

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
CECIMIG – CENTRO DE ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA DE MINAS
GERAIS
ENCI – ESPECIALIZAÇÃO EM CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO
JOSIANE KEILA ALVES

ENSINANDO FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DO ESTUDO DOS RAIOS X

BELO HORIZONTE-MG

2010

JOSIANE KEILA ALVES

ENSINANDO FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DO ESTUDO DOS RAIOS X

Trabalho de conclusão de curso de especialização de Ensino de Ciências por Investigação do Centro de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Minas Gerais.
Orientador: Prof. Ms. Renato Pontone Júnior.

BELO HORIZONTE - MG

2010

Josiane Keila Alves

ENSINANDO FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DO ESTUDO DOS RAIOS X

Trabalho de conclusão de curso de
especialização de Ensino de Ciências por
Investigação do Centro de Ensino de
Ciências e Matemática da Universidade
Federal de Minas Gerais

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ms. Renato Pontone Júnior
Orientador

Prof.^a Ms. Alcione da Anunciação Caetano

Belo Horizonte, 18 de dezembro de 2010.

À minha mãe Isabel, que acreditou em meu potencial e me deu apoio incondicional durante essa jornada. Ao meu filho Ygor, pois seu amor me deu forças para a busca de novas realizações.

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho:

- A Deus, pelo dom da vida;
- Ao Prof. Dr. Renato Pontone, por sua orientação;
- Aos Tutores Angélica e Otávio;
- Ao Prof. Dr. Francisco, pois sua ajuda foi de grande importância para a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo geral do trabalho é apresentar e analisar a influência na aprendizagem de alunos a partir de uma sequência didática de aulas de Física Moderna através do estudo da radiação X, levando em consideração a inserção destes sujeitos cognoscentes em uma sociedade por meio de um ensino de Ciências através da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Para tal, foram observadas duas turmas do 3º ano do ensino médio de uma escola pública. Inicialmente foi aplicado um pré-teste nas turmas para verificar os conceitos prévios dos alunos sobre o tema. Este procedimento permitiu avaliar até que ponto as turmas estavam partindo de um conhecimento já estabelecido sobre o tema. Ao final do ensino do conteúdo foi aplicado um questionário (pós-teste) aos alunos contendo as mesmas questões do pré-teste, buscando avaliar os conhecimentos adquiridos por eles. No pós-teste foram incluídas perguntas para analisar a motivação dos alunos nas aulas. Levando-se em consideração o resultado das duas turmas, pôde-se afirmar que a sequência didática proposta teve resultado satisfatório no quesito ensino-aprendizagem, pois as duas turmas apresentaram, após aplicados os testes finais, acréscimo considerável ao domínio de conteúdo sobre o tema proposto. Concluiu-se que a sequência didática elaborada para a presente pesquisa se mostrou satisfatória ao aprendizado de Ciências através do CTS. Ao considerar a Ciência como forma inserida na sociedade e a tecnologia – resultado direto dos avanços científicos – como um agente mais que presente na sociedade, concluiu-se também que o ensino e a aprendizagem não podem-se furtar a essa realidade.

Palavras-chave: Ensino, Aprendizagem, Ciência, Tecnologia, Sociedade.

ABSTRACT

The overall goal of this work is to present and analyze the influence in the learning of students from a didactic sequence of modern physics lessons through the study of X-radiation, taking into account the insertion of that cognizance subjects in a society by means of teaching Science through the principles of Science, Technology and Society (STS). To this end, two 3rd years high school classes in a public school were analyzed. Initially, a pretest was administered in classrooms to check the students preconceptions about the subject. This procedure allowed evaluate to what extent the classes were starting from an already established knowledge on the topic. At the end of the teaching content a questionnaire (post test) was administered to students with the same questions as the pretest, seeking to assess the knowledge acquired by them. In the post test, questions were included to analyze the students motivation in class. Taking into account the outcome of two classes, it might be argued that the proposed didactic sequence had a satisfactory result in the requirement teaching and learning, because the two classes presented, after the post tests applied, a considerable increase domain on the proposed topic content. It was concluded that the didactic sequence developed for this research was found satisfactory to learning science through STS. Considering science as an inserted form in society, and technology - a direct result of scientific advances - as one more agent present in society, it also concluded that teaching and learning cannot escape from this reality.

Keywords: Teaching, Learning, Science, Technology, Society.

GRÁFICOS

1	Resultado do pré-teste aplicado na turma A	19
2	Relação pré-teste/pós-teste na turma A	20
3	Resultado do pré-teste aplicado na turma B	21
4	Relação pré-teste/pós-teste na turma B	22
5	Relação das notas das turmas A e B	23
6	Teste motivacional - questão 1	25
7	Teste motivacional - questão 2	26
8	Teste motivacional - questão 3	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
1.1	Da Escola e das Turmas Trabalhadas	12
2	OBJETIVOS	13
3	METODOLOGIA	14
3.1	Sequência Didática	15
4	RESULTADOS	18
4.1	Avaliação da Turma A	18
4.2	Avaliação da Turma B	21
4.3	Relação entre as Turmas A e B	23
4.4	Análise da Motivação dos Alunos Durante as Aulas	24
5	CONCLUSÃO	28
	REFERÊNCIAS	29
	ANEXO I - Sequência Didática	30
	ANEXO II - Pré-Teste e Pós-Teste	51
	ANEXO III - Autorização para Menor Participar da Pesquisa	59

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa parte de algumas impressões que me inquietaram durante os anos que leciono. Começando a carreira em 2007, pude notar que muitas das vezes a defasagem na aprendizagem está ligada à falta de atenção dos alunos nas aulas, de certa forma, eles estão escutando, porém, sua atenção não está voltada ao conteúdo passado. Partindo dessa impressão, decidi por elaborar uma sequência didática com o propósito de motivar os alunos nas aulas. A aplicabilidade da sequência didática, bem como a avaliação de como ela afetará a relação ensino aprendizagem entre alunos e professor, me levou a pensar numa pesquisa específica que confrontaria essa nova sequência didática ao modo como anteriormente vinha apresentando o conteúdo programático. O fruto desta inquietação me levou a elaborar esta pesquisa cujos resultados estão apresentados aqui.

O ensino de Ciências pode ser repassado através do ensino tradicional ou através de outras técnicas, entre elas, o CTS (Ciência e Tecnologia e Sociedade). No ensino tradicionalista o conteúdo a ser ministrado ao aluno é repassado sem questionamentos, sem uma visão aplicada do conteúdo com a tecnologia atualmente empregada. Logo após, são realizados alguns exercícios demonstrando sua aplicação. Finalizando, é repassada uma lista de exercícios de fixação para que o aluno memorize o assunto dado.

O CTS é uma estratégia de Ensino por Investigação que permite ao aluno vivenciar práticas do universo científico permeadas por um conflito cognitivo. Dessa maneira, busca-se desenvolver nos mesmos a autonomia, a capacidade de analisar, de tomar decisões e de resolver problemas. Através do CTS, procura-se proporcionar ao aluno uma relação direta com as leis, os conceitos e as teorias que a Ciência propõe, desenvolvendo nos mesmos novas compreensões, significados e conhecimentos do conteúdo ensinado. (FERREIRA DE SÁ, MAUÉS, MUNFORD, 2008).

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de ensinar Física Moderna através do estudo dos raios X, reconhecendo a importância da relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). A sequência didática foi construída por meio de conceitos científicos básicos envolvidos na produção de raios X, tais

como: as características dos raios X, o espectro contínuo dos raios X e o espectro característico dos raios X, o efeito fotoelétrico, o efeito *Compton*, etc. Assim, busca-se caracterizar a questão básica que norteia este estudo: Como ensinar Física Moderna através do estudo dos raios X?

Esta sequência se diferencia da tradicional porque a explicação do conteúdo foi feita dentro de uma aplicação da Ciência. Outro fator que se diferencia é que o tema (raios X) não está no plano de curso da escola onde foi realizada a pesquisa, pois não há tempo hábil de trabalhar aplicação do que se é ensinado separado do conteúdo previamente estabelecido pela escola. As aulas foram acompanhadas de debates em que os alunos puderam questionar o que estava sendo apresentado.

Por ensino tradicional se entende a exposição do tema proposto ao aluno por parte do professor, a aplicação de exercícios referente ao tema, para fixar a matéria e sua posterior avaliação. Nesta metodologia de ensino podemos ressaltar que a prática de exercícios após a exposição do conteúdo permite ao aluno uma memorização e fixação da matéria proposta. No lado inovador, o aluno é interativo, o discurso argumentativo é posto em evidência. O ensino envolve dimensões no que diz respeito à cultura e a tecnologia. O ensino tradicional com o acréscimo da abordagem CTS, o aluno pode, individualmente, apresentar sua experiência em relação ao conteúdo exposto, o que faz com que ele ao se identificar com o conteúdo, não apenas o memorize, mas também o compreenda de uma forma mais profunda.

Na abordagem metodológica que foi utilizada denominada Ciência Tecnologia e Sociedade busca-se ensinar Ciência de uma forma a integrar o conhecimento à sua aplicabilidade técnica, ou seja, a tecnologia, e por fim, sua repercussão na sociedade, receptáculo e fim último do conhecimento científico. Quando se busca ensinar o conhecimento científico ligado a essas formas de expressão do mesmo, temos também por objetivo demonstrar aos alunos que não se pode conceber conhecimento sem sujeito do conhecimento. Que o conhecimento não existe por si só, mas que ele está ligado a própria sociedade que o concebeu, e que ele não é imparcial, como acreditavam as ideologias positivistas da Ciência, mas que tal conhecimento tem uma aplicabilidade certa, e que essa aplicabilidade passa pela ética da sociedade. Como exemplo, citamos que a tecnologia advinda da

Física Quântica pode gerar uma Bomba Atômica ou uma Usina de Energia Nuclear que abasteceria toda uma cidade.

A estratégia de ensino de Ciências através do CTS conduz os alunos a enxergar as razões de se estudar Ciências num mundo em que a cada dia a tecnologia evolui. Busca-se desta forma contextualizar o aprendizado de Ciências ao mundo que os cerca. Demonstrar essa afirmativa foi um dos objetivos buscados neste trabalho.

Por fim, a escolha deste tema tem por fundamento a busca de uma forma agradável e diferente de se ensinar Física. Como os Raios X é um tema que fascina muitas pessoas, torna-se mais fácil de fazê-lo demonstrando aos alunos que através da Ciência obtemos aparelhos de alta tecnologia. A importância de tal estudo reside na oportunidade dada ao aluno de conhecer melhor o que é a radiação x, quais seus efeitos e suas aplicações, dando base para que ele tenha argumentação sobre um tema controverso e tão presente em nossos dias. A argumentação, baseada em evidências ao sustentar a tomada de decisões, contribui para a formação de cidadãos críticos, conjugando conhecimento científico e sociedade.

Após a descoberta dos raios X, os cientistas descobriram que essa radiação poderia ter grandes aplicações práticas na Indústria, na Medicina e na Agricultura. Sobre a aplicação dos raios X nos dizem SERWAY e JEWETT:

Atualmente, eles são usados não somente na medicina, mas, também, em pesquisas científicas básicas (desenvolvimentos de novas teorias e de novos modelos para explicar os fenômenos da natureza) e aplicadas (desenvolvimentos de novos materiais e novas técnicas experimentais), na indústria e até na agricultura. (SERWAY; JEWETT, 2007, p. 52-53).

O conhecimento em raios X é primordial no entendimento da radiação e seus efeitos, pois apesar de todos os benefícios produzidos por essa tecnologia, a exposição a altas doses de radiação pode acarretar sérios efeitos danosos à saúde das pessoas. Sobre esses efeitos nos dizem OKUNO, CALDAS e CHOW:

Eritema de pele e a seguir ulcerações se desenvolveram nas mãos dos médicos e, em alguns casos, câncer dos ossos, como resultado das exposições durante o tratamento dos pacientes. Desde então não só os benefícios trazidos pela radiação, mas também seus efeitos danosos têm interessado os cientistas de todo mundo. (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1986, p. 71).

Este projeto nos permite ainda trabalhar a interdisciplinaridade da disciplina: além da Física, podemos trabalhar com a Química e a Biologia

Este trabalho se divide em cinco partes: Introdução, em que será apresentado, de forma geral, o trabalho realizado. Em objetivos, há descrição do que se pretende com este estudo. Na parte destinada à Metodologia, está demonstrado o modo como foram colhidos os resultados para análise da pesquisa. Em Resultados, analisa-se o que foi constatado com a pesquisa. E, por fim, na Conclusão foi realizado um levantamento a partir dos resultados, sobre a viabilidade e os benefícios da proposta de se ensinar Ciências através da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

1.1 Da Escola e das Turmas Trabalhadas

O presente trabalho foi realizado na Escola Estadual Jalcira Santos Valadão, no município de Formiga, Minas Gerais. A instituição é uma das sete escolas estaduais de ensino médio no município e está localizada no centro da cidade, possui duas extensões rurais, totalizando em seu quadro cerca de 1300 alunos. A escola Jalcira Santos Valadão é popularmente conhecida como Escola Normal. Foi fundada em 1928, dentro da onda de Ensino Normal que perdurou no período da primeira república que foi de 1940/50. Foi fundada como instituição pública, fundamental no papel de formação de docentes para o ensino primário na região.

Na presente pesquisa trabalhou-se com duas turmas de 3º ano do ensino médio. Uma com 35 alunos (3º ano A) e outra com 39 alunos (3º ano B). As turmas de modo geral são reconhecidas dentro do quadro docente da escola como aquelas que apresentam uma capacidade de aprendizagem satisfatória, ou seja, melhores notas.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é apresentar e analisar a influência na aprendizagem de alunos a partir de uma sequência didática de aulas de Física Moderna através do estudo da radiação X, considerando-se a inserção destes sujeitos cognoscentes em uma sociedade. Citam-se como objetivos específicos:

a) Analisar a aprendizagem dos alunos a partir da sequência didática apresentada: ao analisar os resultados da pesquisa pretende-se determinar até que ponto a sequência didática proposta foi eficaz à aprendizagem dos alunos.

b) Analisar a motivação dos alunos durante as aulas: buscou-se averiguar a eficácia da inserção de temas relacionados à sociedade e ao ensino de ciências numa abordagem do CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).

3 METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre Física Moderna e Raios X em livros didáticos e artigos científicos para elaborar a sequência didática dos temas apresentados. Buscou-se, assim, ampliar uma gama de fenômenos relacionados ao tema a ser lecionado.

Foram observadas duas turmas do 3º ano do ensino médio de uma escola pública onde as aulas foram ministradas a partir da sequência didática proposta neste trabalho.

Inicialmente foi aplicado um pré-teste (Anexo II) nas turmas com o objetivo de verificar as concepções dos alunos sobre o tema (Física Moderna). Este procedimento permitiu avaliar até que ponto as turmas estavam partindo de um conhecimento prévio. Ao final do ensino do conteúdo foi aplicado um questionário aos alunos - pós-teste - (Anexo II), contendo as mesmas questões do pré-teste, buscando avaliar os conhecimentos adquiridos por eles. Neste questionário foram incluídas perguntas para analisar a motivação dos alunos durante as aulas. Desta maneira foi possível observar os resultados alcançados. Os questionários foram fechados.

As questões do pré-teste e pós-teste foram retiradas das seguintes referências: Máximo, Alvarenga (2000); Pentead, Torres (2005); Sampaio, Calçada (2005).

No pré-teste foram utilizadas questões de vestibular. As questões de vestibular envolvem vários conceitos em uma mesma questão, sendo assim, mais elaboradas. Outro fator para esta escolha é a orientação das escolas públicas para que estes tipos de questões sejam trabalhadas com alunos (Questões de Vestibular, PROEB, SIMAVE, PAAE, ENEM), preparando-os para a realização das mesmas.

Sobre os instrumentos utilizados na coleta de dados torna-se necessário elucidar sua abrangência e suas limitações. Foi escolhido como forma de quantificar o acúmulo de conteúdo pelo aluno, a partir da aplicação da sequência didática proposta, a contraposição de dois testes. Essa escolha se fundamenta nos próprios instrumentos e no tempo em que tive para realizar a pesquisa. Falamos em instrumentos, tendo em vista que, caberia um estudo mais aprofundado em metodologia de avaliação da aprendizagem. Como no cotidiano do professor,

utilizamos de testes como referências na avaliação da aquisição de conhecimento por parte dos alunos, acham que seria essa a melhor maneira de abordar o acúmulo de conhecimento dos alunos neste breve trabalho. Porém, não deixamos de ressaltar as limitações impostas por esse método. A partir do momento em que consideramos estatisticamente que a diferença de notas entre um primeiro teste, anterior às aulas, e um segundo teste, posterior; seria o próprio índice de aprendizagem do corpo total de alunos, deixamos de trabalhar as especificidades individuais de cada aluno, e seu peso no todo da classe. Justificamos, portanto, esta escolha metodológica, na própria brevidade da pesquisa, bem como, na prática já recorrente dos professores em avaliar aprendizagem através de testes de conteúdo aplicado.

3.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Ao elaborar a sequência didática (Anexo I) buscou-se inserir ilustrações, gráficos e esquemas para melhor visualização e compreensão dos temas. Inicialmente foi aplicado um pré-teste nas turmas. Como recursos, utilizou-se de um *Data-Show* e apresentações em *Power Point* em três das sete aulas ministradas.

A sequência didática se dividiu em sete tópicos sendo o primeiro sobre o contexto histórico no qual se deu a criação dos raios X, pois para se conhecer um conceito físico é interessante que se conheça o contexto histórico. Desta forma, foi apresentada a história da "Descoberta dos Raios X". No tópico dois, "Características dos Raios X" reuniram-se informações técnicas sobre os raios X. No tópico três, foi analisada a difração dos raios X. Os tópicos quatro e cinco foram destinados a explicações sobre a produção dos raios X e da imagem. Neles, foram abordados temas como o espectro contínuo, o espectro característico, o efeito *Compton* e o efeito fotoelétrico. Os efeitos biológicos dessa radiação foram demonstrados no tópico seis. Por fim, no tópico sete, foram apresentadas algumas aplicações dos raios X.

As aulas foram ministradas na seguinte ordem:

- 1ª e 2ª aulas - Como foram descobertos os raios X. Foi utilizado o *data-show* para mostrar a primeira radiografia tirada (Figura 1 - Anexo I). Depois foram

apresentadas as características dos raios X e as informações técnicas sobre ele. Ao explicar este item, revisavam-se as matérias que já foram trabalhadas anteriormente como ondas eletromagnéticas, o que é fóton, como calcular a velocidade da luz, etc.. Estes conhecimentos são fundamentais para o estudo da radiação e tópicos da Física Moderna.

- 3ª aula - Como foram feitas as primeiras experiências de difração de raios X. Desta maneira continuou-se revisando o conteúdo já visto pelos alunos em ondas. Nesta aula também foi usado o *data-show* para mostrar ilustrações que ajudaram no melhor entendimento dos alunos (Figura 2 e 3 - Anexo I).

Este tópico foi trabalhado com os alunos pois a aplicação da difração dos raios X é muito importante e utilizada nos dias de hoje. Através dela, por exemplo, pode-se analisar o interior de materiais sólidos. Pode-se ainda determinar o comprimento de onda dos raios X, determinar a distância entre os átomos em cristais com estrutura desconhecida e investigar a estrutura cristalina, a estrutura de líquidos e de moléculas orgânicas.

Existem vários laboratórios que utilizam essa técnica como uma das mais confiáveis para identificar átomos que compõem um material. Essa técnica também auxiliou na determinação da estrutura com hélice dupla do DNA, um progresso histórico na genética. (YOUNG; FREEDMAN, 2004).

- 4ª e 5ª aulas - A produção dos raios X e da imagem. Nestas aulas aprofundou-se ainda mais o estudo de tópicos da Física Moderna, a saber: energia quântica, efeito fotoelétrico e efeito *Compton*. Estes tópicos foram trabalhados pois fazem parte da Física Moderna e do plano de curso da escola. Cópias do material didático foram tiradas e repassadas aos alunos. (Itens 4 e 5 da sequência - Anexo I). Utilizou-se do *data-show* para mostrar as Figuras 4,5,6,7,8 e 9 (Anexo I).

- 6ª aula - Continuaram-se as explicações da aula anterior além de explicações sobre as equações matemáticas sobre o tema.

As equações 1,2,6 e 7 (Anexo I) básicas são fundamentais para o entendimento dos assuntos em questão e possibilita aos alunos aplicá-las nos exercícios.

As equações mais avançadas como as de números 3,4 e 5 (Anexo I) foram dadas como forma de despertar um interesse maior nos alunos, para que eles pudessem pesquisar e se interessar pelos assuntos discutidos.

- 7ª e 8ª aulas - Foi promovido um debate com os alunos sobre os efeitos e as aplicações dos raios X. Foram entregues cópias dos itens 6 e 7 da sequência didática (Anexo I) contendo curiosidades sobre o assunto.

Debates foram realizados em todas as aulas com objetivo de consolidar o que foi ensinado, além de compartilhar e esclarecer as dúvidas que os alunos ainda tinham.

Portanto, foram necessárias oito aulas para apresentar a sequência didática e outras três aulas para esclarecer as dúvidas e realização de exercícios.

Podemos notar que a forma de debate, intercalada ao ensino do conteúdo, sua apresentação em *PowerPoint*, e a atualização do conteúdo para o cotidiano dos alunos, possibilitou maior interesse e interação durante as aulas. No seu decorrer pude notar que, a partir do momento que o aluno em debate expõe sua forma de compreensão do conteúdo, ele também contrapõe a ela suas experiências cotidianas. Esse exercício faz com que ele não só esteja na sala, escutando o conteúdo, mas que sua atenção se volte para a própria forma pela qual o conhecimento se relaciona com a realidade em que o rodeia. Outro ponto que gostaria de ressaltar é a oportunidade de expressão dada aos alunos na sala de aula permitindo que, como em um jogo, eles mesmos, de maneira conjunta, adquiram o conhecimento do conteúdo, partindo da dúvida de um, e do erro de outros, eles se comunicavam e avaliavam o que era certo ou errado de acordo com o conteúdo passado.

4 RESULTADOS

Neste item apresentam-se os resultados da sequência didática utilizada no processo ensino-aprendizagem, ou seja, a análise dos resultados do pré-teste e do pós-teste aplicado às turmas.

Inicialmente são apresentados quantitativamente os resultados das avaliações pré e pós-teste da sequência didática. A seguir, os dados são comparados considerando-se inicialmente que os alunos não possuíam os conhecimentos básicos do conteúdo a ser ensinado. Era de se esperar que o índice de acertos no pré-teste não seria elevado. Os acertos estão relacionados ao conhecimento adquirido em outros tópicos de Física e que são utilizados na Física Moderna, como por exemplo, óptica, ondas eletromagnéticas, etc. Porém, esse mesmo índice comparado ao índice do teste final fornece a escala de diferença no quesito de "saber responder as questões após participar das aulas ministradas", ou seja, conteúdo adquirido. A diferença entre o primeiro e o último índice indica até que ponto o aluno leva conhecimentos prévios ao processo de aprendizagem dentro da aula. Para se estudar o conteúdo do conhecimento prévio dos alunos seria necessário um estudo mais detalhado a partir de testes com respostas dissertativas, ação essa que não pertence ao escopo deste trabalho.

4.1 Avaliação da Turma A

O pré-teste foi aplicado nas turmas de 3º ano A e B com 10 questões sobre os 7 tópicos posteriormente trabalhados. Dos 35 alunos do terceiro A, nenhum acertou mais que a média de 60% das questões. Cinco deles acertaram 4 questões e 6 acertaram 3 questões. O restante acertou abaixo de 3 questões, ou seja, a maioria. O gráfico 1 mostra as notas da turma no pré-teste.

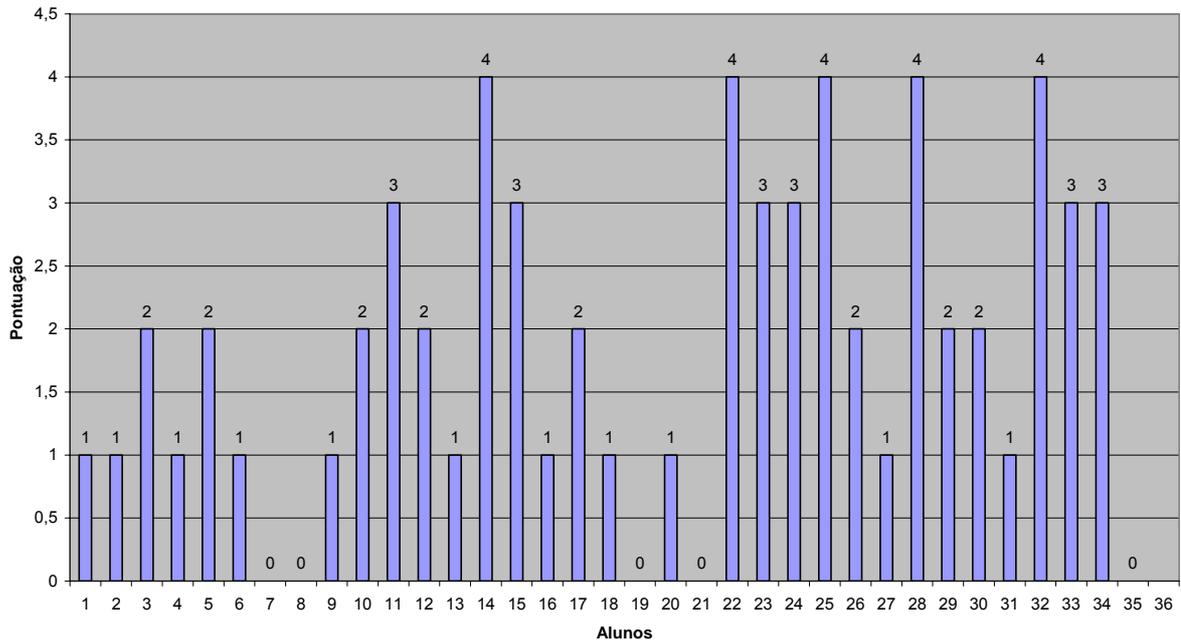


GRÁFICO 1 - Resultado do pré-teste aplicado na turma A

A média das notas dos alunos ficou em 1,85 numa escala de 0 a 10. Pode-se observar no gráfico 1 que a maioria dos alunos acertou entre uma a duas questões do pré-teste, o que demonstra certo conhecimento prévio sobre as questões que responderam. Porém, tal conhecimento não se mostra suficiente para que eles chegassem a uma nota satisfatória quanto ao conteúdo. Mais adiante pôde-se inferir conclusões destes dados comparados.

Na prova final, após ministradas as aulas propostas na sequência didática, houve 5 alunos com 10 acertos e 6 alunos com 9 acertos, ou seja, 11 alunos com acertos suficientes para afirmar que eles dominam o conteúdo passado. É importante notar que nenhum aluno teve nota abaixo da média de 6 pontos. Isto demonstra que todos assimilaram o conteúdo depois de ministradas as aulas pela sequência didática proposta. A seguir, o gráfico 2 compara os resultados da turma nos dois testes.

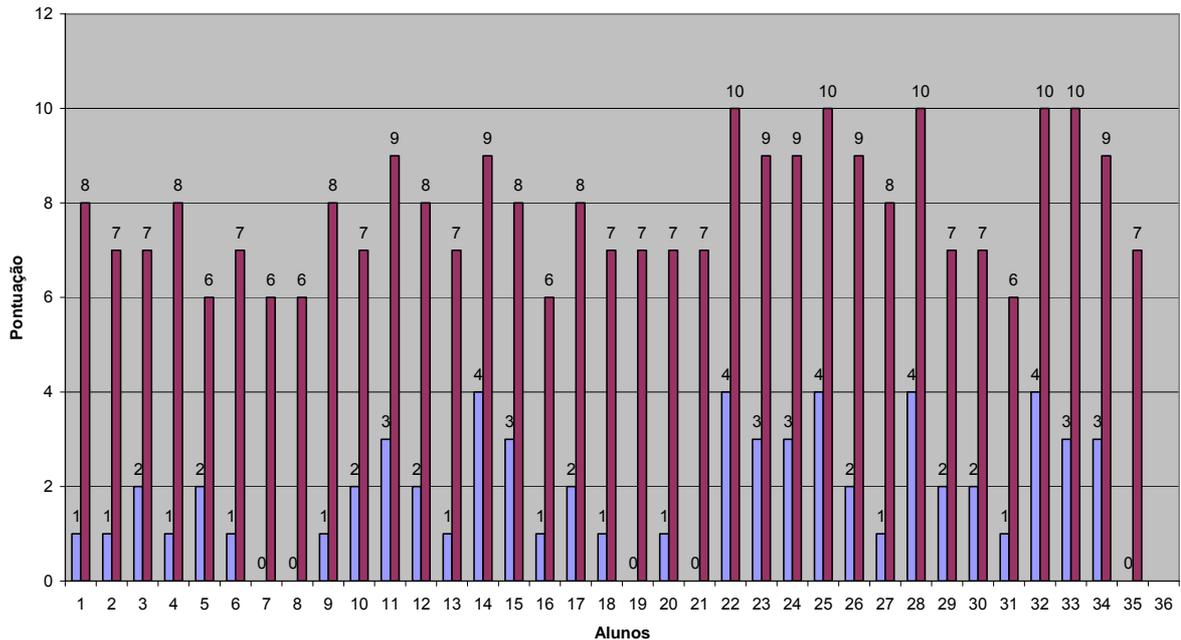


GRÁFICO 2 - Relação pré-teste/pós-teste na turma A.

A média dos alunos com acertos foi de 7,82. Como pode ser observado no gráfico 2, a maioria dos alunos acertou entre 6 e 8 questões. Verifica-se que, apesar de 30% dos alunos terem tirado notas acima de 9, o que demonstra grande conhecimento de conteúdo, a maioria deles ficou entre a média 6 e $\frac{3}{4}$ de acertos na prova. Tal média total de acerto dos alunos foi considerada satisfatória quanto ao quesito ensino-aprendizagem, pois deve-se considerar a particularidade de cada um dos alunos em relação as suas afeições com a disciplina e facilidade com a matéria.

Para finalizar, notou-se que a diferença entre a média antes da sequência didática e após a sequência didática ficou em 5,95 (7,8 – 1,85). Se for analisada essa diferença comparado-a ao total de questões aplicadas, pode-se dizer que após a sequência didática os alunos foram capazes de acertar uma média de 5,95 questões, ou seja, aproximadamente 6 questões a mais em relação ao seu conhecimento prévio. Esse resultado, evidentemente, pode ser considerado satisfatório quando comparado ao quesito ensino-aprendizagem.

4.2 Avaliação da Turma B

Dos 39 alunos do 3º ano B, nenhum acertou mais do que a média das questões, 4 deles acertaram 4 questões, 8 acertaram 3 questões, o restante acertou abaixo de 3, ou seja, a maioria. A seguir, o gráfico 3 mostra as notas da turma no pré-teste para uma melhor visualização dos resultados.

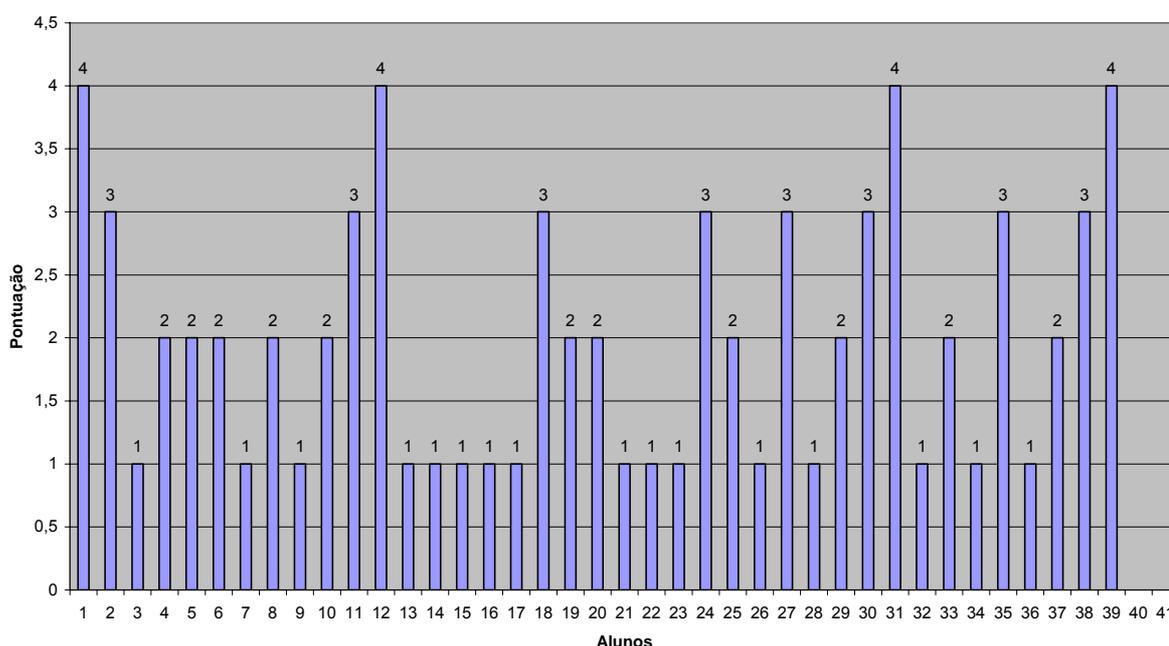


GRÁFICO 3 - Resultado do pré-teste aplicado na turma B.

A média das notas dos alunos do 3º ano B ficou em 2 numa escala de 0 a 10 pontos. Observando-se o gráfico 3 pode-se notar que a maioria deles acertou de uma a duas questões do pré-teste. Porém, o maior índice de notas maiores do que 2, quando comparados aos testes da primeira turma, levou ao aumento da média. A média demonstra maior conhecimento prévio da turma B quanto às questões do teste.

Na prova final, após ministradas as aulas, foram 4 alunos com 10 acertos e 8 alunos com 9 acertos, ou seja, 12 alunos com acertos suficientes para afirmar que eles dominam o conteúdo das aulas. É importante notar que novamente não foi encontrado nenhum aluno com nota abaixo da média de 6 pontos, o que demonstra

que todos adquiriram conteúdo depois de ministradas as aulas pela sequência didática proposta.

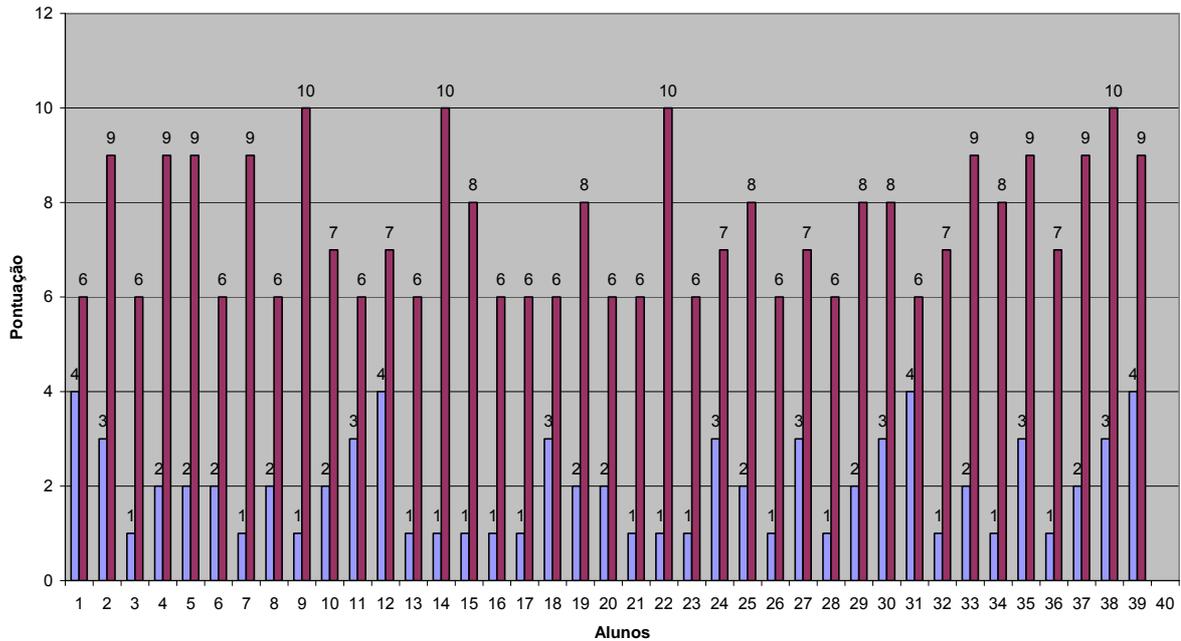


GRÁFICO 4 - Relação pré-teste/pós-teste na turma B.

O gráfico 4 mostra que a média dos alunos em acertos foi de 7,48. Como pode ser observado, a maioria dos alunos acertou 6 questões (15 alunos). A soma dos alunos que acertaram 7 e 8 questões é de 12 alunos. A soma dos alunos que acertaram entre 6 e 8 questões perfizeram 27 alunos ou 69%. Conclui-se destes dados que, apesar de 30% dos alunos terem alcançado notas iguais ou acima de 9,0, o que demonstrou grande conhecimento de conteúdo, a maioria deles novamente ficou entre a média de 6 e $\frac{3}{4}$ de acertos na prova. Tal média total de acerto dos alunos pode ser considerada satisfatória quanto ao quesito ensino-aprendizagem, levando-se em consideração a particularidade de cada um dos alunos e suas afeições com a disciplina e facilidade com a matéria.

Notou-se que a diferença entre a média antes da sequência didática e após a sequência didática ficou em 5,8 ($7,8 - 2$). Se essa diferença for comparada ao total de questões que foram aplicadas, pode-se dizer que após a sequência didática os alunos foram capazes de acertar uma média de 5,8 questões, aproximadamente 6 questões a mais ao seu conhecimento prévio. Esse resultado,

evidentemente, também pode ser considerado satisfatório quando comparado ao quesito ensino-aprendizagem.

4.3 Relação entre as Turmas A e B

Apesar de a turma B ter tido um melhor rendimento no pré-teste e a média desta turma ter sido maior, a turma A demonstrou um domínio maior do conteúdo ministrado, o que pode ser verificado na nota média entre as turmas: 5,95 para a turma A e 5,80 para a turma B.

O gráfico 5 mostra a “Relação Notas Turmas A e B”. A turma A demonstrou um maior rendimento nas aulas.

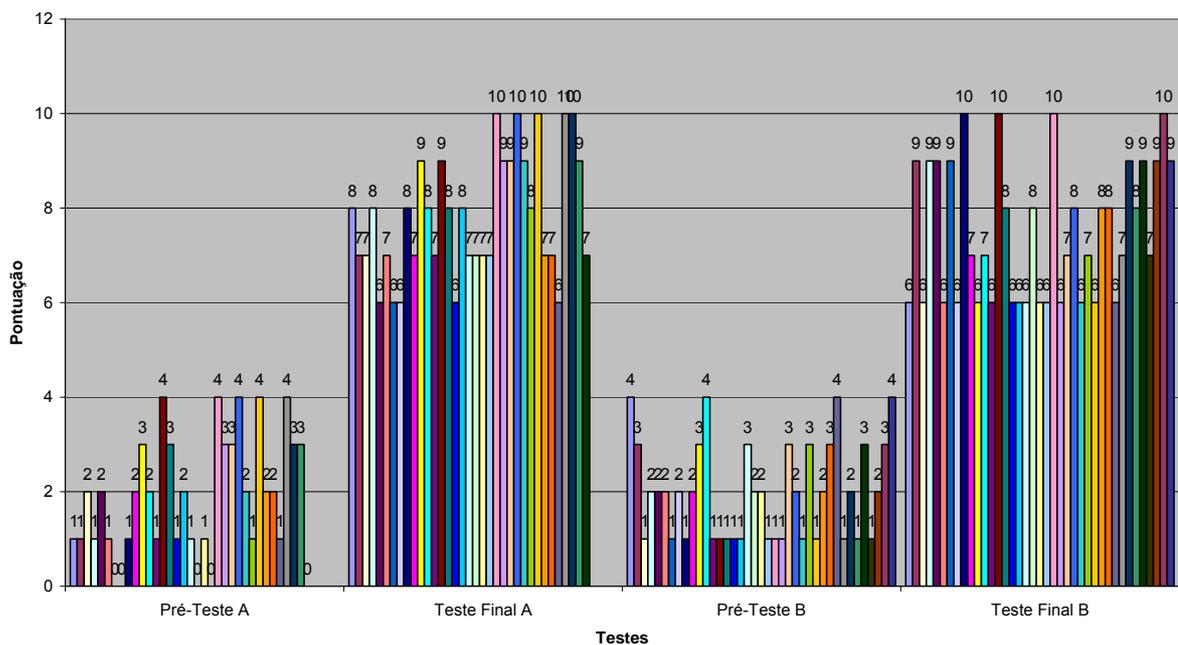


GRÁFICO 5 - Relação das notas das turmas A e B.

Por fim, considerando-se o resultado das duas turmas, pode-se afirmar que a sequência didática proposta teve resultado satisfatório no quesito ensino-aprendizagem, pois as duas turmas apresentaram, após aplicados os testes finais, acréscimo considerável ao domínio de conteúdo sobre o tema proposto. Ambos os

testes demonstraram que as turmas, depois de ministradas as aulas, acertaram em torno de 6 questões a mais do que acertaram antes de ministradas as aulas.

4.4 Análise da Motivação dos Alunos Durante as Aulas

Buscou-se avaliar a motivação dos alunos por meio de três questões inseridas ao fim do pós-teste. Tal escolha se fundamenta no fato de que para caracterizar a adequação da proposta de ensino ou, mais propriamente, a sequência didática tal como apresentada, se vê necessário pensá-la a partir da percepção dos próprios alunos.

A aplicação do pré e do pós-teste nos possibilitou quantificar o acúmulo de conteúdo adquirido por parte dos alunos. Porém esse acúmulo não pode ser medido apenas por parte do professor, para ele ser realmente validado tornou-se necessário a inclusão das questões de teste motivacional que possibilitou avaliar a percepção deste acréscimo de conteúdo por parte do próprio aluno. Ele voltando para si mesmo e questionando se a diferenciação no modo de apresentar as aulas colaborou ou não para que ele aumentasse seu conhecimento em Física.

As três questões motivacionais foram elaboradas de modo a serem interpretadas de forma direta e objetiva. Portanto, na primeira pergunta, “Você achou as aulas interessantes?”, alternativas “sim ou não”; tentou-se explorar através do conceito de interesse a empatia do aluno perante as aulas, denotando a eficácia ou não da abordagem escolhida.

A segunda questão, “Você considera que sua aprendizagem é melhor com aulas tradicionais?”, alternativas “sim ou não”; considerou-se a noção de “aulas tradicionais” aquela em que as explicações do conteúdo não são feitas dentro de uma aplicação da Ciência. Nesta questão buscou-se encontrar, na própria escolha do aluno, a originalidade da proposta desse trabalho. Caso ele escolha que sim, o aluno afirma que a forma como foi aplicada a sequência didática não é uma forma tradicional e que ele a considera satisfatória. Caso a resposta seja não, ele acredita que a sequência didática e a forma como se empreendeu o ensino não se distinguiram da forma tradicional.

Na terceira pergunta, “Qual tópico você gostou mais de estudar?”, as alternativas eram “a história da descoberta dos raios X e suas características” (a); “a produção dos raios X e da imagem” (b); “os efeitos dos raios X e sua utilização” (c). Buscou-se trabalhar com a idéia de que dois desses tópicos apresentados como alternativas à questão, caracteristicamente, são tópicos transversais (alternativas a e c). Portanto, denotam, quando escolhidos, a aprovação do aluno ao que é considerado não ser uma forma de aula tradicional. Por fim, considera-se que o tópico “a produção dos raios X e da imagem” trabalha com conteúdo que, caso estivesse previsto no programa da escola, seria normalmente apresentado. Portanto, quando escolhido, denotaria a adesão do aluno à forma tradicional de ensino.

Apresenta-se a seguir a análise quantitativa do questionário motivacional. Por questão de metodologia, a mesma sequência didática foi apresentada a ambas as turmas optando-se por analisar as respostas aos questionários das duas turmas de forma conjunta, o que totalizou 74 alunos.

Em relação à Questão 1 (Gráfico 6), 16 alunos optaram pela alternativa (b), representada pela opção 2, e 58 alunos optaram pela alternativa (a), representada pela opção 1. Portanto, 78% dos alunos demonstraram empatia perante as aulas denotando a eficácia da abordagem utilizada quanto à motivação dos mesmos.

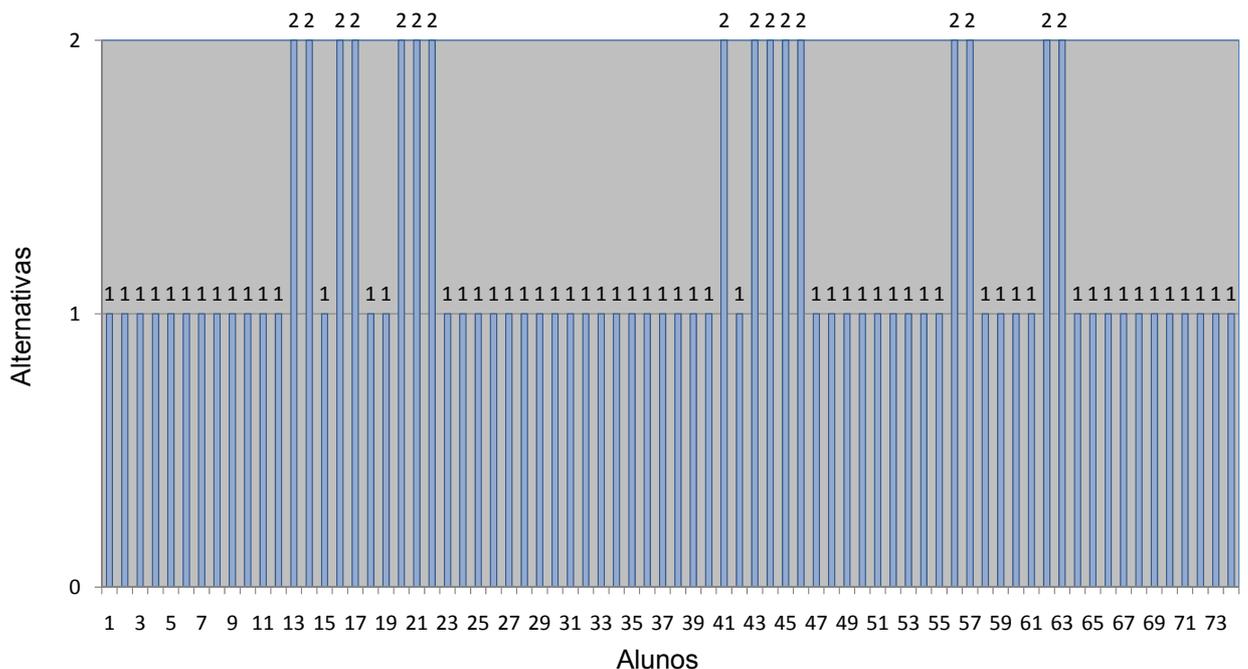


GRÁFICO 6 - Teste motivacional - questão 1

Na Questão 2 (Gráfico 7), 25 alunos optaram pela alternativa (a), representada pela opção 1, e 49 alunos optaram pela alternativa (b), representada pela opção 2. Portanto, 66% dos alunos demonstraram que consideram a originalidade da proposta desse trabalho. Considera-se que sua escolha denota a afirmação de que a sequência didática apresentada não é uma forma tradicional e que a mesma é satisfatória.

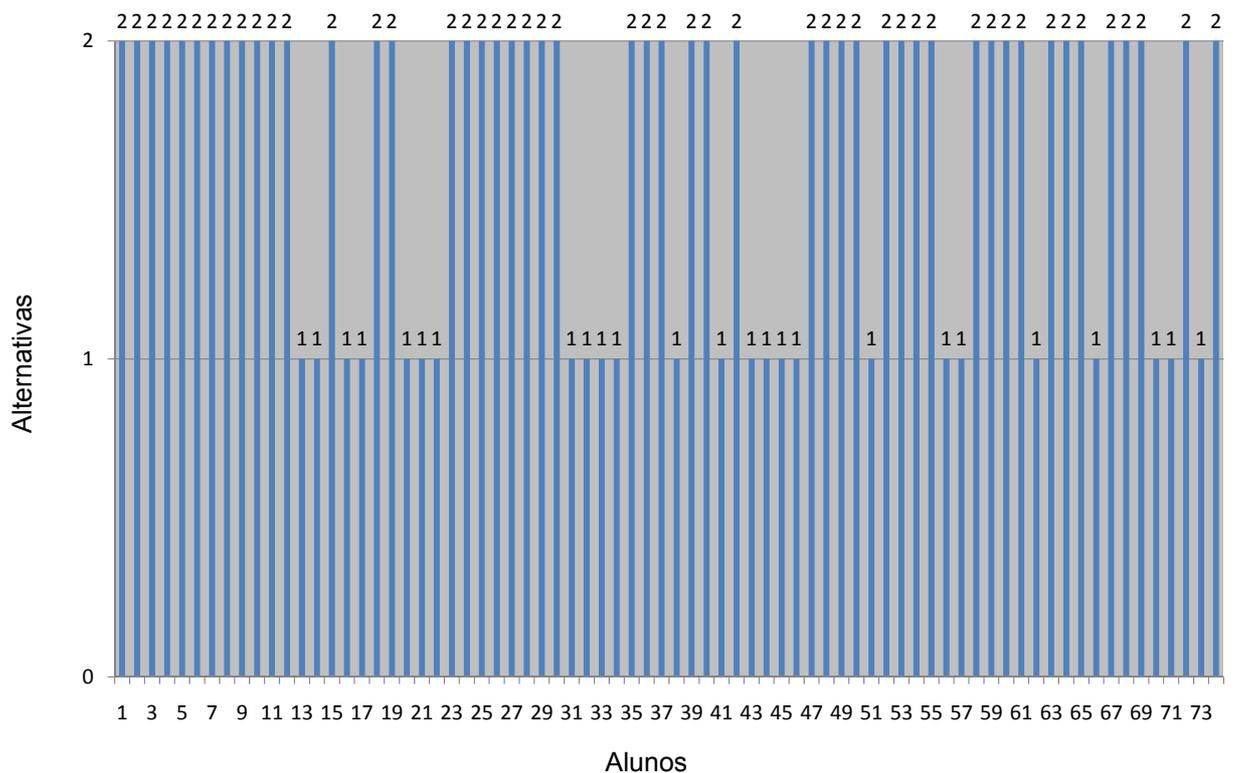


GRÁFICO 7 - Teste motivacional - questão 2

Na Questão 3 (Gráfico 8), 40 alunos optaram pela alternativa (c), representada pela opção 3 (54% dos alunos), 18 optaram pela alternativa (a), representada pela opção 1 (24% dos alunos) e, por fim, 16 alunos optaram pela alternativa (b), representada pela opção 2 no gráfico (22% dos alunos). Os tópicos apresentados como alternativa (a) e (c) à questão 3, caracteristicamente, são tópicos transversais. A escolha destas alternativas por parte dos alunos denota aprovação ao que se considera não ser uma forma de aula tradicional. Se deduz da soma dos percentuais de escolha das alternativas (a) e (c) que 78% dos alunos escolheram como tópico de sua preferência tópicos transversais que normalmente não são apresentados em aulas tradicionais. 22% dos alunos optaram pela

alternativa correspondente ao tópicos “a produção dos raios X e da imagem”, o qual, como já mencionado, considera-se como conteúdo comumente apresentado nas escolas.

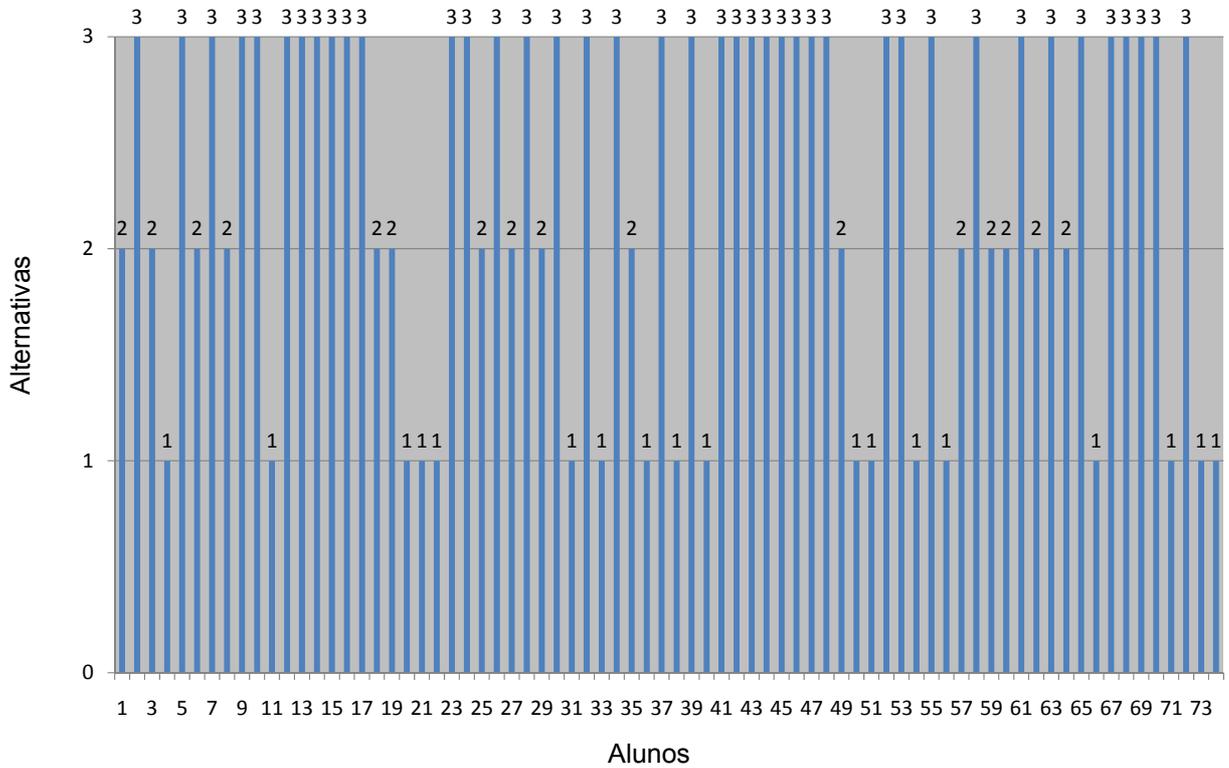


GRÁFICO 8 - Teste motivacional - questão 3

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a sequência didática elaborada para a presente pesquisa se mostrou satisfatória ao aprendizado de Ciências com CTS e que a Ciência e a Tecnologia, resultado direto dos avanços científicos, devem estar mais presentes no ensino. Para isso, acredita-se que é de suma importância utilizar tópicos relacionados à Tecnologia e à realidade primeira dos alunos para se elaborar aulas de Ciências.

Pensando que o ensino deve partir do conhecimento prévio do aluno e que não se aprende nada como forma pura, sem relação com a vida e a sociedade em que estamos inseridos, torna-se sempre necessário relacionar na sala de aula Ciência e Sociedade, o modo como a Ciência vira Tecnologia e muda os rumos da Sociedade.

Um ponto importante na relação ensino-aprendizagem está ligado ao caráter afetivo-emocional dos indivíduos, gerado pela motivação (desejos e necessidades). Todo processo cognitivo tem como base uma emoção. Assim, estudar a produção de sentidos é também estudar as relações emocionais e afetivas que estão por trás dos significados (FERREIRA DE SÁ, MAUÉS, MUNFORD, 2008).

É nessa perspectiva que entende-se que para se estudar Ciência, o aspecto motivacional deve ser considerado. E nada melhor para gerar tal motivação em um aluno do que apresentar-lhe a Ciência diretamente ligada aos avanços tecnológicos que a todo o momento chegam a sua porta.

Desta forma, a sequência didática apresentada neste trabalho foi considerada satisfatória em relação ao aspecto motivacional e de aprendizagem em Física Moderna.

REFERÊNCIAS

FERREIRA DE SÁ, Eliane; MAUÉS, Ely Roberto Costa; MUNFORD, Danusa. **Ensino de Ciências com caráter investigativo I**. In: LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro; MARTINS, Carmem Maria de Caro; MUNFORD, Danusa. (Org). Ensino de Ciências por Investigação. v. 1, Belo Horizonte: UFMG/FAE/CECIMIG, p.109, 2008.

GARCIA, Eduardo A. C. **Biofísica**. São Paulo: Savier, 2002. 387 p.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Física**: volume 3. São Paulo: Scipione, 2000. 416 p.

OKUNO, Emico; CALDAS, Iberê L.; CHOW, Cecil. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas**. São Paulo: Harbra, 1986. 490 p.

PENTEADO, Paulo Cesar M.; TORRES, Carlos Magno A. **Física**: ciência e tecnologia. São Paulo: Moderna, 2005. v. 3. 262 p.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Universo da Física 3**: ondulatória, eletromagnetismo, física moderna. 2. ed. São Paulo: Atual, 2005. 500 p.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Física**: volume único. São Paulo: Atual, 2005. 472 p.

SERWAY, Raymond; JEWETT, John. **Princípios de Física**. Traduzido por André Koch Torres. Assis: Pioneira Thomson Learning, 2007.

WALKER, Halliday Resnick. **Fundamentos de Física**: óptica e Física moderna. Traduzido por Ronaldo Sérgio de Biasi. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 299 p.

YOUNG, Hugh; FREEDMAN, Roger. **Sears e Zemansky**: Física IV, ótica e Física moderna. Traduzido por Adir Moysés Luiz. 10. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2004. 426 p.

ANEXO I

1 A DESCOBERTA DOS RAIOS X

Em 1895, o físico alemão *Wilhelm Conrad Röntgen* estava pesquisando a produção de radiação ultravioleta em tubos de *Crookes*. O tubo de *Crookes* parecia uma ampola e tinha dois eletrodos de alumínio: o cátodo e o ânodo. Nessa experiência ele aplicava uma grande diferença de potencial entre esses eletrodos. Com isso, os cátions do ânodo bombardeavam o cátodo arrancando os elétrons que colidiam com o vidro da ampola gerando os raios X. (MÁXIMO; ALVARENGA, 2000).

Röntgen havia recoberto a ampola com uma cartolina preta para que a luz produzida na ampola não escapasse e havia uma tela de platino cianeto de bário que estava perto da ampola por acaso. Ele percebeu que, ao aplicar uma alta tensão entre os eletrodos, a tela se tornava fluorescente.

Surpreso e querendo encontrar uma resposta para explicar o que tinha acontecido, ele fez vários outros experimentos, colocando diversos tipos de materiais diferentes próximo à ampola. Colocou também sua mão, ficando perplexo ao ver a silhueta dos seus ossos. (FIG. 1):



FIGURA 1 - Radiografia feita por *Röntgen* da mão da Sra. *Anna Bertha Ludwig Röntgen*.

FONTE: GARCIA, 2002, p. 276.

Röntgen sabia que essa “luz” não era radiação catódica, porque ela não seria capaz de atravessar o vidro da ampola. Então, para essa radiação desconhecida, mas de natureza comprovada, ele nomeou de raios X, pois x é o símbolo científico universal para nomear o desconhecido.

Röntgen era um pesquisador desconhecido e fez uma descoberta tão importante que revolucionou a ciência e a tecnologia. Com essa descoberta ele foi o primeiro cientista a ganhar o Prêmio Nobel de Física em 1901. (GARCIA, 2002; SERWAY; JEWETT, 2007).

2 CARACTERÍSTICAS DOS RAIOS X

Os raios X são radiações eletromagnéticas originadas pela emissão de fótons de alta energia e que se propagam através de ondas eletromagnéticas.

Ondas eletromagnéticas são constituídas de campos elétricos e magnéticos oscilantes e se propagam com velocidade constante no vácuo, podendo ser calculada através da equação da velocidade da luz: (GARCIA, 2002).

$$c = \lambda f \quad (1)$$

Sendo o vácuo o meio de propagação $c = 3 \times 10^8$ m/s.

O comprimento de onda λ e a frequência f são grandezas usadas para caracterizar uma onda eletromagnética.

As radiações podem ser classificadas de acordo com seu comprimento de onda, como por exemplo, a luz visível que tem o comprimento de onda de 7500Å. (GARCIA, 2002).

Os raios X têm comprimentos de onda muito pequenos, são da ordem de 10^{-10} m. Por isso, eles são extremamente penetrantes.

Os raios X são exatamente como os raios gama, a diferença entre eles é somente quanto à origem. Os raios gama se originam dentro do núcleo atômico ou da aniquilação das partículas, enquanto os raios X têm origem fora do núcleo, na desexcitação dos elétrons.

Um núcleo instável pode passar a um estado mais estável liberando energia na forma de radiação gama. Por outro lado, quando elétrons rápidos colidem com certos materiais, parte de sua energia ou toda ela é convertida em fótons de raios x. (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1986, p. 49).

Fótons são pacotes de energia que se propagam com a velocidade da luz e transportam uma energia através da relação:

$$E = hf \quad (2)$$

Onde:

h é a constante de Planck ($h = 4,1 \times 10^{-18}$ keVs).

Qualquer radiação com energia maior que 15eV são ionizantes. Os raios X são radiações deste tipo, ou seja, são capazes de ionizar - remover elétrons de - átomos e moléculas. (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1986).

3 DIFRAÇÃO DOS RAIOS X

A difração ocorre quando uma onda atinge um obstáculo e consegue contorná-lo, esse efeito ocorre quando o comprimento de onda é da ordem de grandeza dos obstáculos. (SAMPAIO; CALÇADA, 2005).

Os raios X têm comprimento de onda da ordem de 10^{-10}m e a distância dos átomos de um cristal também tem ordem de grandeza de 10^{-10}m .

A partir dessa comparação, os cientistas *Friederich, Kinipping e Max Von Laue* em 1912 começaram a fazer as primeiras experiências de difração de raios X, visto que, para que ocorra a difração, o tamanho do obstáculo tem que ser da mesma ordem do comprimento de onda da radiação.

Através dessas experiências, *Von Laue* constatou que um feixe de raios X pode ser absorvido e reemitido – espalhado - individualmente por átomos de um cristal, formando uma rede de difração. (YOUNG; FREEDMAN, 2004).

Experiência da difração de raios x feita por *Laue*: (FIGURA 22):

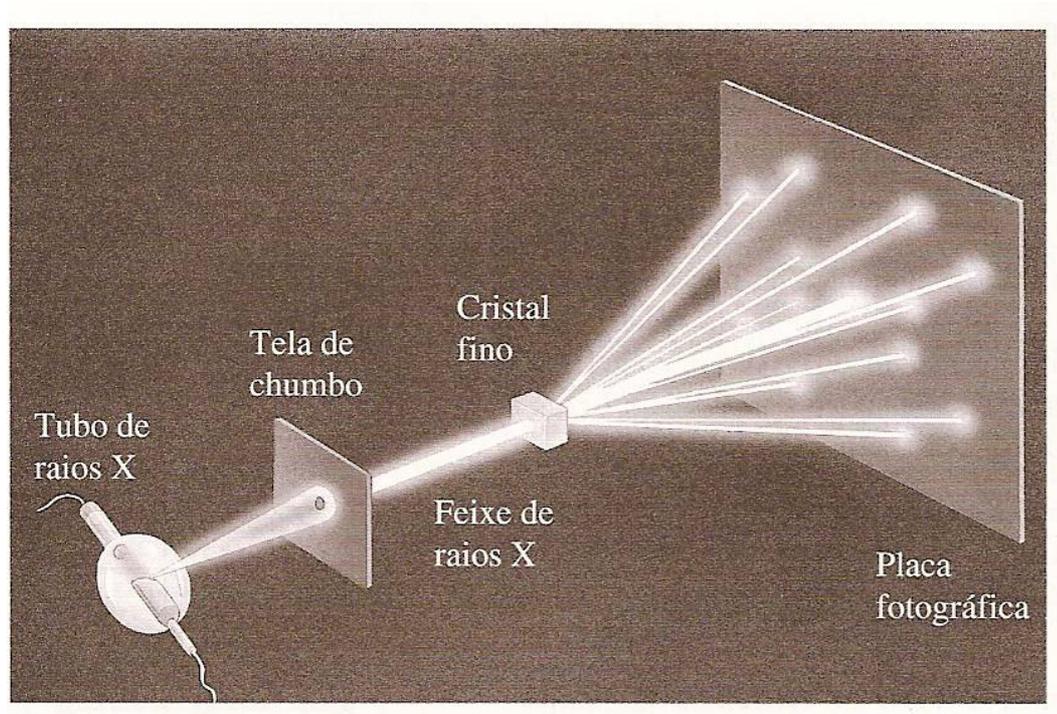


FIGURA 2 – Difração de *Laue*.
FONTE: YOUNG; FREEDMAN, 2004, p.127.

Um feixe de raios X incide sobre um cristal, alguns raios X passam em linha reta, outros são espalhados.

Figura da difração de *Laue*: (FIG. 3):



FIGURA 3 – Figura de difração.
 FONTE: YOUNG; FREEDMAN, 2004, p.127.

Os raios X espalhados formaram uma figura de interferência construtiva que foi gravada num filme fotográfico. Nesta figura, o feixe de raios X incidiu sobre um cristal de quartzo.

A equação que descreve a difração dos raios X é dada pela Condição de *Bragg*: (SERWAY; JEWETT, 2007).

$$2d \sin\theta = m\lambda \quad (3)$$

Onde:

d é o espaçamento atômico;

θ é o ângulo de incidência dos raios X e é medido a partir da superfície do cristal e não a partir da normal;

m é um número inteiro de comprimento de onda;

λ é o comprimento de onda.

Haverá uma interferência construtiva – reflexão - quando o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão e quando o espaçamento atômico $2d\sin\theta$ é igual a um número inteiro de comprimento de onda.

Através da difração dos raios X, podemos analisar o interior de materiais sólidos. Podemos ainda determinar o comprimento de onda dos raios X, determinar a distância entre os átomos em cristais com estrutura desconhecida e investigar a estrutura cristalina, a estrutura de líquidos e de moléculas orgânicas.

Existem vários laboratórios que utilizam essa técnica como uma das mais confiáveis para identificar átomos que compõem um material. Essa técnica também auxiliou a determinação da estrutura com hélice dupla do DNA, havendo assim um progresso na genética. (YOUNG; FREEDMAN, 2004).

A equação dada acima foi nomeada de Condição de *Bragg* em homenagem a *William Bragg* e seu filho *Lawrence Bragg*, por causa de seus trabalhos na análise da difração dos raios X. Sem dúvida, esses trabalhos revolucionaram a ciência, tanto que pai e filho ganharam o Prêmio Nobel de Física, em 1915. (SERWAY; JEWETT, 2007).

4 PRODUÇÃO DE RAIOS X

A figura abaixo mostra os componentes básicos de um sistema de produção de raios X. (FIG. 4):

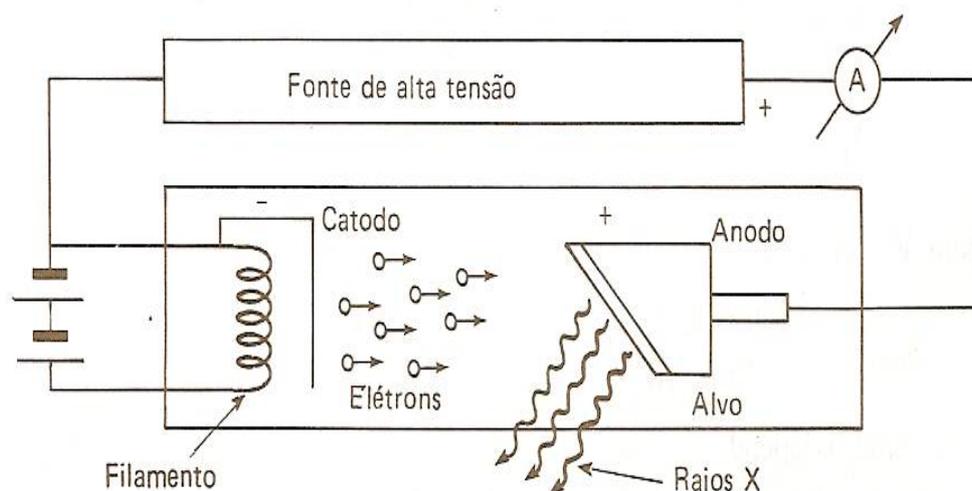


FIGURA 4 – Diagrama de um sistema de produção de raios X.
 FONTE: OKUNO; CALDAS; CHOW, 1986, p. 49.

O cátodo é superaquecido fazendo com que os elétrons se desprendam do metal, formando assim uma espécie de nuvem carregada negativamente - efeito termiônico -. Então, é aplicada uma grande diferença de potencial - $U \sim 10^6$ V - fazendo com que os elétrons atinjam uma alta velocidade - $v \sim 10^6$ m/s -. Esses elétrons irão se deslocar do cátodo em direção ao ânodo. Na ampola é criado um vácuo, de modo que esses elétrons, ao se deslocarem do cátodo para o ânodo, não se choquem com as moléculas do ar.

Os elétrons, ao se chocarem com o metal do ânodo, interagem com seus átomos, deslocando elétrons de seus orbitais. Quando o elétron passa de um orbital mais interno para outro mais externo, ele ganha energia; quando ele passa de um orbital mais externo para o mais interno, ele perde energia - convecção eletrônica -.

Podemos afirmar que é na colisão dos elétrons com o ânodo que ocorre a emissão dos raios X.

Existem dois processos que envolvem a emissão dos raios X:

a) *Bremstrahlung* ou raios X de frenagem;

b) raios X característicos. (GARCIA, 2002).

4.1 *Bremstrahlung* ou Raios X de Frenagem

Quando os elétrons do cátodo estão se deslocando para o ânodo, eles possuem uma grande energia cinética. Os elétrons ganham essa energia cinética quando são acelerados por uma alta diferença de potencial.

Durante essa viagem, esses elétrons são atraídos pelo núcleo dos átomos-alvo, mas como estão em alta velocidade, eles vão sofrer apenas um desvio na sua trajetória (FIG. 5):

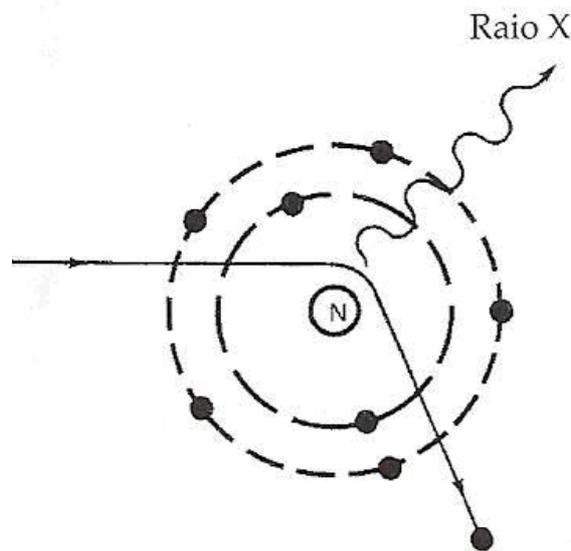


FIGURA 5 – *Bremstrahlung* e raios X de frenagem.
FONTE: GARCIA, 2002, p. 277.

Por causa do desvio na sua trajetória, a maior parte da energia cinética dos elétrons irá se transformar em calor, sendo que apenas 1% dessa energia se transforma em raios X. (GARCIA, 2002).

A quantidade e a qualidade dos raios X produzidos por "*Bremstrahlung*" dependem da:

- a) distância entre a trajetória do elétron e o núcleo atômico atrator;
- b) energia do elétron;
- c) carga elétrica do núcleo. (GARCIA, 2002, p. 277).

Os raios X que são produzidos por causa dessa força de atração do núcleo atômico são chamados de raios X de frenagem ou processo *bremstrahlung*, palavra alemã que significa “freio de radiação”. (YOUNG; FREEDMAN, 2004).

4.1.1 Espectro Contínuo de Raios X

Quando um elétron é acelerado através de uma diferença de potencial, ele ganha energia cinética. Para produzir fótons mais energéticos, ou seja, maior frequência e menor comprimento de onda, toda energia cinética do elétron tem que se transformar em fótons.

Limites do *bremstrahlung*: (YOUNG; FREEDMAN, 2004).

$$eV = hf_{\text{máx}} = hc/\lambda_{\text{mín}} \quad (4)$$

A presença deste comprimento de onda mínimo faz com que o espectro seja contínuo. Qualquer valor menor que esse comprimento de onda mínimo faz com que não haja a emissão dos raios X, ou seja: (SERWAY; JEWETT, 2007):

$$\lambda_{\text{mín}} = \frac{1,24 \times 10}{v} \text{ em nm}$$

Através do processo *bremstrahlung*, obtemos o espectro contínuo, sendo que este não depende do material que é usado no alvo do tubo de raios X. (FIG. 6):

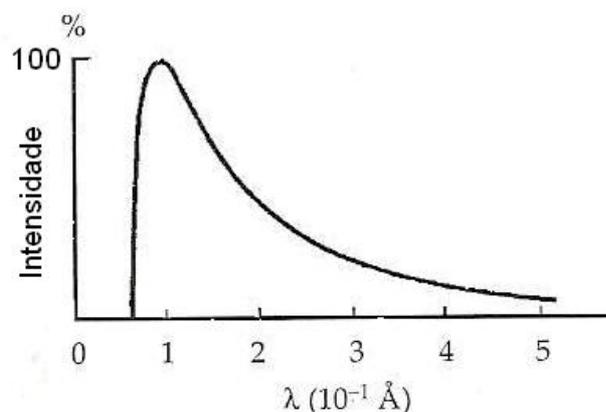


FIGURA 6 – Espectro da energia dos fótons emitidos por *bremstrahlung*.

FONTE: GARCIA, 2002, p. 277.

Este espectro pode ser considerado como se fosse a “impressão digital” de um átomo, nunca dois elementos diferentes terão o mesmo espectro. (PENTEADO; TORRES, 2005).

O espectro contínuo dos raios X é usado em laboratório para identificar e caracterizar átomos de um novo tipo de material. (SERWAY; JEWETT, 2007).

4.2 Raios X Característicos

Os raios X característicos são aqueles produzidos pela transferência de elétrons de um orbital para outro. Ele é chamado de característico, pois sua energia depende do átomo que o produz.

Quando um elétron é arrancado de uma camada mais interna - K ou L -, produzindo um “buraco” neste orbital chamado de vacância, outro elétron de uma camada mais externa pode preencher esse buraco.

Como os elétrons das camadas mais internas estão mais próximos do núcleo atômico, sua força de atração é maior do que os que estão numa camada mais externa. Sendo assim, é preciso maior energia para arrancá-los, por isso esse salto de elétrons de camadas mais internas - convecção eletrônica - fará com que os elétrons percam energia e que sejam emitidos raios X com energia igual a essa diminuição de energia. Como resultado, o desalojamento de elétrons dá origem ao calor ou luz visível. (GARCIA, 2002).

4.2.1 Espectro Característico dos Raios X

Além do espectro contínuo, temos também o espectro de raios X característicos ou de linhas.

Esse espectro nos dá picos mais agudos superpostos ao espectro contínuo e dependem do elemento do alvo do tubo de raios X. (FIG. 7):

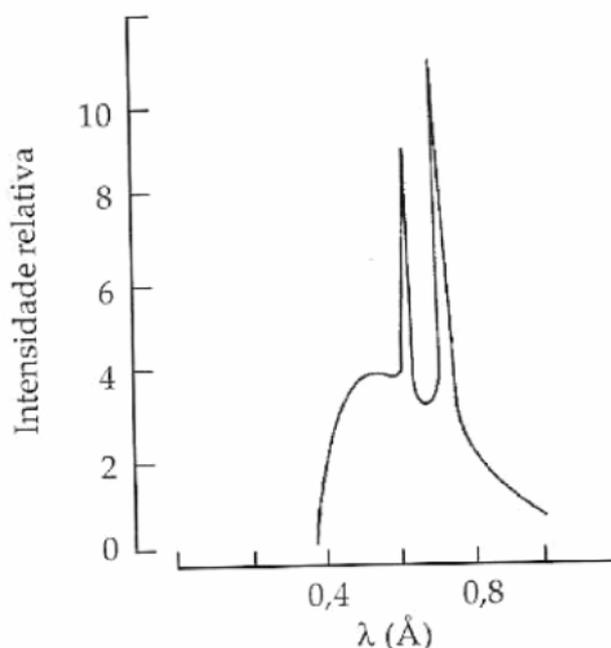


FIGURA 7 – Superposição dos espectros das energias dos fótons de frenagem e dos raios X característicos.
 FONTE: Garcia, 2002, p. 277.

O cientista inglês *J. Moseley* estudou esse tipo de espectro através da difração de raios X, pois a partir dessa técnica é possível medir os comprimentos de onda dos raios X com grande precisão. Através desses estudos, *Moseley* notou que o comprimento de onda do pico mais alto variava de acordo com o número atômico *Z* do elemento do alvo.

Essa relação pode ser expressa através da frequência do raio X):
 (YOUNG; FREEDMAN, 2004).

$$f = (2,48 \times 10^{15} \text{ Hz}) (Z - 1)^2 \quad (5)$$

Onde:

f é a frequência do raio X;

Z o número atômico do elemento alvo.

Os espectros dos raios X característicos fornecem uma ferramenta analítica muito útil. Espectrômetros de raios X instalados em satélites são usados para o estudo da emissão de raios X de átomos altamente excitados em fontes astronômicas distantes. Os espectros de raios X também auxiliam o monitoramento da poluição do ar e o estudo da abundância de diversos elementos nas rochas. (YOUNG; FREEDMAN, 2004, p. 289).

5 PRODUÇÃO DA IMAGEM

Os fótons de raios X, ao tentar atravessar a matéria, podem sofrer absorção ou espalhamento. Tanto na absorção como no espalhamento, os fótons emergentes perdem intensidade.

A radiação secundária - fóton espalhado - não transporta informação de imagem, eles enegrecem a película radiográfica e comprometem a qualidade da imagem.

Existem também outros fatores que controlam a qualidade e a intensidade dos raios X:

- a) o aquecimento do cátodo - quanto maior for esse aquecimento, maior número de elétrons se desprende do metal que irá bombardear o ânodo;
- b) a diferença de potencial - pois é a grande diferença de potencial que acelera os elétrons, e por causa dessa aceleração eles ganham energia cinética para interagir com os átomos do ânodo, então, quanto maior energia, maior será a quantidade de raios X produzidos;
- c) do material que constitui o ânodo - pois quanto maior for o número atômico desse material, maior será sua eficiência para produzir os raios X.

Os raios X interagem com os átomos do material alvo ao tentar atravessá-los. Existem dois processos de interações fundamentais para a formação da imagem:

- a) efeito fotoelétrico;
- b) efeito *Compton*. (GARCIA, 2002).

5.1 Efeito Fotoelétrico

Quando um feixe de luz incide sobre uma superfície metálica limpa, a luz pode arrancar elétrons dessa superfície.

O efeito fotoelétrico é o resultado da “colisão” entre o fóton incidente e um elétron do metal, transferindo assim, toda a sua energia para o elétron.

O fóton precisa ter energia suficiente para deslocar o elétron e ainda para lhe fornecer energia cinética mínima denominada função de trabalho \emptyset , para afastá-lo do núcleo. Se a energia do fóton for maior que a função de trabalho, o efeito fotoelétrico pode ocorrer, se não for, o efeito não ocorrerá. (SAMPAIO; CALÇADA, 2005).

O efeito fotoelétrico é emitido de acordo com: (WALKER, 2003)

$$hf = K_{\text{máx}} + \emptyset \quad (6)$$

Onde:

hf é a energia do fóton;

$K_{\text{máx}}$ é a energia cinética máxima dos elétrons emitidos;

\emptyset é a função de trabalho do material de que é feito o alvo -ânodo -, ou seja, a energia mínima que um elétron deve adquirir para poder escapar do material.

Como o fóton arranca elétron de um orbital - geralmente da camada K -, outro elétron de uma camada mais externa - camada L, raramente da camada M - irá preencher essa vacância. Assim, o efeito fotoelétrico produz os raios X característicos.

Além dos raios X característicos, esse efeito produz íon positivo pois na interação o átomo é ionizado, e fotoelétron ejetado. (FIG. 8):

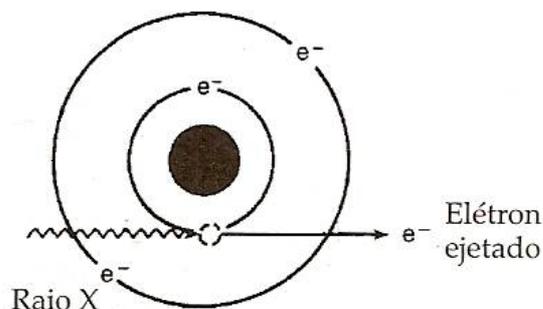


FIGURA 8 – Efeito fotoelétrico.
FONTE: GARCIA, 2002, p. 283.

A vantagem do efeito fotoelétrico é que ele produz uma imagem de grande qualidade e a desvantagem é por causa da ionização do átomo que faz com que aumente a quantidade de radiação absorvida pelo corpo, tornando assim perigosa para o paciente. (GARCIA, 2002).

5.2 Efeito Compton

Quando o fóton incidente colide com o elétron que estava em repouso, o fóton vai fornecer a este elétron parte de sua energia e de seu momento linear, fazendo assim que ele recue por causa do impacto da colisão. O resto da energia fica com o fóton espalhado.

Os raios X espalhados têm comprimentos de onda maiores – energia menor – que os raios X incidentes. Quanto maior for a energia do fóton incidente, menor será a possibilidade desse efeito acontecer.

O deslocamento de *Compton* é dado por: (YOUNG; FREEDMAN, 2004).

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta) \quad (7)$$

Onde:

λ' é o comprimento de onda dos raios X espalhados;

λ é o comprimento de onda dos raios X incidentes;

h/mc é a grandeza denominada de comprimento de onda *Compton* e tem valor de $2,43 \times 10^{-12}$ m;

θ é o ângulo de espalhamento dos raios X. (FIG. 9):

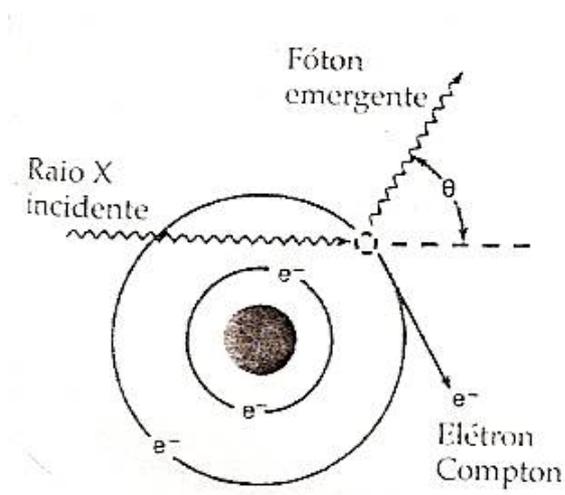


FIGURA 9 – Efeito *Compton*
 FONTE: GARCIA, 2002, p. 283.

A quantidade de energia que se perde para deslocar o elétron é pouca, pois como os elétrons estão mais fracamente ligados ao núcleo, se gasta menos energia para removê-los.

Dois fatores determinam a quantidade de energia que permanece no fóton emergente:

- a) a energia inicial do fóton incidente;
- b) o ângulo com que o fóton emergente se desvia da trajetória do fóton incidente (ângulo de desvio).

Quanto maior o ângulo de desvio, maior será a energia transferida para o elétron e, conseqüentemente, menos energético será o fóton emergente. (GARCIA, 2002, p. 283-284).

Se o ângulo de desvio for pequeno, compromete a qualidade da imagem da radiografia. Outra desvantagem desse efeito é que os fótons espalhados geralmente conseguem atravessar as blindagens usadas para proteger os operadores dos raios X, tornando-se perigosa para os mesmos.

6 EFEITOS DA RADIAÇÃO X

Logo após a descoberta dos raios X, já começaram a utilizá-lo na medicina.

A simplicidade da construção do aparelho de raios X fez com que ele chegasse à venda rapidamente e com baixo custo. Esse equipamento não era vendido apenas para profissionais, qualquer pessoa podia comprá-lo, virando assim, um brinquedo nas mãos das pessoas. (SERWAY; JEWETT, 2007).

Em 1896, foi notificado o primeiro efeito biológico dos raios X pelo médico *J. Daniels*: a queda de cabelo de um paciente que havia tirado uma radiografia do crânio. (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1986).

Logo após, o inventor *Thomas Edison* – proprietário de uma fábrica que produzia aparelhos de raios X – notificou os efeitos nocivos causados por essa radiação em *Clarence Dally*, um dos seus funcionários:

Eu comecei a fazer muitas destas lâmpadas, que emitem raios X, mas logo percebi que os raios X afetaram venenosamente o meu assistente, Sr. Dally, de tal forma que seu cabelo caiu e sua carne começou a ulcerar. Concluí, então que não daria certo, e que este tipo de luz (radiação) não seria muito popular, de modo que parei. (SERWAY; JEWETT, 2007, p. 51).

Mesmo assim *Dally* continuou a trabalhar com aparelhos que produziam raios X, vindo a falecer com 39 anos, depois de ter se submetido a várias cirurgias, pois suas úlceras tinham se transformado em câncer, levando-o a amputar membros superiores de seu corpo.

Por causa do entusiasmo desta descoberta e depois de vários casos parecidos com o de *Clarence Dally*, o físico norte-americano *Elihu Thompson* começou a estudar os raios X. *Thompson* colocou seu dedo a uma distância de 4 cm do tubo de raios X, durante um intervalo de 30 minutos. Após algumas semanas ele escreveu os efeitos observados:

Eu não proponho repetir o experimento [...] toda epiderme se desprende da parte posterior e das laterais do meu dedo, enquanto o tecido, mesmo debaixo da unha, encontra-se embranquecido e, provavelmente, morto, pronto para cair... O ferimento é muito peculiar, e eu nunca vi algo parecido. A ferida continuou a se desenvolver e espalhar sobre a superfície exposta por três semanas, e não tenho certeza de que a doença atingiu seu limite. (SERWAY; JEWETT, 2007, p.52).

Após a divulgação dos resultados relatados por *Thompson*, não só os benefícios, mas também os efeitos danosos dessa radiação têm interessado os cientistas.

Os raios X produzem danos aos tecidos de seres vivos. Os fótons dos raios X são absorvidos nos tecidos, suas energias quebram ligações moleculares e criam radicais livres altamente reativos (tais como H e OH neutros) que por sua vez podem perturbar a estrutura molecular das proteínas e especialmente o material genético. Células jovens e que crescem rapidamente são particularmente susceptíveis; portanto os raios X podem ser usados para a destruição seletiva de células cancerosas. Contudo, reciprocamente, uma célula sadia pode sofrer danos pela radiação, porém sobreviver, continuando a se dividir e produzindo células defeituosas; portanto os raios X podem produzir câncer. (YOUNG; FREEDMAN, 2004, p. 204).

Existem efeitos biológicos dos raios X que se manifestam a:

- a) curto prazo ou agudos - quando o indivíduo é exposto a altas doses dessa radiação em pouco tempo. Seus efeitos podem ser observados em algumas horas, dias ou semanas. O indivíduo pode ter náusea, perda de peso e de apetite, febre, hemorragias, queda de cabelo etc;
- b) longo prazo ou tardio – quando o indivíduo recebe pequenas doses dessa radiação em um longo período – como pessoas que trabalham com radiografias -. Esses efeitos se dividem em:
 - 1) efeitos genéticos – quando há comprometimento do patrimônio genético do indivíduo, ou seja, quando ocorrem mutações nas células reprodutoras afetando seus descendentes e não o indivíduo que foi exposto a essa radiação. Sendo assim, as células dos descendentes irão carregar esta mutação, passando para outras gerações;
 - 2) efeitos somáticos – quando não afeta os descendentes, apenas o indivíduo exposto à radiação x. (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1986).

No início, quando foram descobertos os raios X, os efeitos nocivos dessa radiação eram grandes por causa da precariedade dos aparelhos, pela falta de proteção adequada e pelo desconhecimento das doses de radiação que um corpo pode absorver. Hoje existem protetores – escudos de chumbo, filtros e construção de salas adequadamente projetadas para instalar os aparelhos de raios X – para pessoas que tiverem de ser expostas a essa radiação, além de programas de computador que localizam a região do tumor e definem a dosagem adequada de radiação a ser aplicada. (PENTEADO; TORRES, 2005).

Hoje, sabe-se que o número máximo de exposição aos raios X, para fins de obtenção, por exemplo, de radiografias do tórax, que uma pessoa pode ser exposta, sem causar danos a sua saúde, é da ordem de 5 a 30 milirems (1 rem é uma medida da unidade de energia de radiação ionizante que pode ser absorvida pelos seres humanos). A dose letal de exposição é de aproximadamente 500 rems. (SERWAY; JEWETT, 2007, p. 52).

7 APLICAÇÕES DOS RAIOS X

Após a descoberta dos raios X, cientistas descobriram que essa radiação poderia ter grandes aplicações práticas. Isso fez com que muitos pesquisadores estudassem a aplicação dessa radiação em diversos ramos da Ciência, trazendo assim, enormes progressos.

Atualmente, eles são usados não somente na medicina, mas, também em pesquisas científicas básicas (desenvolvimentos de novas teorias e de novos modelos para explicar os fenômenos da natureza) e aplicadas (desenvolvimentos de novos materiais e novas técnicas experimentais), na indústria e até na agricultura. (SERWAY; JEWETT, 2007, p. 52-53).

Esses estudos sobre aplicações dos raios X auxiliaram na descoberta de materiais que absorvem esta radiação – como o chumbo – e a espessura que este deve ter, garantindo assim a proteção de pessoas que trabalham com aparelhos de raios X.

Os raios X podem analisar desde folhas finas de vegetais até aços com espessuras de cerca de 25 cm. Através deles, observamos a qualidade das soldas, partes de navios, componentes de aviões, etc. (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1986).

Através da difração dos raios X, podemos analisar a estrutura cristalina dos sólidos, a estrutura dos líquidos e de moléculas orgânicas. A partir do auxílio dessa técnica, foi determinada a estrutura com hélice dupla do DNA.

O espectro de raios X nos permite identificar e caracterizar átomos de um material, além de auxiliar o monitoramento da poluição do ar e o estudo da abundância de diversos elementos nas rochas. (YONG; FREEDMAN, 2004).

Por serem capazes de penetrar diversos centímetros num sólido, por serem detectados na absorção ou espalhamento dos fótons na matéria, ou por quebrarem moléculas e ionizarem átomos, os raios X possuem inúmeras aplicações na:

- a) indústria - na produção de chapas de aço, usam-se os resultados da difração dos raios X para saber qual a quantidade de carbono que deve ser utilizado. Outra finalidade da difração dos raios X em chapas de aço é analisá-las para ver se têm algum defeito – surgimento de micro fraturas – evitando assim futuros acidentes, pois essas mesmas chapas de aço podem ser usadas nas asas de um avião.

Os raios X também são utilizados nos aeroportos, para observar o interior de bagagens dos passageiros; na indústria automobilística, para analisar o interior dos motores de carros, etc;

- b) agricultura – os raios X são usados para verificar se a planta sofreu alguma alteração por causa do uso de agrotóxicos e inseticidas; também são usados para observar os nutrientes da raiz até o fruto das plantas;
- c) medicina – os raios X usados em doses corretas ajudam a combater as células cancerosas; além de auxiliar tratamentos para a cura de câncer, temos as radiografias dos ossos, dentes, pulmões, etc. que médicos usam para fazer diagnóstico e assim saber qual o tratamento adequado para aquele paciente.

ANEXO II**PRÉ-TESTE****NOME:****SÉRIE:****TURMA:**

1) No tubo de um televisor em cores, os elétrons são acelerados a partir do repouso por uma diferença de potencial $U = 2,5 \times 10^4$ volts até atingir a tela. Dados: massa do elétron = $9,11 \times 10^{-31}$ kg, carga elementar = $1,6 \times 10^{-19}$ C. O valor da energia cinética ganha pelo elétron até atingir a tela e a velocidade do elétron ao atingir a tela respectivamente valem:

- a) $4,0 \times 10^{-15}$ J e 9×10^7 m/s.
- b) 4×10^{15} J e 9×10^7 m/s
- c) 9×10^7 J e $4,0 \times 10^{-15}$ m/s
- d) 9×10^{-7} J e 4×10^{15} m/s

2) Um feixe de luz incide em uma lâmina de metal, provocando a emissão de alguns elétrons. A respeito desse fenômeno, denominado de efeito fotoelétrico, é correto afirmar que:

- a) qualquer que seja a frequência da luz incidente, é possível que sejam arrancados elétrons do metal.
- b) quaisquer que sejam a frequência e a intensidade da luz, os elétrons são emitidos com a mesma energia cinética.
- c) quanto maior a intensidade da luz de uma determinada frequência incidindo sobre o metal, maiores são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- d) quanto maior a frequência da luz de uma determinada intensidade incidindo sobre o metal, maiores são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- e) quanto maior a frequência da luz de uma determinada intensidade incidindo sobre o metal, mais elétrons abandonam o metal.

3) Em um tipo de tubo de raios X, elétrons acelerados por uma diferença de potencial de $U = 2 \times 10^4$ V atingem um alvo de metal, onde são violentamente

desacelerados. Ao atingir o metal, toda a energia cinética dos elétrons é transformada em raios X. O menor comprimento de onda possível para raios X produzidos por esse tubo será:

- a) $6,2 \times 10^{11}$ m
- b) $6,2 \times 10^{-11}$ m
- c) $5,2 \times 10^{11}$ m
- d) $5,2 \times 10^{-11}$ m

4) Considere as seguintes afirmações sobre o efeito fotoelétrico:

- I. O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por uma superfície metálica atingida por radiação eletromagnética.
- II. O efeito fotoelétrico pode ser explicado satisfatoriamente com a adoção de um modelo corpuscular para a luz
- III. Uma superfície metálica fotossensível somente emite fotoelétrons quando a frequência da luz incidente nessa superfície excede um certo valor mínimo, que depende do metal.

Quais estão corretas?

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas I e II.
- d) apenas I e III.
- e) I, II e III.

5) Certamente, você já observou que, em uma radiografia, os ossos aparecem claros, sobre um fundo escuro. Então em uma chapa de radiografia, a quantidade de raios X que incidiu nas regiões claras é maior do que a quantidade que incidiu sobre as regiões escuras.

A afirmativa acima é:

- a) verdadeira
- b) falsa

6) A velocidade da luz no vácuo é:

- a) infinita
- b) 3×10^2 m/s

- c) 3×10^5 m/s
- d) 3×10^8 m/s
- e) 3×10^{10} m/s

7) Em qual das alternativas abaixo as radiações eletromagnéticas mencionadas encontram-se em ordem crescente de suas frequências?

- a) luz visível, raios X e infravermelho
- b) raios X, infravermelho e ondas de rádio
- c) raios γ , luz visível e microondas
- d) raios γ , microondas e raios X
- e) ondas de rádio, luz visível e raios X.

8) Dois homens conversam através de uma espessa parede de 3 m de altura, interposta entre eles. Esse fato pode ser mais bem explicado pelo fenômeno de:

- a) difração
- b) refração
- c) absorção
- d) reflexão
- e) reflexão total

9) Entre as dimensões citadas nas alternativas abaixo, para a abertura de uma fenda simples, a mais adequada para produzir difração da luz é:

- a) 10^5 m
- b) 10 cm
- c) 1 cm
- d) 10^{-7} cm

10) O fenômeno da difração de uma onda está envolvido nos seguintes fenômenos, exceto:

- a) possibilidade de se ouvir, do interior de uma sala de um prédio, o ruído de uma batida de carro que ocorra na rua
- b) propagação de uma onda hertziana (de rádio) de uma cidade a outra
- c) a luz branca decompõe-se ao atravessar um prisma

d) a onda, na superfície da água, contorna obstáculos de tamanhos próximos ao comprimento de onda considerada

e) a estrutura cristalina de um sólido é estudada utilizando-se raios X.

PÓS TESTE

NOME:
SÉRIE:
TURMA:

1) No tubo de um televisor em cores, os elétrons são acelerados a partir do repouso por uma diferença de potencial $U = 2,5 \times 10^4$ volts até atingir a tela. Dados: massa do elétron = $9,11 \times 10^{-31}$ kg, carga elementar = $1,6 \times 10^{-19}$ C. O valor da energia cinética ganha pelo elétron até atingir a tela e a velocidade do elétron ao atingir a tela respectivamente valem:

- a) $4,0 \times 10^{-15}$ J e 9×10^7 m/s.
- b) 4×10^{15} J e 9×10^7 m/s
- c) 9×10^7 J e $4,0 \times 10^{-15}$ m/s
- d) 9×10^{-7} J e 4×10^{15} m/s

2) Um feixe de luz incide em uma lâmina de metal, provocando a emissão de alguns elétrons. A respeito desse fenômeno, denominado de efeito fotoelétrico, é correto afirmar que:

- a) qualquer que seja a frequência da luz incidente, é possível que sejam arrancados elétrons do metal.
- b) quaisquer que sejam a frequência e a intensidade da luz, os elétrons são emitidos com a mesma energia cinética.
- c) quanto maior a intensidade da luz de uma determinada frequência incidindo sobre o metal, maiores são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- d) quanto maior a frequência da luz de uma determinada intensidade incidindo sobre o metal, maiores são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- e) quanto maior a frequência da luz de uma determinada intensidade incidindo sobre o metal, mais elétrons abandonam o metal.

3) Em um tipo de tubo de raios X, elétrons acelerados por uma diferença de potencial de $U = 2 \times 10^4$ V atingem um alvo de metal, onde são violentamente desacelerados. Ao atingir o metal, toda a energia cinética dos elétrons é transformada em raios X. O menor comprimento de onda possível para raios X produzidos por esse tubo será:

- a) $6,2 \times 10^{11}$ m

- b)** $6,2 \times 10^{-11} \text{ m}$
- c)** $5,2 \times 10^{-11} \text{ m}$
- d)** $5,2 \times 10^{-11} \text{ m}$

4) Considere as seguintes afirmações sobre o efeito fotoelétrico:

I. O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por uma superfície metálica atingida por radiação eletromagnética.

II. O efeito fotoelétrico pode ser explicado satisfatoriamente com a adoção de um modelo corpuscular para a luz

III. Uma superfície metálica fotossensível somente emite fotoelétrons quando a frequência da luz incidente nessa superfície excede um certo valor mínimo, que depende do metal.

Quais estão corretas?

- a)** apenas I.
- b)** apenas II.
- c)** apenas I e II.
- d)** apenas I e III.
- e)** I, II e III.

5) Certamente, você já observou que, em uma radiografia, os ossos aparecem claros, sobre um fundo escuro. Então em uma chapa de radiografia, a quantidade de raios X que incidiu nas regiões claras é maior do que a quantidade que incidiu sobre as regiões escuras.

A afirmativa acima é:

- a)** verdadeira
- b)** falsa

6) A velocidade da luz no vácuo é:

- a)** infinita
- b)** $3 \times 10^2 \text{ m/s}$
- c)** $3 \times 10^5 \text{ m/s}$
- d)** $3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- e)** $3 \times 10^{10} \text{ m/s}$

7) Em qual das alternativas abaixo as radiações eletromagnéticas mencionadas encontram-se em ordem crescente de suas frequências?

- a) luz visível, raios X e infravermelho
- b) raios X, infravermelho e ondas de rádio
- c) raios γ , luz visível e microondas
- d) raios γ , microondas e raios X
- e) ondas de rádio, luz visível e raios X.

8) Dois homens conversam através de uma espessa parede de 3 m de altura, interposta entre eles. Esse fato pode ser mais bem explicado pelo fenômeno de:

- a) difração
- b) refração
- c) absorção
- d) reflexão
- e) reflexão total

9) Entre as dimensões citadas nas alternativas abaixo, para a abertura de uma fenda simples, a mais adequada para produzir difração da luz é:

- a) 10^5 m
- b) 10 cm
- c) 1 cm
- d) 10^{-7} cm

10) O fenômeno da difração de uma onda está envolvido nos seguintes fenômenos, exceto:

- a) possibilidade de se ouvir, do interior de uma sala de um prédio, o ruído de uma batida de carro que ocorra na rua
- b) propagação de uma onda hertziana (de rádio) de uma cidade a outra
- c) a luz branca decompõe-se ao atravessar um prisma
- d) a onda, na superfície da água, contorna obstáculos de tamanhos próximos ao comprimento de onda considerada
- e) a estrutura cristalina de um sólido é estudada utilizando-se raios X.

11) Você achou as aulas interessantes?

- a) sim
- b) não

12) Você considera que sua aprendizagem é melhor com aulas tradicionais?

- a) sim
- b) não

13) Qual tópico você gostou mais de estudar?

- a) a história da descoberta dos raios X e suas características
- b) a produção dos raios X e da imagem
- c) os efeitos dos raios X e sua utilização.

ANEXO III



Prezado Responsável,

Venho por meio desta solicitar autorização para que seu (sua) filho(a) participe da pesquisa "Ensinando Física Moderna através do estudo dos raios X" que será realizada na Escola Estadual Jalcira Santos Valadão no período de Setembro do corrente ano.

Trata-se de uma pesquisa destinada à conclusão do curso de especialização, *Ensino de Ciências por Investigação ENCI – FAE – Faculdade de Educação da UFMG*.

O objetivo é me especializar, como uma oportunidade única de colocar em prática o conhecimento construído ao longo do curso e dele poder usufruir no sentido e melhor desenvolver minhas atividades como professor(a) (*Educador*) em benefício de nossos alunos.

O projeto de pesquisa consiste em aulas didáticas com conteúdo de Física voltado para o CST (Ciência, Tecnologia e Sociedade).

Na certeza de contar com o apoio solicitado, coloco-me à disposição para maiores esclarecimentos.

Cordialmente,

Josiane Keila Alves

Nome

Professora

Função na Escola

Formiga, 27 de agosto de 2010.

Local e Data



AUTORIZAÇÃO

Eu _____,
CI _____, residente _____,
autorizo meu(minha) filho(a) _____,
de ____ anos, a participar da pesquisa intitulada _____
_____ a ser realizada no
período de _____ no(a) _____.
Ao mesmo tempo em que me responsabilizo por todas as informações aqui
prestadas, estando com isso ciente da metodologia utilizada na pesquisa,
programação da atividade e objetivos a que ela se destina.

_____ (MG), _____ de _____ de 2.0____

Assinatura do Pai ou Responsável.