

## **SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO INSTRUMENTO PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO EFEITO FOTOELÉTRICO.**

**SÉRGIO ROBERTO MANTOVANI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Maria Osorio Araya

Presidente Prudente  
2015

# **SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO INSTRUMENTO PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO EFEITO FOTOELÉTRICO.**

**SÉRGIO ROBERTO MANTOVANI**

**Orientadora**  
**Profª Drª Ana Maria Osorio Araya**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, no Programa Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Dr. João Ricardo Neves da Silva

---

Dr. Deuber Lincon da Silva Agostini

---

Dr. Celso Xavier Cardoso

Presidente Prudente  
2015

## FICHA CATALOGRÁFICA

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| M251s | <p>Mantovani, Sergio Roberto</p> <p>Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico / Sergio Roberto Mantovani. – Presidente Prudente: [s.n.], 2015</p> <p>xi, 49 f. : il.</p> <p>Orientadora: Ana Maria Osorio Araya</p> <p>Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia</p> <p>Inclui bibliografia</p> <p>1. Ensino de física. 2. Aprendizagem significativa. 3. Metodologia de ensino. 4. Sequência didática. 5. Mapa Conceitual. I. Araya, Ana Maria Osorio. II. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico.</p> |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

*Dedico esta dissertação às duas mulheres que  
são o sentido do meu viver: minha esposa  
Simone e minha filha Milena.*

## **Agradecimentos**

Primeiramente a Deus, o doador da vida, que me capacitou e me permitiu chegar até aqui.

Aos meus pais Sérgio e Cida por tudo que fizeram por mim.

Aos Drs. João Ricardo Neves da Silva, Moacir Pereira Souza Filho pelas importantes considerações e contribuições a este trabalho.

Aos meus familiares que me apoiaram e souberam compreender os momentos em que os privei de minha agradável presença.

Agradeço aos professores do programa que, através de suas disciplinas, vieram a contribuir de maneira muito significativa com minha formação e com este trabalho.

Aos colegas da primeira turma do MNPF do Polo de Presidente Prudente, pelos embates, compartilhamento de experiências e apoio nos momentos de dificuldade.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida, sem o qual seria muito difícil concretizar este sonho.

À Equipe de Gestão da EE Engº Isac Pereira Garcez, na figura da diretora Profª. Neuza Balbino.

Aos meus alunos que participaram como “cobaias” deste trabalho.

Aos companheiros do NEF por tantos anos de caminhada e troca de experiências.

Em especial à minha orientadora Dra. Ana Maria Osorio Araya, pela orientação, incentivo, apoio e acompanhamento em todos esses anos de caminhada.

## **RESUMO**

### **SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO INSTRUMENTO PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO EFEITO FOTOELÉTRICO.**

**Sergio Roberto Mantovani**

**Orientadora: Ana Maria Osorio Araya**

**Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.**

Nesta pesquisa de abordagem qualitativa, buscou-se construir uma Sequência Didática (SD) que contemplasse um tema da Física Moderna e Contemporânea (FMC) na perspectiva de uma aprendizagem significativa e contextualizada. O assunto trabalhado foi o Efeito Fotoelétrico e teve como fonte problematizadora o projeto de instalação de quatro usinas fotovoltaicas na cidade de Dracena, cidade onde foi realizada a pesquisa. A sequência didática foi preparada com base na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e de Joseph Novak. A pesquisa foi realizada com um grupo de 37 alunos da terceira série do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual de São Paulo, localizada na cidade de Dracena. No desenvolvimento da SD foram utilizadas diferentes metodologias e ferramentas, como a interpretação de texto jornalístico, uso de vídeos e simulações computacionais e manuseio de dispositivos fotovoltaicos. Através de análise de questionários foi possível verificar que os alunos adquiriram novos conhecimentos, que servirão como conhecimentos prévios para continuar a aprendizagem sobre a produção de energia elétrica a partir da energia solar. Observou-se que os alunos reconheceram a importância social e ambiental das usinas fotovoltaicas, considerando-a como fonte de energia limpa e renovável que trará inúmeros benefícios à comunidade local. Foi possível inferir que o trabalho com TIC é o preferido pelos alunos.

**Palavras chaves:** Física Moderna e Contemporânea, Aprendizagem Significativa, Usina Fotovoltaica, Efeito Fotoelétrico.

## **ABSTRACT**

### **DIDACTIC SEQUENCE AS AN INSTRUMENT FOR MEANINGFUL LEARNING OF PHOTOELECTRIC EFFECT**

**Sergio Roberto Mantovani**

**Supervisor: Ana Maria Osorio Araya**

**Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.**

In this qualitative research, we sought to build a Teaching Sequence (SD) contemplating a theme of Modern and Contemporary Physics (FMC) in view of a meaningful and contextualized learning. The subject worked was the Photoelectric Effect and had as problem-source, design installation of four photovoltaic factories in the Dracena city, where the research took place. The didactic sequence has been prepared based on Meaningful Learning Theory of David Ausubel and Joseph Novak. The survey was developed with a group of 37 third graders of high school from a public school of the state of São Paulo, located in Dracena city. The SD of development have used different methodologies and tools such as the interpretation of journalistic text, using videos and computer simulations and handling of photovoltaic devices. Through questionnaires, analysis was possible to verify that students have acquired new knowledge that will serve as prior knowledge to continue learning about the production of electricity from solar energy. It was observed that the students recognized the social and environmental importance of photovoltaic power factory, considering it as clean and renewable energy source that will bring numerous benefits to the local community. It was possible to infer that students prefer the work with ICT.

**Keywords:** Modern and Contemporary Physics, Meaningful Learning, Photovoltaic power plant, Photoelectric Effect.

## SUMÁRIO

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                    | <b>1</b>  |
| <b>1. O ESTADO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO .....</b> | <b>5</b>  |
| 1.1. A Física Moderna no Ensino Médio .....                | 5         |
| 1.2. As Pesquisas .....                                    | 6         |
| <b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                        | <b>11</b> |
| 2.1. Aprendizagem Significativa .....                      | 11        |
| 2.2. A Teoria educacional de Novak.....                    | 13        |
| 2.3 Sequências Didáticas.....                              | 17        |
| <b>3. EFEITO FOTOELÉTRICO .....</b>                        | <b>18</b> |
| <b>4. METODOLOGIA .....</b>                                | <b>21</b> |
| 4.1. Local e participantes da pesquisa.....                | 21        |
| 4.2. Sequência Didática.....                               | 21        |
| <b>5.RESULTADOS .....</b>                                  | <b>27</b> |
| 5.1. Resultados da aplicação da SD em sala de aula.....    | 27        |
| <b>CONCLUSÃO .....</b>                                     | <b>35</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                   | <b>36</b> |
| <b>APÊNDICE A.....</b>                                     | <b>38</b> |
| <b>APÊNDICE B.....</b>                                     | <b>41</b> |
| <b>APÊNDICE C.....</b>                                     | <b>43</b> |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1-</b> Etapas do desenvolvimento da sequência didática.....                                                                                                                            | 22 |
| <b>Tabela 2:</b> Como funciona uma usina fotovoltaica? .....                                                                                                                                     | 29 |
| <b>Tabela 3:</b> Qual a importância da instalação de usinas como essa (fotovoltaicas) para<br>Dracena e para o Brasil? Leve em consideração os aspectos econômicos, sociais e<br>ambientais..... | 30 |
| <b>Tabela 4:</b> O que é o efeito fotoelétrico? .....                                                                                                                                            | 32 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1-</b> Aparelho básico para o estudo do efeito fotoelétrico.....                                      | 18 |
| <b>Figura 2-</b> Interface do software de simulação do Efeito fotoelétrico.....                                 | 25 |
| <b>Figura 3-</b> Gráfico das preferências dos alunos pelas atividades desenvolvidas na Sequência Didática ..... | 33 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**EE** – Escola Estadual

**FC** – Física Clássica

**FMC** – Física Moderna e Contemporânea

**NEF** – Núcleo de Ensino de Física

**SD** – Sequência Didática

**TIC** – Tecnologia da Informação e Comunicação

**UNESP** – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

## **INTRODUÇÃO**

Para melhor entender a importância pessoal e profissional desta pesquisa é necessário fazer uma cronologia de fatos que culminaram neste trabalho, por isso a introdução é formada de três itens: apresentação, justificativa e objetivos.

### **Apresentação**

Como professor de Física nesta região do estado de São Paulo, especificamente Dracena, sempre tive a necessidade estudar e me atualizar nos temas que fazem parte dos currículos de Física para o Ensino Médio, por esta razão em 1999 participei de um curso de especialização em ensino de física na Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, campus de Presidente Prudente.

Este primeiro contato com a Universidade me permitiu conhecer e participar, a partir de 2002, de um grupo de estudos que tinha como objetivo estudar os temas da Física Moderna e Contemporânea. Este grupo formado por professores da rede pública e alunos do curso de licenciatura em Matemática da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente se reunia mensalmente nas instalações dessa faculdade sob a orientação da Professora Dr<sup>a</sup> Ana Maria Osorio Araya para discutir a implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) nas escolas públicas da região de Presidente Prudente.

O objetivo do grupo era o de estudar os conceitos de FMC e elaborar estratégias para implementá-los de forma acessível aos alunos das escolas públicas que não dominam o instrumental matemático necessários a esses conceitos. Dentre as primeiras demandas, surgiu a dúvida do ponto de partida dos estudos: da impossibilidade da Física Clássica explicar determinados fenômenos ou se partiríamos de algum conceito que permeasse as duas Físicas. Optamos pela segunda alternativa e decidimos que o espectro eletromagnético seria o assunto que nos levaria a passar da Física Clássica para a Física Moderna e Contemporânea. Tal empreitada culminou no ano de 2005 com o lançamento de um livro intitulado “O Espectro Eletromagnético”.

Após a elaboração do livro, focamos nossa atenção no estudo de temas da FMC, nesse processo alguns professores da rede pública abandonaram o projeto, outros continuaram. Com a abertura do curso de Licenciatura de Física, em 2002, novos alunos

passaram a integrar o grupo chamando a atenção da comunidade acadêmica local, o grupo passou a integrar o recém-criado Núcleo de Ensino de Física (NEF) no ano 2005.

O grupo, além de estudar conceitos de FMC passou também a trabalhar com artigos de ensino que tratavam de proposta de inserção desta modalidade da Física no ensino médio. Como fruto deste processo, professores e vários alunos que participaram do grupo entraram em programas de pós-graduação de Mestrado e Doutorado, pesquisando temas abordados no grupo e tendo inclusive o grupo como objeto de pesquisa, incluindo este trabalho.

No ano de 2008, a Secretaria Estadual da Educação do Estado de São Paulo implementou o Currículo de Física que apresentava alguns conceitos de FMC na sua grade, principalmente na 3ª série do ensino médio. Em face das dificuldades desse novo enfoque, no ano de 2010, o grupo numa parceria com a Diretoria de Ensino de Presidente Prudente, ofereceu minicursos de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea e de Astrofísica aos professores de Física da rede estadual desta diretoria.

O curso nos permitiu compartilhar o que já havíamos estudado e pesquisado e trocar experiências com esses professores. Constatamos que as dificuldades eram as mesmas que compartilhávamos no início de nossa caminhada e o quanto o grupo avançou nela, nos possibilitou um olhar mais crítico sobre o Currículo.

### **Justificativa**

O Currículo de Física do Estado de São Paulo aponta a necessidade do ensino de FMC para atender aos anseios dos alunos que, desde a mais tenra idade, fazem uso as novas tecnologias, e precisam exercer plenamente sua cidadania.

Os currículos e programas de Física destinados ao Ensino Médio, tradicionalmente, têm seguido uma estrutura conceitual linear e hierárquica, sem transpor as fronteiras das teorias clássicas produzidas até o século XIX, insuficientes assim para contemplar os desafios da sociedade moderna, por exemplo, para a compreensão dos recursos tecnológicos envolvidos na produção de energia e alimentos, na preservação do meio ambiente, nos diagnósticos de saúde e em incontáveis equipamentos de informação e lazer. (SÃO PAULO, 2102, p-96).

Além dos motivos apontados na justificativa para implementação dos tópicos de FMC no ensino médio, compreendemos ser muito relevantes os aspectos culturais e históricos envolvidos no desenvolvimento desse campo de estudo.

Embora o Currículo enfatize essa necessidade, o que vem sendo implementado não contempla as demandas desse novo aluno. Assuntos como o Big Bang, que deveriam ser tratados no último semestre da 1ª série do ensino médio simplesmente não aparece nos Cadernos do Aluno e do Professor e, sem a intervenção do professor, não seriam abordados.

Apesar da qualidade do conteúdo dos Cadernos do Aluno e do Professor, a forma como vem sendo cobrado, implícita e até mesmo explicitamente, o seu uso integral, pode inibir a iniciativa do professor na adequação dos conteúdos e das formas de trabalhá-los, que levem em conta a realidade e as peculiaridades de sua cidade, de sua escola, de suas turmas.

Neste contexto nos propomos a trabalhar os temas de Física associado ao funcionamento de uma usina fotovoltaica, ou seja, o Efeito fotoelétrico, construindo uma sequência didática que possibilite uma aprendizagem significativa do fenômeno, utilizando para tal diferenciadas técnicas como simulações computacionais, experimentos, vídeos, pesquisas, entre outras.

A escolha do tema se deve, em primeiro lugar, ao fato de estar relacionado com nosso cotidiano: alguns tipos de portas que se abrem e fecham sozinhas, lâmpadas que se acendem e apagam conforme a luminosidade local, calculadoras solares, entre outras, e de muitas tecnologias que nem percebemos e nem questionamos a ciência por trás delas. O tema é de conhecimento dos alunos, não o efeito fotoelétrico em si, mas sua aplicação em usinas fotovoltaicas.

Em segundo lugar, a escolha do tema está associada a Albert Einstein (1879–1955), figura emblemática e, o mais conhecido físico da história, que quando ainda era apenas funcionário de um escritório de patentes na Suíça, em 1905, publicou um conjunto de cinco artigos que revolucionaram a Física, ficando esse conhecido como ano miraculoso. Dentre estes artigos estava a Teoria da Relatividade Restrita e a explicação para o Efeito fotoelétrico. Apesar de ser lembrado pela Teoria da Relatividade, muitos não sabem que, foi devido a explicação do Efeito fotoelétrico que Einstein foi laureado com o Prêmio Nobel da Física de 1921.

## Objetivos

Frente aos desafios do ensino de temas da FMC surge a pergunta principal e que norteia nosso trabalho: ***É possível construir uma Sequência Didática (SD) que contemple um tema da Física Moderna e Contemporânea (FMC) que propicie uma aprendizagem significativa e permita aos alunos fazer juízo de sua implicação social?*** Assim nosso objetivo principal é:

- Construir uma SD sobre o *efeito fotoelétrico* utilizando ferramentas que proporcionem uma aprendizagem significativa e contextualizada para o aluno.

Como objetivos específicos temos:

- Contribuir com o ensino de temas da FMC em sala de aula;
- Ensinar os alunos a trabalhar com simulações;
- Construir um site com todas as informações sobre o ensino do tema *efeito fotoelétrico* e os resultados deste trabalho visando compartilhar a experiência com o maior número de professores possível.

Após definir os objetivos apresentaremos o trabalho realizado na forma de capítulos. Trataremos no capítulo I o estado atual do ensino de FMC. No capítulo II será apresentado o Efeito fotoelétrico e seus aspectos históricos. No capítulo III serão apresentados os referenciais que balizam a pesquisa e a metodologia de trabalho, focando na aprendizagem significativa e a importância das SD. O capítulo IV apresentará a Metodologia para constituição de dados que confirmam nosso objetivo deixando o capítulo V para apresentar os resultados e finalizando com o capítulo VI onde serão apresentadas as conclusões.

## **I- O ESTADO ATUAL DO ENSINO DA FÍSICA MODERNA**

### **1.1. A Física Moderna no Ensino Médio**

A ampla divulgação na mídia das mais novas descobertas científicas nos campos da medicina, cosmologia e engenharia, a popularização de aparelhos como computadores, celulares, players digitais e o sucesso de filmes de ficção científica e de catástrofes com apelos ambientalistas, têm chamado a atenção dos jovens para a ciência e seus temas.

Tais assuntos são pouco abordados nas salas de aula. Na maioria dos casos, os alunos trazem revistas ou jornais com reportagens de cunho científico ou comentam em “rodinhas de conversa” as novidades vistas em telejornais e documentários, onde temas como raio laser, buracos negros, antimatéria, aquecimento global estão presentes.

Por serem atuais e fazerem parte do dia a dia, estes temas despertam a curiosidade dos alunos e perde-se aí a oportunidade de apresentar os conceitos, aprofundá-los e proporcionar o entendimento dos princípios físicos por trás destes fenômenos.

Terrazzan (1992) já apontava que os conteúdos da FMC tinham influência crescente para o entendimento do mundo moderno e do pleno exercício da cidadania e, por isso, deveriam ser abordados no ensino médio.

Valadares e Moreira (1998) em sua pesquisa também destacam a necessidade de ligação entre a Física Moderna e o cotidiano do aluno:

É imprescindível que o estudante do segundo grau conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional. Daí a importância de se introduzir conceitos básicos de Física Moderna e, em especial, de se fazer uma ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano. (VALADARES E MOREIRA, 1998, p.121)

O cotidiano vivenciado pelos alunos assume papel fundamental na definição das estratégias de abordagem dos conteúdos previamente definidos como relevantes. Não se restringe apenas ao sistema produtivo e à realidade geral em que vivemos, mas deve ser tratado como forma de satisfação da curiosidade inerente do ser humano em busca do

conhecimento e de preparação do cidadão para uma plena participação na sociedade (TERRAZZAN, 1992, p. 213).

Pinto e Zanetic (1999) em seu trabalho apontaram que, apesar da proximidade do século XXI, a física desenvolvida no século XX estava longe de comparecer às aulas de nossas escolas e que se fazia necessária uma transformação no ensino até então oferecidos nelas. Um ensino que contemplasse o desenvolvimento da FMC, não só como mera satisfação de uma curiosidade, mas como uma Física que explicaria fenômenos que a Física Clássica não explica.

O que se tem percebido é uma lacuna que separa a Física ensinada nas escolas e a Física presente no dia a dia do aluno. Para Oliveira et al (2007) este é um dos fatores que provocam o desinteresse nos alunos:

A lacuna provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a física desempenha no mundo em que vive. (OLIVEIRA et al, 2007, p. 448).

Terrazzan (1992) apontava que os currículos de Física no Brasil para o Ensino Médio eram muito pobres e semelhantes, apresentando basicamente a mesma divisão e sequência de temas como: Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo e que, apesar de ser uma das possíveis divisões, não há justificativas explícitas para tal, pois segue a sequência ditada pelos manuais estrangeiros de ensino de física do século XIX, sem falar que esta divisão também está presente nos currículos do ensino superior

A Física no Ensino Médio pode ser considerada o último contato dos alunos com a ciência, tanto para os que terminam seus estudos nesse nível como para os que se enveredam no ensino superior em cursos onde não haverá ênfase numa formação científica nestes moldes (TERRAZZAN, 1992).

Assim, este trabalho busca propiciar a esses alunos a oportunidade de conhecer os princípios da FMC envolvidos no funcionamento de uma usina fotovoltaica, bem como os aspectos que levaram à escolha da cidade de Dracena para a implantação desse tipo de usina geradora de energia elétrica.

## 1.2. As Pesquisas

Visando a inserção da FMC nos currículos de Física para o ensino médio, algumas pesquisas apresentam contribuições significativas para a melhoria na qualidade do ensino, tornando-o mais atrativo, eficiente e contextualizado.

Embasados em uma revisão bibliográfica sobre este tema, Ostermann e Moreira (2000a) destacam algumas razões para atualização dos currículos, visando a inclusão de temas de FMC, entre elas:

- “Despertar a curiosidade dos alunos e ajudá-los a reconhecer a física como um empreendimento humano;
- Os estudantes não têm contato com o excitante mundo da física atual, pois a física que veem não passa de 1900;
- É necessário motivar os jovens para a carreira científica. São eles os futuros professores e pesquisadores de Física. A Física Moderna e Contemporânea é a que mais pode influenciar os estudantes a elegerem a Física como carreira profissional;” (Adaptação – OSTERMAN E MOREIRA, 2000a).

O histórico do descobrimento do Efeito fotoelétrico até sua explicação apresenta grande potencialidade para mostrar que física é uma construção humana, pois mostra a contribuição de vários cientistas que, de forma direta ou indireta, por meio de experimentação e construções teóricas, possibilitaram a Einstein explicação desse fenômeno.

Quanto à segunda razão, é nítido em sala de aula, a desmotivação dos alunos em alguns temas da Física, como a Cinemática por exemplo, onde a análise e classificação de tipos de movimentos estão dissociadas das situações vivenciadas pelos alunos, uma vez que em sua maioria são idealizados. Uma física que explique os fenômenos do mundo atual e situações relacionadas ao contexto local do aluno pode vir a ser mais atrativa para esses alunos.

Ao explorar a implantação das usinas fotovoltaicas em Dracena, no aspecto da geração de empregos, principalmente envolvendo mão de obra altamente especializada, pode-se despertar nos alunos o desejo de fazer cursos técnico ou superior na área tecnológica, indo de encontro com a terceira razão apontada pelos autores.

Além desses e de outros argumentos apresentados na pesquisa, esses autores constataram que havia pouca menção a como deveria ser o enfoque dos temas e como começar a tratar dos temas da FMC no ensino médio. Dentre estes, apontam três vertentes significativas:

I- A partir da exploração dos limites dos modelos clássicos;

II- A não utilização de referências aos modelos clássicos;

III- A eleição de tópicos essenciais da FMC.

A primeira vertente explora os limites da Física Clássica (FC) para inserção da FMC. Quando o conjunto de modelos e teorias da FC é incapaz de explicar algum fenômeno, pode se inserir a FMC para explicá-lo.

A segunda vertente mostra a possibilidade de se ensinar FMC sem se ater às limitações da FC. Por último, a terceira vertente implica na escolha de tópicos da FMC para serem abordados no Ensino Médio de preferência em forma contextualizada.

Ainda em sua pesquisa, Osterman e Moreira concluem que:

Parece que há muitas justificativas em favor da atualização curricular e até uma bibliografia que apresenta (não tão aridamente como a literatura especializada) temas modernos. Entretanto, colocar todas estas reflexões na prática da sala de aula é ainda um desafio. Outra questão desafiadora é a escolha de quais tópicos de FMC deveriam ser ensinados nas escolas [...] (OSTERMANN E MOREIRA, 2000).

Realizando uma pesquisa sobre trabalhos realizados para a inclusão da FMC nos currículos e o ensino dos temas, Pereira e Osterman (2009) classificaram os trabalhos analisados em quatro grupos:

*1) Propostas didáticas testadas em sala de aula;*

*2) Levantamento de concepções;*

*3) Bibliografia de consulta para professores;*

*4) Análise curricular.*

Este trabalho pode-se enquadrar na primeira categoria, ou seja, apresenta-se uma estratégia didática que auxilia o professor no seu trabalho e possibilita o

entendimento de conceitos, com um enfoque diferenciado, o uso de tecnologias da informação e comunicação (TIC) e inovações didáticas.

O segundo grupo está relacionado com os trabalhos que pesquisam o conhecimento prévio de alunos e professores sobre (FMC), entre os quais estão os levantamentos de modelos mentais, modos de raciocínio, perfis conceituais e concepções errôneas de FMC.

O terceiro grupo se refere a pesquisas sobre que materiais os professores de ensino médio e superior consultam e utilizam em suas aulas, entre eles, livros didáticos, artigos de divulgação científica e materiais de apoio e, no quarto grupo, temos trabalhos de análise de currículos de física de vários países e de livros didáticos.

Tendo em vista que não há a necessidade de uma compreensão total da Física Clássica para que seja introduzida a Mecânica Quântica, o trabalho tem como desafio construir uma sequência didática que possibilite aos alunos a compreensão do funcionamento de uma usina fotovoltaica, do papel da mesma na sociedade local onde será implantada e a aprendizagem significativa do Efeito fotoelétrico.

Caso, após investigação inicial, se verifique que os alunos não possuem conhecimentos prévios sobre este assunto, faz-se necessário, antes de se iniciar a aplicação da sequência didática, de acordo com Ausubel (apud Moreira, 1997), lançar mão de organizadores prévios, ou seja, novas estruturas de significados, no caso a “quantização” e a partir daí introduzir a equação de Planck e Átomo de Hidrogênio de Bohr de forma que “ancorem” nessa estrutura e desenvolvam um conceito subsunçor que permita a aprendizagem significativa do Efeito fotoelétrico.

Antes de realizar uma apresentação do referencial que baliza nossa pesquisa é necessário explicar que temos a nosso favor uma situação inédita em nossa cidade, a construção de quatro usinas fotovoltaicas.

O panorama em algumas regiões do país pode ser observado nas notícias que alertam sobre a falta de água potável devido a diversos fatores como chuvas escassas, falta de planejamento, problemas ambientais, etc. Mas, além da falta de água nas torneiras, outro aspecto importante desta crise é a geração de energia elétrica, uma vez que a diminuição do nível de água nos reservatórios pode provocar o desligamento das turbinas de algumas usinas, levando assim ao acionamento de usinas termoeletricas, que necessitam de combustíveis como o gás natural que é um combustível fóssil formado

quando animais e vegetais são soterrados. Além de aumentar o custo da produção da energia elétrica, este combustível polui o meio ambiente.

Tal cenário mostra a necessidade de diversificação de nossa matriz energética. Algumas iniciativas, como por exemplo, a construção de usinas eólicas e fotovoltaicas no país caminham nessa direção.

Em termos educacionais, o tema tornou-se potencialmente significativo em nossa região quando, no decorrer do ano de 2014, anunciou-se a construção de quatro usinas fotovoltaicas na cidade de Dracena, com capacidade de abastecer 65 mil domicílios. A notícia causou um furor na cidade, face às perspectivas de desenvolvimento regional e despertou a curiosidade em relação ao funcionamento das mesmas. Este último aspecto é um excelente ponto de partida para ensinar a física envolvida nessa forma de produção de energia elétrica, o Efeito fotoelétrico.

## II-REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Aprendizagem Significativa

Segundo Moreira (2012), a aprendizagem significativa ocorre quando idéias expressas de maneira simbólica interagem de maneira substantiva (não-litera) e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Tal interação não ocorre com qualquer ideia prévia, mas com algum conhecimento relevante já existente na estrutura cognitiva desse aprendiz.

Tal conhecimento relevante, que pode ser um símbolo, um conceito, um modelo mental ou até mesmo uma imagem é de suma importância no processo ensino-aprendizagem, sendo denominado por David Ausubel de subsunçor ou ideia-âncora. Ou seja, de maneira simples, subsunçor é o nome dado a todo conhecimento específico existente na estrutura de conhecimento do aprendiz, que lhe permite dar significado a um novo conhecimento apresentado ou por ele descoberto.

A não-arbitrariedade implica no relacionamento do novo conhecimento com um conhecimento especificamente relevante (subsunçor) e não com qualquer outro conhecimento existente na estrutura cognitiva do aprendiz. À medida que estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva, o conhecimento prévio serve como “âncora” para novos conceitos e estes serão retidos, ou seja, aprendidos significativamente. Quando essa “ancoragem” ocorre, o conhecimento prévio adquire novos significados e torna-se mais estável nessa estrutura.

A substantividade, de acordo com Moreira (1997) é a incorporação da substância do novo conhecimento, das novas ideias à estrutura cognitiva e não das palavras que as definam (não litera). A aprendizagem significativa não depende exclusivamente de determinados signos em particular, ou seja, um mesmo conceito pode ser expresso de diversas maneiras, por diferentes signos, que se equivalem em significados.

Para que haja aprendizagem significativa, duas condições são necessárias: 1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, ou seja, se relacionar de forma não-literária e não intencional; e 2) o aprendiz deve apresentar predisposição para aprender, ou seja, deve ter em sua estrutura cognitiva ideias-âncoras relevantes com as quais o material possa se relacionar (MOREIRA, 2012).

O autor enfatiza que o material só pode ser potencialmente significativo ou não significativo, não existindo livros ou aulas significativas, pois o significado está nas pessoas e não nos materiais.

Para Ausubel a estrutura cognitiva prévia é o principal fator, tão importante que pode afetar a aprendizagem e a retenção de novos conhecimentos. Quanto mais claro, estável e organizado for o conhecimento prévio, maior sua influência na aquisição de conhecimentos de sua área. Nessa interação o novo conhecimento ganha significado, se integra e se diferencia do já existente, e este adquire novos significados, maior estabilidade, maior riqueza e maior capacidade de ancorar novos conhecimentos.

Caso o aprendiz não disponha de *subsunçores* adequados que lhe permitam atribuir significados aos novos conhecimentos, Ausubel propõe o uso de *organizadores prévios*. Segundo Moreira (2012):

Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este. Moreira (2012, p.4)

Os organizadores prévios podem ser usados não somente quando os *subsunçores* se mostrarem deficientes, mas sempre quando o aluno não perceber ou não acreditar que o novo conhecimento se relacione aos seus conhecimentos prévios. Eles devem ajudar o aprendiz a perceber como os novos conhecimentos estão relacionados às suas ideias, ou seja, aos *subsunçores* existentes em sua estrutura cognitiva.

Para facilitar a aprendizagem significativa levaremos em conta quatro tarefas fundamentais, proposta por Moreira (1999).

*1. Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, isto é, identificar os conceitos e princípios unificadores, inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras, e organizá-los hierarquicamente de modo que, progressivamente,*

*abranjam os menos inclusivos até chegar aos exemplos e dados específicos.*

*2. Identificar os subsunçores (conceitos, proposições, ideias claras, precisas, estáveis) relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente este conteúdo.*

*3. Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe; determinar, dentre os subsunçores especificamente relevantes (previamente identificados ao “mapear” e organizar a matéria de ensino), quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno.*

*4. Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. A tarefa do professor aqui é a de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura conceitual da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimentos, por meio da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis.*

Quanto às três primeiras tarefas, propusemos que os alunos lessem um texto jornalístico que cobriu o fórum sobre a instalação das já mencionadas usinas fotovoltaicas e respondessem questões relacionadas à reportagem e às tecnologias envolvidas no funcionamento dessas usinas, com o objetivo de investigar os conhecimentos prévios destes alunos.

Quanto à última tarefa, a partir do conhecimento prévio do aluno, foi desenvolvida a sequência didática, usando diferentes ferramentas de ensino, de modo que os alunos se conscientizaram da importância do projeto para a comunidade local e aprenderam de forma significativa como se dá o funcionamento deste tipo de usina.

## **2.2 A teoria educacional de Novak**

Joseph D. Novak, colaborador de Ausubel e coautor da segunda edição do livro básico sobre aprendizagem significativa e outros colaboradores, prosseguiram com o refinamento e testagem desta teoria.

Novak, ao desenvolver suas pesquisas, apresenta uma proposta mais ampla, em que a aprendizagem significativa passa a ser parte integrante da educação e do pressuposto de que a educação é um conjunto de experiências (cognitivas, afetivas e psicomotoras) que contribuem para o engrandecimento (empowerment) do aprendiz para lidar com seu cotidiano.

A teoria de Novak apresenta como premissa básica de que os seres humanos pensam, sentem e fazem. Segundo ele, uma teoria educacional deve considerar cada um destes aspectos, pois em cada evento educativo há uma ação para trocar significados e sentimentos entre o aprendiz e o professor. (MOREIRA, 1995)

Novak, ampliando a ideia de lugar-comum de Joseph Schwab, apresenta cinco elementos constituintes básicos de qualquer evento educativo: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação. O acréscimo do elemento avaliação se deve ao fato de que o processo ensino-aprendizagem-contexto-conhecimento e também o que acontece na vida das pessoas dependem dela.

Neste modelo, o professor ao ensinar apresenta aos alunos significados que são válidos em determinado contexto e que são compartilhados por determinada comunidade. O aluno, de alguma forma, externalizará o que está aprendendo. Este processo continuará até que professor e aluno compartilhem os mesmos significados.

Deve-se tomar cuidado, pois a aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem "correta", pois o aluno pode aprender significativamente um conceito errado. No caso da Física, o aluno poderia aprender um conceito ao relacioná-lo de maneira não-arbitrária e não-literal ao conhecimento prévio, claro, estável e diferenciado já existente em sua estrutura cognitiva. Dessa maneira, seu conhecimento prévio se torna mais rico, mais diferenciado e, portanto, mais estável, caracterizando uma aprendizagem significativa, embora tais significados não sejam corretos do ponto de vista científico, alerta Moreira (1995).

Além de tratar da troca de significados entre o professor e o aprendiz, Novak também se refere à troca de sentimentos, ou seja, o evento educativo também é acompanhado de uma troca afetiva, já que tanto Novak como Ausubel preceituam que deve haver uma predisposição do aluno para aprender. Na hipótese de Novak, quando o aprendiz tem ganhos em compreensão, a experiência afetiva é positiva e intelectualmente construtiva, caso contrário, a sensação afetiva negativa gera

sentimentos de incapacidade por não estar aprendendo o novo conhecimento e, podem prejudicar aprendizagens futuras.

Moreira (1995) relaciona alguns princípios norteadores considerados consistentes com a teoria de Novak, ressaltando que não há uma ordem de importância, dentre eles:

1. *Todo evento educativo envolve cinco elementos: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação.*
2. *Pensamentos, sentimentos e ações estão interligados, positiva ou negativamente.*
3. *Atitudes e sentimentos positivos em relação à experiência educativa têm suas raízes na aprendizagem significativa e, por sua vez a facilitam.*
4. *A aprendizagem significativa requer: a) disposição para aprender; b) materiais potencialmente significativos; e c) algum conhecimento relevante.*
5. *O conhecimento prévio do aprendiz tem grande influência sobre a aprendizagem significativa de novos conhecimentos.*
6. *Significados são contextuais; aprendizagem significativa não implica aquisição de significados “corretos”.*
7. *Conhecimentos adquiridos por aprendizagem significativa são muito resistentes à mudança.*
8. *O ensino deve ser planejado de modo a facilitar a aprendizagem significativa e a ensinar experiências afetivas positivas.*
9. *A avaliação da aprendizagem deve procurar evidências de aprendizagem significativa.*
10. *O ensino, o currículo e o contexto também devem ser avaliados.*

Nos segundo e o terceiro itens, o autor aponta a importância dos sentimentos na experiência educativa. Entendemos que quando o aluno aprende um determinado conceito de forma significativa, um sentimento positivo lhe motiva a aprofundar mais os conceitos apreendidos e a buscar novos conhecimentos.

Os conhecimentos físicos relacionados à instalação e funcionamento de usinas fotovoltaicas contemplam o quarto princípio, por estarem associados à vivência do

aluno, tanto de forma nacional, quando se pensa em crise hídrica, quanto local, quando se leva em consideração as possíveis transformações para a cidade.

Os próximos três princípios salientam a importância do levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos. Conhecer tais conhecimentos e a forma como foram obtidos é de suma importância na construção da sequência didática. Os princípios 9 e 10 ressaltam a importância da avaliação da aprendizagem e da sequência didática.

Moreira, com relação às teorias de Ausubel e Novak, interpreta que o grande erro da pesquisa sobre mudança conceitual está no próprio nome, pois há muito tem sido interpretada como uma substituição do significado alternativo do aluno pelo aceito no contexto da matéria de ensino. Da maneira como vem sendo pensada por professores e pesquisadores, a mudança conceitual implica no abandono, se não imediato, a médio e longo prazo dos significados alternativos e a adoção dos conceitos considerados corretos. (Moreira, 1995)

Baseando-se nos resultados desapontadores das pesquisas com esse enfoque, Moreira acredita que esse tipo de mudança provavelmente não exista. Os conceitos alternativos que os alunos têm são errôneos do ponto de vista do que está sendo ensinado, mas para os aprendizes que os têm, são produtos de aprendizagem significativa que teve até aquele momento. Se o aluno jamais tivesse assistido a uma determinada aula, continuaria explicando o mundo com conceitos alternativos e levando uma vida perfeitamente normal.

Considerando como correta as teorias de Ausubel e Novak, a aprendizagem significativa jamais oblitera totalmente, sempre haverá um significado residual. Cada novo episódio de aprendizagem significativa gera significados que passam a fazer parte da história cognitiva do aluno de forma única e inapagável.

Ao invés de apagá-los, ou substituí-los, Moreira (1995) propõe a construção de novas estruturas de significados que vão obliterando os significados alternativos. Nessa abordagem, ao invés de rebater esses conceitos alternativos, deve-se reconhecê-los como frutos de aprendizagem significativa, portanto, definitivamente incorporados à estrutura cognitiva, mas obliteráveis até o ponto de se tornarem significados residuais. Mesmo admitindo que não haja mudança conceitual, é possível a aquisição significativa de significados aceitos em determinados conceitos quando se tem um ensino totalmente planejado para esta finalidade.

### 2.3. Sequências Didáticas

Uma sequência didática é composta por várias atividades encadeadas de questionamentos, atitudes, procedimentos e ações que os alunos executam com a mediação do professor. As atividades que fazem parte da sequência são ordenadas de maneira a aprofundar o tema que está sendo estudado e são variadas em termos de estratégia: leituras, aula dialogada, simulações computacionais, experimentos, etc. Assim o tema será tratado durante um conjunto de aulas de modo que o aluno se aprofunde e se aproprie dos temas desenvolvidos.

Segundo Zabala (1998) sequências didáticas são:

*“um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (...)” (ZABALA,1998 P.18)*

As sequências didáticas (SD) contribuem com a consolidação de conhecimentos que estão em fase de construção e permite que progressivamente novas aquisições sejam possíveis, pois a organização dessas atividades prevê uma progressão modular, a partir do levantamento dos conhecimentos que os alunos já possuem sobre um determinado assunto, conforme Brasil (2012, p-20).

Conforme preceitua Brasil (2012) as sequências são uma ferramenta muito importante para a construção do conhecimento:

Ao organizar a sequência didática, o professor poderá incluir atividades diversas como leitura, pesquisa individual ou coletiva, aula dialogada, produções textuais, aulas práticas, etc., pois a sequência de atividades visa trabalhar um conteúdo específico, um tema ou um gênero textual da exploração inicial até a formação de um conceito, uma ideia, uma elaboração prática, uma produção escrita (BRASIL, 2012, p-21)

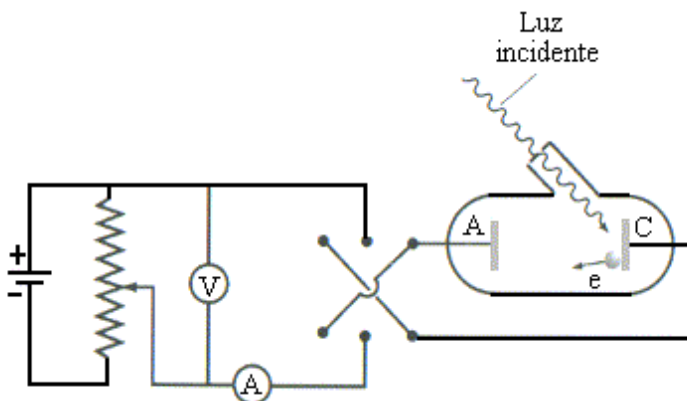
Ana, o João sugeriu que detalhasse mais o que é uma sequência didática. Será necessário? Pode me ajuda nisso?

### III – O EFEITO FOTOELÉTRICO.

Por volta de 1887, o físico Heinrich Hertz (1857-1894), através de experimentos, confirmou pela primeira vez a existência das ondas eletromagnéticas e a teoria de Maxwell sobre a propagação da luz. Hertz descobriu que uma descarga elétrica entre duas esferas de zinco ocorria de maneira muito mais fácil quando uma delas era iluminada por luz ultravioleta. Em outras palavras, o que ele descobriu foi que a luz pode interferir nas propriedades elétricas dos objetos, já que a luz ultravioleta facilitava a descarga elétrica ao fazer com que elétrons fossem emitidos pela superfície do catodo.

Dois anos depois, em 1889, J.J. Thomson (1856-1940) explicou que a emissão de elétrons por uma superfície, quando iluminada por luz apropriada, ocorria porque a luz é uma onda eletromagnética que, ao atingir os átomos da rede cristalina do metal, faz com que os elétrons livres em seu interior passassem a vibrar conforme sua frequência de oscilação; alguns desses elétrons, então, poderiam ganhar energia suficiente para conseguir escapar do metal.

Tempo depois, em 1902, Philipp Lenard (1862-1947) realizou alguns experimentos para certificar se a emissão de elétrons pelo metal estava de acordo com o previsto pela teoria clássica. Ele fez com que luz branca composta por diversos espectros de cores sobre uma placa de dentro de um recipiente de vidro, isolado pelo vácuo. Com isso, foi capaz de medir a velocidade dos elétrons, ao carregar uma segunda placa de metal (receptora) com carga negativa, o que repelia os elétrons emitidos pela placa emissora: assim, apenas os elétrons mais velozes seriam capazes de atingi-la. A Figura 1 representa o diagrama esquemático do aparelho básico para estudar o efeito fotoelétrico.



**Figura 1-** Esquema do aparelho básico para o estudo do efeito fotoelétrico

Segundo as explicações de Thomson, se Lenard aumentasse a intensidade da luz incidente, os elétrons seriam ejetados pela placa emissora com mais energia e, portanto, mais velozes. O fenômeno também deveria ser observado para qualquer frequência de luz, desde que a energia da onda eletromagnética incidente fosse intensa o bastante para arrancar os elétrons da superfície do metal. Mas nada disso foi constatado por Lenard em suas experiências. O que se viu é que quanto se aumentava a intensidade da luz, mais elétrons eram arrancados da placa. Outra observação foi a de que o efeito fotoelétrico só era observado para frequências acima de um determinado valor que variava para cada tipo de metal utilizado na placa de emissão.

A explicação para efeito fotoelétrico foi apresentada pelo jovem físico alemão, Albert Einstein (1879-1955), funcionário de um escritório de patentes na Suíça que pesquisava em casa, nas horas vagas. Sob o título “Sobre um ponto de vista heurístico concernindo a geração e a conversão de luz”, Einstein publicou o artigo que conseguiu explicar os resultados obtidos nos experimentos com efeito fotoelétrico, sugerindo que nesse caso a luz não se distribuía continuamente no espaço, mas de forma quantizada como pequenos pulso, a quem chamou de fóton.

Einstein adotou a ideia de Planck sobre quantização de energia, em que a energia (E) correspondente a cada partícula de luz (fóton) poderia então ser obtida multiplicando-se o valor da frequência ( $\nu$ ) da luz incidente por um valor constante ( $6,6260693 \times 10^{-34}$  J.s) que seria então chamada de “Constante de Planck” e representado pela letra (h). Ou seja:

$$E = h \cdot \nu$$

Equação de Planck

Também levou em conta a energia necessária para arrancar os elétrons de uma superfície, chamada função trabalho e representada por (W). Essa energia seria dispersa na superfície cristalina quando houvesse a ejeção de elétrons pelo metal. Segundo as leis de conservação de energia, seria possível então obter o valor da energia cinética ( $E_c$ ) medida para cada elétron que chegasse à placa receptora, subtraindo-se o valor da função trabalho do metal da energia que o elétron receberia do fóton incidente, de forma que:

$$E_c = h \cdot \nu - W$$

Equação da energia cinética do elétron ejetado

Dessa forma mostrou-se que a energia dos elétrons não dependia da intensidade da luz, mas sim de sua frequência. Se a energia do fóton incidente for menor que a função trabalho do metal, ele não conseguirá arrancar nenhum elétron de sua superfície, ou seja, não ocorre efeito fotoelétrico. Para luz de baixa frequência. O conceito de fóton com partícula da luz também explica a ejeção imediata de elétrons pelo metal: não há a necessidade de se ficar absorvendo a energia de uma onda eletromagnética até acumular o necessário para escapar do metal; o elétron absorve a energia do fóton de uma única vez.

Segundo Einstein o efeito fotoelétrico ocorre porque a luz é composta por partículas que, incidindo sobre certos metais, levam à emissão de elétrons, cuja energia não depende da intensidade da luz, mas sim de sua frequência.

A ideia a princípio não foi totalmente aceita. Um dos opositores, o físico norte-americano Robert A. Millikan se dedicou a realizar experimentos com o Efeito Fotoelétrico, que pudessem derrubar a teoria proposta por Einstein. Após dez anos de tentativas, Millikan finalmente obteve seus resultados, chegando à conclusão de que Einstein estava correto.

Assim, por explicar o efeito fotoelétrico, Einstein foi agraciado com o Prêmio Nobel da Física em 1921 e Millikan, por seu trabalho, em 1923.

## **IV – METODOLOGIA**

### **4.1. Local e participantes da pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida na escola EE Engº Isac Pereira Garcez, localizada na região central de Dracena, pertence à diretoria de Ensino de Adamantina e por conseguinte à Rede Estadual de Ensino do Estado de São Paulo. A escola atende alunos desta região e de bairros adjacentes. Conta com uma sala de informática dotada de 16 computadores ligados em rede e com uma sala de projeções contendo um televisor de plasma e projetor de multimídia. Não há um laboratório para realização de experimentos.

No começo a clientela que faria parte desta pesquisa seriam três turmas da 3ª série do Ensino Médio do período matutino, num total aproximado de 90 alunos, durante as aulas de Física deste pesquisador. Mas a dinâmica escolar só permitiu que uma série pudesse participar desta pesquisa. Durante dois dias da semana, a sala de informática estava reservada para intervenções com alunos com dificuldade de aprendizado na plataforma Currículo+, em um desses dias coincidia com as aulas de duas turmas. Dessa forma, só em uma turma foi aplicada a SD. Alguns alunos que faltaram durante o desenvolvimento da SD tiveram sua aprendizagem comprometida e, portanto, não tiveram seus dados validados para esta pesquisa.

### **4.2. A sequência didática**

Definidos o local e os participantes da pesquisa, foi necessário definir as etapas da SD começando por um levantamento dos conhecimentos prévios que serviram de subsunçores ou como indicativo da necessidade de definir os organizadores prévios, após isto trabalhar com mapas conceituais para após isto desenvolver as atividades da sequência didática com todos os elementos necessários a uma aprendizagem significativa e contextualizada. Para melhor entender a SD a Tabela 1 apresenta as etapas e momento de cada etapa. Na etapa anterior à SD foi realizada uma consulta ou levantamento prévio do conhecimento dos alunos sobre usinas fotovoltaicas e a instalação na cidade de Dracena, os dados se encontram no capítulo resultados e no apêndice A.

**Tabela 1-** Etapas do desenvolvimento da sequência didática

| <b>1 MOMENTO – Pré-Sequência Didática</b> |                                                                                                                                |                                                                                                            |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aulas*</b>                             | <b>Conteúdos</b>                                                                                                               | <b>Metodologia e ferramentas</b>                                                                           |
| Aula 1e 2                                 | Conhecendo o conhecimento sobre a energia e o efeito fotoelétrico.                                                             | Diálogo, levantamento do conhecimento prévio.                                                              |
| Aula 3                                    | O que é “Quantização” e a equação de Planck.                                                                                   | Aula dialogada questionando e explicando a quantização. Aula expositiva com uso de multimídia.             |
| <b>2 MOMENTO – Sequência Didática</b>     |                                                                                                                                |                                                                                                            |
| <b>Momentos (aulas)</b>                   | <b>Conteúdos</b>                                                                                                               | <b>Metodologia e ferramentas</b>                                                                           |
| Aula 1<br>(2 aulas)                       | Conhecendo o problema e trabalhando o conhecimento prévio sobre usinas fotovoltaicas de forma contextualizada e significativa. | Trabalho com texto jornalístico “Fórum Fotovoltaico” do Jornal Regional de Dracena com uso de dicionários. |
| Aula 2<br>(2 aulas)                       | Consolidando o conhecimento sobre como funciona uma Usina Fotovoltaica, a quantização e o Efeito Fotoelétrico.                 | Utilização de vídeos de curta duração e aula expositiva com uso de multimídia (data-show).                 |
| Aula 3<br>(1 aula)                        | Efeito Fotoelétrico e uso das Tecnologias da Informação e Comunicação para consolidação dos conhecimentos.                     | Uso de simulação computacional.                                                                            |
| Aula 4<br>(1 aula)                        | Aplicações do Efeito Fotoelétrico: Dispositivos com fotocélulas,                                                               | Manuseio de calculadora solar, carrinhos movidos à energia solar e luminárias solares.                     |
| Aula 5<br>(1 aula)                        | Avaliação                                                                                                                      | Questões dissertativas sobre usinas fotovoltaicas e sobre as ferramentas utilizadas na sequência didática. |

**Etapa 1 - Pré-Sequência Didática****Aula 1 e 2: O tema Efeito Fotoelétrico e a definição dos organizadores prévios**

Durante o início desta etapa houve muito diálogo para levantar o conhecimento prévio dos alunos o que mostrou que não apresentavam subsunçores necessários à aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico e não conheciam os mapas conceituais, estruturamos o trabalho em duas etapas: na primeira apresentaremos o mapa conceitual

como ferramenta de estudo e implantaremos organizadores prévios sobre “quantização”; na segunda etapa aplicaremos a sequência didática.

### **Aula 3: Planck o Pai da Física Quântica**

Num conjunto de 02 aulas foi apresentado o problema da Radiação do Corpo Negro e a solução encontrada por Max Planck , criando o conceito de o que seria um corpo negro e energia quantizada. Através de vários exemplos, conseguimos criar o conceito de “Quantização” (organizador prévio).

## **Etapa 2 – Sequência Didática**

### **Aula 1: Leitura, interpretação de texto e consolidação dos conhecimentos prévios.**

Nesta etapa foi apresentado e trabalhado um texto contendo fragmentos de uma reportagem sobre a realização de um fórum ocorrido em Dracena, que tratou da instalação de quatro usinas fotovoltaicas na cidade, o texto se encontra no apêndice A. Nos fragmentos havia depoimentos de empresários locais sobre os altos custos da energia elétrica, de especialistas falando sobre as vantagens desse tipo de usina e de autoridades municipais e estaduais compartilhando os benefícios para a região com relação à geração de empregos e de arrecadação de imposto. Após a leitura do texto, propomos sete questões para discussão e problematização. Além de contextualizar o efeito elétrico, o texto possibilita a compreensão das dinâmicas de como se dão as implementações tecnológicas e suas implicações para a sociedade, de modo a construir um conhecimento contextualizado e significativo para os alunos sobre a aplicação do efeito fotoelétrico. Esta etapa é muito importante, pois segundo Santos e Mortimer (2001),

Se desejarmos preparar os alunos para participar ativamente das decisões da sociedade, precisamos ir além do ensino conceitual, em direção a uma educação voltada para a ação social responsável, em que haja preocupação com a formação de atitudes e valores. (SANTOS e MORTIMER, 2001).

Nesta etapa foi realizada uma leitura compartilhada, sempre questionando, ao final de cada parágrafo e trabalhando as dúvidas até o momento. As palavras que os alunos não conheciam tiveram seus significados consultados em dicionário. Houve curiosidade a respeito do funcionamento da usina e questionamentos sobre a existência de turbinas elétricas em usinas fotovoltaicas.

## **Aula 2: Consolidando o conhecimento sobre Usina Fotovoltaica, a Quantização e o Efeito Fotoelétrico**

Os alunos assistiram a dois vídeos curtos: “Energia Solar”<sup>1</sup>, de aproximadamente sete minutos produzido por IDEAL – Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina, o link do vídeo se encontra no apêndice B, e o “Os Prêmios Nobel da Física – Einstein e o Efeito fotoelétrico.” da série Física em 5 minutos. O Link do blog se encontra no apêndice B.

O primeiro vídeo trata da energia solar, mostrando o funcionamento de placas fotovoltaicas, aquecedores solar, usinas solares e brinquedos movidos à energia solar. O segundo vídeo fala sobre o ano miraculoso de Einstein, sobre o efeito fotoelétrico e a explicação de Einstein.

Moran (1995) afirma que a importância e as potencialidades do vídeo fazem crer que este utensílio tem uma “interatividade funcional”:

O vídeo é sensorial, visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem superpostas, interligadas, somadas, não separadas. Daí a sua força. Somos atingidos por todos os sentidos e de todas as maneiras. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaços. (MORAN, 1995, p. 27)

Em aula expositiva, usando multimídia, apresentou-se o problema do efeito fotoelétrico, a incapacidade da Física Clássica de resolvê-lo e a solução apresentada por Einstein, ao considerar a luz como pacotes de energia (fótons).

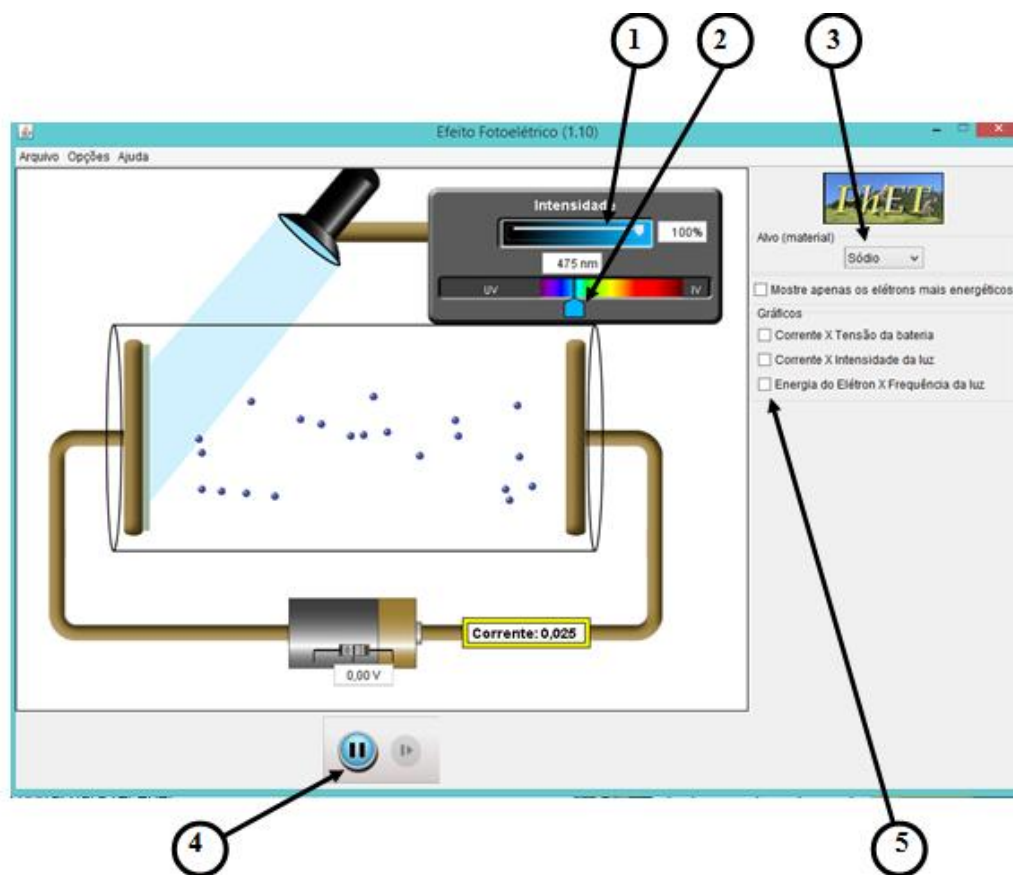
---

<sup>1</sup>Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Oqz6WqeM0uk> (acessado no dia 10/02/2015)

### Aula 3: Simulação

A impossibilidade de um aparato experimental para estudo do efeito fotoelétrico em uma escola pública faz das simulações e demais tecnologias de informação e comunicação (TICs) ferramentas poderosas que facilitam a assimilação do conhecimento por parte dos alunos, desde que sua aplicação faça parte de um processo educacional coerente (FIOLHAIS e TRINDADE, 2003).

Na sala de Informática, em duplas e em trios, os alunos fizeram uso da simulação do Efeito fotoelétrico elaborado pelo PhET Colorado. Trata-se de um software livre disponibilizado a alunos e professores<sup>2</sup> onde, variando a frequência e a intensidade da luz verifica-se a ejeção de elétrons de placas metálicas, que também podem ser alteradas, cuja interface está apresentada na Figura 2.



**Figura 2-** Interface do software de simulação do Efeito fotoelétrico.

<sup>2</sup> Pode ser obtido no site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/new](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/new) acessado em 12/02/2015.

O simulador foi explorado de maneira qualitativa. Os alunos deveriam variar a intensidade da radiação, através do cursor ( 1) e verificar se mudava quantidade de elétrons ejetados da placa. Variara frequência da radiação através do cursor (2), verificar a partir de qual comprimento de onda<sup>3</sup> da radiação os elétrons são arrancados da placa. Trocando-se o metal da placa através da janela (3) os alunos repetem os primeiros procedimentos usando os botões (4) para pausar e reiniciar a simulação.

O simulador também permite o tratamento quantitativo através de observações de gráfico (5) e da determinação da frequência de corte, função trabalho e do cálculo da energia cinética do elétron ejetado.

#### **Aula 4: Manuseio de dispositivos tecnológicos**

Após o emprego da simulação para adquirir segurança no conhecimento, ocorreram demonstrações experimentais sobre o funcionamento de: células fotoelétricas que acendem lâmpadas e relés fotoelétricos que ligam e desligam lâmpadas em função da luminosidade do ambiente, manuseio de calculadoras, brincadeira com carrinhos que se movem na presença de luz solar e outras inovações tecnológicas.

O conjunto de todas as atividades realizadas levou o aluno a obter um conhecimento sólido do tema como será mostrado no próximo capítulo.

#### **Aula 5: Avaliação**

Após a realização das etapas da SD, foram analisadas as respostas do questionário sobre usinas fotovoltaicas e o efeito fotoelétrico e comparadas às do questionário do levantamento dos conhecimentos prévios. As análises se encontram no capítulo resultados.

---

<sup>3</sup> A medida que o mouse toca no curso abre-se uma pequena janela indicando o comprimento de onda, em nanômetro (nm), corresponde à cor da luz ou de outras radiações: infravermelho ou ultravioleta.

## **V.- RESULTADOS**

Após a análise das respostas dos alunos, registradas em questionários impressos, temos como resultados desta pesquisa:

- A sequência didática cujos resultados são apresentados na forma de respostas dos alunos a um questionário;
- A posição dos alunos sobre as ferramentas utilizadas nas diferentes etapas de desenvolvimento da SD;
- O site onde se encontram todos os dados desta tese, assim como os sites e endereços eletrônicos utilizados na pesquisa.

### **5.1- Resultados da aplicação da SD em sala de aula**

Para uma aprendizagem significativa é necessário a incorporação do novo conhecimento à estrutura cognitiva que o aluno já possui. Frente a este desafio é necessário e fundamental partir do conhecimento prévio dos alunos para após o trabalho realizado na SD sobre o efeito fotoelétrico possamos avaliar os conhecimentos adquiridos e que por sua vez serão subsunções para novos conhecimentos mais elaborados. Desta forma as Tabelas 2, 3 e 4 apresentam os dados coletados antes e depois de desenvolver a SD.

Para que haja aprendizagem significativa, duas condições são necessárias: 1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, ou seja, se relacionar de forma não-literária e não intencional; e 2) o aprendiz deve apresentar predisposição para aprender, ou seja, deve ter em sua estrutura cognitiva ideias-âncoras relevantes com as quais o material possa se relacionar (MOREIRA, 2012).

Como pode ser observado na Tabela 2 o ponto de partida para trabalhar com o efeito fotoelétrico foi a instalação de usinas fotovoltaicas para a cidade de Dracena, localidade onde foi desenvolvida a pesquisa, o que torna este conteúdo potencialmente significativo para o aluno e o aluno tem predisposição para aprender, visto que faz parte da sua realidade.

Serão analisadas as respostas dos alunos antes e depois da aplicação da SD. As perguntas e respostas se encontram nas Tabelas 2, 3 e 4.

## **Análise da tabela 2:** Como funciona uma usina fotovoltaica?

As respostas dos alunos sobre o funcionamento da usina fotovoltaica, não está claro pois se confunde o fato de ter coletores solares de baixa temperatura com a necessidade de ter baixas temperaturas para funcionar. Dois alunos não sabem a resposta.

Após as aulas com o desenvolvimento da SD que utilizou diversas ferramentas no processo ensino-aprendizagem pode se perceber que eles conseguem relacionar de forma quase correta a energia solar que incide em metais fazendo possível o movimento dos elétrons para produzir energia. Alguns alunos surpreendem com suas colocações como, por exemplo:

*“Uma usina fotovoltaica é a emissão de elétrons sobre uma superfície metálica. Então cada fóton atinge um único elétron, passando toda sua energia. Uma usina consiste na colocação de placas metálicas, de forma simples, quando o sol emite suas ondas eletromagnéticas em forma de fótons, a placa recebe UV, produzindo assim a energia. No entanto, a placa não funciona em extremo calor. Dracena foi a cidade escolhida porque apresenta alta radiação e um calor mediano”.*

**Tabela 2:** Como funciona uma usina fotovoltaica?

| Aluno | Antes da Sequência Didática                                                                                                                                                                    | Após a Sequência Didática                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1    | <i>Funcionam melhor em temperaturas baixas. O material condutor da placa é o silício que recebe a energia do sol.</i>                                                                          | <i>As usinas funcionam em torno de energia solar, que são absorvidas por painéis solares, que ficam na parte superior da estrutura da empresa.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| A2    | <i>Não sei. O nível de radiação solar?</i>                                                                                                                                                     | <i>As usinas funcionam da seguinte maneira: A produção de energia é feita por várias placas que quando expostas ao sol criam correntes elétricas ou por espelhos que transferem o calor e utilizam o princípio da termoeletricidade.</i>                                                                                                                                                                                                                                                |
| A3    | <i>Funciona melhor em temperaturas mais baixas. O material condutor nas placas é o silício que recebe energia do sol. Os painéis de célula fotovoltaica serão instalados na direção norte.</i> | <i>Uma usina fotovoltaica é a emissão de elétrons sobre uma superfície metálica. Então cada fóton atinge um único elétron, passando toda sua energia. Uma usina consiste na colocação de placas metálicas, de forma simples, quando o sol emite suas ondas eletromagnéticas em forma de fótons, a placa recebe UV, produzindo assim a energia. No entanto, a placa não funciona em extremo calor. Dracena foi a cidade escolhida porque apresenta alta radiação e um calor mediano.</i> |

|    |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A4 | <i>Não muito bem. Tem haver com o nível de radiação solar.</i>                                                                   | <i>Os sistemas fotovoltaicos são capazes de gerar energia elétrica através de células fotovoltaicas. Essas células permitem transformar radiação solar diretamente em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. O efeito ocorre quando fótons incidem sobre átomos provocando o movimento dos elétrons de um lado para outro, gerando corrente elétrica contínua.</i> |
| A5 | <i>Ela pega luz e as temperaturas baixas são favoráveis.</i>                                                                     | <i>A energia transmitida pela luz solar às placas. As usinas precisam de energia solar para gerar energia. As usinas não funcionam com tempo chuvoso e nem à noite, pois as placas precisam da luz do sol para transmitir energia.</i>                                                                                                                                       |
| A6 | <i>Ela recebe energia solar = radiação e transforma em energia elétrica.</i>                                                     | <i>As usinas fotovoltaicas funcionam à base de energia solar. Nas placas solares ficam vários elétrons, quando o sol (fonte de radiação eletromagnética) aquece essa placa os elétrons presentes nelas são emitidos, formando assim a energia.</i>                                                                                                                           |
| A7 | <i>Bom que eu sei são placas que são expostas ao sol que são convertidas em energia através de um gerador, a radiação solar.</i> | <i>As usinas fotovoltaicas são dependentes da luz solar, elas possuem placas que através delas extraíndo a luz solar, transformando em energia. Essas usinas não funcionam a noite e nem em tempo muito nublado.</i>                                                                                                                                                         |
| A8 | <i>Funcionam melhor em temperaturas baixas.</i>                                                                                  | <i>A instalação fotovoltaica consiste na emissão de elétrons de alguma superfície metálica devido a incidência de radiação sobre esta instalação. A usina funciona com elétrons emitidos pela superfície de frequências de radiação e que o aumento da intensidade da radiação produz mais elétrons.</i>                                                                     |

**Análise da Tabela 3:** Qual a importância da instalação de usinas como essa (fotovoltaicas) para Dracena e para o Brasil? Leve em consideração os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

| <b>Aluno</b> | <b>Antes da Sequência Didática</b>                                                                      | <b>Após a Sequência Didática</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1           | <i>Os benefícios de geração de empregos e renda ao município.</i>                                       | <i>A usina será a 4ª maior do Brasil, isso irá deixar mais feliz a população, pois o preço será menor a este tipo de energia e como fatores ambientais estava-se o gasto de água que é muito usada na energia elétrica. Outros benefícios dessa instalação será a geração de novos empregos em especialistas na área da energia solar e também na construção.</i> |
| A2           | <i>Terá empregos para as pessoas e renda ao município e também terá baixa no custo da conta de luz.</i> | <i>Há vários fatos importantes da instalação dessas usinas aqui em Dracena e também para o Brasil. Um deles é que esse sistema gera energia limpa e renovável portanto ela não atinge a natureza e outro fato é que com esse sistema os brasileiros irão economizar com os gastos com a energia e também vai gerar emprego para as pessoas.</i>                   |
| A3           | <i>Abre uma perspectiva muito boa para Dracena que passa ser</i>                                        | <i>No aspecto econômico, o investimento da empresa que dará início a essa usina, trará para Dracena profissionais com nível de conhecimento elevado, com bons salários, então o</i>                                                                                                                                                                               |

|    |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <i>inserido no sistema energético do país.</i>                                                                             | <i>nível econômico ou de vida se elevará. No aspecto ambiental fará com que o consumo de energia diminua e o uso de energia limpa aumente. No entanto alguns animais poderá se podem ser atraídos pela luminosidade e acabar morrendo.</i>                                                                                                                                                                    |
| A4 | <i>Com a instalação dessas usinas vai ter mais empregos, pois Dracena tem poucas opções de trabalho.</i>                   | <i>A energia solar é uma boa opção na busca por alternativas menos agressivas ao meio ambiente, pois consiste numa fonte energética renovável e limpa. Geração de empregos diretos e indiretos através da expansão do desenvolvimento de bens e serviços na área de energia solar e geração de treinamento e mão de obra especializada.</i>                                                                   |
| A5 | <i>Uma perspectiva boa para Dracena que será inserida no sistema energético do país.</i>                                   | <i>É importante pois vai gerar muitos empregos para pessoas e também vai transmitir energia limpa que não causa problemas para o meio ambiente.</i>                                                                                                                                                                                                                                                           |
| A6 | <i>Dracena é uma cidade boa e pequena. A chegada dessas usinas vai trazer empregos e energia suficiente para a cidade.</i> | <i>A importância é que essa energia não é tão prejudicial ao ambiente quanto a hidrelétrica, a energia gerada por ela é mais natural, mais barata, a construção dessas usinas irá gerar mais emprego.</i>                                                                                                                                                                                                     |
| A7 | <i>Irá gerar empregos e ajudará o meio ambiente.</i>                                                                       | <i>As importâncias são: elas são produtoras de energia, não poluem o ambiente, são tecnológicas, são renováveis etc.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| A8 | <i>Traz mais emprego para a população e renda para o município.</i>                                                        | <i>A importância de instalação de usinas solar para Dracena ia ser boa em todos os aspectos, por exemplo emitindo a luz de lâmpadas carregadas com energia solar para serem utilizadas à noite e economizar também bastante dinheiro, pode também ajudar a natureza, os animais. Como ajudar também aspectos sociais como a falta de energia elétrica podendo utilizar a energia solar para substituí-la.</i> |

Como pode ser observado o conhecimento dos alunos antes do trabalho com a SD gira em torno dos benefícios sociais que um empreendimento deste porte trará à cidade, só 50% dos alunos se refere ao ganho energético que terá a população.

Após trabalhar o tema por meio da aplicação da SD, pode ser observado que a maior parte dos alunos reconhece a importância das usinas fotovoltaicas como uma alternativa de obter energia limpa, renovável, além de trazer para a cidade inúmeros benefícios como empregos e desenvolvimento. A fala do aluno A4 mostra que o objetivo proposto sobre uma aprendizagem contextualizada e significativa foi alcançado uma vez que se reconhece a importância destas usinas para a cidade e a obtenção de energia limpa

*A energia solar é uma boa opção na busca por alternativas menos agressivas ao meio ambiente, pois consiste numa fonte energética renovável e limpa. Geração de empregos*

*diretos e indiretos através da expansão do desenvolvimento de bens e serviços na área de energia solar e geração de treinamento e mão de obra especializada.*

**Análise da Tabela 4:** Escreva o que você sabe sobre o efeito fotoelétrico.

O objetivo principal desta pesquisa foi utilizar uma SD que permitisse uma aprendizagem contextualizada e significativa sobre o efeito fotoelétrico. Até o momento e devido ao contexto social da cidade podemos dizer que houve uma aprendizagem contextualizada e significativa como apresentado nas Tabelas 2 e 3. Para saber se realmente o aprendizado sobre o efeito fotoelétrico foi alcançado devemos analisar as colocações dos alunos sobre o que entenderam do processo de geração de energia a partir da luz solar.

Vamos analisar uma das falas:

*O efeito fotoelétrico é uma emissão de elétrons de uma superfície metálica devido a incidência de radiação eletromagnética. Durante o efeito fotoelétrico, cada fóton atinge um único elétron, transferindo toda a sua energia. Para que o efeito fotoelétrico ocorra é necessário que a energia dos fótons seja maior que a da energia de ligação dos elétrons presos ao metal. A energia mínima é chamada função trabalho e seu valor é característico de cada metal.*

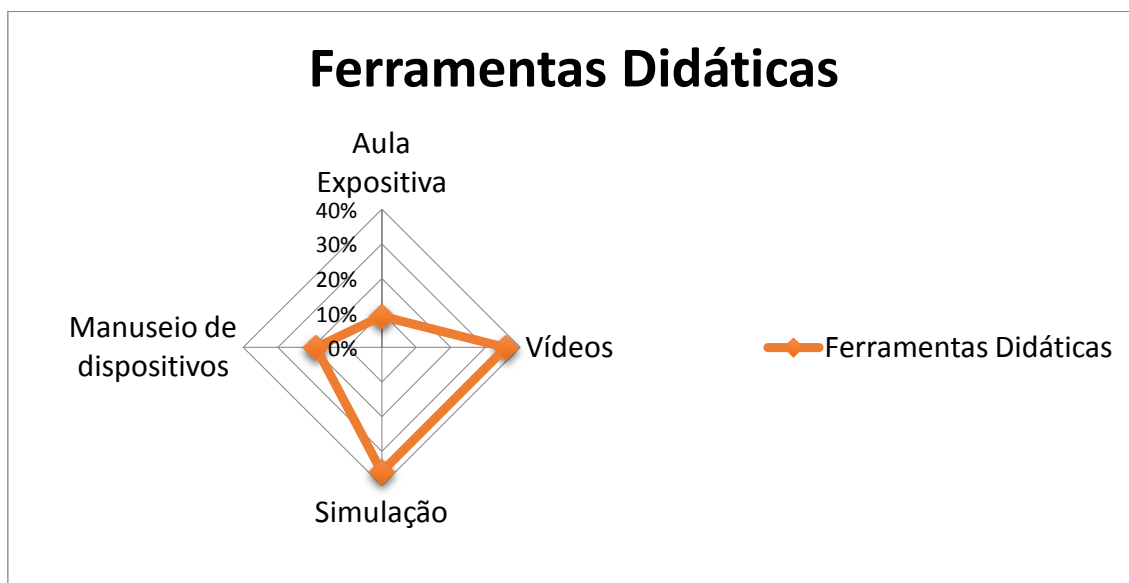
O aluno consegue relacionar conceitos importantes como a relação ente o fóton e o elétron, a existência uma troca de energia e o fato de que é necessário romper a energia de ligação do elétron para que seja possível o movimento destes o que vai permitir a geração de energia elétrica.

Em todas as respostas se percebe, mesmo que não 100% corretamente, que os alunos tem novos conhecimentos, ou seja, novos conhecimentos prévios, para continuar a aprendizagem sobre a produção de energia a partir da energia solar e que essa energia é quantizada pois não é qualquer energia que permite a liberação do elétrons e sim a energia com uma frequência de radiação que libera o elétrons do átomo.

**Tabela 4:** O que é o efeito fotoelétrico?

| Aluno | Antes da Sequência Didática | Após a Sequência Didática                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1    |                             | <i>O efeito fotoelétrico consiste em uma superfície metálica onde há elétrons. Durante esse efeito, cada fóton atinge um único elétron, transferindo toda sua energia. E para que ocorra o efeito fotoelétrico é preciso que a energia dos fótons seja maior que a energia de ligação dos elétrons presos ao metal.</i>                                                                                                                                                        |
| A2    |                             | <i>O efeito fotoelétrico é uma emissão de elétrons de uma superfície metálica devido a incidência de radiação eletromagnética. Durante o efeito fotoelétrico, cada fóton atinge um único elétron, transferindo toda a sua energia. Para que o efeito fotoelétrico ocorra é necessário que a energia dos fótons seja maior que a da energia de ligação dos elétrons presos ao metal. A energia mínima é chamada função trabalho e seu valor é característico de cada metal.</i> |
| A3    |                             | <i>O sol libera radiação eletromagnética, que entra em contato com uma superfície metálica adequada que absorve ela. Quanto maior a intensidade da radiação maior a produção de energia elétrica. Então uma nuvem pode entrar em frente ao sol com a perda da intensidade de radiação diminui proporcionalmente a geração de energia.</i>                                                                                                                                      |
| A4    |                             | <i>O efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons por um material geralmente metálico quando exposto a radiação eletromagnética de frequência alta. Ele pode ser observado quando a luz incide em uma placa de metal, arrancando elétrons da placa.</i>                                                                                                                                                                                                                         |
| A5    |                             | <i>A energia dos elétrons emitidos pela superfície depende da frequência da radiação.<br/>Para que ocorra o efeito fotoelétrico é preciso que a energia dos fótons seja maior a que está no metal.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| A6    |                             | <i>O efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons de uma superfície metálica, devido a incidência de radiação. Para que o efeito fotoelétrico aconteça é necessária que a energia de ligação dos elétrons presos seja vencida. Durante o efeito fotoelétrico cada fóton atinge um único elétron, transferindo-lhe toda energia.</i>                                                                                                                                             |
| A7    |                             | <i>O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons de uma superfície metálica, devido a incidência de radiação. Para que o efeito ocorra é necessário que a energia de ligação dos elétrons seja superada. O efeito fotoelétrico foi descoberto pelo físico Hertz.</i>                                                                                                                                                                                                   |
| A8    |                             | <i>O efeito fotoelétrico é explicado pela emissão de elétrons de uma superfície devido a incidência de radiação numa placa. Os elétrons são emitidos instantaneamente da superfície metálica</i>                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Sobre as atividades realizadas utilizando diferentes ferramentas houve um questionamento sobre qual atividade contribuiu mais para o entendimento do efeito fotoelétrico e qual o aluno mais gostou, cujos resultados estão apresentados na Figura 3.



**Figura 3** – Resultado da pesquisa sobre as atividades da SD.

Podemos inferir que realmente o trabalho com as TIC é preferido pelos alunos, ainda que não se possa dizer que a atividade relacionada com o manuseio de dispositivos fique atrás, pois depende do tempo da atividade e dos dispositivos manuseados.

Sobre o trabalho em si, deixamos um site onde se encontram a tese de mestrado, os sites relacionados com a pesquisa e todas as informações necessárias para que um professor de física possa utilizar nas suas aulas, o endereço é:

<http://sergiomantovani.wix.com/polo16-mnpef>

## CONCLUSÃO

Após análise dos resultados podemos concluir que os objetivos foram alcançados, pois os alunos são capazes de se posicionar sobre o conteúdo e sobre o impacto social e econômico que as usinas fotovoltaicas poderão trazer à cidade.

A metodologia empregada no desenvolvimento da SD mostra que é importante trabalhar um conteúdo utilizando várias ferramentas, principalmente vídeos e simulações. Nos diversos sites sobre conteúdos de física existem inúmeras simulações de boa qualidade que devem ser utilizadas pelos professores em suas aulas de forma a proporcionar um ensino de Física mais prazeroso aos alunos visto que eles utilizam as TIC frequentemente, mas não na escola.

Ao longo dos meus 25 anos de magistério, tanto na rede pública como na privada, o domínio dos conteúdos e metodologias segundo apontado pelos novos currículos e número de horas trabalhadas pelo professor, nos fez abandonar gradativamente o ato de planejar as aulas. O planejar ao qual nos referimos é o de conhecer os alunos, suas necessidades e sua bagagem conceitual, adequar os conteúdos à realidade dos mesmos. O que se praticava era o reciclar de planos de anos anteriores. As escolas particulares com seus materiais apostilados e mais recentemente na Rede Estadual com a introdução dos Cadernos do Professor e do Aluno também contribuíram para esta acomodação.

Com a elaboração da SD resgatei este hábito tão importante para o processo ensino-aprendizagem, o planejar. Separar um tempo para pensar cada etapa da SD, escolher as ferramentas didáticas que seriam usadas e escolher os temas a serem trabalhados, proporcionou-me momentos de prazer e satisfação profissional que, somados à boa participação dos alunos, fez-me refletir sobre minha proceder como professor e tomar uma decisão, adotar a SD como prática educativa.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1996.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

\_\_\_\_\_.Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica(Semtec). **PCN Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais– Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2006.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. **Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares: ano 03, unidade 06 / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional**. - Brasília: MEC, SEB, 2012. 47 p.

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

LAGE, Eduardo (2005), **O centenário do quantum de luz**. Gazeta de Física v.28 p 04-09.

MORAN, J. M., **O vídeo na sala de aula**. Comunicação e educação. São Paulo, v.1, n.2, p. 27-35, Jan./abr. 1995.

MOREIA, M. A. (1995), **Monografias nº 11 da série Enfoques Teóricos**. Porto Alegre. Instituto de Física UFRGS.

\_\_\_\_\_, **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo, Editora Pedagógica Universitária Ltda, pag. 160, 1999.

\_\_\_\_\_, (2012), **¿Al final qué es aprendizaje significativo?** Revista Curriculum, La Laguna, 25: 29-56.

OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A., **Física contemporânea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores**. Enseñanza de las Ciências, Barcelona, v. 3, n.18, 392-404, 2000a.

\_\_\_\_\_, **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa física moderna e contemporânea no ensino médio**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 1, pp. 23-48, 2000b.

PINTO, A.C., ZANETIC, J., **É possível levar Física Quântica para o ensino médio?** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999.

SANTOS, W.L.P.S e MORTIMER, E.F., **Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências**. Ciência e Educação, v.7, n. 1, p.95-111, 2001.

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

TIPLER, P., (1995), **Física para cientistas e engenheiros, Vol. 4: Óptica e Física Moderna**. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora SA. Rio de Janeiro, p-459.

ZABALA, Antoni., **A prática educativa: como ensinar**. Trad. Ernani F. da Rosa – Porto Alegre: ArtMed, 1998.

## **APÊNDICE A**

### **Texto trabalhado em aula**

#### **Com mais de 600 participantes, Fórum dá início à instalação das usinas fotovoltaicas em Dracena**

O evento reuniu políticos, empresários, representantes de associações, do governo estadual, faculdades e população em geral. As quatro usinas entram em operação no começo de 2017

**Por GILMAR PINATO / Freelancer-Jornal Regional**

O Fórum Fotovoltaico realizado na manhã de ontem, 24, em Dracena, com objetivo de apresentar o processo de instalação das quatro usinas solares, assim como os benefícios na geração de empregos e renda ao município, reuniu mais de 600 participantes, desde empresários, políticos, representantes de associações, faculdades, do Governo Estadual e população em geral.

....

O prefeito José Antonio Pedretti, salientou que a Prefeitura realizou tudo o que foi necessário para conseguir a instalação das usinas em Dracena, desde o fornecimento das licenças prévias obrigatórias por parte de órgãos como a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (Cetesb), Comando da Aeronáutica (Coman), entre outros.

....

Pedretti explicou que além do faturamento para as empresas já instaladas na cidade e as que irão vir para atender a demanda das usinas, os benefícios serão estendidos ao meio ambiente, à área técnica, uma vez que a construção e operacionalização das usinas exigirão conhecimentos técnicos e a economia do município que será reforçada, com geração de emprego, renda e recolhimento de impostos.

...

Pedretti enfatizou que novas empresas irão se instalar em Dracena. Ele citou a Matsuda, de Álvares Machado, que já demonstrou interesse em instalar no município, uma fábrica para componentes das placas fotovoltaicas. “Vamos incentivar a instalação das novas empresas no município”, declarou o prefeito.

SOLATIO - Segundo o administrador da Solatio, Edson Genari, a escolha de um local para implantação das usinas fotovoltaicas, leva em conta em primeiro lugar, o nível da radiação solar.

“Na região, primeiro entramos em contato com o proprietário da terra, José Vanil Guerra, depois com Prefeitura, a qual pedimos respaldo para realização do projeto. A recepção do prefeito ao empreendimento foi o fator fundamental para tornar o projeto competitivo no leilão em outubro, assim como a aprovação do projeto de isenção do ISS para a construção”, observou. Ele também salientou o apoio do deputado Reinaldo Alguz para o investimento.

“Agora as usinas estão em fase de instalação. Após essa etapa, será programado o começo das obras e a partir do começo de 2017 tem início a produção de energia. O que será gerado em Dracena, será incorporado ao sistema nacional de energia elétrica.

A previsão inicial é gerar 120 megawatts, com capacidade de abastecer uma cidade com aproximadamente 68 mil habitantes. A expectativa na fase de construção é gerar cerca de 600 empregos e 140 quando as usinas entrarem em operação.

**AUTORIZAÇÕES** - A engenheira ambiental, Fabiana Preti, abordou o tema “Autorizações Ambientais para as Instalações das Usinas Fotovoltaicas”.

Ela explicou que para obter o licenciamento ambiental prévio (LAP), para instalação de usinas solares, são analisados itens como o impacto no meio ambiente, localização, capacidade de poluição, reflexos na aviação, altura dos ruídos, entre outros.

...

“A radiação no Brasil é muito boa para o empreendimento, o impacto ambiental em Dracena será baixo, mais na supressão de vegetação, por outro lado, a energia solar é sustentável e o país precisa desse componente para a matriz energética brasileira”, acrescentou. O material condutor nas placas é o silício que recebe a energia do sol.

**POTENCIAL SOLAR** - O doutor e professor da Unesp de Ilha Solteira, Carlos Alberto Canesin, dissertou o tema: “Energia Elétrica no Brasil e o Potencial Solar”.

...

Canesin explica que as usinas fotovoltaicas funcionam melhor em temperaturas mais baixas. “Deveriam ser instaladas do Centro-Oeste do Brasil para o Sudeste, onde as temperaturas médias são favoráveis”, ponderou. Os painéis de células fotovoltaicas, serão instalados na direção Norte.

A vantagens apontadas pelo professor nessa forma de energia é a redução da perda de até 20% da energia produzida, como ocorre com as hidrelétricas. Segundo Canesin, o preço da energia está subindo e pode elevar até 40% a mais nesse ano, devido o uso das energias térmicas, cujo custo de operação é mais alto.

**SECRETÁRIO** - O subsecretário de Energias Renováveis encerrou o Fórum, com a palestra “Energia Solar: alternativa e segurança energética para São Paulo”.

“Dracena teve o privilégio de ter tido a iniciativa de apoiar um investimento deste porte. A implantação de usina fotovoltaica, na minha opinião, é o futuro da energia no Estado de São Paulo, o estado tem matriz limpa, mas a base é a matriz hídrica e biomassa, a hídrica está praticamente esgotada, temos que buscar alternativas, o vento (energia eólica) é menos intenso, mas o nível solar é considerado um dos melhores do país”, apontou Milton Flávio.

A instalação das usinas, de acordo com o subsecretário, abre uma perspectiva muito boa para Dracena, que passa a ser inserida no sistema energético do país. “Isso faz com que há possibilidade de duplicar a capacidade geradora”, afirmou.

Responda:

- 1- Qual a importância da instalação dessas usinas para Dracena?
- 2- Você conhece algum outro tipo de usina que “produz” energia elétrica? Qual (is)?
- 3- Que tipo de impacto esse tipo de usina pode provocar ao meio ambiente? Vale a pena?
- 4- Você sabe qual o conhecimento científico está por trás do funcionamento das usinas fotovoltaicas?
- 5- Por que Dracena foi escolhida para esse empreendimento?
- 6- De acordo com Carmesim: “Os painéis de células fotovoltaicas, serão instalados na direção Norte.” Os painéis de células fotovoltaicas, serão instalados na direção Norte. Você sabe porque?
- 7- Que perspectiva trará para sua vida a instalação dessas usinas aqui em Dracena?

## APENDICE B



### **Ideal lança edição 2015 do estudo sobre o mercado de geração distribuída fotovoltaica no Brasil**

O Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina (Ideal) publicou a segunda edição do estudo sobre o mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica (FV). O propósito é compreender como se desenvolve o setor e identificar os desafios no processo de conexão à rede de micro e minigeradores FV. O levantamento traz resultados de uma pesquisa realizada com instaladores de todo o país.

O estudo foi realizado por meio de questionário online respondido por empresas cadastradas no Mapa de Fornecedores do programa América do Sol ([www.americadosol.org/fornecedores](http://www.americadosol.org/fornecedores)), do Instituto Ideal. Os instaladores responderam a 24 questões divididas em quatro seções: o perfil dos instaladores – com base na experiência de 2014 -, a relação com as distribuidoras, os desafios no processo de conexão à rede e os exemplos positivos das concessionárias.

Em relação ao desenvolvimento do mercado no país, o estudo mostra a existência de um grande número de empresas novas que não finalizaram nenhuma instalação – 54% dos instaladores respondentes. Quanto aos preços praticados no país, foi levantado o valor médio de R\$ 8,81/Wp para sistemas de até 5 kWp – o que é praticamente igual, em termos absolutos, ao observado no anterior. No entanto, considerando a desvalorização do real e a inflação no período, estima-se que houve uma redução real de 6,5% no preço médio dos sistemas FV de pequena escala.

Em relação ao processo de conexão à rede, os principais desafios apontados pelos fornecedores foram atrasos, falta de conhecimento da equipe técnica da distribuidora e problemas na fatura de energia conforme regulamentação do sistema de compensação de energia elétrica (*net metering*), estabelecido no país a partir da Resolução Normativa (REN) 482/2012 da ANEEL. No entanto, uma grande evolução foi constatada na duração do processo de conexão. O tempo médio de seis meses e uma semana em 2013, reduziu para quatro meses e três semanas em 2014.

“O estudo permite acompanhar o desenvolvimento do mercado, ano a ano, e sugerir quais pontos precisam uma maior atenção para que o relacionamento entre consumidor, instalador e distribuidora flua”, afirma a gerente de projetos do Ideal, Paula Scheidt.

<http://institutoideal.org/ideal-lanca-edicao-2015-do-estudo-sobre-geracao-distribuida-fotovoltaica-no-brasil/> acessado em março de 2015

<http://institutoideal.org/na-intersolar-ideal-aponta-para-o-crescimento-de-energias-renovaveis/> acessado em março de 2015

### **Os Prêmios Nobel da Física**

Neste primeiro vídeo sobre "Os Prêmios Nobel da Física", falo a respeito de um dos maiores físicos da humanidade, Albert Einstein. Contextualizo as questões sem explicações do Efeito Fotoelétrico trazidas por Phillip Lenard, e finalmente introduzo os postulados revolucionários de Einstein para a explicação do efeito, que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física no ano

<https://www.youtube.com/watch?v=ddcix9PaRrI> acessado em março de 2015

## APENDICE C

### Questões sobre o Efeito Fotoelétrico trabalhadas com os alunos

**01.** O efeito fotoelétrico pode ser explicado a partir das suposições de Einstein de que:

- a) A energia da luz cresce com a velocidade;
- b) A energia da luz é quantizada;
- c) A massa do elétron cresce com a velocidade;
- d) A carga do elétron cresce com a velocidade;
- e) Átomos irradiam energia;

**02. (UFRGS/1992)** Em qual das alternativas as radiações eletromagnéticas estão citadas na ordem crescente da energia do fóton associado às ondas?

- a) raios gama, luz visível, micro-ondas;
- b) raios gama, micro-ondas, luz visível;
- c) luz visível, micro-ondas, raios gama;
- d) micro-ondas, luz visível, raios gama;
- e) micro-ondas, raios gama, luz visível.

**03. (UFPA-99)** A emissão de fotoelétrons por determinado metal exige que a luz incidente tenha:

- a) Uma frequência maior que um determinado valor
- b) Intensidade superior a um valor determinado
- c) Velocidade, onde o comprimento de onda e sua frequência sejam correspondentes dessa emissão.
- d) Um comprimento de onda superior a um determinado valor
- e) Uma frequência e intensidade menor que um determinado valor.

**04.** Após inúmeras sugestões e debates, o ano 2005 foi declarado pela ONU o “Ano Mundial da Física”. Um dos objetivos dessa designação é comemorar o centenário da publicação dos trabalhos de Albert Einstein, que o projetaram como físico no cenário internacional da época e, posteriormente, trouxeram-lhe fama e reconhecimento. Um dos artigos de Einstein publicado em 1905 era sobre o efeito fotoelétrico, que foi o principal motivo da sua conquista do Prêmio Nobel em 1921. A descrição de Einstein para o efeito fotoelétrico tem origem na quantização da energia proposta por Planck em 1900, o qual considerou a energia eletromagnética irradiada por um corpo negro de forma descontínua, em porções que foram chamadas *quanta* de energia ou fótons. Einstein deu o passo seguinte admitindo que a energia eletromagnética também se propaga de forma descontínua e usou esta hipótese para descrever o efeito fotoelétrico. Em relação ao efeito fotoelétrico numa lâmina metálica, pode-se afirmar que:

**I.** A energia dos elétrons removidos da lâmina metálica pelos fótons não depende do tempo de exposição à luz incidente.

**II.** A energia dos elétrons removidos aumenta com o aumento do comprimento de onda da luz incidente.

**III.** Os fótons incidentes na lâmina metálica, para que removam elétrons da mesma, devem ter uma energia mínima.

**IV.** A energia de cada elétron removido da lâmina metálica é igual à energia do fóton que o removeu.

Analisando as afirmativas, conclui-se que somente:

- a) Está correta a afirmativa I.
- b) Está correta a afirmativa IV.
- c) Estão corretas as afirmativas I e III.
- d) Estão corretas as afirmativas II e IV.
- e) Estão corretas as afirmativas III e IV.

**05.** Com relação ao efeito fotoelétrico, afirma-se que:

**I.** Qualquer que seja a frequência da luz incidente, é possível que sejam arrancados elétrons de um metal.

**II.** Quando elétrons são arrancados de um metal, quanto maior a frequência da luz incidente, maior são as energias com que os elétrons abandonam o metal.

**III.** Quanto maior a energia de um fóton, maior é o número de elétrons que ele pode arrancar de um metal.

Das afirmativas acima

- a) somente I é correta.
- b) somente II é correta.
- c) somente I e II são corretas.
- d) somente I e III são corretas.
- e) I, II e III são corretas.