforma o significado lógico do material pedagógico em significado psicológico. Duas pessoas podem aprender significativamente o mesmo conteúdo, porém ter opiniões pessoais diferentes, tendo em vista a construção peculiar deste conhecimento. “Na interação entre o conhecimento novo e o antigo, ambos serão modificados de uma maneira específica por cada aprendiz, como consequência de uma estrutura cognitiva peculiar a cada pessoa” (TAVARES, 2001, p.56).

Em sua teoria Ausubel distingue claramente a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica, não como sendo uma dicotomia e sim como um contínuo. Na aprendizagem significativa, uma aprendizagem por descoberta, o aluno recebe os conteúdos que deve aprender de modo não completamente acabado e ele acaba tendo que defini-los ou redescobri-los antes de assimilá-los, ao contrário da aprendizagem mecânica, repetitiva, onde os conteúdos a serem aprendidos são dados de forma já acabada. Pelizzari considera este o eixo principal da teoria de Ausubel:

Efetivamente, a aprendizagem significativa tem vantagens notáveis, tanto do ponto de vista do enriquecimento da estrutura cognitiva do aluno como do ponto de vista da lembrança posterior e da utilização para experimentar novas aprendizagens, fatores que a delimitam como sendo a aprendizagem mais adequada para ser promovida entre os alunos. Além do mais, e de acordo com Ausubel, pode-se conseguir a aprendizagem significativa tanto por meio da descoberta como por meio da repetição, já que essa dimensão não constitui uma distinção tão crucial como dimensão de aprendizagem significativa/aprendizagem repetitiva, do ponto de vista da explicação da aprendizagem escolar e do delineamento do ensino (PELIZZARI *et al.*, 2002, p.39).

Na aprendizagem significativa há uma conexão não literal, ou seja, a aprendizagem da informação não depende das palavras específicas usadas na recepção da informação, o novo conhecimento conecta-se de maneira não arbitrária e não literal à estrutura cognitiva existente. Na aprendizagem mecânica ou memorística há uma absorção literal e não substantiva do novo material, sendo necessário um esforço menor, por isso o aprendiz a prefere quando se prepara para exames escolares que exigem respostas literais as suas perguntas, sem exigência de articulação entre conteúdos (TAVARES, 2004).

A aprendizagem mecânica é sugerida no caso do aluno receber informações em uma área de conhecimento desconhecidas, logo, a aprendizagem mecânica acontece

enquanto que alguns elementos de conhecimentos relacionados a novas informações na área desconhecida passem a existir na estrutura cognitiva do aprendiz funcionando como subsunçores para facilitar a conexão entre eles. Ausubel sugere que o conhecimento inicial a respeito desta nova área desconhecida seja memorizado e paulatinamente estruturado sobre o tópico considerado. Porém ele criou uma nova alternativa, ao invés da memorização a utilização de organizadores prévios, uma espécie de elementos introdutórios apresentados antes do elemento a ser aprendido em si (TAVARES, 2004).

Para Ausubel a essência do processo de aprendizagem significativa depende de condições como: a de que o elemento a ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal, se isto acontecer este elemento é dito potencialmente significativo; e que o aprendiz manifeste uma pré-disposição em aprender. Nas palavras de Moreira (1999, p.156): “De maneira recíproca, independentemente de quão disposto para aprender estiver o indivíduo, nem o processo nem o produto da aprendizagem serão significativos, se o material não for potencialmente significativo.”

Percebemos a evidência da aprendizagem significativa quando seu resultado contribui para que ocorra uma diferenciação na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel fala a respeito de três tipos de aprendizagem significativa: a aprendizagem representacional, onde os símbolos significam para o aprendiz aquilo que seus referentes significam; a aprendizagem de conceitos e representacional, ou seja, é representada por símbolos particulares que apresentam regularidade em eventos ou objetos; e a aprendizagem proposicional onde a tarefa é aprender o significado das idéias expressas verbalmente, não simplesmente aprender o que está na soma dos significados das palavras (signos) (MOREIRA, 1999).

O primeiro estágio da aprendizagem significativa é chamado por Ausubel de assimilação. É o processo que ocorre quando uma informação, potencialmente significativa, é assimilada sob uma nova informação mais inclusiva, já existente na estrutura cognitiva, modificando ambas. Um segundo estágio, chamado assimilação obliteradora se caracteriza pela progressiva dissociação entre a nova informação e seus subsunçores, até que não mais estejam disponíveis separadamente.

Podemos perceber este processo de acordo com o esquema a seguir: **A** (informação já existente) + **a** (nova informação) → **A'a'** (duas informações

modificadas: assimilação) $\rightarrow A' + a'$ (as informações sofrem assimilação obliteradora sendo dissociáveis) $\rightarrow A'$ (resíduo resultante do esquecimento de a'). A informação A' existente após a assimilação obliteradora é chamada de resíduo por Ausubel, é o que resta após o esquecimento natural que ocorre. No entanto, a informação pré-existente não volta a ser a mesma que existia antes da assimilação (A), ela se modificou devido à ocorrência da aprendizagem significativa. O termo assimilação é usado por Ausubel como um processo de integração e diferenciação de conceitos específicos da estrutura cognitiva do sujeito. (DAMASIO e TAVARES, 2011, p.5)

Em um processo instrumental, segundo uma abordagem ausubeliana, o principal fator cognitivo é a estrutura cognitiva do aprendiz no momento da aprendizagem. Ela pode ser influenciada de duas maneiras:

- 1) Substantivamente: dar atenção ao conteúdo e à estrutura cognitiva, a importância de não sobrecarregar o aprendiz com informações desnecessárias, dificultando desta forma a organização cognitiva. É indispensável uma análise prévia daquilo que se vai ensinar. “De nada adianta o conteúdo ter boa organização lógica, cronológica ou epistemológica, e não ser psicologicamente aprendível”. (MOREIRA, 1997, p.18)
- 2) Programaticamente: empregar métodos adequados de apresentação de conteúdo e princípios programáticos na organização sequencial da matéria de ensino. Para uma facilitação programática da aprendizagem significativa, Ausubel propõe quatro princípios: diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, organização sequencial e consolidação (MOREIRA, 1997).

Na diferenciação progressiva os conceitos mais gerais devem ser apresentados primeiro, uma vez que:

... 1) é menos difícil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas previamente aprendidas; 2) a organização do conteúdo de um corpo de conhecimento na mente de um indivíduo é uma estrutura hierárquica na qual as idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados (MOREIRA, 1997, p. 19).

No que se refere à reconciliação integrada, Ausubel acredita que separar os elementos instrucionais em tópicos ou seções independentes e construir ou criar relações entre os elementos e proposições já estabelecidas na estrutura cognitiva auxilia na

construção do ensino. “...Novak sugere que para a reconciliação integradora seja atingida, deve-se organizar o conteúdo ‘descendo e subindo’ na estrutura hierárquica do campo conceitual a medida que cada nova informação é apresentada” (DAMASIO e TAVARES, 2011, p.6).

A diferenciação progressiva e a reconciliação integrada além de princípios programáticos instrucionais potencialmente facilitadores da aprendizagem significativa também são vistos por Ausubel como processos da dinâmica da estrutura cognitiva (MOREIRA, 1997).

A organização sequencial deve participar no processo da aprendizagem disponibilizando subsunçores que possam sequenciar os tópicos, ou unidades de estudo, da forma mais coerente possível mantendo as relações de dependência naturalmente existentes na matéria de ensino (MOREIRA, 1997).

O princípio da consolidação aproxima-se como um dos principais pontos da teoria de Ausubel, um dos fatores mais importantes que influencia na aprendizagem do sujeito é o que o aprendiz já sabe. Para Moreira apud Ausubel (1999, p.163): “... o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo.”

Percebemos a ênfase na aprendizagem dada por Ausubel ao papel da estrutura cognitiva preexistente e à organização significativa da matéria de ensino como pilares do planejamento da instrução. Para ele a linguagem é um importante facilitador da aprendizagem significativa clarificando os significados, significando este que emerge quando é estabelecida uma relação entre entidade e o signo verbal que a representa, mostrando que a aprendizagem significativa é um processo dinâmico e segundo sua teoria apresenta tanto aspectos indutivos como dedutivos (MOREIRA, 1999).

1.3 Análise de Conteúdo

A Análise de Conteúdo (AC) é uma metodologia de análise de dados qualitativos, uma exploração qualitativa de mensagens e informações (MORAES, 1999). Na definição de Bardin (1997, p.38), a AC é “... um conjunto de técnicas de análise de comunicação, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens.” Para Júnior, a AC (2007, p.20) “Absorve e cauciona o investigador por sua atração pelo escondido, o latente, o não dito, retido por qualquer mensagem”.

Desde 1915, H. Lasswell usou a técnica de AC para realizar análise da imprensa e de propaganda nos estados Unidos, porém a historia da AC teve seu inicio bem antes em alguns casos isolados, como é citado por Júnior (2007, p.21):

A precisão histórica da AC refere-se a alguns casos geralmente isolados, tais como:

- a) A pesquisa de autenticidade feita na Suécia por volta de 1640 sobre hinos religiosos.
- b) O trabalho do francês B. Bourbon em 1892, sobre a expressão das emoções e das tendências de linguagem utilizadas em uma parte da bíblia (*O Êxodo*).
- c) Um estudo sociológico realizado por Znaniecki em 1918 a respeito da integração dos imigrantes polacos na Europa e na América.

Entre 1950 e 1960 quando novas interrogações e novas respostas no plano metodológico sugeriram que este método raramente devolvia mais do que o investido, alguns pesquisadores desinteressaram-se por ele. No entanto em 1955 acontece um congresso de psicolinguística em Illinois onde se percebe o interesse de muitos pesquisadores pela AC e surgem novas perspectivas metodológicas. Confrontam-se dois modelos de comunicação, o instrumental e o representacional. Neste momento os pesquisadores dividem-se entre a abordagem quantitativa e a qualitativa. De 1960 até 1990 alguns fatores como o recurso do computador, o interesse pelos estudos que dizem respeito à comunicação verbal e a inviabilidade de precisão dos trabalhos na área da linguística interferem negativamente na prática da análise de conteúdo. Porém autores como Durkheim, Bourdieu e Bachelard acreditam que além de lidar com comunicação queremos compreender muito mais que seus significados imediatos, sendo útil o emprego da AC. Nas palavras de Júnior (2007, p. 23):

- A sutileza dos métodos da AC proporciona responder aos seguintes objetivos:
- A superação da incerteza: O que eu julgo ver na mensagem estará lá efetivamente contido, podendo esta visão ser compartilhada por outros?
 - O enriquecimento da leitura: Se um olhar imediato, espontâneo e já fecundo, não poderá uma leitura atenta aumentar a produtividade e a pertinência?

A AC é uma metodologia que ajuda a reiterar mensagens atingindo uma compreensão de seus significados num nível que excede a leitura comum, ela vai além de uma simples técnica de análise de dados, representa uma abordagem metodológica com características e possibilidades próprias. Pode ser considerada como um método de investigação que compreende procedimentos especiais para o processamento de dados

científicos, marcando sua grande variedade de formas e adaptações a um campo de aplicações muito vasto, como o da comunicação (MORAES, 1999).

A matéria-prima da AC pode fundamentar-se em qualquer material descendente de comunicação verbal ou não verbal, como relatos autobiográficos, entrevistas, diários pessoais, entre tantos outros, chegando ao investigador em estudo bruto devendo ser trabalhado e processado a fim de facilitar o trabalho de compreensão, interpretação e inferência³ a que aspira a AC (MORAES, 1999).

A coincidência de significados de uma mensagem avaliada dentro de diferentes perspectivas não é indispensável. Os valores e a linguagem natural do entrevistado e do pesquisador, assim como a linguagem cultural e seus significados, influenciam sobre os dados da pesquisa como variáveis. Para Bardin (1977, p.42), a AC é:

... um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Para entender os significados de um texto é preciso levar o contexto em consideração, mesmo estando os dados expressos diretamente no texto, o contexto deve ser reconstruído pelo pesquisador. A AC assume certa importância em investigações com ênfase tanto no processo como no produto, considerando tanto o emissor como o receptor, segundo Moraes (1999, p.12):

...Isto estabelece certos limites. Não é possível incluir, nessa reconstrução, todas as condições que coexistem, precedem ou sucedem a mensagem, no tempo e no espaço. Não existem limites lógicos para delimitar o contexto da análise. Isto vai depender do pesquisador, da disciplina e dos objetivos propostos para a investigação, além da natureza dos materiais sob análise.

Toda AC precisa ter claro seus objetivos. Dependendo da abordagem de pesquisa utilizada a definição dos objetivos pode assumir dois ramos diferentes:

- a) Abordagem quantitativa: fundamenta-se na frequência de aparições de certos elementos da mensagem; obtém dados descritivos através de um método estatístico.

³ Inferência: operação lógica, pela qual se admite uma proposição em virtude de sua ligação com outras proposições já aceitas como verdadeiras. (Sanches, 2006, p.38)

- b) Abordagem qualitativa: recorre a indicadores não frequenciais capazes de permitir inferência. “Este tipo de abordagem privilegia o contexto da mensagem, mas também, o contexto exterior a este;” (JÚNIOR, 2007, p.33).

Ao concluir uma pesquisa é importante visualizar com clareza os objetivos do trabalho realizado, objetivos estes que podem ser categorizados. Nas palavras de Moraes (1999, p.13):

Esta classificação se baseia numa definição original de Laswell, em que este caracteriza a comunicação a partir de seis questões: 1) Quem fala? 2) Para dizer o que? 3) A quem? 4) De que modo? 5) Com que finalidade? 6) Com que resultados? Utilizando esta definição podemos categorizar os objetivos da análise de conteúdo de acordo com a orientação que toma em relação a estas seis questões.

A definição de objetivos de uma AC não pressupõe limitar-se a uma destas categorias, mas fazer transparecer uma multiplicidade de objetivos que podem ser atingidos, auxiliando em uma melhor exploração desta metodologia de análise (MORAES, 1999).

As principais etapas no desenvolvimento de uma AC são citadas por Moraes (1999) como:

- 1) Preparação das informações: a organização do material de trabalho acontecerá através da identificação das diferentes amostras de informação a serem analisadas por intermédio da leitura de todos os materiais; codificação dos elementos da amostra de documentos a serem analisados, que poderá ser constituída de números ou letras facilitando sua identificação.
- 2) Unitarização ou transformação do conteúdo em unidades: após a devida preparação os dados serão submetidos ao processo de “unitarização” que consiste em receber cuidadosamente os materiais para então definir a unidade de análise⁴, que pode ser palavras, frases, temas ou documentos. Após uma leitura e identificação das unidades de análise, geralmente o pesquisador terá as diferentes mensagens divididas em elementos menores. O próximo passo será isolar cada uma das unidades de análise reescrevendo cada uma delas em um cartão individualizado e isolando as mesmas. Por fim, serão definidas as unidades de contexto, que em geral são mais amplas do que as de análise, que serve de

⁴ “Também denominada ‘unidade de registro’ ou ‘unidade de significado’, a unidade de análise é o elemento unitário de conteúdo a ser submetido posteriormente à classificação. Toda categorização ou classificação necessita definir o elemento ou individuo unitário a ser classificado. Na análise de conteúdo denominamos este elemento de unidade de análise” (Moraes, 1999, p.16).

referência na fixação dos limites contextuais propostos pelas unidades de contexto, que geralmente contem diversas unidades de registro. Neste momento o pesquisador estará pronto para categorizar as unidades.

- 3) Categorização ou classificação das unidades em categorias: a discussão das unidades de categorização, seu significado e os critérios de constituição de categorias é o processo de transformação do texto, as categorias constituirão o coração da AC. A categorização é um procedimento de agrupamento de dados levando em consideração a parte comum existente entre eles. Cada conjunto de categorias deve fundamentar-se em apenas um critério, seja este um critério léxico (que enfatiza as palavras e seus sentidos), seja este um critério expressivo (cujo foco está nos problemas de linguagem). Na operação de categorização a análise do material obedece a um processo cíclico, isto é, existe um retorno periódico aos dados, procurando uma explicação cada vez melhor para seus significados. Vale ressaltar que neste processo os dados não falam por si, é necessário a extração de significados contidos neles.

Por esta ser uma das etapas mais criativas da AC, ela deve obedecer a um conjunto de critérios. As categorias devem ser válidas, exaustivas e homogêneas; a classificação para qualquer elemento do conteúdo deve ser mutuamente exclusiva; e por fim a classificação deve ser consistente.

Com o objetivo de produzir uma redução dos dados de uma comunicação, a AC exigirá um número reduzido de categorias, que antes de tudo devem ser válidas, pertinentes ou adequadas. Nas palavras de Moraes (2003, p.199):

Categorias de análise necessitam ser válidas ou pertinentes em relação aos objetivos e ao objeto da análise. Um conjunto de categorias é válido quando é capaz de representar adequadamente as informações categorizadas, atendendo desta forma aos objetivos da análise, que é de melhorar a compreensão dos fenômenos investigados.

Também devem atender ao critério da exaustividade ou inclusividade, tendo o cuidado de não deixar nenhum dado significativo sem ser classificado. A exaustividade de cada categoria está no sentido de possibilitar a inclusão de todas as unidades de análise.

Atendendo ao critério da homogeneidade, a AC sugere que as categorias devem ser organizadas e fundamentadas em um único princípio ou critério de classificação. “ Dizer que um conjunto de categorias é homogêneo significa poder afirmar que todo o conjunto é estruturado em uma única dimensão de análise” (MORAES, 1999, p.21).

Além destes critérios já citados, as categorias devem atender ao critério de exclusividade ou exclusão mútua, sugerindo que um mesmo dado não pode ser incluído em mais de uma categoria. Por último temos o critério de objetividade, consistência ou fidedignidade, que permeia a idéia de que cada unidade de conteúdo deve ser integrada à sua categoria sem ficar dívidas, permitindo que diferentes pesquisadores cheguem a resultados semelhantes quando categorizarem as mesmas unidades de conteúdo, a partir das mesmas regras de classificação.

- 4) Descrição: após concluir as etapas anteriores, chega o momento da comunicação do resultado, feito pela descrição. O sistema de categorias construído ao longo da análise determina a organização da descrição. É através do texto produzido como resultado da análise que a validade da pesquisa bem como seus resultados será comprovada. Segundo Moreira (1999, p.24): “O capítulo de um relatório de pesquisa em que se apresentam as descrições dos resultados da análise de conteúdo é certamente um dos capítulos mais importantes deste relatório. Entretanto não é suficiente. Requer-se chegar à interpretação.”
- 5) Interpretação: mais associada à pesquisa qualitativa, este termo sugere que o analista possa propor inferência e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos.

Em uma AC o pesquisador tem a possibilidade de conduzir o processo de diferentes maneiras. Quanto ao tipo de conteúdo que ele se propõe a examinar, pode limitar-se ao conteúdo manifesto restringindo-se ao que é dito, ou procurar explorar igualmente o conteúdo latente procurando captar sentidos implícitos. Quanto à exploração pode-se mesclar a objetividade ou a subjetividade visto que a análise de conteúdo oscila entre elas. Nas palavras de Moraes (1999, p.26), a dimensão da objetividade-subjetividade não questiona a objetividade ou a subjetividade do pesquisador, mas:

Corresponde à forma de categorização, pois categorias conceituais podem ser estabelecidas a priori para serem aplicadas ao texto, a abordagem objetiva, ou podem constituir-se num processo indutivo, reconstruindo as categorias usadas pelos sujeitos para expressarem suas próprias experiências e visão de mundo, a abordagem subjetiva.

Frente a esta questão estão duas abordagens básicas referentes à análise de conteúdo. Uma delas se refere ao raciocínio dedutivo, que parte de uma teoria, as categorias precisam ser justificadas a partir de um fundamento teórico e implica a utilização da quantificação como principal tratamento com os dados; a outra abordagem se refere ao raciocínio indutivo, que procura chegar à teoria, construindo a partir dos dados

categorias e a partir desta a teoria, sua finalidade é a compreensão dos fenômenos investigados. Em uma perspectiva indutiva, o rigor e a cientificidade precisam ser construídos ao longo do processo. Moreira fala a respeito do significado da teoria nas duas abordagens de análise de conteúdo apresentadas, dedutiva-verificatória e indutiva-construtiva:

Na primeira a teoria precede à análise e serve de fundamento para ela. Na segunda a teoria emerge da análise, isto é resulta como um dos produtos dela. Isto caracteriza dois extremos, podendo-se conceber pesquisas que abordam a questão do significado da teoria e fundamentação teórica de perspectivas intermediárias entre estas duas posições extremas (MOREIRA, 1999, p.29).

Apoiando-se na teoria dos autores citados neste capítulo, avançaremos na pesquisa realizada nesta dissertação descrevendo a seguir a trajetória investigativa.

2 *TRAJETÓRIA INVESTIGATIVA*

Com o objetivo de aplicar em uma turma do Ensino Médio uma proposta curricular diferente, os planos de aula foram baseados em um tema principal, denominado “O LASER em nossa vida”. As atividades propostas visam a contextualização de situações vivenciadas pelos alunos, motivando a pesquisa e envolvendo o aluno em aulas que valorizam seu conhecimento prévio.

2.1 **Contextualização**

Este trabalho realizou-se em uma escola pública na cidade de Barão de Cotegipe, norte do Rio Grande do Sul - Brasil. Trata-se de uma escola estadual que atende pelo nome de Colégio Estadual Mário Quintana, a única escola pública no município que oferece o ensino fundamental e ensino médio, atendendo aproximadamente 700 alunos. Oferece um ambiente agradável de estudo, porém com recursos limitados. Não há laboratório de ciências, muito menos equipamentos para atividades práticas; dispõe de um laboratório de informática com alguns computadores, fazendo com que os alunos realizem suas atividades em duplas. A internet disponível no laboratório de informática é “lenta”, exigindo dos alunos certo grau de paciência; a biblioteca da escola é compartilhada com a Secretaria de Educação do Município, ficando aberta somente no horário de aula. Neste horário há grande movimentação de alunos por toda escola, a entrada e saída da biblioteca são intensas para retirada de livros ou simplesmente visitas tumultuando o ambiente. O material disponível é antigo e depende de recursos da própria escola para sua reposição e melhoria.

Os pavilhões da escola comportam um número exato de salas de aula em relação ao número de turmas. A escola oferece ensino fundamental no turno da manhã e no turno da tarde; o ensino médio é oferecido nos turnos da tarde e noite, sendo que o maior número de alunos do ensino médio está no turno da tarde. Há três turmas de 1º ano, duas turmas de 2º ano e uma turma de 3º ano do ensino médio à tarde. No turno da noite há uma turma por

série no ensino médio. Muitos alunos chegam até a escola de transporte, e destes a grande maioria é do meio rural.

O Colégio Estadual Mário Quintana está localizado na Rua Erechim, s/nº, centro em Barão de Cotegipe, CEP: 99749-000 (figura 1).



Figura 1. Mapa com a localização do Colégio Estadual Mário Quintana.

Fonte: Google Earth.

A pesquisa foi realizada com uma turma do 3º ano, do Ensino Médio diurno, composta por 31 alunos, dentre eles 24 (77%) residem na zona rural. Suas idades variam entre 17 e 22 anos e 20% têm interesse em continuar os estudos buscando uma faculdade ou um curso técnico.

A turma foi selecionada para a pesquisa devido a escolha do assunto (Física Moderna no Ensino Médio) que aparece nos livros didáticos do 3º ano do Ensino Médio. Optou-se pela turma do dia porque a mesma apresenta um maior número de alunos.

2.2 Ensinando e aprendendo

Baseando-se no tema “O laser em nossa vida”, as atividades propostas buscaram contextualizar situações vivenciadas pelos alunos, motivando sua pesquisa e envolvendo o aluno em aulas onde seu conhecimento prévio deverá fazer a diferença na hora de construir o conhecimento a respeito de conteúdos normalmente trabalhados no ensino médio. Os conteúdos trabalhados foram luz, som, laser e efeito fotoelétrico, desenvolvidos através de questões incentivadoras distribuídos em 10 aulas, sendo que cada aula corresponde a dois períodos de 50 minutos cada. O cronograma com as datas segue abaixo:

Aula 1	06/07
Aula 2	13/07
Aula 3	10/08
Aula 4	24/08
Aula 5	31/08
Aula 6	14/09
Aula 7	21/09
Aula 8	28/09
Aula 9	01/10
Aula 10	05/10

Quadro 1: Cronograma com as datas das aulas.

O período de férias foi de 19 de julho a 07 de agosto.

A seguir apresentam-se a sequência das aulas, objetivos, problematização e procedimentos adotados.

AULA 1: A história da música

Objetivos

- Expor e convidar os alunos a participarem de um projeto de pesquisa.
- Investigar a noção e/ou o conhecimento prévio e acadêmico dos alunos a respeito da Física Moderna;
- Propor uma pesquisa em torno do tema “A história da música”;

A primeira atividade proposta foi aplicação de um questionário (apêndice 1) conceitual fechado, curto, no qual o objetivo foi investigar a noção e/ou o conhecimento

prévio dos alunos a respeito da Física Moderna. Em seguida foi feita uma explanação do projeto, sendo disponibilizado um intervalo de tempo para perguntas. Na sequência das atividades o assunto música foi sendo envolvido encaminhando a aula para sua problematização.

Problematização

- A música agrada a vocês? Todo tipo de música agrada?
- A maneira como a música torna-se pública, a maneira como é divulgada, foi sempre da mesma forma?

Procedimentos

Convidados a pesquisarem sobre o tema, os alunos aceitaram a proposta de construir uma linha do tempo que contasse um pouco da história da música. Decidiu-se então que a turma seria dividida em onze duplas e três trios e cada década, num intervalo que estava entre 1870 e 2000, seria estudada por estas duplas/trios. O estudo envolveria os principais autores/compositores, cantores, músicas, instrumentos, gravação e divulgação.

Observações

Nesta aula todos aceitaram a proposta de serem envolvidos em um projeto de pesquisa. Preencheram o questionário e aguardavam o próximo passo, “preocupados”. Durante a explanação do projeto os alunos mostravam interesse e curiosidades. Perguntas como:

“No mestrado é feito provas?”

“Quanto tempo ele dura?”

“E depois do mestrado, o que acontece?”

“É muito difícil?”

Estas questões demonstravam que os alunos não têm muito contato com este tipo de curso e/ou professores que freqüentem o mesmo. Ficaram admirados em saber que depois do ensino médio nossa formação continua com a graduação, a pós-graduação (especialização), o mestrado, o doutorado e o pós-doutorado. Acharam muito tempo dedicados ao estudo e acreditam ser algo muito distante de suas realidades.

Agradou aos alunos a proposta de pesquisa cujo tema é a história da música. Pediram um tempo para pesquisarem na internet, uma vez que a biblioteca não tem material adequado para este tipo de pesquisa. Ficou combinado então que a próxima aula

seria destinada à pesquisa no laboratório de informática da escola, proporcionando assim o tempo e material para realizarem a atividade.

AULA 2: A história da música

Objetivos

- Disponibilizar material e tempo para que a pesquisa bibliográfica seja feita.

Procedimentos

Após ter sido feita a chamada em sala de aula, os alunos dirigiram-se até o laboratório de informática, levando consigo os instrumentos necessários para as devidas anotações que julgarem necessárias.

Observações

A pesquisa no laboratório de informática agradou a grande maioria dos alunos. Estarem ligados ao mundo virtual é aproximá-los de atividades que fazem parte de seu cotidiano. Além da história da música os alunos encontraram as próprias músicas que caracterizavam a sua década. Com programas específicos eles “baixavam” as músicas podendo assim ouvi-las. Surgiu então a idéia de gravá-las e no momento da apresentação dos trabalhos cada dupla/trio exibiria um exemplo de música que tocava na década estudada. A gravação foi feita em “pen drives” e CDs.

AULA 3: A história da música

Objetivos

- Confeccionar uma linha do tempo, expondo os trabalhos de pesquisa ordenados por décadas no intervalo de 1870 a 2000.
- Proporcionar um momento de expressão oral.
- Proporcionar o contato com um aparelho de toca discos antigo.

Procedimentos

A primeira hora de aula foi ocupada pelos alunos na confecção do cartaz que expôs a linha do tempo baseada na história da música. Cada dupla/trio trouxe sua pesquisa descrita em uma folha de papel e esta foi anexada ao cartaz. Em seguida, frente ao cartaz, os alunos comentavam suas pesquisas e descobertas finalizando cada apresentação com uma parte da música referente à década citada. Em um último momento a turma recebeu a

visita de um professor, que aceitou o convite de mostrar aos alunos um toca discos antigo, em perfeito estado, guardado por ele no qual ainda escuta músicas gravadas em LPs⁵. A figura (2) mostra a confecção do cartaz com a linha do tempo e funcionamento do toca discos.



Figura 2. Trabalho dos alunos na confecção do cartaz que expõe suas pesquisas sobre a história da música e observação do funcionamento do toca discos.

Observações

A participação dos alunos esteve presente constantemente na confecção do cartaz que formou a linha do tempo. Eles desenharam e recortaram as letras, montaram e decoraram o cartaz. O som ficou ligado e pode-se perceber a alegria em seus rostos trabalhando ao som de músicas que eles trouxeram para ouvir. A visita do professor Genir abrilhantou a aula, durante sua exposição narrava um pouco de sua história, contando como eram as festas que frequentava animadas por toca discos. Mostrou aos alunos os cuidados com os discos de vinil, a maneira de selecionar as músicas, o número de músicas gravadas e os diferentes tamanhos dos discos de vinil. Ele trouxe um toca discos antigo, porém em bom estado com uma caixa de som anexa. Os alunos ficaram curiosos e achavam engraçado imaginar as festas embaladas por aquele aparelho.

O término da aula foi ao som das músicas que os alunos gravaram em “pen drives” e CDs, músicas estas das décadas correspondentes as pesquisas feitas para formarem a linha do tempo. Muitas risadas com algumas músicas. Os alunos comentaram a dificuldade de fazer “download”⁶ de algumas músicas mais antigas, segundo eles músicas mais velhas

⁵ Long Play (LP) é um disco de vinil desenvolvido na década de 1950 para reprodução musical. (Wikipedia, acesso em 12 de abril de 2011)

⁶ Significar sacar ou baixar em português; é uma transferência de dados.

não estavam disponíveis na internet uma vez que naquela época esta tecnologia não estava presente.

AULA 4: O aparelho de CD

Objetivos

- Ler e interpretar um artigo científico.
- Relacionar a música ao aparelho de CD e conseqüentemente ao laser.
- Investigar o conhecimento prévio do aluno a respeito do laser.

Problematização

- Como é feita as gravações em CDs?
- Quantas músicas comportam um disco de CD?
- A qualidade do som do disco de vinil é muito diferente do som de um CD?

Procedimentos

No início da aula foi entregue aos alunos os textos “O aparelho de CD” e “A Física do CD, DVD e do BD” (Anexo 1) cuja leitura foi feita no momento disponibilizado pela escola chamado ‘A hora da leitura’⁷. Feita a leitura individual, os alunos foram convidados a repetirem a leitura dando atenção especial às expressões desconhecidas, apontando as mesmas para discussão.

Um aparelho de rádio com CD foi levado para sala de aula, discos de CDs que os alunos trouxeram foram usados para percepção da área de gravação e os mesmos forneceram as músicas que por alguns minutos sonorizaram o ambiente.

Em um segundo momento da aula os alunos receberam uma atividade composta por 3 questões relacionadas ao tema laser (Apêndice 2). A tarefa foi responder apenas a questão 1:

- Complete a frase. Eu penso que o laser seja...

Respondida a questão, a folha foi recolhida e foi aberto espaço para discussão quanto às dificuldades encontradas pelos alunos para completarem a frase proposta.

⁷Projeto desenvolvido pela escola com o propósito de incentivar a leitura. Uma vez por semana a escola toda para e inicia-se a hora da leitura com uma música que indica o início de 15 minutos dedicados a esta prática. Há dois anos a escola deu início a este projeto e pretende ampliar este momento.

Observações

Interagindo com a programação da escola, os alunos fizeram a leitura dos textos propostos acompanhados de dicionários, onde buscavam os significados das palavras que não tinham conhecimento e estavam presentes nos textos. Neste momento nenhum aluno buscou o significado da palavra laser. Após a segunda leitura os alunos comentaram a respeito de alguns significados.

Na sequência das atividades, ao receberem a questão um para responder, os alunos olhavam um para o outro e riam!!!! Agora sem o dicionário em mãos, colocar no papel o significado da palavra laser tornou-se uma atividade difícil. Aos poucos foram arriscando algumas palavras e descreveram assim o significado da palavra laser.

AULA 5: O que é o laser

Objetivos

- Pesquisar a definição de laser
- Relacionar o laser com o tema luz
- Pesquisar a definição de luz

Procedimentos

Neste dia os alunos foram convidados a ir para o laboratório de informática pesquisar em artigos científicos (Anexo 2) “O que é o laser”. Em seguida foi retomada a atividade da aula 4 dando aos alunos a oportunidade de responder a questão número 2:

- Registre neste espaço a definição de laser que você pesquisou.

Dando sequencia a esta atividade, os alunos concluíram a tarefa comparando suas respostas das questões 1 e 2 e apresentando as relações existentes entre as duas definições dadas para a pergunta, construindo assim a resposta à questão 3, última do questionário avaliativo número 1.

Na segunda atividade do dia, permanecendo no laboratório de informática, uma nova pesquisa foi proposta. O tema era “Um pouco da história da luz”. Neste momento os alunos buscaram o que mais lhes interessava em relação ao título proposto. Na sequência, já em sala de aula, a junção das anotações diversas dos alunos deu origem a um breve texto a respeito da história da luz (Apêndice 3).

Observações

No início das atividades de pesquisa a dificuldade era o que procurar, onde e como. Luz é um tema amplo, então foi sugerida a busca pela história dos estudos sobre a luz. A ideia de pesquisa para a maioria dos alunos é a procura por respostas prontas, ou seja, o ler e o interpretar são atividades trabalhosas e segundo eles cansativas.

Na construção do texto com os dados recolhidos da pesquisa, a respeito da história da luz, a participação dos alunos foi surpreendente, organizando o texto no quadro negro e citando passagens interessantes e curiosas, como a idéia dos gregos que a luz surgia de nossos olhos para iluminar os objetos.

Neste dia os alunos começaram questionar a respeito de provas. Como seria feita a média bimestral. Quando explicado que a avaliação seria feita baseada em suas produções e participações os alunos demonstraram surpresa e ao mesmo tempo satisfação.

AULA 6: Dualidade Onda-Partícula

Objetivos

- Apresentar as duas teorias para o comportamento da luz: modelo onda e modelo partícula.
- Discutir sobre as informações apresentadas por vídeos.

Problematização

Um feixe de luz, vindo de um canhão laser, deve ser considerado onda ou um feixe de partículas?

Procedimentos

Enquanto os alunos assistiam a pequenos vídeos relacionados ao tema dualidade onda-partícula, eles anotavam em seus cadernos as principais informações e dando pausas no vídeo, dúvidas e colocações a respeito do tema eram feitas paralelamente.

Observações

A instalação, na sala de aula, do equipamento de TV e DVD para a transmissão dos vídeos demorou um pouco, uma vez que a TV estava com problemas no colorido. Prontamente os meninos oferecem ajuda e trocando alguns cabos resolveram o problema, mostrando a facilidade de manusear este tipo de equipamento.

Durante a passagem dos vídeos pode-se perceber que as meninas preocupavam-se em anotar e questionar enquanto que os meninos não mostravam interesse nas anotações, porém suas colocações e questionamentos eram de uma frequência em maior grau

comparando-se com as meninas. Ressaltando que os meninos que compõe esta turma são a minoria.

O conteúdo dos DVDs apresenta conceitos básicos a respeito de fenômenos que envolvem a luz e que perduraram durante séculos e conceitos mais recentes a respeito da teoria dualidade onda-partícula.

AULA 7: Ondas eletromagnéticas

Objetivos

- Pesquisar sobre o tema
- Relacionar a pesquisa ao vídeo assistido em sala de aula
- Definir onda eletromagnética

Problematização

- Como é feita a transmissão e recepção de microondas de uma estação de comunicação por satélite?
- Como funciona o forno de microondas?

Procedimentos

A turma assistiu em sala de aula um vídeo que falava a respeito do modelo de onda eletromagnética, fazendo, sempre, anotações em seus cadernos. Em seguida outra visita ao laboratório de informática foi feita, proporcionando aos alunos a oportunidade de buscarem respostas para algumas perguntas (dúvidas) relacionadas ao vídeo assistido. A idéia principal desta aula foi caracterizar as ondas eletromagnéticas como conceito de luz segunda a teoria ondulatória.

Observações

No laboratório de informática informações a respeito do conceito de onda eletromagnética eram retiradas de qualquer site, sem a preocupação das informações serem verdadeiras ou não, mostrando que a pesquisa em ambientes virtuais ainda está sendo pouco trabalhada nas escolas, faltando orientação aos alunos para que façam suas buscas em locais adequados e que tenham confiabilidade.

No momento da atividade percebe-se a facilidade dos alunos em estarem conectados em mais de um site, escutam músicas e trocarem ideias entre si, sugerindo outros endereços eletrônicos, porém a resistência em fazer leituras de textos mais extensos

permanece. Cópias de frases que se aproximam de supostas respostas são freqüentes. A busca pelo significado de palavras desconhecidas também não faz parte de seus métodos de pesquisa.

A velocidade do sinal de tráfego de ondas da internet no laboratório de informática é baixa, irritando facilmente o aluno que não tem muita paciência em esperar. A Wikipédia é um dos sites mais procurados para pesquisa. As aulas neste ambiente são silenciosas e todos se envolvem na atividade proposta.

AULA 8: O Espectro Eletromagnético

Objetivos

- Identificar as principais freqüências de um espectro eletromagnético
- Perceber a presença de uma onda eletromagnética

Problematização

Como ocorrem as interferências nas ondas de rádio e TV?

Procedimentos

Uma imagem de um espectro eletromagnético foi exposta em sala de aula com o auxílio de um retroprojetor. Em seguida foi realizada a atividade prática (apêndice IV), demonstrando a interferência de ondas de rádio. Depois de feitos comentários a respeito da propagação de ondas, os alunos tiveram contato com o livro didático, leram e discutiram a respeito de ondas eletromagnéticas, fótons, classificação dos meios de propagação, sombra e penumbra, eclipse e câmara escura de orifício. A atividade seguinte foi a resolução de problemas propostos pelo livro didático⁸ envolvendo os assuntos debatidos em sala de aula. Neste momento os alunos uniram-se em grupos.

Uma atividade foi proposta como extraclasse, a confecção de uma câmara escura de orifício.

Observações

As atividades práticas despertaram a curiosidade dos alunos. O trabalho com o livro didático mostrou integração e discussão nos grupos quanto à ideia de cada um a respeito do conteúdo. Cada qual colocava a sua opinião, seu conhecimento sobre o assunto e depois de breves colocações os grupos entravam em um acordo quanto ao problema em questão.

⁸ O livro didático ocupado pela escola é Universo da Física, dos autores José Luiz Sampaio e Caio Sérgio Calçada, os exercícios resolvidos pelos alunos encontram-se nas páginas 342 e 343 do volume 2.

O livro didático é um material que está a disposição do aluno para pesquisa diariamente, porém sua morada é no armário na sala de aula. Levá-lo para casa dá muito trabalho, segundo um aluno.

AULA 9: Máquina Fotográfica

Objetivos

- Conhecer um pouco da história da máquina fotográfica
- Visitar um estúdio fotográfico

Problematização

- Como é captada a imagem e como é impressa a fotografia?

Procedimentos

No laboratório de informática os alunos encontraram dificuldades em acessar a internet, a escola estava tendo problemas com o sinal. Alguns alunos haviam pesquisado os principais fatos históricos na evolução da máquina fotográfica em casa, por curiosidade sobre o assunto que havia sido iniciado na aula anterior. Em seguida a turma se dirigiu a um estúdio fotográfico onde foi recebida pelo fotógrafo mais antigo que ainda reside e trabalha na cidade, Clementino Mariga. Os alunos questionavam e reconheciam materiais do estúdio fotográfico.

Observações

O problema encontrado no laboratório de informática mostra que a tecnologia é uma ferramenta prática que apresenta suas limitações. O trabalho não foi prejudicado e a integração entre os alunos e o fotógrafo resultou em uma troca de experiência e conhecimento que agradou a ambas as partes. Os alunos puderam manusear máquinas fotográficas antigas e compará-las com as mais modernas. Acompanharam a impressão da foto que eles mesmos tiraram no estúdio fotográfico guardando como recordação de uma aula vivenciada em um ambiente externo a sua sala de aula.

AULA 10: Encerramento

Objetivos

- Ouvir sugestões e críticas dos alunos a respeito das últimas aulas de física.

Problematização

- O que marcou e/ou o que ficou das últimas aulas de física?

Procedimentos

Em um ambiente agradável, com música a som ambiente, sentados em forma de um círculo, os alunos expuseram suas críticas e avaliações às últimas aulas de física. Uma auto-avaliação que apontasse satisfação ou dúvidas relacionadas as aulas de física foi sugerida e recolhida ao final da aula.

Observações

Os alunos sentiram-se bem à vontade para expor suas sugestões e críticas. Um pedido foi feito pelo presidente de turma, em nome de todos: que as próximas aulas continuassem com o mesmo propósito, o mesmo método. A idéia de pesquisar sobre o assunto e construir juntos conceitos foi um dos pontos mais citados pelos alunos. Agradeceram pela oportunidade de fazerem parte deste trabalho e por ter apresentado a eles uma maneira diferente de estudar física.

Considerando que a proposta de intervenção pedagógica constitui um processo de construção e re significação de conceitos, a análise das informações obtidas durante o processo será feita de uma forma global sem estabelecer dicotomias ou fronteiras entre procedimentos.

2.3 Analisando

Dada a natureza do estudo, a análise dos resultados seguiu a orientação da metodologia da análise de conteúdo (MORAES, 1999). A análise permitiu um agrupar por significado gerando as seguintes categorias: investigação de impressões, conteúdo de pesquisa e percepção e análises, em torno das quais será organizado o texto a seguir.

2.3.1 Investigação de impressões

Com base em um questionário fechado curto, pode-se observar que a grande maioria dos alunos, 85 %, não sabe a diferença existente entre a física clássica e a física moderna, no entanto 69% destes entrevistados já ouviram algo a respeito da física moderna em sala de aula (Figura 3).

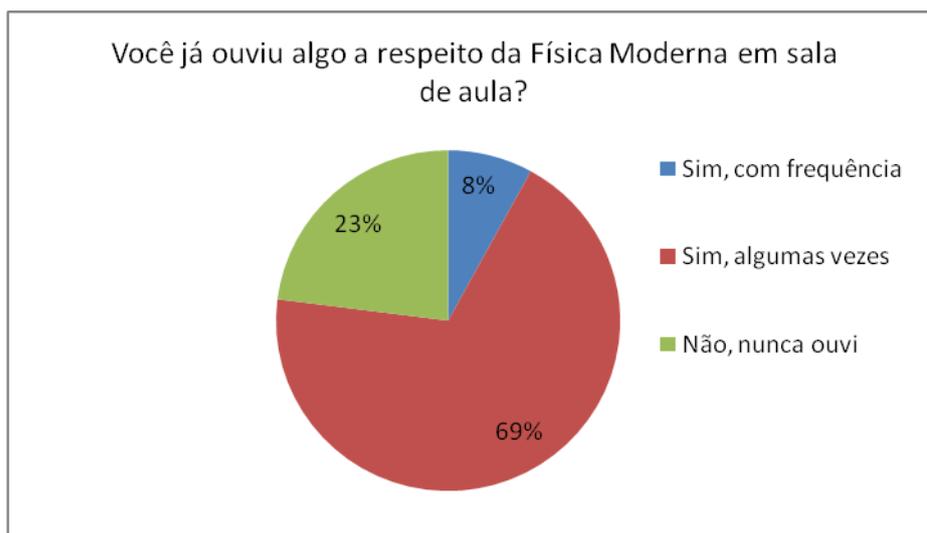


Figura 3. Questão 4 do questionário aplicado aos alunos.

O interesse por assuntos referentes à física moderna também pode ser notado neste questionário, quando 92% dos alunos demonstraram interesse por assuntos como laser, fibra óptica e efeito fotoelétrico, sugeridos como conteúdos para a disciplina de física (Figura 4).

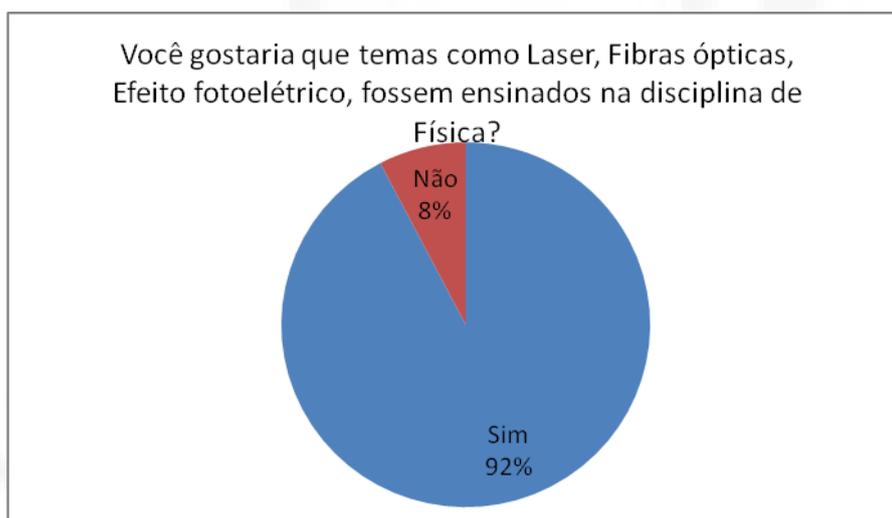


Figura 4. Questão 5 do questionário aplicados aos alunos.

Em relação às aulas de física anteriores, a turma caracterizou as mesmas entre boa e muito boa, prevalecendo o adjetivo boa, tendo o conteúdo em primeiro lugar 54%, o professor em segundo lugar 31% e a disciplina ficou em terceiro lugar 15% como motivo caracterizador das aulas de física. Neste mesmo questionário os alunos avaliaram os conteúdos vistos na disciplina de física e consideraram válidos para sua vida, reconhecendo sua aplicabilidade no dia-a-dia e sua importância nos vestibulares (Figura 5). Questionados

em relação ao assunto laser, 96% dos alunos concordaram que este chamaria mais a atenção nas aulas de física. Em uma última questão os alunos expuseram sua noção quanto à dificuldade de estudar física moderna, 92% dos alunos acreditam que não será muito difícil estudar física moderna.



Figura 5. Questão 8 do questionário aplicado aos alunos.

Em outra avaliação referindo-se a noção do significado do laser para os alunos, a questão número 1:

– Complete a frase: eu penso que o Laser seja...

Avaliou as concepções e impressões iniciais dos alunos. Neste espaço a maioria dos alunos respondeu que o laser é uma luz. Suas respostas variaram entre é uma luz, um feixe de luz, uma espécie de luz, um raio de luz, uma fonte de luz, mostrando a proximidade de seus conhecimentos prévios com o real significado e sentido da palavra laser.

A seguir está o quadro geral com as respostas dos alunos às questões propostas.

Questões	Respostas dos alunos			
	3. Você sabe qual a diferença entre a Física Clássica e a Física Moderna?	Sim	Não	
	4	22		
4. Você já ouviu algo a respeito da Física Moderna em sala de aula?	Sim, com frequência	Sim, algumas vezes	Não, nunca ouvi	
	2	18	6	
5. Você gostaria que temas como Laser, Fibras ópticas, Efeito fotoelétrico, fossem ensinados na disciplina de Física?	Sim	Não		
	24	2		
6. Como você considera suas aulas de Física?	Boa	Muito boa	Ruim	Muito ruim
	17	9		
7. O motivo pelo qual você caracteriza suas aulas de Física é:	O conteúdo	A professora	A disciplina	
	14	8	4	
8. Quanto ao conteúdo que foi trabalhado até o momento você considera válido para sua vida?	Sim, pretendo prestar vestibular.	Sim, reconheci sua aplicabilidade em meu dia-a-dia.	Não, não pretendo continuar estudando	Não, não consigo visualizar sua aplicabilidade em meu dia-a-dia
	10	14	1	1
9. Assuntos ligados ao seu cotidiano se tratados em sala de aula, como o Laser, chamaria mais a sua atenção para as aulas de Física?	Sim	Não		
	25	1		
10. Você acredita que estudar Física Moderna será muito difícil?	Sim	Não	Ruim	Muito ruim
	2	24		

Quadro 2: quadro geral com as respostas dos alunos às questões propostas.

2.3.2 Entrevistas

Outro material utilizado na pesquisa foi uma entrevista. Cinco alunos foram convidados para responderem quatro questões referentes às aulas de física. A seleção dos alunos teve por critérios sexo, demonstração de interesse em aula, facilidade de expressão, tendo o cuidado de diversificar estes fatores, incluindo os dois extremos de cada critério. A primeira pergunta da entrevista se referiu as características dos alunos, ou seja, idade, sexo, onde estudou, sua disciplina preferida e endereço (zona urbana ou zona rural) . A idade ficou entre 17 e 21 anos; dois entrevistados são do sexo masculino e três do sexo feminino; os cinco alunos entrevistados frequentaram mais de uma escola; a preferência por disciplinas ficou entre biologia (um voto), espanhol (um voto), física (dois votos), português (um voto), matemática (um voto) e sociologia (um voto), ressaltando que dois alunos citaram duas disciplinas de sua preferência; dois alunos residem na zona urbana e três na zona rural.

Estes dados podem ser visualizados no quadro 3 apresentado a seguir:

	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4	Aluno 5
Idade	17 anos	17 anos	17 anos	17 anos	21 anos
Sexo	F	M	F	M	F
Estudou sempre nesta escola	Não	Não	Não	Não	Não
Disciplina de sua preferência	Biologia e Espanhol	Física	Português	Matemática	Física e Sociologia
Endereço	Zona urbana	Zona urbana	Zona rural	Zona rural	Zona rural
Apresenta interesse em aula	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Possui facilidade em expressar-se	Sim	Sim	Sim	Sim	Não

Quadro 3: respostas da entrevista.

Questionados quanto suas impressões a respeito da disciplina quatro alunos citaram a relação da disciplina com cálculos, dentre estes dois admitiram gostar da disciplina pelo fato de sentirem facilidade nos cálculos, porém não entendiam o que calculavam. Um deles declarou que sentia dificuldade na resolução de exercícios, havia muitas fórmulas e pouca teoria.

A terceira pergunta referia-se as novas impressões para com a disciplina de física:

- Mudou alguma coisa nas aulas?
- Por quê?

Os cinco entrevistados perceberam mudanças nas aulas, como entender o que estão calculando pode facilitar os cálculos, física é coisa do dia-a-dia, a pesquisa auxilia na compreensão de conceitos. Convidados a fazerem algumas observações os alunos acrescentaram comentários referindo-se as aulas de física como diferentes, melhores, pediram para ter mais aulas de física com conteúdos que eles vêm no dia-a-dia, mais experimentos, acreditam que aulas assim sejam mais fáceis de entender, a física pode ser vista ‘com outra cara’.

2.3.3 Conteúdo de pesquisa

Dando continuidade à avaliação feita com os alunos, estes foram convidados a responderem uma segunda questão:

- Registre neste espaço a definição de laser que você pesquisou

Após pesquisa realizada no laboratório de informática da escola, os alunos apresentaram os resultados da pesquisa. As respostas dos alunos permeavam em torno do mesmo texto que se referia ao laser como uma radiação eletromagnética com características especiais, propagando-se como um feixe de luz. Alguns variaram suas respostas, acrescentando que o feixe é monocromático e bastante intenso; ou que Einstein lançou os fundamentos da invenção do laser em 1916; que todas as partículas tem o mesmo comportamento e propagam-se em uma mesma direção; ou ainda o significado da sigla laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – Amplificação da luz por emissão estimulada de radiação). Três alunos apresentaram um texto diferente, referindo-se ao laser como algo que utiliza uma emissão estimulada para desencadear uma ação em

casca entre partículas, ou seja, conseguir que todas estas partículas tenham o mesmo comportamento e se propaguem em uma mesma direção.

2.3.4 Percepção e Análise

Como um terceiro passo na pesquisa, os alunos foram convidados a responderem a uma terceira questão:

- Apresente a diferença entre as duas definições

Neste momento o grupo apresentou a maior diversidade de respostas. Sete alunos basearam-se na utilidade do laser para responder a questão número três; sete alunos caracterizaram o laser como radiação eletromagnética; três alunos caracterizaram o laser como partículas; dentre todos os alunos, quatro acreditam que o laser seja uma luz amplificada, uma luz estimulada; cinco alunos responderam a questão número três com uma comparação entre as suas respostas: *“Na primeira descrevo suas utilidades e na segunda sua definição”* (aluno X).

Doze alunos, incluindo as categorias já citadas acima, reescreveram o significado do laser baseando-se na união das respostas dadas para as questões um e dois. Duas definições para laser podem ser citadas como exemplo desta união: *“Laser é um feixe, uma junção de partículas de luz, que juntas se propagam em uma direção, e assim refletem o que há nos CDs e DVD”* (aluno y); *“O laser se propaga através de um feixe no qual as partículas propagam-se na mesma direção”* (aluno Z).

Demo (1997) relata que o aluno reconstrói o conhecimento através da educação pela pesquisa, ele reformula suas teorias e seus conhecimentos prévios, passando de objeto de ensino para sujeito ativo no sentido de criar, construir e articular informações prévias e informações coletadas no ato da pesquisa.

O ambiente em que o aluno se encontra deve ser um lugar coletivo de trabalho, onde aluno e professor trabalhem juntos. O aluno não deve ser considerado objeto de ensino, mas sim sujeito do processo, parceiro de trabalho. Pedro Demo (2001, p.16) critica a aula expositiva, muitas vezes mera distribuidora de certezas, tendo como marca o conhecimento imposto de fora para dentro, de cima para baixo, oposta a visão reconstrutiva onde a aprendizagem se desenvolve com as dúvidas e com as incertezas provocadoras do pensar.

Nas palavras de Demo (2001, p.15):

“... Aprender não é acabar com as dúvidas, mas conviver criticamente com elas. Por parte do professor, não se trata, jamais de “tirar as dúvidas”, mas de fazer outras tantas. Temos aí um sentido claro pós-moderno: conhecimento é processo dinâmico de questionamento permanente, não gerando respostas definitivas, mas perguntas inteligentes. O professor que tira dúvidas, coíbe o aluno de aprender, já que evita o saber pensar. E quem sabe pensar não encontra coisas definitivas, mas harmoniza-se com a imprecisão da realidade e a precariedade da ciência”.

Para que o “saber pensar” marque presença definitiva em nossas vidas, algumas revisões na escola e na universidade são recomendadas (DEMO, 2001, p.17):

“... um estudo muito distanciado da prática ou da cotidianidade não motiva; a prática como atividade que vem depois da teoria significa uma artificialidade; a prática como simples atrativo não sabe inovar, pois apenas se repete; a crítica sem proposta se esvazia em si mesma, pois, se é importante mostrar erros, é ainda mais importante saber mostrar como superá-los; não se aprende aos solavancos, como é a prova, mas de modo continuado, como é a própria vida; o conhecimento que inova é o mesmo que envelhece, donde segue a necessidade de renovação constante; na vida é mister desconstruir práticas e teorias, para se continuar vivendo”.

Na educação pela pesquisa, o aluno é motivado a ter interpretação própria de um texto, compreender e dar início a uma elaboração própria, tornando visível o saber pensar e o aprender a aprender (DEMO, 1941).

A relação entre linguagem e pensamento está sendo construída pelo aluno (VYGOTSKY, 2005) através da pesquisa, absorvendo informações de um meio cultural e incorporando significados à sua organização cognitiva.

A partir de seu conhecimento prévio sobre laser os alunos compararam os resultados de suas pesquisas moldando uma nova estrutura cognitiva entre o antigo e o novo conhecimento, modificados de uma maneira específica por cada aprendiz. A oferta da pesquisa, a existência do conhecimento prévio e a atitude de conectar a informação ao conhecimento podem ser ressaltadas como requisitos essenciais no processo da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1982).

REFLEXÃO

Na introdução desta dissertação apresentei o objetivo deste trabalho que refere-se a visão que os alunos tem em relação a maneira como vem sendo trabalhada em sala de aula a disciplina de física e qual a reação deles quando convidados a envolverem-se mais no processo de ensino aprendizagem. A proposta de mudança teve como suporte o trabalho com pesquisa envolvendo conteúdos como som, luz, laser e efeito fotoelétrico presente em situações do dia-a-dia do aluno.

O desafio de envolver os alunos em aulas que despertem seu interesse foi a força propulsora para iniciar este trabalho. Em oito anos de aprendizagem em sala de aula com alunos que apresentavam interesse pela investigação e curiosidade pelos fenômenos que os cercam, acreditei que realizar uma pesquisa apoiada em um referencial teórico como Ausubel e Vygotsky traria significativas contribuições para minha vida profissional. A interpretação dos dados teve apoio na teoria de Moraes.

Por meio de atividades como entrevistas, questionários e construção de textos, foi possível fazer um levantamento de informações relevantes sobre o grau de conhecimento prévio dos sujeitos investigados bem como quanto a percepção e análise posterior a pesquisas no laboratório de informática da escola e conversas em sala de aula referentes a temas sugeridos com o propósito de aproximar a física moderna da sala de aula.

No início a idéia principal era apenas trabalhar a física moderna em sala de aula, mas com o passar das aulas, percebi a importância do ato de proporcionar aos alunos a oportunidade da pesquisa dirigida. A independência dos alunos em elaborar seus próprios conceitos que envolvem seu dia-a-dia proporcionava aos alunos certo grau de satisfação, as proximidades dos assuntos de física moderna com suas atividades cotidianas completavam o prazer em descobrir ou redescobrir conceitos importantes na disciplina de física.

A comparação das aulas de física antes e durante as atividades proposta pelo projeto tornavam-se inevitáveis. Mesmo aqueles que afirmaram gostar de aulas cujo ambiente limitam-se a sala de aula e que o conteúdo é de responsabilidade apenas do professor, consideraram as 'novas' aulas mais atrativas e instigantes, provocantes,

percebendo assim que a aprendizagem pela investigação pode proporcionar um leque mais amplo de sugestões quando comparado apenas à explicação do professor.

O valor da disciplina de física foi descoberto por uma aluna no decorrer da pesquisa. Em uma auto-avaliação proposta ela escreveu: “Acho interessante nós mesmos pesquisar o assunto, assim nos empenhamos mais e conseguimos entender o conteúdo de verdade. Com as aulas de agora, eu entendo o verdadeiro sentido da física em minha vida”.

Este trabalho reforçou minha crença de que os alunos podem gostar da disciplina de física e começar a olhar para ela com outros olhos. Olhos de quem busca o prazer pelo conhecimento, busca respostas para suas perguntas em situações que vivenciam hoje, no presente. A aula que teve a presença de um toca discos; a apresentação das pesquisas a respeito da linha do tempo da música apresentada com o som das músicas gravadas em CDs e pen drives pelos próprios alunos em programas da internet que eles estão habituados a manusear; a visita ao estúdio fotográfico onde tocaram em máquinas fotográficas de gerações passadas e assistiram a revelação de uma foto tirada naquele momento deles mesmos, foram momentos que comprovaram quão significativos é para eles vivenciar conhecimentos.

A investigação dos conhecimentos prévios dos alunos foi outro ponto da pesquisa que chamou minha atenção. A valorização destes conhecimentos coloca o aluno em uma posição de questionamento que favorece a ele no sentido de ter segurança para perguntar, argumentar e reestruturar seus conceitos. Segundo Moreira (1999, p.120): “...O ensino se consuma quando aluno e professor compartilham significados.” Acredito que tanto o aluno quanto o professor fazem parte do processo ensino aprendizagem e portanto ambos devem falar e devem ter oportunidade de falar.

Conhecimentos construídos devem ser compartilhados, assim no futuro vou aproximar meu trabalho de pesquisa ao de outros colegas de minha área, sendo o meio ativo entre eles assim como, metaforicamente é o papel de um gás, líquido ou sólido no laser. Como está escrito no capítulo I – reflexos conceituais – “Todo feixe de laser possui uma fonte de átomos chamada de meio ativo, que pode ser um gás, um líquido ou um sólido. Quando estimulados estes átomos tornam-se altamente energizados e a emissão espontânea de luz por um único átomo dá início ao processo.” A ideia é energizar outros colegas e dar continuidade ao processo de construção do conhecimento pela pesquisa de assuntos que envolvam a física moderna em nosso cotidiano.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Maria Cristina Pansera de; AUTH, Milton Antonio; MALDANER, Otavio Aloisio. **Construção curricular em rede na educação em ciências: uma aposta de pesquisa na sala de aula**. Org. Maria do Carmo Galiazzi... - Ijuí: Ed. Unijuí, 2007. - 408 p. - (Coleção educação em ciências).

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: edições 70, 1988.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: edições 70, 1977.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: edições 70, 1997.

BOFF, Eva Teresinha de Oliveira . **Aprender em rede na educação em ciências**. Organizadores Maria do Carmo Galiazzi...- Ijuí: Ed. Unijuí, 2008. - 304 p. - (Coleção educação em ciências)

DAMASIO, Felipe; TAVARES, Aline. **A divulgação científica fundamentada a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: uma proposta com o tema da radioatividade e sua implementação**. XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2011 – Manaus, AM. 30 de janeiro a 04 de fevereiro de 2011. p.1-10

AUSUBEL, David Paul Disponível em: < www.davidausubel.org/index.html>. Acesso em: 16/02/2011.

AUSUBEL, David Paul **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

DEMO, Pedro. **Educar pela Pesquisa**. Campinas, SP: Autores Associados, 1997.

DEMO, Pedro. TAILLE, Yves de La. HOFFMANN, Jussara. **Grandes Pensadores em Educação: O desafio da aprendizagem, da formação moral e da avaliação**. Porto Alegre: Mediação, 2001.

DEMO, Pedro. **A nova LDB: Rancos e Avanços**. Campinas, SP: Papyrus, 1997.

DUALIDADE Onda-partícula. Produção e Distribuição Educacional - Com. Imp. E Exp. LTDA, São Paulo.

FIGUEIREDO, Aníbal; PIETROCOLA, Maurício. **Luz e Cores**. Ilustração: César landucci Neto. São Paulo: FDT, 2000.

GASPAR, Alberto. **Física**. São Paulo: Ática, 2004.

GOMES, Andréia Patrícia. *et al.* Ensino de ciências: dialogando com David Ausubel. **Revista Ciências & Idéias**, n.1, v.1, outubro/março, p.23-31, 2009-2010.

HEWITT, Paulo G. **Física Conceitual**. Tradução: Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

HOROWICZ, Ricardo J. **Luz, cores – ação: a ótica e suas aplicações tecnológicas**. Ilustração: Sidney Moural. São Paulo: Moderna, 1999.

http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf, acesso em fevereiro de 2010.

<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>, acessado em fevereiro de 2010.

<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/9294/8585>, acessado em fevereiro de 2010.

JÚNIOR, Gabriel Dias de Carvalho. As Concepções de Ensino de Física e a Construção da Cidadania. **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v.19, n.1: p.51-63, abr. 2002.

JÚNIOR, Marrone Jayme. **Um perfil da pesquisa em ensino de astronomia no Brasil a partir da análise de periódicos de ensino de ciências**. 2007. Dissertação (Mestre em Ensino de Ciências e educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2007.

KINALSKI, Alvina Canal.. **Construção curricular em rede na educação em ciências: uma aposta de pesquisa na sala de aula.** Org. Maria do Carmo Galiazzi...- Ijuí: Ed. Unijuí, 2007. - 408 p. - (Coleção educação em ciências)

MÁXIMO, Antonio; ALVARENGA, Beatriz. **Física: volume 2.** São Paulo: scipione, 2008.

MÁXIMO, Antonio; ALVARENGA, Beatriz. **Física: volume 3.** São Paulo: scipione, 2008.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Universo da Física, 2: hidrostática, termologia, óptica.** 2 ed. São Paulo: Atual, 2005.

MOLL, Luis C. **Vygotsky e a educação: implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica.** Tradução Fani A. Tesseler. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Revista Ciência & Educação**, v.9, n.2, p.191-211, 2003.

MORAES, Roque. **Análise de Conteúdo.** Revista Educação, Porto Alegre, v.22, n.37, p.7-32, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; E RODRIGUEZ, M. L. (orgs.) **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente.** In: Actas Del Encuentro Internacional sobre El Aprendizaje Significativo. Burgos, España. p. 19-44. 1997.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. Vygotsky e o processo de formação de conceitos. In _____. **Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão.** 18ª Ed. São Paulo: Summus, 1992. p. 23-34.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. O problema da afetividade em Vygotsky. In _____. **Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão.** 18ª Ed. São Paulo: Summus, 1992. p. 75-84.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. **Vygotsky: aprendizagem e desenvolvimento. Um processo sócio-histórico.** 4ª Ed. São Paulo: Scipione, 1999.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. **Vygotsky: aprendizagem e desenvolvimento. Um processo sócio-histórico.** São Paulo: Scipione, 1997.

OSTERMANN, Fernanda. **Tópicos de Física Contemporânea em Escolas de Nível Médio e na Formação de Professores de Física.** Tese (Doutor em Ciências) - UFRGS, Porto Alegre, 1999.

PELIZZARI, Adriana. *et al.* Teorias da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **PEC, Revista Curitiba**, v.2, n.1, p.37-42, jul.2001-jul.2002.

PENTEADO, Paulo Cesar M.; TORRES, Carlos Magno A. **Física - ciência e tecnologia, v.1:** São Paulo: Moderna, 2005.

PENTEADO, Paulo Cesar M.; TORRES, Carlos Magno A. **Física – ciência e tecnologia, v.2: Termologia, óptica, ondas.** São Paulo: Moderna, 2005.

PENTEADO, Paulo Cesar M.; TORRES, Carlos Magno A. **Física – ciência e tecnologia, v.3: Eletromagnetismo, Física moderna.** São Paulo: Moderna, 2005.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Universo da Física, 3: ondulatória, eletromagnetismo, física moderna.** 2 ed. São Paulo: Atual, 2005.

SANCHES, Mônica Bordim. **A Física Moderna e Contemporânea do Ensino Médio: qual sua presença em sala de aula? 2006.** Dissertação (Mestrado em educação para a Ciência e o Ensino da Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa. **Revista CONCEITOS**, p.55-60, julho de 2003/junho de 2004.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores.** L. S. Vygotsky; organizadores Michael Cole ...[*et al.*]; tradução José Cipolla Neto, Luís Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. 6ª Ed.. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VIGOTSKY, Lev S. **A construção do pensamento e da linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **Pensamento e linguagem**. L. S. Vygotsky; tradução Jefferson Luiz Camargo; revisão técnica José Cipolla Neto. 3ª Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

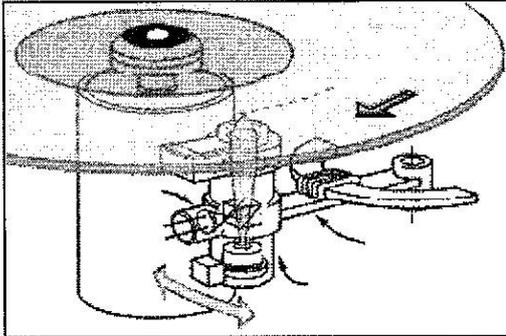
VYGOTSKY, Lev Semenovich. Aprendizagem e Desenvolvimento Intelectual na Idade Escolar. In _____. **Psicologia e pedagogia: bases psicológicas da aprendizagem e do desenvolvimento**. Tradução de Rubens Eduardo Frias, São Paulo: Centauro, 2005.

ZYLBERSTAJN, Arden. **Física: Ensino Médio**. Organização geral Nelson Studart. - Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

Anexo I

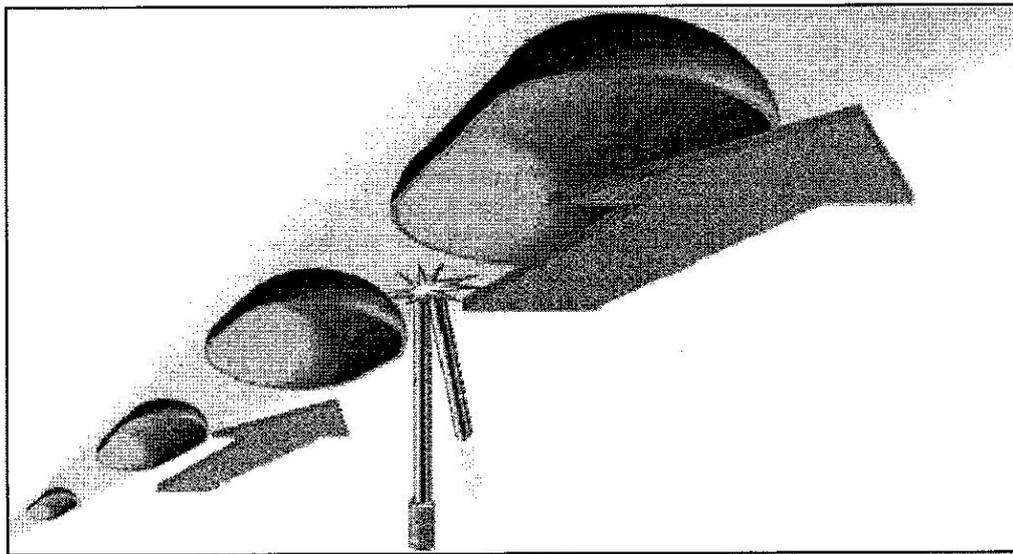
O APARELHO DE CD

Texto: Alberto Gaspar, *Do Eletromagnetismo à Eletrônica*, Editora Ática



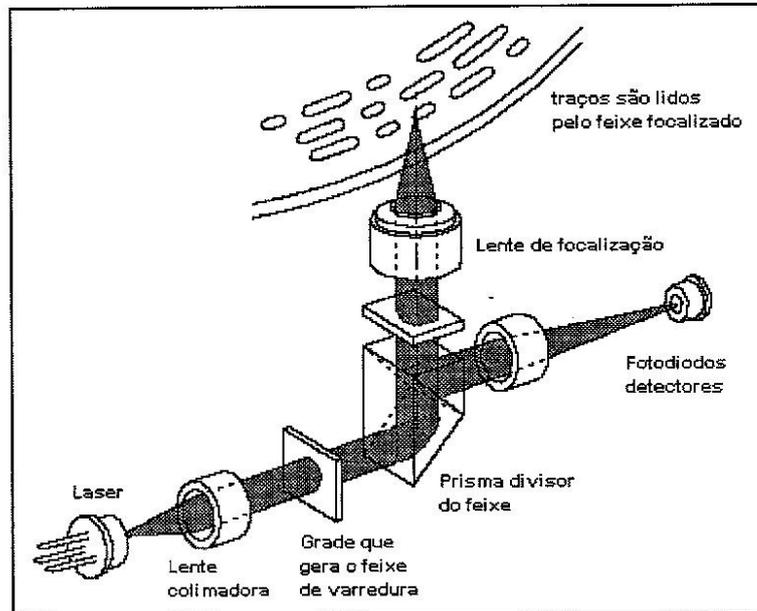
O primeiro dispositivo que permitiu a gravação do som e sua reprodução foi o fonógrafo de Edison, em 1877, no qual as ondas sonoras que chegavam a um diafragma faziam vibrar uma agulha, marcando uma ranhura de profundidade variada num cilindro que girava e que estava revestido com uma lâmina metálica. O cilindro, que deveria ser girado a mão, funcionava com uma agulha unida a um diafragma. Em 1887, Emile Berliner

desenvolveu o gramofone, que utilizava discos em vez de cilindros; a grande vantagem deste aparelho era que os discos podiam ser produzidos em massa a partir de um "modelo". Em 1948, o disco "longa duração" (long-play, em inglês), melhorou a qualidade do som e estendeu o tempo de reprodução para mais de 20 minutos por lado. Mas apesar das assombrosas melhorias na fidelidade, que surgiram graças às gravações e às reproduções elétricas e aos novos materiais dos discos, as vendas caíram nos anos 80. Inicialmente, isto deveu-se à crescente popularidade do cassete, e depois ao CD digital.

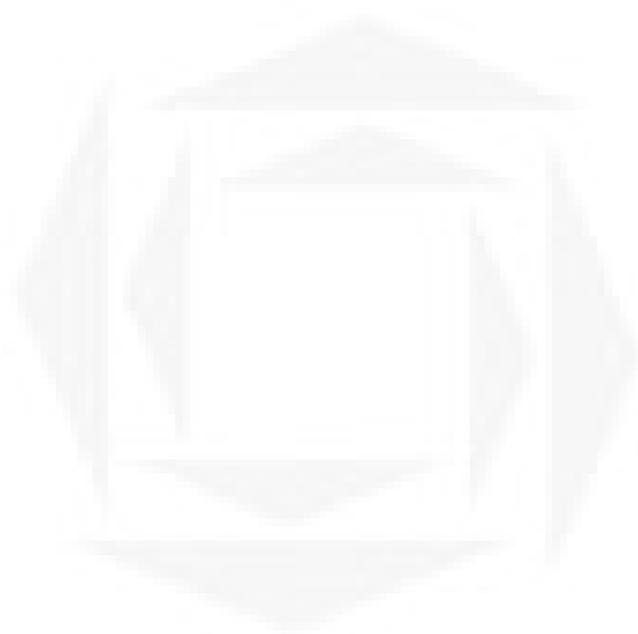


Os reprodutores digitais foram desenvolvidos por profissionais até final dos anos 70 num esforço para melhorar a qualidade da fidelidade e da duplicação, e para reduzir o ruído. Para os consumidores, a revolução digital chegou sob a forma de CD. Diferente da fita analógica, o CD oferece um acesso aleatório, o que significa que pode-se acessar diretamente às pistas no meio do disco sem ter que buscar em pistas prévias.

CD é a abreviação, em inglês, de disco compacto. Compacto porque é capaz de armazenar mais informações num espaço bem menor do que os discos de vinil. No entanto ele é semelhante aos já antigos discos de vinil.



Nos discos de vinil, uma agulha percorre sulcos, reproduzindo mecanicamente os sinais eletrônicos que os geraram. No CD, em vez de sulcos, existe uma seqüência de traços com um milésimo de largura e profundidade igual a um sexto dessa largura. As informações são gravadas por traços. A medida do comprimento de cada traço corresponde a cada informação. Não existe contato mecânico com esses traços: a leitura é feita por um finíssimo feixe de laser de 0,0009 mm. Esse feixe focaliza a linha tracejada no disco e se reflete. O feixe refletido é separado do incidente e dirigido a um conjunto de detectores. Dessa forma, esses detectores podem "medir" o comprimento dos traços, tornando possível a leitura da informação, além de manter o feixe na trilha correta. Os CDs podem reproduzir qualquer sinal "digitalizado", ou seja, transformado em dígitos binários.



UNIVATES

A Física do CD, DVD e do BD

Texto adaptado do artigo: "Pense e Responda! Qual o comprimento e a profundidade de bits em CD, DVD e BD?"

Um DVD se parece muito com um CD. De fato, usa o mesmo princípio para armazenar e recuperar dados: um raio laser projetado sobre uma superfície refletora. Mas há diferenças. A começar pela capacidade. Usando menores deformações microscópicas que defletem o raio laser na superfície refletora, o DVD consegue aumentar a capacidade de armazenamento. Essa capacidade era suficiente para as necessidades do mercado no final do século passado, quando foi criado o padrão (1997, para ser exato). Mas acontece que de lá para cá as coisas mudaram. E apareceu a televisão de alta definição (HDTV) que, por usar uma tela maior, foi obrigada a aumentar significativamente a resolução das imagens. O que forçou a criação de padrões para DVD de maiores capacidades. Um deles é o Blu-ray, apelidado de BD. Seu nome deriva do fato de adotar um feixe de luz laser de cor violeta ($\lambda = 405 \text{ nm}$) em vez do infravermelho usado pelo CD ($\lambda = 780 \text{ nm}$) ou do vermelho de DVD ($\lambda = 650 \text{ nm}$) comuns. E não se trata de escolher a cor mais bonita, mas a de menor comprimento de onda, que permite reduzir as marcas que desviam o raio laser, pois essas precisam ser da ordem do comprimento de onda da luz, possibilitando assim um aumento de capacidade em discos de dimensões semelhantes. Existe outro padrão, o HD-DVD, que também apela para esse recurso¹. A leitura de um disco digital é feita por um interferômetro como o da Fig. 1. O laser é dividido em dois feixes no semi-espelho. Cada feixe é refletido no disco e no espelho e voltam a se encontrar na célula fotoelétrica (detector) onde ocorre interferência. Essa interferência pode ser construtiva ou destrutiva dependendo da diferença entre o caminho percorrido pelos dois feixes. É possível conseguir leitoras de discos queimadas em lojas de concerto de aparelhos eletrônicos e é fácil identificar seus componentes comparando com a figura 1.

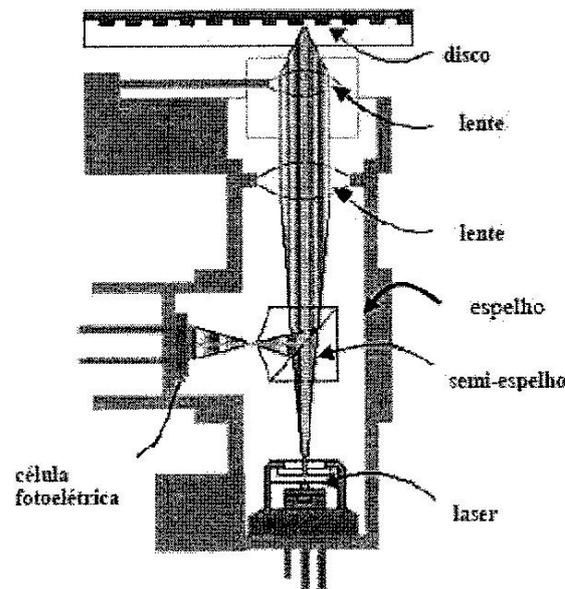


Fig. 1 - Esquema de uma leitura de discos óticos.

A gravação de um disco digital, seja ele CD, DVD ou BD, é feita furando sua superfície. As fotografias da Fig. 2 aumentam em 20 mil vezes a superfície dos discos, onde a mancha é o tamanho do foco do laser utilizado para a leitura em cada caso. O número acima de cada mídia é a capacidade de *bytes* (1 *byte* são 8 *bits*) de discos com 12 *cm* de diâmetro. A superfície lisa aparece na cor cinza, enquanto os furos aparecem em preto, que formam linhas (horizontais na fotografia) que cobrem todo o disco.

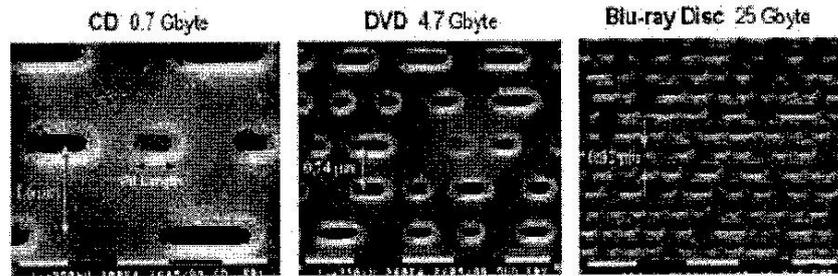


Fig. 2 - A distância L entre as linhas de um CD ($1,6 \mu\text{m}$), DVD ($0,74 \mu\text{m}$) e BD ($0,32 \mu\text{m}$). Foto: Philips Research

Uma região furada não reflete a luz, logo, não gera corrente na célula fotoelétrica e pode ser chamada de *bit 0*, enquanto uma região sem furar reflete a luz que é interpretado como um *bit 1*. O sinal digital é reforçado por interferência construtiva e destrutiva devido à profundidade do relevo impresso no disco. Ou seja, para que uma interferência construtiva se transforme em interferência destrutiva a profundidade dos furinhos h é aproximadamente igual a $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda da luz incidente: $h = \lambda/4n$, onde $n=1,5$ é o índice de refração do plástico transparente que recobre o disco.

As superfícies de um CD e de um DVD foram ampliadas 30 mil vezes nas fotografias da Fig. 3. Nessas imagens é possível perceber a profundidade d dos sulcos.

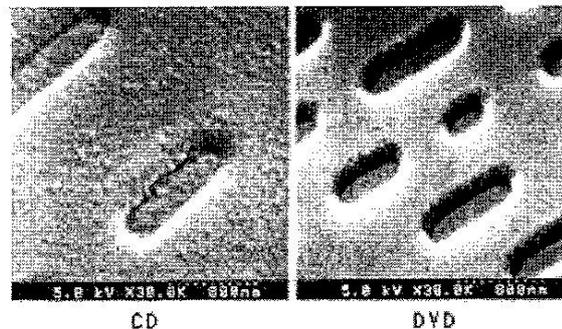
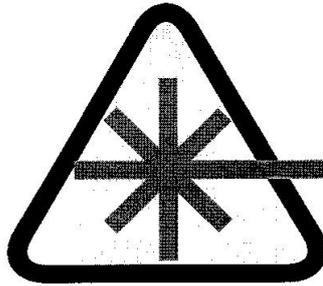


Fig. 3 - Fotografias com aumento de 30 mil vezes das superfícies de um CD e DVD.

As distâncias L entre as linhas do CD e do DVD podem ser medidas pelo método tradicional usando um laser e uma régua. Mas a mesma técnica não pode ser usada para medir a distância das linhas do BD. Luz visível, mesmo de um laser azul com comprimento de onda pequeno, digamos $\lambda = 0,45 \mu\text{m}$ não pode ser usada para essa medida. Nesse caso, a distância entre as linhas é menor do que o comprimento de onda, o que faz com que a superfície não difracte, mas apenas reflita a luz incidente. Esse cálculo fica para uma próxima aula de laboratórios de Física/Mecatrônica.

Mídia	Distância entre as trilhas	Capacidade de Gravação	Comprimento de onda do laser	Comprimento trilha em espiral
CD	$1,6 \mu\text{m}$	700 MB	$780 \mu\text{m}$	5,5 km
DVD	$0,74 \mu\text{m}$	4,7 GB	$650 \mu\text{m}$	12 km
BD	$0,32 \mu\text{m}$	25 GB	$405 \mu\text{m}$	28 km

Tabela 1 – Informações adicionais sobre o CD, DVD, BD



Os Fundamentos da Luz

Laser

Vanderlei S. Bagnato
 Instituto de Física de São Carlos
 Universidade de São Paulo
 C.P. 369, CEP 13560-970
 São Carlos - SP

Introdução

A óptica é um campo dentro da física que lida não somente com a propagação da luz mas também com a produção da luz e, principalmente, com seus mecanismos de interação com a matéria. É difícil imaginar um campo da ciência onde a óptica não esteja presente. Para citar alguns exemplos, temos a **astronomia convencional**, que só existe devido ao fato dos corpos celestes emitirem luz ou refletirem a luz de outros, e que usa instrumentos ópticos para observações. A **engenharia** utiliza vastamente a óptica, seja por meio de instrumentos analíticos ou mesmo nas linhas de produção e controle de qualidade. Nas áreas ligadas à saúde, a óptica tem estado presente de forma bastante marcante.

A grande aplicabilidade da óptica hoje em dia deve-se, bastante, à existência do raio laser. Funcionando como fonte de luz de características únicas, o laser possui propriedades especiais que o tornam um excelente instrumento de uso científico e tecnológico. Neste artigo queremos explicar como o laser funciona e como ele está conectado com as características básicas da matéria. De fato, antes da invenção do laser, a óptica se preocupava bastante com o desenvolvimento de ferramentas que possibilitassem produzir feixes de luz concentrados e que se propagassem por longas distâncias sem se dispersarem. Como veremos, o laser trouxe à óptica

tudo isto e muito mais.

Conceitos Básicos para Entendermos o Laser: A Atomística

Para que seja possível entendermos o funcionamento do laser, é necessário antes esclarecermos alguns pontos fundamentais, tais como a estrutura atômica e a origem e propagação da luz. Depois disto, estaremos prontos para entender a física do raio laser.

Funcionando como fonte de luz de características únicas (monocromaticidade, coerência e outras), o laser possui propriedades especiais que o tornam um excelente instrumento de uso científico e tecnológico

A idéia do átomo não é nova. Os sábios antigos consideravam a idéia de uma porção fundamental de matéria. Imagine se tomarmos um bloco de

pedra e nele dermos uma martelada, de modo que se divida em muitos fragmentos. Tomamos agora o menor dos fragmentos e prosseguimos da mesma maneira. Chegaremos então em uma porção de rocha que não mais pode ser dividida, sem perder as propriedades básicas do material. Essa porção, os antigos chamavam de átomo.

Em torno de 1808, o cientista inglês John Dalton deu um caráter científico à idéia do átomo. As idéias de Dalton a respeito do átomo são bastante exploradas nos cursos de química e física das escolas de primeiro e segundo graus e são bastante conhecidas. Para reuní-las de forma breve, podemos dizer que "todo átomo é uma minúscula partícula material, indestrutível, mantendo massa e dimensão inalteradas; os átomos podem combinar-se produzindo diferentes espécies de matéria".

A ficção científica dos anos 60 explorou a arma de raios laser à exaustão. Hoje, o laser tem uma gama de aplicações que ainda está para ser completamente explorada; quando menos se espera, alguém aparece com uma nova utilidade para essa luz, que os mais desavisados chamariam de 'miraculosa'. Antes de discutirmos suas aplicações, vamos conhecer neste artigo os fundamentos do laser.

O conceito atual de átomo está bastante longe da idéia de Dalton, que via o átomo como uma esfera rígida. Essa definição se enquadra muito bem em determinadas situações, mas tal modelo já não responde corretamente à maioria das perguntas relativas a fenômenos que ocorrem na natureza.

Mais tarde, o inglês Ernest Rutherford apresentou um novo modelo para o átomo. As experiências de Rutherford podem ser encontradas em vários livros básicos de química e de física, e deixamos para o leitor a tarefa de se aprofundar nesse assunto. As proposições de Rutherford foram as seguintes: "O átomo deve ser constituído de uma parte central, que foi denominada núcleo. Esse caroço central apresenta uma carga elétrica positiva. O tamanho desse núcleo seria bastante pequeno em relação ao tamanho do átomo (de 10.000 a 100.000 vezes maior)". Isto quer dizer que, se o núcleo tivesse 1 m de diâmetro, o átomo teria 10 km. Fazemos então a seguinte pergunta: se o átomo apresenta um núcleo bastante positivo, como então a matéria é neutra? Rutherford respondeu a essa pergunta admitindo que a carga nuclear é equilibrada por partículas de carga negativa, denominadas elétrons. Mas, se esses elétrons estivessem parados, eles seriam atraídos para o núcleo. Foi então proposto um equilíbrio dinâmico para os elétrons: "Os elétrons giram ao redor do núcleo em trajetórias circulares". O esquema apresentado na Figura 1 ajuda a compreender as idéias de Rutherford.

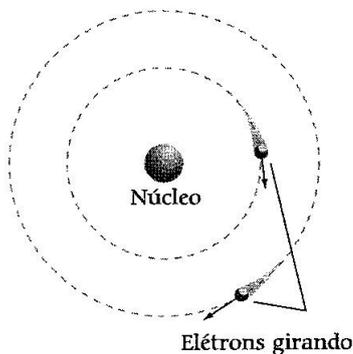


Figura 1. Modelo de Rutherford para o átomo.

Física na Escola, v. 2, n. 2, 2001

Existe no modelo de Rutherford uma contradição. Como explica a teoria da eletricidade e do magnetismo, uma carga elétrica em movimento acelerado emite energia. Assim, como os elétrons estão se movendo em torno do núcleo, eles deveriam emitir energia constantemente. Para compensar a diminuição de sua energia, o raio de sua trajetória diminuiria. Isto significa que os elétrons descreveriam uma trajetória em espiral e, ao término sua energia, chocariam-se com o núcleo. Isso evidentemente é um absurdo, pois, se assim fosse, a matéria se colapsaria rapidamente e átomos não existiriam.

A justificativa para a energia dos elétrons foi dada pelo físico dinamarquês Niels Bohr, que utilizou as idéias básicas de outro físico, Planck. As proposições feitas por Bohr são conhecidas como seus postulados, fornecidos a seguir:

- Os elétrons giram ao redor do núcleo em trajetórias circulares bem definidas e nesse movimento de rotação não há emissão de energia pelos elétrons.
- Quando, de alguma maneira, o elétron passa de uma órbita para outra, ocorre emissão ou absorção de certa quantidade de energia determinada pela expressão

$$\Delta E = h.f$$

onde h é uma constante conhecida como constante de Planck, e f a frequência da radiação (essa frequência ficará mais clara quando virmos ondas magnéticas mais adiante).

A quantidade de energia absorvida ou emitida pelo elétron nas suas transições de órbitas é denominada "fóton". A Figura 2 mostra de forma ilustrada o explicado acima.

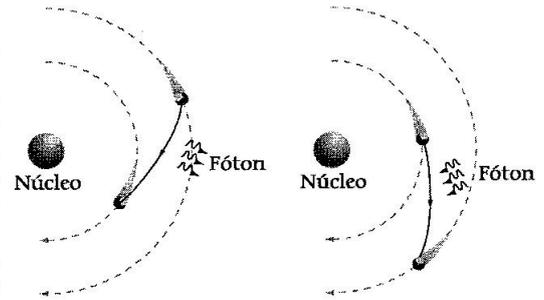


Figura 2. Processos de absorção e emissão de fótons nas transições de órbitas.

Assim, como assinalado na Figura 2, quando o elétron que gira em torno do núcleo salta de uma órbita externa para outra interna, ele emite um fóton de energia e , no processo inverso, ele

O tamanho do núcleo atômico é pequeno em relação ao tamanho do átomo (de 10.000 a 100.000 vezes maior)". Isso quer dizer que, se o núcleo tivesse 1 m de diâmetro, o átomo teria 10 km!

absorve um fóton de energia. A essa mudança de órbita, ou salto, chamamos transição eletrônica.

Evidentemente, essas idéias de Bohr não surgiram em um

estalo de genialidade, mas foram baseadas em uma série de fatos experimentais da época. Esses resultados experimentais eram os espectros de emissão de certos gases, principalmente do gás hidrogênio.

Podemos começar ilustrando o que vem a ser o espectro de emissão por meio da montagem mostrada na Figura 3.

A luz branca contém todas as cores. Ao passar pelo prisma ocorre uma decomposição, que separa a luz branca em suas diversas componentes. Essas várias cores, projetadas em um anteparo, diferenciam-se pelos seus chamados comprimentos de onda, ou frequências. Como, nesse caso,

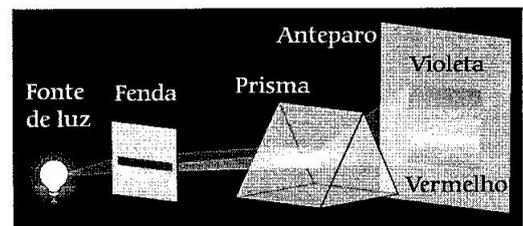


Figura 3. Espectro de emissão de uma lâmpada de luz branca.

as cores vão passando de uma a outra continuamente, temos o chamado espectro contínuo.

Se, em vez da lâmpada no esquema da Figura 3, for colocada uma ampola de vidro contendo gás hidrogênio a baixa pressão, como mostra a Figura 4, o espectro que aparece no anteparo é de linhas claras e espaçadas, como mostra a Figura 5.

Essas linhas discretas que aparecem na decomposição da luz proveniente da ampola de hidrogênio mostram que essa luz é composta apenas de determinados comprimentos de onda, e por isso dizemos que se trata de um espectro discreto. Quando um gás a baixa pressão é submetido a alta voltagem através de dois eletrodos, há emissão de elétrons do catodo que são acelerados para o anodo (pólo positivo). Mas, no meio do caminho, esses elétrons emitidos pelo catodo encontram os átomos de hidrogênio contidos na ampola e chocam-se com eles. Como são os elétrons que rodeiam o núcleo, são eles na verdade que se chocam com os elétrons liberados pelo catodo. Nesses choques, o elétron livre transmite energia ao elétron do átomo, que, adquirindo maior energia, pula para outra órbita mais externa. Porém, nessa nova situação, ele estará instável (segundo a ordem natural, ele "não gosta" de ficar nessa órbita).

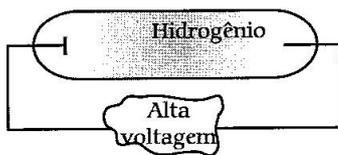


Figura 4. Ampola de descarga em gás a baixa pressão.

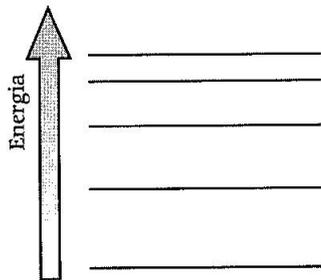


Figura 5. Espectro de emissão do gás hidrogênio.

Como a nova órbita não é a melhor para ele (a tendência é ficar na órbita mais próxima do núcleo), depois de certo tempo nessa situação o elétron retorna à órbita inicial. Como já vimos, nesse processo de retorno ao nível mais estável há emissão de um fóton, que constitui a radiação que será vista no anteparo. O esquema da Figura 6 ilustra o que foi explicado acima.

Não existe apenas uma órbita externa à qual o elétron pode ir após o choque com o elétron emitido pelo catodo. Várias órbitas são possíveis e, dependendo do choque ser mais forte ou mais suave, o elétron "pulará" para uma órbita mais externa ou menos externa. Quanto mais externa for a órbita, maior energia terá o elétron quando nela estiver. Assim, teremos pulos diferentes quando o elétron voltar, e isto produz radiação com diferentes comprimentos de onda, como é observado no espectro do hidrogênio.

A Figura 7 mostra alguns saltos possíveis que o elétron pode dar em um átomo de hidrogênio. Quando o elétron está na órbita mais próxima do núcleo, diz-se que ele está no seu estado fundamental; quando o elétron está em uma de suas órbitas mais externas, diz-se que ele está em um de seus estados excitados.

Em cada órbita o elétron tem determinada energia. Cada uma será, então, chamada de nível energético que o elétron pode ter, e a ela se atribui um número inteiro ($n = 1, 2, 3, \dots$), chamado número quântico principal, por ser encontrado por meio de cálculos de um ramo da física denominado Mecânica Quântica. Esse número inteiro n (número quântico principal) caracteriza a energia que o elétron apresenta quando em uma determinada órbita. O mesmo esquema mostrado na Figura 7 pode ser agora apresentado na forma de níveis de energia, já que, como dissemos, cada nível tem uma energia. Na Figura 8 também estão mostradas várias transições possíveis. É importante lembrar que

nem sempre é possível ver a radiação emitida no salto do elétron. Às vezes, o comprimento da onda da luz emitida é muito grande ou muito pequeno, fugindo do intervalo da chamada luz visível e, então, nossos órgãos visuais não são capazes de observá-los.

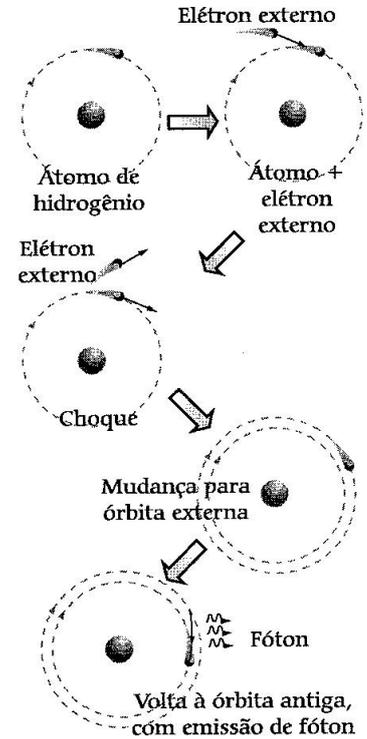


Figura 6. Esquema do processo de emissão de um fóton.

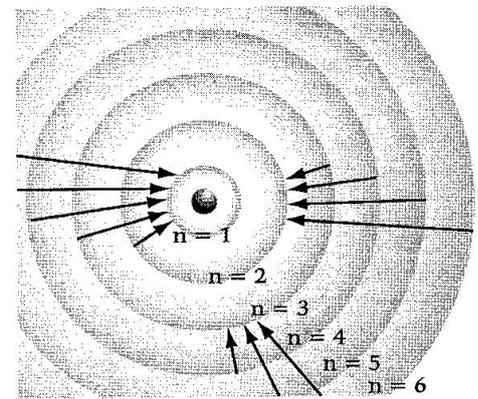


Figura 7. Saltos possíveis para elétron no átomo de hidrogênio.

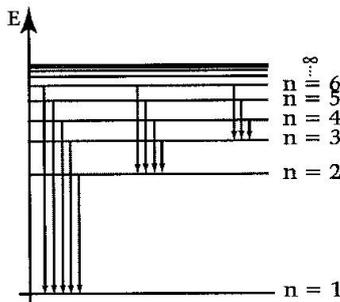


Figura 8. Transições possíveis para átomo de hidrogênio.

Produção de Luz no Laser

Até agora foram descritos dois processos básicos de extrema importância. Primeiramente, vimos o processo de absorção de um fóton por um sistema atômico, causando a transferência de elétron de um nível de mais baixa energia para um nível de mais alta energia. Em segundo lugar, vimos um processo de emissão espontânea de um fóton pelo sistema atômico, causando a transferência do elétron para um nível de mais baixa energia.

Existe, também, um terceiro processo que pode ocorrer no sistema atômico, tão importante quanto os dois anteriores: a emissão estimulada.

A emissão estimulada consiste no seguinte: vamos supor um elétron que esteja em um estado que não é aquele no qual ele tem menor energia (estamos então nos referindo a um estado excitado).

Esse elétron excitado apresenta uma forte tendência em ir para o nível de mais baixa energia. Porém, sozinho, esse processo é relativamente demorado para acontecer, podendo, no entanto, ser acelerado por um agente externo. Um exemplo disto é a situação tradicional de uma bola em equilíbrio instável, no topo de uma montanha, como mostra a Figura 9.

Com o elétron no seu estado excitado ocorre o mesmo, e o agente externo que causa seu salto para um nível energético menor é justamente outro fóton. Assim, um fóton externo estimula o decaimento do elétron excitado e este, ao passar para o estado de mais baixa energia, emite um fóton que emerge do sistema juntamente com

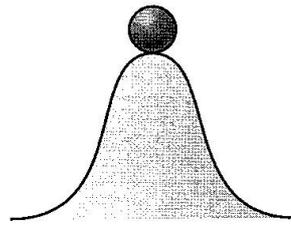


Figura 9. Equilíbrio instável de uma bola. Um leve toque externo colocará a bola em movimento.

aquele que causou a transição. Desse modo, na emissão estimulada, o causador do efeito sai intacto e o fóton gerado é o seu irmão gêmeo.

Nesse caso, os dois fótons emergem do sistema juntos, com a mesma energia, propagando-se na mesma direção. Dizemos que eles estão em fase e são fótons praticamente indistinguíveis. A Figura 10 ilustra os três processos até agora descritos.

No esquema (a), o sistema atômico absorve um fóton externo e o elétron usa a energia desse fóton para pular para o nível de energia mais alta.

No esquema (b), o elétron volta ao seu estado de mais baixa energia, através da emissão de um fóton com energia E_0 .

Finalmente, no esquema (c), mostra-se o retorno do elétron ao estado de mais baixa energia, devido à ação

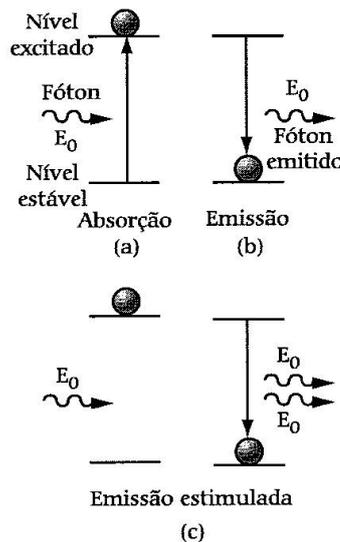


Figura 10: Maneiras para o átomo mudar seu estado de energia.

de um fóton externo. O resultado é a emissão estimulada de um outro fóton, que emerge lado a lado com o primeiro fóton.

Esses dois fótons que emergiram da emissão estimulada vão perturbar outros átomos com elétrons em seus estados excitados, havendo emissão de mais fótons que se juntam aos iniciais. A essa altura já podemos ter uma noção do que vem a ser o laser.

Como vimos, existem processos pelos quais os átomos emitem luz. Se juntarmos essa luz a processos que veremos mais adiante, e conseguirmos amplificá-la, teremos o chamado raio-laser. Assim, a luz do laser provém justamente da emissão que ocorre quando elétrons decaem de seus níveis energéticos de forma estimulada, produzindo um feixe de luz onde todas as pequenas porções (fótons) comportam-se identicamente.

Todos esses fótons que emergem do sistema são novamente jogados sobre ele por meio do uso de espelhos, que são colocados em cada extremidade da amostra. A vantagem nessa operação é que, fazendo com que os fótons emitidos pela amostra interajam mais com os átomos desta, maior será o número de fótons emitidos através do processo de emissão estimulada, aumentando a quantidade de luz que sairá do sistema.

Após vários passos, os fótons que se movimentam através do meio que forma o laser constituirão um feixe que apresenta uma intensidade considerável.

Uma abertura em um dos espelhos em uma das extremidades permitirá que continuamente uma fração dessa luz deixe o sistema.

Nas explicações dadas acima falamos em sistema, cavidade, espelhos etc., mas não demos maior atenção a esses conceitos. Vamos explicá-los.

Um laser consiste principalmente de 3 partes. A primeira parte é o chamado meio ativo, que pode ser gasoso, sólido ou líquido. Essa parte do laser é a que contém os átomos ou moléculas, as quais contêm os elétrons que, através dos saltos de níveis de energia emitem luz (fótons), que finalmente constituirão a luz laser. O primeiro laser construído tinha como

meio ativo uma barra de rubi.

De um modo geral, um sistema constitui um bom meio ativo quando os elétrons conseguem permanecer um tempo relativamente longo (10^{-4} s) em um estado excitado (normalmente um elétron permanece apenas 10^{-10} s no nível excitado).

Como vimos anteriormente, a energia do fóton emitido está relacionada com seu comprimento de onda. Assim, quando queremos construir um laser que emita luz com determinado comprimento de onda, deveremos escolher um meio que apresente átomos com elétrons em níveis cujo espaçamento tenha justamente a energia do feixe de luz que desejamos obter.

Se todos os átomos do meio apresentarem elétrons no estado de mais baixa energia, a ação do laser não poderá iniciar-se devido ao fato de que não teremos elétrons excitados para que ocorra o processo de emissão estimulada, ou mesmo espontânea.

Assim, antes de iniciar-se a ação do laser, é preciso que tenhamos a maioria dos átomos com elétrons em seus estados excitados.

Para que os elétrons saltem para seus níveis mais energéticos, é preciso fornecer energia. Esse é o trabalho de uma fonte externa de energia, que é a segunda parte principal do laser. A fonte terá a obrigação de produzir estados excitados, a fim de que nos decaimentos haja produção de luz. Ela atua no meio ativo, muitas vezes emitindo fótons sobre ele, e isso faz com que um grande número de átomos fiquem no estado excitado. Quando o maioria dos átomos apresentam elétrons no estado excitado, dizemos que ocorreu uma inversão de população. Esse estágio é fundamental para a produção do laser.

A terceira parte importante do laser é a cavidade ótica ou ressonador. Sua função é justamente a de fazer com que os fótons que emergem do sistema voltem para ele, produzindo mais e mais emissão estimulada. Isso é feito por meio de espelhos que são colocados nas extremidades dessa cavidade e provocam a reflexão dos fótons de volta à amostra. A Figura 11 é um esquema simplificado dessas 3 partes do laser.

A Figura 12 faz um resumo do

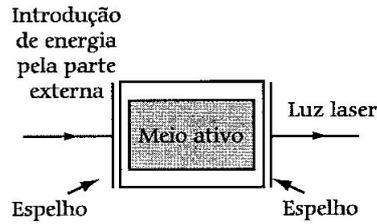


Fig. 11. Esquema simplificado das partes que constituem um laser.

que foi falado acima, mostrando a produção da luz laser (adotaremos os círculos vazios como sendo átomos no estado fundamental e círculos cheios como sendo átomos com estados excitados).

Começando do esquema (a), temos um meio ativo com seus átomos no estado fundamental. Uma fonte externa (que pode ser uma descarga elétrica no meio, outro laser etc.) deixa a maioria dos átomos em seus estados excitados, criando o que se chama de uma inversão de população (b). A emissão espontânea de um fóton por um desses átomos, adiciona mais luz à porção já existente (c). Esses fótons se refletem nos espelhos da cavidade, voltando para a amostra e provocando mais emissão estimulada, até que todos tenham decaído (esquemas (d), (e) e (f)). Essa é a máxima quantidade de luz que pode ser extraída desse meio. Uma porção dessa luz emerge do sistema, constituindo o feixe da luz laser (g). É claro que todos esses processos ocorrem de uma maneira contínua, fazendo com que a luz emergente seja um feixe contínuo e não interrompido.

Características da Luz Laser

Após a inversão de população ter ocorrido, produzindo a excitação dos elétrons com ajuda de uma fonte externa, o decaimento espontâneo de um dos átomos para o estado fundamental começa a provocar a emissão estimulada dos demais átomos e, conseqüentemente, produz luz. Somente a luz que se propaga ao longo do eixo principal do laser é que vai sofrer as várias reflexões no interior da cavidade ressonante, fazendo com que haja emergência de um feixe de luz. As principais características desse

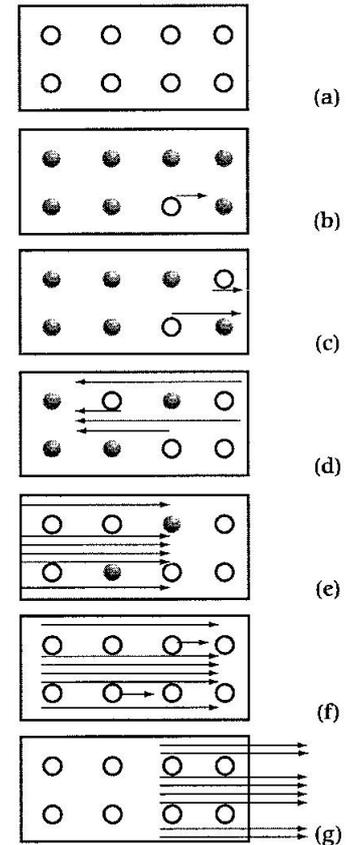


Figura 12. Esquema mostrando as várias etapas da produção de luz laser.

feixe emergente são as seguintes:

- primeiramente, a mais marcante é que a luz laser é monocromática, já que a energia carregada pelo fóton estimulante e pelo fóton emitido são as mesmas. Portanto, se verificarmos o espectro da luz laser, veremos apenas uma linha, mostrando que ela é composta de apenas um comprimento de onda, enquanto uma fonte de luz incandescente é formada por vários comprimentos de onda. O esquema da Figura 13 mostra os dois espectros. A monocromaticidade da luz laser é importante em espectroscopia e em outras áreas de pesquisa que requerem luz com uma energia determinada.

- uma segunda característica é o fato de que a intensidade do feixe laser pode ser extremamente grande, ao contrário das fontes de luz convencionais. Sua potência pode atingir ordens

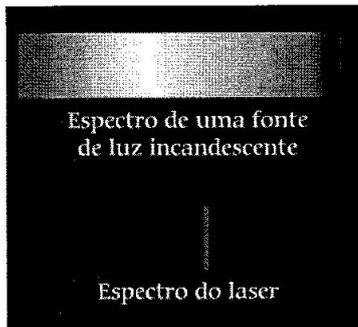


Figura 13. Espectro contínuo (vários comprimentos de onda) e espectro discreto do laser (apenas um comprimento de onda).

de tera watt (10^{12} W). Essas grandes intensidades ocorrem em lasers pulsados, onde a energia acumulada em longo tempo é emitida toda em um intervalo de tempo muito pequeno, da ordem de 10^{-12} s.

- em terceiro lugar temos o caráter direcional do feixe laser. Fótons emi-

tidos inclinados com relação ao eixo central não contribuirão para o feixe de laser final. O feixe resultante, que é constituído de ondas caminhando na mesma direção, é bastante estreito; ou seja, todo feixe propaga-se na mesma direção, havendo um mínimo de dispersão. Essa característica é extremamente importante para uma série de aplicações em comunicação, na indústria, na eletrônica etc.

- a quarta característica importante da luz laser é sua coerência. Para explicar o que significa a luz ser coerente devemos lembrar da natureza ondulatória da luz. Radiação é espacialmente coerente se as ondas sucessivas da radiação estão em fase e temporalmente coerente se os trens de onda têm todos a mesma direção e o mesmo comprimento de onda. Para exem-

plificar nossa idéia de coerência, vamos tomar um exemplo simples. Vamos considerar as águas calmas de um lago. Ao jogarmos uma pedra, haverá produção de ondas de uma forma periódica e ordenada. Com isso, vemos em todos pontos desse lago ondas coerentes.

Agora, vamos jogar de maneira desordenada várias pedras no interior do lago. Nessa situação, as ondas da superfície estarão totalmente desordenadas,

provenientes de pontos diferentes. Essas não são ondas coerentes, mas incoerentes.

Concluindo, são essas as propriedades da luz laser que fazem dela um dos instrumentos de maior aplicabilidade. Por isso, há mesmo quem diga que o laser é a solução à procura de problemas. Em um próximo artigo, falaremos das inúmeras aplicações do laser.

Luz laser é:

- monocromática
- de alta intensidade
- direcional
- coerente

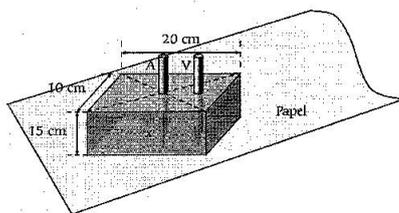


Objetivo

Visualização do movimento do centro de massa de um corpo.

Montagem

Em um bloco de madeira de (20 x 10 x 15 cm), praticam-se dois orifícios que atravessam o bloco ao longo de sua altura (15 cm), como se ilustra:



Preparo do bloco

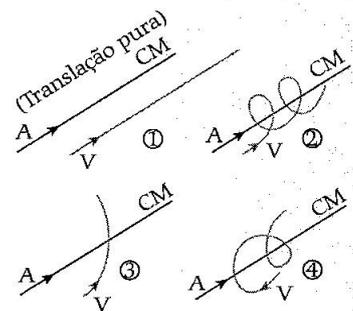
Esses orifícios apresentam diâmetros que permitem a introdução de canetas esferográficas comuns (bem macias), uma azul (A) e outra vermelha (V). Um dos orifícios passa pelo centro de massa do bloco e o outro, próximo à borda mais afastada do centro. O bloco, com as canetas inseridas nos orifícios, é colocado sobre uma grande folha de papel. A seguir, vamos à pancada.

Procedimento

Com um martelo, golpeie o bloco próximo da região X, indicada na face lateral. Com as experimentações você regulará a adequada intensidade da martelada e o local pretendido X.

Como resultado, a caneta azul registra o movimento do centro de

Movimento do Centro de Massa*



Trajetórias registradas no papel

massa do bloco (uma linha reta azul) e a caneta vermelha traçará uma linha (em geral, uma curva) vermelha em torno da linha azul, como ilustramos acima (resultado de alguns ensaios):

Prof. Luiz Ferraz Netto
leo@barretos.com.br

*Esta experiência consta do site http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_36.asp, gerenciado pelo Prof. Luiz Ferraz Netto.

Apêndice I

Reflexos Conceituais

Vivemos em um mundo onde fenômenos físicos estão presentes constantemente. Dificilmente encontraremos uma situação na qual não estejamos em contato com movimentos, ou então, imersos em ondas. Na natureza presenciamos vários fenômenos que podem ser classificados como ondas. Neste capítulo vamos descrever o conceito de onda e relacioná-lo a outros temas.

1.1 Ondas

Quando um corpo executa um movimento de “vaivém” sobre uma mesma trajetória, dizemos que o corpo está oscilando, ou vibrando. A distância existente entre a posição de equilíbrio e a posição extrema, que pode ser atingida pelo corpo que oscila, é denominada amplitude do movimento; o tempo que o corpo leva para completar uma oscilação, para frente e para trás, é chamado de período do movimento; e frequência vem a ser o número de vibrações completas efetuadas pelo corpo num determinado tempo (normalmente um segundo) (SAMPAIO E CALÇADA, 2005).

Tomemos como exemplo uma pequena gota de água caindo em uma superfície líquida em repouso (Figura 6), podemos observar que ocorre uma perturbação na superfície em repouso, e esta percorre outros pontos que por sua vez adquirem movimento. O fato de entrarem em movimento nos permite concluir que a esses pontos foi transferida certa quantidade de energia, e o agente físico responsável por tal fator é denominado onda, ou pulso de onda – no caso de uma única perturbação.



Figura 6. Pequena gota caindo em uma superfície líquida.
Fonte: Pentead e Torres, 2005, p. 98.

Nas palavras de Hewitt (2002, p 330):

De um modo geral, qualquer coisa que oscile para frente e para trás, para lá e para cá, de um lado pra outro, para dentro e para fora, ligando e desligando, estridente e suave ou para cima e para baixo, está vibrando. Uma vibração é uma oscilação em função do tempo. Uma onda é uma oscilação que é função tanto do espaço como do tempo. Uma onda é algo que tem uma extensão no espaço.

Uma onda é capaz de transportar energia e quantidade de movimento, mas não transporta matéria. Quando se propaga em um meio material elástico é denominada onda mecânica, ou seja, há porções de matéria vibrando.

Penteado e Torres (2005, p. 108) citam alguns exemplos:

O som propagando-se no ar constitui uma onda mecânica, pois é o ar (meio material) que sofre a perturbação; uma onda em corda é mecânica, pois são as partículas da corda (meio material) que vibram; as ondas do mar são ondas mecânicas, pois são as partículas de água que sofrem a perturbação. Assim, podemos concluir que as ondas mecânicas não podem existir no vácuo.

As ondas podem ser classificadas como transversais ou longitudinais, dependendo da forma como ocorre sua propagação (direção de vibração). Quando os pontos do meio no qual uma onda se propaga vibram perpendicularmente à direção de propagação desta, as ondas são denominadas ondas transversais. Quando os pontos do meio no qual uma onda se propaga vibram paralelamente à direção de propagação desta, as ondas são denominadas ondas longitudinais (MÁXIMO E ALVARENGA, 2008).

Existem alguns fenômenos físicos que estão presentes em vários tipos de ondas. A reflexão é um deles, neste fenômeno a onda que atingir um obstáculo (ou uma fronteira de separação entre dois meios) pode, total ou parcialmente, retornar com a mesma velocidade para o meio em que estava se propagando, tendo o mesmo valor do ângulo de incidência para o ângulo de reflexão (PENTEADO E TORRES, 2005).

No fenômeno da refração, a onda passa de um meio para outro, alterando sua velocidade e podendo sofrer um desvio de sua direção de propagação. Outro fenômeno é a difração, que caracteriza a onda pela capacidade que ela adquire em contornar obstáculos ou de passar por fendas. (PENTEADO E TORRES, 2005, v.2)

Batendo-se periodicamente na superfície de um líquido com dois objetos, podemos perceber duas ondas circulares que se propagarão nesta superfície. No instante em que as duas ondas se cruzam, ocorre uma superposição dos efeitos individuais de cada pulso de

onda. A essa superposição damos o nome de interferência, outro fenômeno físico presente em ondas (Figura 7).

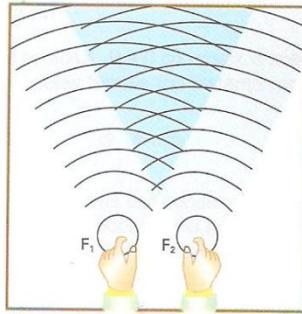


Figura 7. Superposição de duas ondas se propagando em um mesmo meio.
Fonte: Máximo e Alvarenga, 2008, p. 307

A polarização também é uma característica da onda, porém ocorre apenas com ondas transversais – ondas em que a direção de vibração é perpendicular à de propagação. Na figura (Figura 8) temos um exemplo de onda transversal, onde o movimento das partículas é perpendicular à direção de propagação. Se colocarmos um obstáculo com uma fenda à sua frente, a direção de propagação das partículas oscilantes depois da ultrapassagem será única e paralela à fenda, ou seja, a onda está polarizada (GASPAR, 2004).

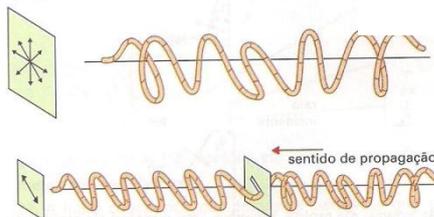


Figura 8. Onda transversal propagando-se em uma corda e ultrapassando um obstáculo.
Fonte: Gaspar, 2004, p. 327.

1.2 Óptica

Esta parte da ciência estuda as propriedades da luz e suas interações com objetos e com ela mesma. A óptica preocupa-se com o comportamento da luz abordando aspectos tais como: emissão, absorção, polarização, interferência e difração. Duas questões sobre luz despertavam a curiosidade desde a época dos primeiros filósofos gregos: sua natureza e sua velocidade.

Sampaio e Calçada (2005) afirmam que observando alguns fenômenos da natureza como o trovão, pesquisadores da época acreditavam que a velocidade da luz era muito

grande, uma vez que o som do trovão era ouvido depois da percepção da luz do relâmpago. Porém, a medida desse valor foi mais precisamente encontrada muitos anos depois (\cong 200 anos) devido a seu enorme valor o que dificultava sua medida em laboratórios terrestres (como havia tentado Galileu em 1635). Apenas em 1849, Armand Hippolyte Louis Fizeau, conseguiu chegar a um valor próximo do atualmente aceito 3.10^8 m.s^{-1} , com o primeiro experimento terrestre bem sucedido.

A velocidade da luz é representada pela letra c , tirada da palavra latina *celebre* (rápido). No vácuo temos $c \cong 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$, porém nos meios materiais a velocidade da luz é menor que c dependendo da cor da luz (SAMPAIO E CALÇADA, 2005).

Quando enxergamos um corpo é sinal da emissão de luz para nossos olhos. Os corpos podem produzir luz própria, como o Sol, as estrelas, o filamento de uma lâmpada acesa; e os corpos podem enviar – refletir – a luz recebida de outros corpos, chamados de corpos iluminados ou fonte de luz secundária, como as folhas de um livro (PENTEADO e TORRES, 2005).

Um dos fatos que pode ser observado quanto ao comportamento da luz é sua propagação retilínea. De acordo com Penteado e Torres, “A luz se propaga em linha reta quando atravessa um meio homogêneo e transparente” (2005, p. 147). Neste caso sugere-se por meio homogêneo aquele que apresenta as mesmas propriedades naturais em todos seus pontos. Podemos observar este fenômeno em inúmeras situações, como a luz do Sol penetrando entre as árvores de uma floresta (Figura 9).



Figura 9. A luz do Sol penetrando entre as árvores.
Fonte: Penteado e Torres, 2005, p. 148.

Meios transparentes são aqueles através dos quais os objetos são vistos com nitidez – o ar em uma sala, por exemplo; meios translúcidos são aqueles através dos quais os objetos são vistos com pouca nitidez – o papel vegetal e o vidro fosco; meios opacos são

⁹ Símbolo usado para aproximadamente.

aqueles que não permitem a passagem da luz, logo, não podemos ver através deles – uma parede de concreto (PENTEADO e TORRES, 2005).

Ainda quanto à propagação retilínea da luz, ela pode ser observada na formação de sombras – uma região escura que surge do bloqueio dos raios de luz que para ali se dirigiam – e penumbras – uma região semi-escura que surge onde uma parte dos raios de luz está sendo bloqueada. A sombra é formada por uma fonte de luz puntiforme – um ponto que imite luz – enquanto que a penumbra é formada por uma fonte de luz extensa – uma fonte de luz maior (PENTEADO e TORRES, 2005).

O eclipse¹⁰ também é um bom exemplo da propagação retilínea da luz. O eclipse do Sol ocorre quando a Lua se interpõe entre a Terra e o Sol, promovendo sobre esta uma região de sombra – eclipse total – e penumbra – eclipse parcial (Figura 10).

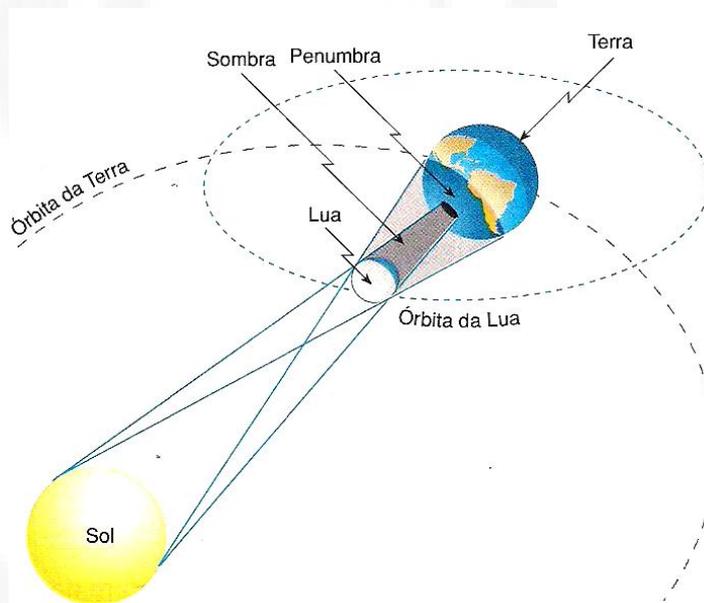


Figura 10. Representação esquemática de um eclipse do Sol.
Fonte: Penteado e Torres, 2005, p. 149.

Segundo Máximo e Alvarenga (2008) a luz emitida por uma fonte pode ser constituída de apenas uma cor (monocromática) ou de várias cores (policromática). A luz emitida pelo Sol é uma luz policromática branca, composta por infinitas cores. Quando um

¹⁰ Invisibilidade total ou parcial de um astro pela interposição de outro corpo celeste entre ele e o observador (PENTEADO e TORRES, 2005, v.2).

objeto é iluminado com esta luz policromática branca, ele absorve algumas cores e reflete outras, enviando-as para nossos olhos, dando-nos a percepção das cores dos objetos. Por exemplo, um objeto se apresenta verde porque refletiu preferencialmente a luz verde, absorvendo quase totalmente as demais cores, enviando até nossos olhos apenas a luz verde.

Alguns verdadeiros espetáculos de cores são apresentados em nossa atmosfera, na interação entre a luz do Sol e as partículas ou moléculas da atmosfera. Como nos cita Horowicz (1999, p 101):

...quando a luz do Sol interage com as moléculas do ar ou com poeira forma-se o azul do céu, os pores-do-sol e os raios de crepúsculo. Se a interação for com gotas de água, observamos os arco-íres, a corona, a glória e a iridescência. Se houver cristais de gelo na atmosfera, serão formados o halo e os efeitos conhecidos como *pilar de sol* e *sub-sol*, e assim por diante.

Os halos são apenas anéis em volta do Sol ou da Lua devido à refração nos cristais de gelo das nuvens; os raios crepusculares é um efeito que surge ao nascer ou no pôr-do-sol quando as montanhas ou nuvens ocultam parcialmente os raios do Sol; o pôr-do-sol é avermelhado porque o azul é espalhado pelas partículas da atmosfera e não atingem nossos olhos; quando a luz do Sol atinge gotas de água, forma-se um arco-íres. Todos estes fenômenos são possíveis devido à reflexão, refração, difração, espalhamento, ou uma combinação deles (HOROWICZ, 1999).

O fenômeno da difração da luz ocorre quando a luz passa através de um orifício muito pequeno, comparado com a fonte de luz que nele incide. A reflexão é parte da luz incidente que atingindo a superfície de separação entre dois meios e retorna ao meio de origem, enquanto que a refração é a parte de luz que atravessou a superfície de separação e emergiu em outro meio. Quando a luz encontra partículas espalhadas em várias direções, a luz é espalhada pelas partículas, as quais nos indicam a trajetória seguida pelo feixe de luz incidente (SAMPAIO e CALÇADA, 2005).

1.3 Ondas Eletromagneticas

Algumas ondas, como as ondas de rádio, propagam-se sem a necessidade de um meio material, diferente das ondas mecânicas que só conseguem se propagar tendo um

meio responsável pela vibração de matéria. Estas ondas que se propagam até mesmo no vácuo¹¹ são denominadas ondas eletromagnéticas (HOROWICZ, 1999).

Foi o físico escocês James C. Maxwell que, se apoiando em leis experimentais até então formuladas, desenvolveu um dos trabalhos mais importantes da segunda metade do século XIX, a previsão da existência das ondas eletromagnéticas. Nas palavras de Máximo e Alvarenga (2008, p. 304):

...Apoiando-se nas leis experimentais descobertas por Coulomb, Ampère e Faraday e acrescentando a elas uma nova concepção criada por ele próprio, este cientista estruturou um conjunto de equações, atualmente denominadas *equações de Maxwell*, que sintetizam todos os conhecimentos sobre Eletromagnetismo adquiridos até aquela época. Podemos dizer que as equações de Maxwell, no estudo da Eletricidade, desempenham o mesmo papel que as leis de Newton na Mecânica.

Quando temos em certa região do espaço um campo magnético \vec{B} variável no tempo - o campo entre os pólos de um eletroímã, por exemplo - sendo gerado por uma corrente alternada, este será um campo oscilante, ou seja, seu módulo e seu sentido variam periodicamente no decorrer do tempo. Com a variação do campo magnético, aos redores do eletroímã aparecerá um campo elétrico induzido \vec{E} , também variando com o tempo, e de acordo com as idéias de Maxwell, dará origem a um campo magnético induzido. Este, por sua vez, fará aparecer outro campo elétrico induzido e, assim, sucessivamente. Logo teremos a propagação de um distúrbio pelo espaço que irradia em todas as direções a partir do eletroímã, apresentando todas as características de um movimento ondulatório (reflexão, refração, difração e interferência). Este distúrbio constituído pela propagação de campos elétricos e magnéticos foi denominado onda eletromagnética e pode ser observado na Figura 11 (MÁXIMO e ALVARENGA, 2008).

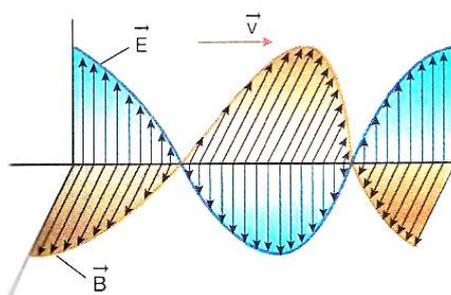


Figura 11. Representação esquemática de onda eletromagnética propagando-se para direita.
Fonte: Máximo e Alvarenga, 2008.

¹¹ Onde não há meio material (HOROWICZ, 1999)

Para Hewitt (2002, p. 440):

Movimente a extremidade de uma barra para frente e para trás, na superfície da água, e você produzirá ondas na superfície. Analogamente, se balançar um bastão eletricamente carregado para lá e para cá, estará produzindo ondas eletromagnéticas no espaço. Isso, porque cargas elétricas em movimento constituem uma corrente elétrica. O que circunda uma corrente elétrica? A resposta é: um campo magnético. O que circunda um campo magnético variável? A resposta é: um campo elétrico que ele gera estará oscilando também. E o que faz um campo elétrico oscilante? De acordo com a contrapartida de Maxwell à lei de Faraday da indução eletromagnética, ele induz um campo magnético oscilante. Os campos elétricos e magnéticos oscilantes regeneram um ao outro, formando desta maneira ondas eletromagnéticas, que emanam (dirigem-se para fora) das cargas vibrantes.

Para que os campos elétricos e magnéticos possam manter-se em perfeito equilíbrio há apenas um valor de rapidez possível, este valor está relacionado com a indução eletromagnética e a conservação da energia. Usando suas equações Maxwell calculou este valor crítico de rapidez encontrando $3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$, um valor de grande importância pois coincide com a velocidade de propagação da luz no vácuo, esta relação levou Maxwell a suspeitar que a luz fosse uma onda eletromagnética (HEWITT, 2002).

De acordo com Hewitt (2002, p. 441):

Maxwell rapidamente percebeu que havia descoberto a solução de um dos grandes mistérios do universo – a natureza da luz. Ele descobriu que a luz é simplesmente radiação eletromagnética cuja frequência cai dentro de uma faixa particular de frequências, de $4,3 \cdot 10^{14}$ a $7 \cdot 10^{14}$ vibrações por segundo! Essas ondas ativam as “antenas elétricas” que existem na retina do olho. As ondas com frequências mais baixas desta faixa aparecem como luz vermelha, e as com frequências mais altas, como luz violeta. Maxwell percebeu simultaneamente que a radiação eletromagnética de qualquer frequência se propaga com a mesma rapidez que a luz.

A explicação da natureza eletromagnética da luz é um dos pontos mais significativos da teoria de Maxwell, induzindo a unificação de dois importantes ramos da ciência, a Óptica e o Eletromagnetismo. Estando a óptica agora sendo estudada como um ramo do eletromagnetismo, suas leis (reflexão, refração, difração, entre outras) podem ser deduzidas a partir das equações de Maxwell (HEWITT, 2002).

Por conta de sua morte em 1879, Maxwell (48 anos) não presenciou a confirmação de suas idéias. No final do século XIX, aproximadamente 1887, o físico alemão H. Hertz conseguiu obter em seu laboratório ondas eletromagnéticas com todas as propriedades

previstas por Maxwell, confirmando que de fato a luz é uma onda eletromagnética. Segundo Máximo e Alvarenga (2008, p. 308):

É, então, importante destacar que: ao calcular a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética, no vácuo, Maxwell encontrou um resultado igual à velocidade da luz. Este fato levou-o a suspeitar que a luz fosse uma onda eletromagnética. As experiências de Hertz, e outros posteriores, mostraram que as idéias de Maxwell eram corretas.

1.4 Espectro eletromagnético

As ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade no vácuo e diferem entre si nas suas frequências e pela maneira como elas são produzidas (Figura 12). “Quando os diversos tipos de ondas eletromagnéticas são ordenadas de acordo com sua frequência, ou com seu comprimento de onda, o arranjo obtido é chamado espectro eletromagnético” (PENTEADO e TORRES, 2005, p. 120).

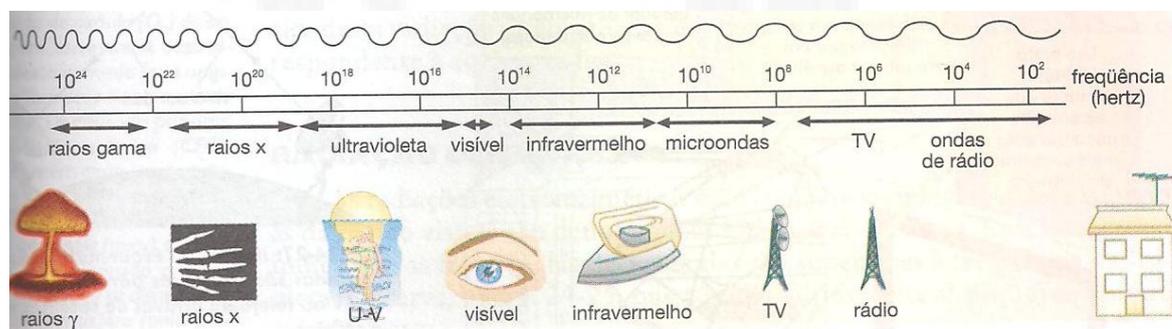


Figura 12. Ilustração esquemática dos diversos tipos de ondas eletromagnéticas conhecidas que constituem o espectro eletromagnético.

Fonte: Máximo e Alvarenga, 2008, p. 311.

Todas as ondas que fazem parte do espectro eletromagnético propagam-se no vácuo com a velocidade de $3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ e podem ter origem na aceleração de uma carga elétrica irradiando certo tipo de onda eletromagnética dependente do valor da aceleração da carga (MÁXIMO e ALVARENGA, 2008).

Analisando os diferentes tipos de ondas eletromagnéticas temos:

a) Ondas de rádio: essas ondas podem ser geradas pelo movimento oscilatório de elétrons ou por partículas carregadas eletricamente e que orbitam campos magnéticos. São usadas para comunicação entre dois pontos não conectados fisicamente, como na forma de som em um alto-falante de rádio, de imagem em uma tela de TV ou de página impressa, como nos antigos telégrafos. Esta comunicação por onda eletromagnética de rádio se dá a partir

de uma antena transmissora e sua posterior captação por uma antena receptora (PENTEADO e TORRES, 2005).

As ondas de rádio, assim denominadas por serem usadas em estações de rádio para realizar sua transmissão, apresentam frequências mais baixas, cerca de 10^8 hertz (cem milhões de vibrações por segundo). As ondas que se propagam entre 10 KHz e 10 Mhz são bem refletidas nas camadas superiores da atmosfera terrestre (ionosfera), porém as ondas que se propagam acima de 100 Mhz são absorvidas pela ionosfera dificultando sua captação a grandes distâncias, requerendo estações repetidoras ou de satélites. Nas estações existem circuitos elétricos especiais que provocam a oscilação de elétrons na antena emissora. A contínua aceleração destes elétrons emite as ondas de rádio que transportam as mensagens da estação. A transmissão pelas emissoras de TV é semelhante às de rádio, a única diferença está na frequência mais elevada do que aquelas normalmente usadas pelas estações de rádio (MÁXIMO e ALVARENGA, 2008).

b) Microondas: com frequências mais elevadas do que as ondas de rádio, as ondas eletromagnéticas denominadas microondas são geradas em válvulas eletrônicas especiais. No campo das telecomunicações sua função é carregar informações de sistemas de telefonia e de televisão, tendo suas altas frequências entre 10^8 hertz e 10^{11} hertz como vantagem sobre as ondas de rádio, podendo carregar mais informações proporcionais à sua frequência. A desvantagem está na transmissão de microondas a curtas distâncias, uma vez que seu sinal não sofre reflexão na atmosfera, bem como em algumas aplicações ser necessário guiá-las ou direcioná-las (PENTEADO e TORRES, 2005).

Quanto à radiação das microondas podemos classificá-las em ionizantes ou não-ionizantes, como é citado por Penteado e Torres (2005, p. 123):

A radiação das microondas é classificada como radiação não-ionizante, pois seus efeitos são estritamente térmicos e, portanto, não alteram a estrutura molecular do material que está sendo irradiado. Já as radiações ionizantes, como a ultravioleta, os raios X e os raios gama podem, ao irradiar tecido vivo, provocar, por exemplo nas células, mutações que as tornem cancerosas.

As microondas vêm sendo usadas em um grande número de aplicações. Um bom exemplo que pode ser citado é o forno de microondas (Figura 13), uma descoberta

acidental de um pesquisador que desenvolvia pesquisas com um magnetron¹² (PENTEADO e TORRES, 2005).

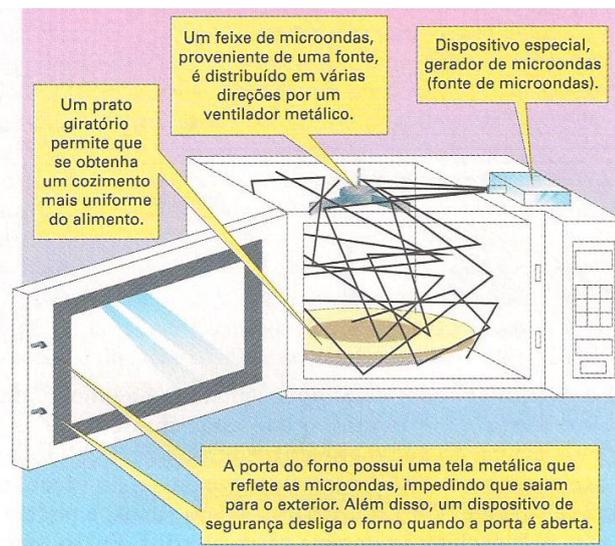


Figura 13. Detalhes do funcionamento de um forno de microondas.
Fonte: Máximo e Alvarenga, 2008, p. 312.

c) Radiação infravermelha: as ondas eletromagnéticas compreendidas entre as frequências de 10^{11} hertz e 10^{14} hertz geram as chamadas radiações infravermelhas, denominação esta usada pelo fato das frequências desta radiação estarem situadas em uma faixa logo abaixo da frequência correspondente a cor vermelha. Segundo Penteado e Torres (2005, p. 126):

A radiação infravermelha é originada da agitação térmica das partículas que constituem os corpos. Devido a essa agitação, as cargas elétricas dos átomos e moléculas oscilam e emitem radiação eletromagnética, geralmente associada com calor.

A radiação infravermelha tem muitas aplicações como na Astronomia, onde detecta a temperatura de objetos distantes; no campo militar na programação de mísseis; em laboratórios na espectroscopia por infravermelho; nas fotografias térmicas revelando informações que a luz visível oculta; na medicina (Figura 14) com a termografia médica; nos controles remotos dos equipamentos eletrônicos, com o envio de flashes ao detector (PENTEADO e TORRES, 2005).

¹² Dispositivo eletrônico que gera microondas a partir de energia elétrica. (Penteado e Torres, v. 3, 2005)

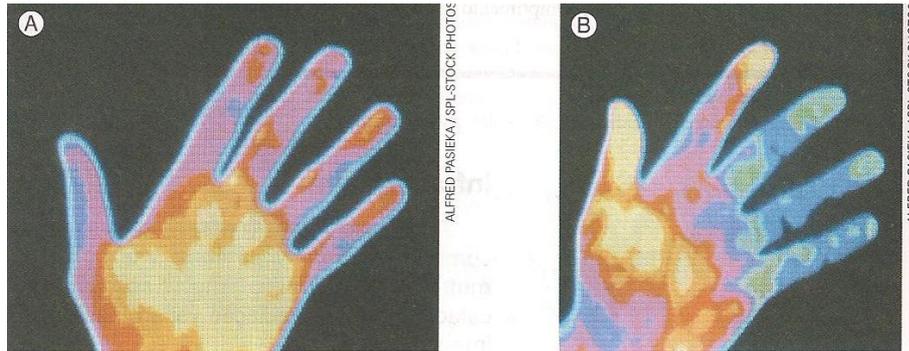


Figura 14. Fotografias térmicas. (A) Não-fumante; (B) fumante.
Fonte: Penteadó e Torres, 2005,p. 126.

d) Radiação visível: originadas por cargas elétricas oscilantes, o conjunto de ondas eletromagnéticas cujas frequências estão compreendidas entre $4,6 \cdot 10^{14}$ hertz e $6,7 \cdot 10^{14}$ hertz, ao penetrar em nossos olhos, pode sensibilizar a retina desencadeando assim o mecanismo da visão, por isso denominada radiação visível ou luz visível (MÁXIMO e ALVARENGA, 2008).

A ideia de cor provocada pela luz nos olhos dos seres humanos está relacionada à sua frequência (Figura 15). Quanto menor a frequência a sensação identifica-se com o vermelho e quanto maior a frequência, a identificação visual vem ao encontro da cor violeta (PENTEADO e TORRES, 2005).

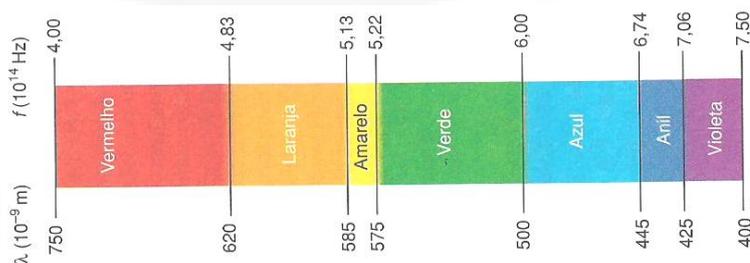


Figura15. Diagrama do espectro visível.
Fonte: Penteadó e Torres, 2005, p.127.

Para Penteadó e Torres (2005) a diferença no valor da velocidade de propagação de cada luz colorida em meios materiais é a explicação para a decomposição da luz branca solar. A luz branca solar é o resultado da superposição das infinitas frequências em variação contínua proporcionando cores variadas em degrade. A luz visível é responsável

por muitos instrumentos ópticos, desde um simples espelho, um sofisticado microscópio ou até mesmo o laser¹³.

e) Radiação ultravioleta: estas radiações não são visíveis e compreendem as ondas eletromagnéticas com frequências imediatamente superiores às da região visível e alcança frequências até 10^{18} hertz. Quanto à radiação energética podemos dividir a faixa do espectro em três zonas, em ordem da menos energética para a mais energética temos: UV-A, UV-B E UV-C (Figura 16) (PENTEADO e TORRES, 2005).

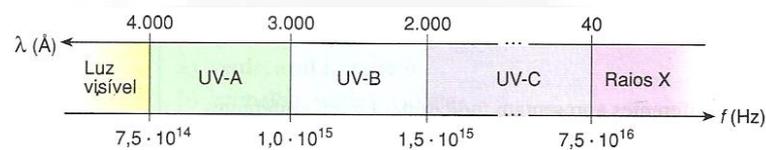


Figura 16. Ilustração das zonas espectrais UV-A, UV-B E UV-C da radiação ultravioleta.
Fonte: Penteado e Torres, 2005, p. 132.

A radiação ultravioleta emitida pelo Sol corresponde 10% da radiação eletromagnética total emitida por este astro, porém, suficiente para causar sérios danos às formas de vida na Terra. A radiação menos energética UV-A, está relacionada ao bronzeamento nos seres humanos. Atingindo as fibras de elastina e colágeno que sustentam a pele, a exposição prolongada ao Sol pode desencadear catarata e câncer de pele, por isso a recomendação do uso do filtro solar (Figura 17) capaz de absorver a energia da radiação ultravioleta através de sua composição, o anel benzênico (PENTEADO e TORRES, 2005).

¹³ Amplificação da luz por emissão estimulada de radiação: light amplification by stimulated emission of radiation. (Máximo e Alvarenga, 2008, v.3)

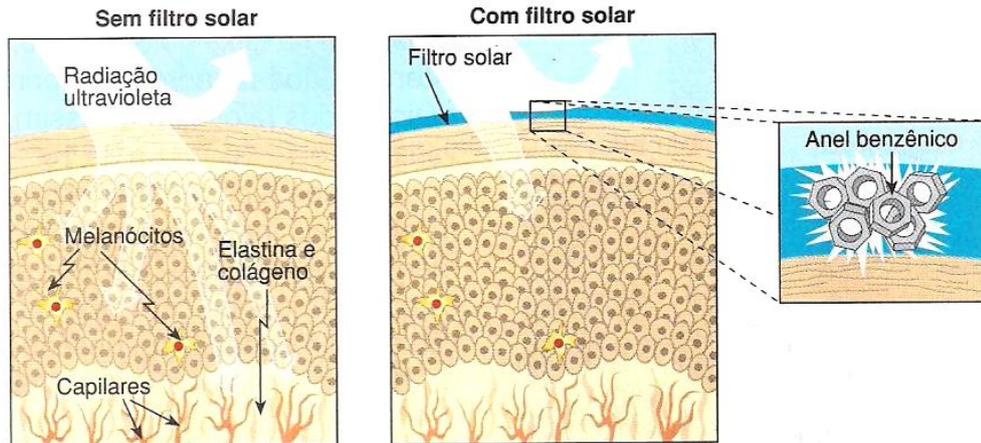


Figura 17. Representação esquemática dos efeitos da radiação UV na pele.
Fonte: Penteadó e Torres, 2005, p. 133.

A radiação UV-B mais energética, é responsável pelo surgimento da vermelhidão da pele consequência da dilatação dos capilares sanguíneos, portanto o ideal seria um filtro solar que bloqueie tanto UV-A como UV-B. Para esterilizar alimentos e equipamentos médicos, faz-se o uso da luz ultravioleta UV-C, mais energética, com capacidade de destruir alguns tipos de germes e bactérias. A maior porcentagem desta faixa mais perigosa é absorvida por uma camada de atmosfera terrestre denominada camada de ozônio. Entre tantos efeitos, a radiação ultravioleta também reserva seus efeitos benéficos, como citado por Penteadó e Torres (2005, p.134):

... Mas a radiação ultravioleta tem também efeitos benéficos aos seres vivos. Ela é necessária ao crescimento das plantas, e boa parte da vitamina D, indispensável aos humanos e a outros animais, é produzida quando a pele desses seres é exposta aos raios ultravioletas.

f) Raios X: esta denominação para as ondas eletromagnéticas de frequências superiores às radiações ultravioletas foi usada por Röntgen por desconhecer a natureza das radiações (raios X = raios desconhecidos). Por ter sido descoberta acidentalmente em meio a outros estudos, Röntgen dedicou-se a mais experimentos, descobrindo algumas características especiais nesta radiação, o que lhe valeu em 1901, o primeiro Prêmio Nobel de Física (MÁXIMO e ALVARENGA, 2008).

As descobertas de Röntgen estão bem citadas por Penteadó e Torres (2005, p.134-135):

Com mais alguns experimentos Röntgen descobriu que a fluorescência era causada por uma radiação invisível, mais penetrante que os raios ultravioletas e que podia ionizar o ar, atravessar camadas espessas de certos materiais e impressionar filmes fotográficos. No dia 22 de dezembro de 1895, ele fez a radiação atravessar por 15 minutos a mão de sua mulher, Bertha, atingindo do outro lado uma chapa fotográfica. Revelada a chapa, a primeira radiografia da História, podia-se ver claramente a sombra dos ossos da mão de Bertha e do anel, que ela havia esquecido de tirar.

Na medicina o uso dos raios X nas radiografias mostrava sua eficiência na visualização dos ossos, porém apresentava falhas para tecidos moles (como o fígado, baço, intestino e cérebro). Em 1979 Godfrey Newbold Hounsfield e Allan MacLeod Cormack recebem o Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina pela invenção em 1972 da tomografia computadorizada, mostrando a evolução no uso dos raios X para a visualização de tecidos moles. Em 1905 devido à alta energia e poder de penetração dos raios X, seu uso na radioterapia apresenta o poder de destruir células cancerosas, mostrando a contínua evolução desta descoberta (PENTEADO e TORRES, 2005).

g) Raios gama: na desintegração dos elementos seus núcleos atômicos emitem radiação, ao se desintegrar um núcleo pode emitir até três tipos de radiações, α , β e γ . Nas palavras de Máximo e Alvarenga (2008, p.315):

Um núcleo atômico, ao se desintegrar, pode emitir até três tipos de radiações, que são denominadas α , β e γ . Fazendo estas radiações passar dentro de um campo elétrico, [...] verifica-se que elas se separam. Os raios α desviam-se para um lado (são partículas positivas), os raios β desviam-se para outro (são partículas negativas) e os raios γ não sofrem desvio, pois não são partículas eletrizadas e sim ondas eletromagnéticas de alta frequência.

Matemático e físico, nascido na Nova Zelândia, Ernest Rutherford, que em 1899 identificou as radiações α e β , realizando experimentos com urânio radioativo. Os raios γ foram descobertos um ano mais tarde. Outros experimentos com deflexões destes raios mostraram que os raios α e β eram constituídos por partículas que possuíam massa e carga elétrica enquanto que os raios γ não possuíam nem massa e nem carga elétrica. Com novas descobertas os cientistas chegaram à conclusão de que todos os átomos são constituídos pelos mesmos tipos de partículas subatômicas e que os raios γ eram ondas eletromagnéticas do mesmo tipo que os raios X tendo apenas como distinção a origem da radiação (PENTEADO e TORRES, 2005).

1.5 Dualidade Onda Partícula

A preocupação dos primeiros filósofos gregos com a natureza da luz incentivou muitos experimentos, porém durante mais de dois mil anos a indagação se manteve. No século XVII algumas teorias surgiram tentando explicar os resultados dos experimentos até então realizados, entre elas estava a teoria elaborada por Newton: a luz seria formada por corpúsculos materiais, diferenciando em tamanho (para cada tamanho, uma cor diferente), porém aos poucos foram surgindo fatos difíceis de serem explicados pela teoria corpuscular de Newton e no início do século XIX passou-se a ser aceita a teoria ondulatória da luz, ou seja, a luz seria interpretada como uma onda (SAMPAIO e CALÇADA, 2005).

Um dos primeiros cientistas a questionar a teoria corpuscular da luz apresentada por Newton foi Robert Hooke, que acreditava na propagação da luz como uma onda em qualquer espaço. A explicação encontrada por Hooke para a propagação da luz no vácuo foi supor que este estaria preenchido com uma substância chamada éter, o problema com a ideia de éter era que não havia qualquer evidência de sua existência. Christian Huygens também questionou a teoria de Newton, descrevendo a luz como onda que se propaga em todas as direções. Devido ao grande prestígio de Newton perante a comunidade científica as teorias ondulatórias encontravam grande resistência. “Foram necessários mais de cem anos para que a teoria ondulatória pudesse ser demonstrada de forma satisfatória, o que ocorreu com o trabalho do médico e físico inglês Thomas Young (1773-1829)” (HOROWICZ, 1999, p. 17).

Como médico pesquisador, Young fez importantes descobertas no estudo de doenças da visão tendo que, para este fim, estudar a natureza da luz. Em 1803 em uma experiência conhecida como experiência de Young, ele mostrou de forma eloquente a natureza ondulatória da luz (HOROWICZ, 1999).

Assim como com a teoria corpuscular, no final do século XIX e início do século XX, surgiram alguns fatos que a teoria ondulatória não conseguia explicar. Surgiu então uma nova teoria: onda e luz (e todas as ondas eletromagnéticas) são formadas por pequenos “pacotes” de energia, denominados fótons, denominada de Mecânica Quântica. Vale ressaltar que as partículas de luz (fótons) da Física do século XX não correspondem às partículas citadas por Newton. Para ele as partículas de luz eram materiais e não “pacotinhos” de energia como é definida pela Física Moderna (SAMPAIO e CALÇADA, 2005).

Na avaliação de Sampaio e Calçada (2005, p.478):

Alguns comportamentos da luz (e das radiações em geral) podem ser explicados supondo-se que ela seja uma onda. No entanto, outros comportamentos só podem ser explicados supondo-se que ela seja formada por um feixe de partículas (fótons). Mas afinal, o que é a luz? Hoje aceitamos a dupla natureza da luz, fato chamado de dualidade onda-partícula. Para entender essa situação, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) propôs o princípio de complementaridade: Em cada evento a luz comporta-se como partícula ou onda, mas nunca como ambas simultaneamente.

Esta natureza dual da onda eletromagnética sugere a não descrição de um único modelo teórico, uma vez que a explicação do efeito fotoelétrico depende do fóton e a difração e a interferência dependem da onda, logo ambos complementam-se (PENTEADO e TORRES, 2005).

A presença da natureza ondulatória e corpuscular da luz pode ser observada na formação de imagens óticas (imagens fotográficas) (Figura 18). Nas palavras de Hewitt (2002, p.532):

A trajetória da luz emitida pelo objeto, através do sistema de lentes, até o plano focal, pode ser calculada usando métodos desenvolvidos a partir da teoria ondulatória da luz.

Mas agora considere com cuidado a maneira pela qual se dá a formação da imagem fotográfica. O filme fotográfico consiste de uma emulsão contendo grãos de cristais de sais de prata, onde cada grão contém cerca de 1010 átomos de prata. Cada fóton que é absorvido cede sua energia hf para um único grão de emulsão. Essa energia ativa os cristais circundantes do grão inteiro e é usada a seguir para completar o processo fotoquímico. Muitos fótons ativando muitos grãos produzem a exposição fotográfica comum. Quando a fotografia é tirada com luz excessivamente fraca, descobrimos que a imagem é formada por fótons individuais que chegam independentemente e são aparentemente aleatórios em suas distribuições.

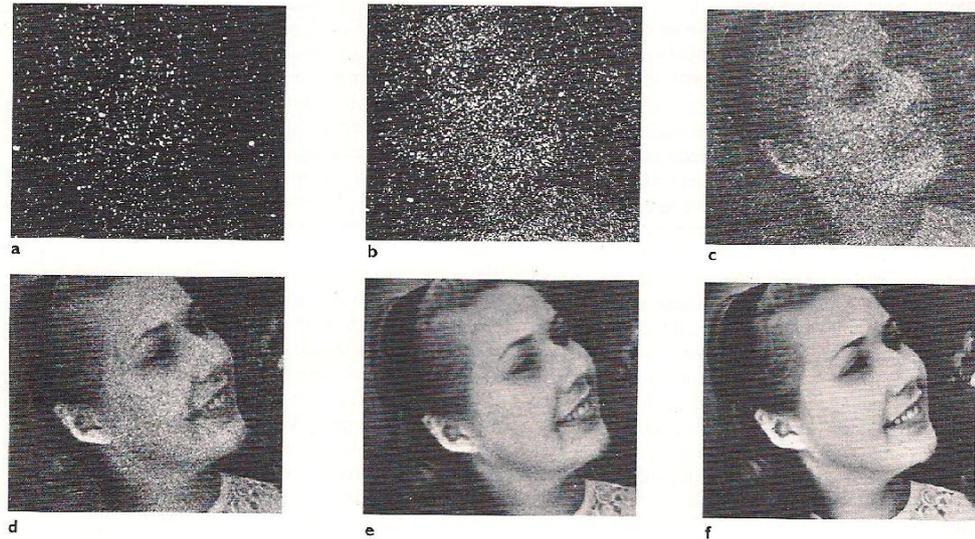


Figura 18. Estágios da exposição do filme revelado, fóton a fóton, a formação de uma fotografia. Os números aproximadamente de fótons em cada estágio são (a) 3.10^3 , (b) $1,2.10^4$, (c) $9,3.10^4$, (d) $7,6.10^5$, (e) $3,6.10^6$ e (f) $2,8.10^7$.

Fonte: Hewitt, 2002, p. 532.

1.6 Laser

O laser é um tipo especial de radiação eletromagnética que se destaca em várias aplicações tecnológicas e científicas como os CDs (compact discs), as fibras óticas atuando nos sistemas de comunicação, os “bisturis óticos” na medicina, as impressoras pessoais, as leitoras de código de barras entre tantas outras (MÁXIMO e ALVARENGA, 2008).

Para Horowicz (1999) a diferença do laser e da luz comum pode ser notada na comparação de um feixe de raios laser e uma lanterna de bolso, por exemplo. Se apontarmos a lanterna para uma parede percebemos que quanto mais longe estiver a parede, maior será a área iluminada, ou seja, o cone de luz que sai da lanterna se expande cada vez mais. À medida que a área iluminada cresce, a luminosidade em cada ponto diminui, ou seja, quanto maior a região iluminada pela lanterna menor será sua potência. Se apontarmos o feixe de laser para uma parede próxima teremos um ponto iluminado com o mesmo diâmetro do raio de origem. Aumentando a distância, a área iluminada será praticamente a mesma, percebendo-se uma pequena diferença a distâncias muito grandes.

Um feixe de raios laser apresenta algumas características próprias. Sua intensidade é muito elevada, ou seja, uma grande concentração de energia em pequenas áreas, segundo Máximo e Alvarenga (2008, p.317) “... um laser de potência baixa, em torno de alguns miliwatts, apresenta brilho considerável, muito superior ao da luz emitida por uma lâmpada

de 60 watts”. Seus raios são praticamente paralelos e mesmo propagando-se por distâncias muito grandes eles não se dispersam.

A luz do laser é monocromática apresentando uma única frequência, ou seja, uma única cor. Para penteado e Torres (2005, p.128):

A luz visível origina-se em geral quando elétrons saltam de níveis mais energéticos para níveis menos energéticos (saltos quânticos) e, nesse caso, a luz comum, mesmo que de uma só cor, é uma mistura de diferentes frequências. No caso da luz *laser*, todos os saltos quânticos correspondem a uma mesma variação de energia e, assim, um feixe de *laser* apresenta uma única frequência, ou seja, uma mesma única cor.

Outra característica da luz de um feixe de laser é sua coerência (Figura19), ou seja, as cristas e os vales das ondas luminosas coincidem, estão rigorosamente em fase. Nas palavras de Hewitt (2002, p. 521):

Um feixe de fótons que tenha a mesma frequência, a mesma fase e a mesma direção de propagação – ou seja, um feixe de fótons que são cópias idênticas uns dos outros – é dito ser coerente. Um feixe de luz coerente se propaga sofrendo muito pouco alargamento e enfraquecimento.

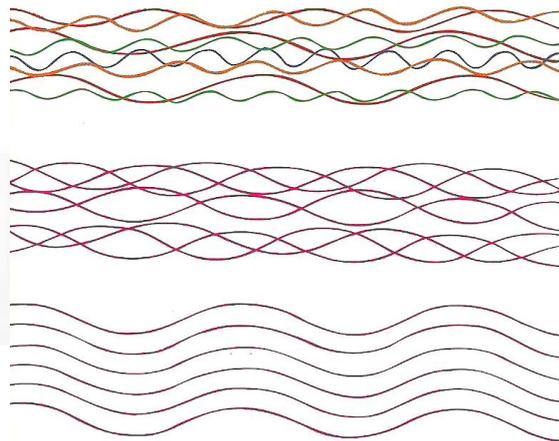


Figura 19. Ilustra a comparação entre a luz branca incoerente (primeira imagem de cima pra baixo), a luz de uma única frequência e comprimento de onda, mas que ainda contém uma mistura de fases (segunda imagem de cima pra baixo) e a luz coerente (terceira imagem de cima pra baixo).

Fonte: Hewitt, 2002, p. 521.

Todo feixe de laser possui uma fonte de átomos chamada de meio ativo, que pode ser um gás, um líquido ou um sólido. Quando estimulados estes átomos tornam-se

altamente energizados e a emissão espontânea de luz por um único átomo dá início ao processo. Parafraseando Máximo e Alvarenga (2008, p.317):

...um elétron, que foi transferido para um nível de energia mais elevado em um átomo, tende naturalmente a voltar para um nível de energia mais baixo (mais estável). A energia perdida pelo elétron, nesta transição, é irradiada sob a forma de um pulso de luz, denominado *fóton*.

A produção do feixe de laser é resultado de uma reação em cadeia estimulada pela emissão espontânea de luz daquele único átomo excitado (Figura 20), provocando a emissão de luz coerente por outros átomos. As paredes espelhadas do cilindro que contém o material emissor estimulam mais emissões tornando o feixe luminoso intenso suficiente para conseguir atravessar um espelho semi prateado localizado na saída do laser (Figura 21) (PENTEADO e TORRES, 2005).

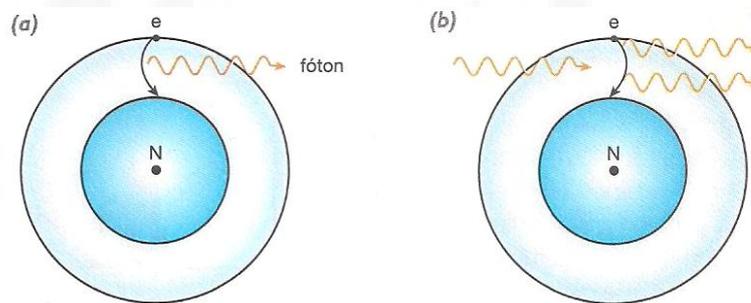


Figura 20. Ilustração esquemática da emissão espontânea de um fóton pelo átomo (a) e a emissão estimulada da radiação de dois fótons em fase (b).

Fonte: Máximo e Alvarenga, 2008, p.317.

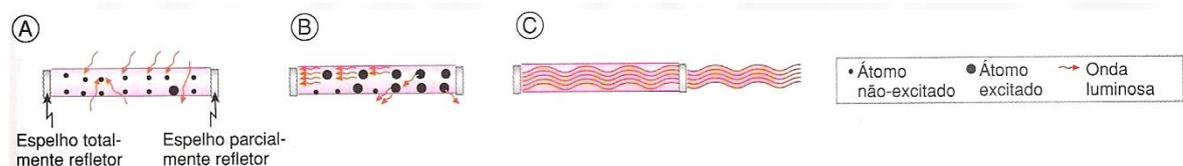


Figura 21. A figura ilustra as principais etapas para a produção de um feixe de laser. (A) estimulação dos átomos; (B) reflexão das ondas luminosas; (C) travessia do feixe incidente.

Fonte: Penteado e Torres, 2005, p.129.

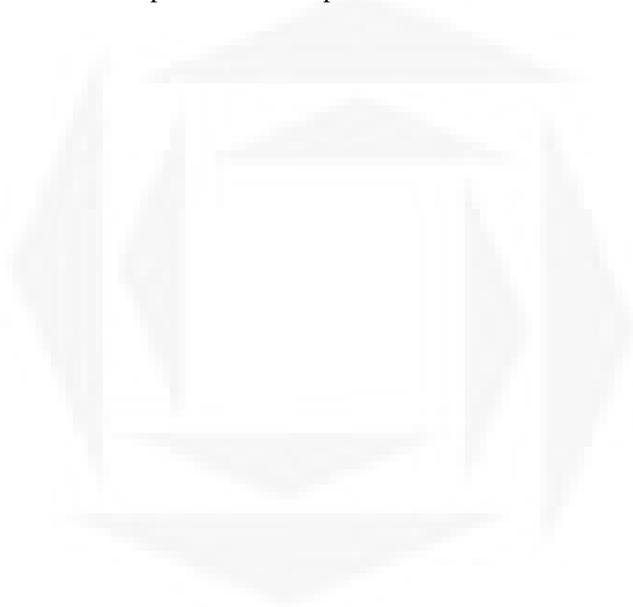
As aplicações do raio laser estão presentes em diversos setores da ciência, da tecnologia e de nosso cotidiano. Máximo e Alvarenga (2008, p.318) citam:

São inúmeras as aplicações dos raios *laser* em diversos setores da ciência, da tecnologia e de nosso cotidiano. Entre elas podemos citar:

- leitura do código universal de produtos, para conferir preços de mercadorias em supermercados;

- em telecomunicações, utilizando cabo de fibra ótica, para transportar sinais de Tv e telefone;
- para soldar e cortar metais;
- para medir, com precisão, distâncias muito grandes como, por exemplo, a distância da Terra à Lua;
- para furar orifícios muito pequenos e bem definidos, em substâncias duras;
- em CDs e vídeos-disco, pra reprodução com altíssima fidelidade e sem ruídos de sons e imagens;
- na holografia, para obtenção de fotografias tridimensionais de um objeto (hologramas);
- na medicina, em cirurgias pra substituição de bisturis, na endoscopia [...] e para soldar retinas coladas.

“As aplicações do laser vêm se tornando tão amplas e diversificadas que seria praticamente impossível relacionar todas elas.



UNIVATES

Apêndice II

Centro Universitário Univates

Pró-Reitoria de Pesquisa, Extensão e Pós-Graduação

Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências Exatas

Orientadora: Eniz Conceição Oliveira

Mestranda: Claudia Seibt

Este é um trabalho que compõe parte da preparação para a dissertação no Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências Exatas do Centro Universitário Univates. Ele será realizado com alunos da 3ª série do Ensino Médio, turma 3A, do Colégio Estadual Mário Quintana de Barão de Cotegipe – RS.

As questões têm como objetivo traçar um perfil da turma a ser investigada em relação aos aspectos que dizem respeito a temas que relacionem a Física Moderna. As informações coletadas serão tratadas com sigilo, preservando-se o anonimato dos respondentes.

1. Idade? _____ anos.

2. Sexo Masculino Feminino

Para responder as questões seguintes considere suas aulas de Física.

3. Você sabe qual a diferença entre a Física Clássica e a Física Moderna?

Sim Não

4. Você já ouviu algo a respeito da Física Moderna em sala de aula?

Sim, com frequência. Sim, algumas vezes. Não, nunca ouvi.

5. Você gostaria que temas como Laser, Fibras ópticas, Efeito fotoelétrico, fossem ensinados na disciplina de Física?

- Sim Não

6. Como você considera suas aulas de Física?

- Boa Muito boa Ruim Muito ruim

7. O motivo pelo qual você caracteriza suas aulas de Física é:

- O conteúdo A professora A Disciplina

8. Quanto ao conteúdo que foi trabalhado até o momento você considera válido para sua vida?

- Sim, pretendo prestar vestibular.
 Sim, reconheci sua aplicabilidade em meu dia-a-dia.
 Não, não pretendo continuar estudando.
 Não, não consigo visualizar sua aplicabilidade em meu dia-a-dia.

9. Assuntos ligados ao seu cotidiano se tratados em sala de aula, como o Laser, chamaria mais a sua atenção para as aulas de Física?

- Sim Não

10. Você acredita que estudar Física Moderna será muito difícil?

- Sim. Não Ruim Muito ruim

Apêndice III

Centro Universitário Univates

Pró-Reitoria de Pesquisa, Extensão e Pós-Graduação

Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências Exatas

Orientadoras: Eniz Conceição Oliveira; Marlise Heemann Grassi

Mestranda: Claudia Seibt

Esta é uma atividade que compõe parte da preparação para a dissertação no Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências Exatas do Centro Universitário Univates. Ela será realizado com alunos da 3ª série do Ensino Médio, turma 3A, do Colégio Estadual Mário Quintana de Barão de Cotegipe – RS.

Para responder as questões seguintes considere seus conceitos a respeito do tema: o Laser.

1. Complete a frase. Eu penso que o Laser seja...

2. Registre neste espaço a definição de Laser que você pesquisou.

3. Leia com atenção a definição de Laser que você escreveu na primeira questão e o conceito que você obteve através da pesquisa. Apresente a diferença entre as duas definições.

Apêndice IV

Transcrição das respostas da questão 1: Complete a frase. Eu penso que o Laser seja...

Aluno 1: Uma luz que se reflete em qualquer lugar.

Aluno 2: É um feixe de luz vermelha de grande intensidade.

Aluno 3: É um feixe de luz vermelha que refletem com grande intensidade.

Aluno 4: Laser é uma luz na qual lê as músicas nos sulcos dos discos ou CDs e fazem ser reproduzidas.

Aluno 5: Penso que laser seja um tipo de instrumento utilizado para ver, com base numa luz.

Aluno 6: Uma luz vermelha, que pode ser usado nas cirurgias é uma luz que tem um certo destaque pela cor.

Aluno 7: O Laser é uma fonte de luz iluminadora mesmo em pequena escala.

Aluno 8: É um feixe de luz que serve para obter informações.

Aluno 9: Feixe de luz, emitidos de aparelhos. Ex. os palestrantes usam uma “canetinha” com uma luz vermelha para indicar pontos principais.

Aluno 10: Onde é possível ler raios, que se refletem conforme a luz emitida onde torna-se possível a leitura e pode-se conter informações, a partir do laser, que contem grande intensidade.

Aluno 11: Um refletor, uma luz que passado a certos objetos obtem-se certa definição.

Aluno 12: Uma feixe de luz visível a olho nu somente quando refletido em algum objeto.

Aluno 13: Tipo uma luz vermelha. De alta definição e várias utilidades.

Aluno 14: Laser é um aparelho de alta tecnologia. Capaz de emitir uma luz vermelha.

Aluno 15: É uma luz vermelha que reflete com grande intensidade.

Aluno 16: É um feixe de luz. Ao entrar em contato com alguns materiais é refletido ao seu emissor. Não é formado por uma onda e sim por partículas.

Aluno 17: É um aparelho que produz uma luz muito potente que capta ondas e reflete a outro aparelho.

Aluno 18: Laser é um feixe de luz responsável por captar ondas e transmiti-las através de algum aparelho.

Aluno 19: Um aparelho em que é possível visualizar objetos que não poderíamos ver a olho nu e também utilizado para certas cirurgias e algumas correções em nosso corpo.

Aluno 20: Um objeto usado também na medicina em tratamentos, cirurgias sem provocar cortes e lesões é através de uma luz. O laser foi um grande avanço para o ser humano.

Aluno 21: Laser seria um leitor que reflete as informações dadas por um certo dispositivo.

Aluno 22: É um feixe de luz vermelha que tem como característica ler coisas que não percebemos em olho nu.

Aluno 23: Laser são luzes que nos ajuda a visualizar imagens em CDs, DVDs.

Aluno 24: Um raio cheio de luzes que possa nos ajudar a ver e a ler o que está nos CDs, DVDs, nos ajuda a visualizar imagens e ouvir sons.

Aluno 25: É um feixe muito forte de luz vermelha.

Aluno 26: O Laser é uma das maiores descobertas dos cientistas, pois através dele obtivemos avanços na medicina e na Física, ou seja aparelhos foram adaptados para que com o laser as cirurgias fossem mais rápidas e menos doloridas e os sons com melhor aparência, etc

Aluno 27: Uma espécie de luz, liberada por um aparelho usado para fins técnicos.

Aluno 28: Uma luz capaz de ajudar a ler CDs e DVDs, que possui raio infra-vermelho que não pode ser visto a olho nu.

Aluno 29: Um raio, uma luz utilizada na gravação e leitura de CDs e DVDs também utilizado na medicina em cirurgias, etc

Apêndice V

14 * 09 * 10

Um pouco da história da Luz

Antigamente acreditava-se que a luz vinha do visco (nossa retina captava imagens que eram projetadas pela luz que saía de nossos olhos).

Pensava-se que os cachorros enxergavam melhor à noite do que os homens porque os "chamês" de seus olhos eram mais intensos.

Aristóteles achava que átomos dos dedos chegaram até nossos olhos tornando-os mais visíveis quando mais perto.

A luz que emerge de nossos olhos derivava do fogo por ser a única fonte luminosa da época.

As primeiras ideias dos gregos citavam que a luz e o seu calor eram compostos de pequenas partículas.

As três grandezas ligadas a luz são brilho e polarização.

Teoria corpuscular (Newton) acreditava que a velocidade da luz (300.000 km/s) era maior na água do que no ar.

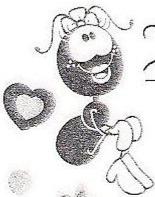
→ Newton Teoria corpuscular (acrita por séculos)

→ Luz viaja em linha reta, formando assim a sombra

→ Ao mudar de meio a luz sofre distorções

→ Luz sofre refração; dispersão (mistura)

→ tempo que a luz demorava para ir de Júpiter à Terra é 46 min.



FANQUITA
© LUZ E VIDA

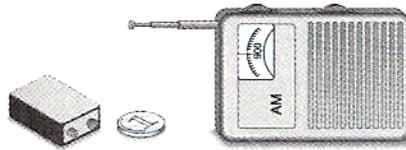
credeal

Apêndice VI

Proposta experimental

Neste experimento simples, você irá verificar a geração de ondas de rádio e sua recepção em um rádio portátil alimentado por pilhas. Para realizá-lo, você precisará de:

- uma bateria nova de 9 V;
- uma moeda; e
- um pequeno rádio portátil AM.



Comece por sintonizar o rádio de maneira a captar apenas estática. Em seguida, segure a bateria próximo à antena e, rapidamente, bata a moeda contra os terminais da bateria, provocando curto-circuitos.

Cada vez que a moeda fechar o circuito, você ouvirá um estalido (apenas mais estática) no rádio. A bateria e a moeda estarão funcionando como um transmissor de ondas de rádio e o estalido que você ouve é uma onda de rádio captada pela antena do rádio portátil.

Obviamente você está transmitindo apenas estática e por pequenas distâncias, coisa de alguns centímetros. Com isso você pode usar o código Morse para transmitir pequenas mensagens.

Fonte: Penteadó e Torres, v.3, 2005, p.121.