

Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico

Didactic sequence as an instrument for the significant learning of the photoelectric effect

Resumo

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 tópico em estudo foi Efeito Fotoelétrico e teve como tema problematizador o projeto de instalação de quatro usinas fotovoltaicas na cidade de Dracena, interior do estado de São Paulo. Uma sequência didática foi construída 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. 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. Por meio de análise de questionários e materiais produzidos pelos estudantes, 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.

Palavras chave: Sequencia didática, Efeito Fotoelétrico, Tecnologias da Informação

Abstract

In this qualitative research, we attempted to construct a Didactic Sequence (DS) that contemplated a theme of Modern and Contemporary Physics (MCP) in the perspective of meaningful and contextualized learning. The topic under study was Photoelectric Effect and it was a problematizing theme the project to install four photovoltaic plants in the city of Dracena, in the state of São Paulo. A didactic sequence was constructed based on the theory of Significant Learning, by David Ausubel and Joseph Novak. The research was carried out with a group of 37 students of the third grade of the High School of a public school of the state network of São Paulo. In the SD development, different methodologies and tools were used, such as interpretation of journalistic text, use of videos and computer simulations, and manipulation of photovoltaic devices. Through the analysis of questionnaires and materials produced by the students, it was possible to verify that the students acquired new knowledge, which will serve as previous knowledge to continue learning about the production of electric energy from solar energy. It was observed that the students recognized the social and environmental importance of photovoltaic plants, considering it as a source of clean and renewable energy that will bring numerous benefits to the local community.

Key words: Didactic Sequence, Photoelectric Effect, Information Technology

Introdução

O trabalho descrito e analisado neste artigo versa sobre dois aspectos muito importantes e atuais do ensino de física e que se encontram em processo de discussão nesta área de pesquisa. A saber, a elaboração de sequências didáticas de cunho temático; e estratégias para o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM). Nesse sentido, apresentamos a construção e a análise de uma sequência didática desenvolvida para o ensino do tema “Efeito Fotoelétrico” a partir do tema “Usina Fotovoltaica”.

No ano de 2008, a Secretaria Estadual da Educação do Estado de São Paulo implementou o Currículo oficial (SÃO PAULO, 2008), que se configurou como orientação curricular obrigatória para as escolas públicas estaduais. No que se refere à disciplina de Física, este currículo apresenta alguns conceitos de Física Moderna Contemporânea nos conteúdos da 3ª série do ensino médio. Ao apresentar o conteúdo do currículo, o documento em questão aponta para a necessidade do ensino de FMC no intento de atender aos anseios dos alunos que, desde jovens, fazem uso as novas tecnologias, e precisam construir a relação dos conteúdos com suas vivências cotidianas..

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).

Partimos do princípio de que muito se fala em pesquisa acadêmica sobre as diversas perspectivas para inserção de FMC no EM e, no entanto, pouco se tem visto no sentido de proporcionar uma análise de como essas propostas estão sendo desenvolvidas na escola. Uma revisão bibliográfica dos artigos científicos que versam sobre a inserção de FMC no EM publicados de 2000 a 2007 feita por Pereira e Ostermann (2009) mostra que o número de pesquisas nesta linha aumentaram consideravelmente, o que torna esta linha de pesquisa algo consolidado, mas, ao mesmo passo que o número de publicações aumentou de uma revisão para a outra, observou-se que os objetivos dessas pesquisas ainda precisam ser observados, uma vez que a maioria delas se dedica à proposição de materiais didáticos para professores, relevando que esta linha de pesquisa já há pelo menos vinte anos vem discutindo os assuntos de FMC que devem ser inseridos no EM (OSTERMANN, 1999, CABRAL de PAULO, 2006) e investigando os conceitos prévios necessários a esta aprendizagem (LINO, 2010, CABRAL de PAULO, 1997).

Em termos educacionais, o tema torna-se potencialmente significativo para os estudantes, visto que 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 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.

Além dos motivos apontados, compreendemos serem relevantes os aspectos culturais e históricos no desenvolvimento desse campo de estudo. Neste contexto nos propomos a trabalhar os temas da FMC associados ao funcionamento de uma usina fotovoltaica, ou seja, o Efeito fotoelétrico, construindo uma sequência didática que possibilite uma aprendizagem significativa do fenômeno, utilizando ferramentas como simulações computacionais, experimentos, vídeos, pesquisas, entre outras.

Frente aos desafios do ensino de temas da FMC surge a pergunta principal e que norteia nosso trabalho: Qual elementos da aprendizagem significativa são desenvolvidos por meio de uma sequência didática sobre Efeito Fotoelétrico baseada na construção de uma usina fotovoltaica?”

Sequências Didáticas e abordagem contextualizada

A compreensão de todo o processo instaurado desde o planejamento até a elaboração de uma sequência de ações e conteúdos neste trabalho passa pelo estudo sistematizado das características de uma sequência didática, objeto de ensino desenvolvido para esta pesquisa.

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).

A sequência didática (SD) contribui com a consolidação de conhecimentos que está 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 possuem sobre um 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)

Da mesma forma, Leal e Rôcas (2016) reconhecem a importância da SD na organização de conteúdos e a caracterizam como: “Conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas etapa por etapa pelo docente para que o entendimento do conteúdo ou tema proposto seja alcançado pelos discentes (KOBASHIGAWA et al., 2008). Lembra um plano de aula, entretanto é mais amplo que este por abordar várias estratégias de ensino e aprendizagem e por ser uma sequência de vários dias (LEAL E RÔCAS, 2016).

Uma SD pode ter várias etapas, utilizar várias ferramentas de ensino, envolver um conteúdo só ou vários conteúdos de um tema. Por exemplo, com o tema o efeito fotoelétrico pode ser apresentado aos alunos como um conteúdo só objetivando apresentar o nascimento da FMC, ou pode ser parte de o tema luz: onda ou partícula? Por isso é importante definir o objetivo da SD e os conhecimentos prévios dos alunos.

Metodologia

Sobre a escolha de conteúdos para o ensino da FMC, o efeito fotoelétrico faz parte dos conteúdos do currículo de física para o 3º ano do EM, além do tema ter significância para os alunos dessa cidade. A abordagem pode ser iniciada com o histórico do descobrimento do Efeito fotoelétrico, nesse caso existe uma 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.

Esta escolha está baseada na implantação das usinas fotovoltaicas em Dracena, o tema pode ser abordado a partir do papel da mesma na sociedade local onde será implantada e a aprendizagem significativa do Efeito fotoelétrico pode se iniciar com o conhecimento prévio que os alunos tem sobre a usina fotovoltaica até chegar no conceito de quantização de energia.

A pesquisa foi realizada em uma escola estadual de 2º grau da cidade 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.

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, apenas 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.

Definidos o local e os participantes da pesquisa, foi necessário estabelecer as etapas da SD começando por um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre usinas fotovoltaicas e a instalação na cidade de Dracena. Este levantamento servirá para definir as atividades da SD com todos os elementos necessários a uma aprendizagem significativa e contextualizada. Para obter dados sobre o conhecimento prévio dos alunos foi necessário um diálogo inicial em uma aula dialogada, expositiva com uso de multimídia, para após isto trabalhar os conhecimentos prévios. A Tabela 1 apresenta os momentos e aulas de cada momento da SD.

1º MOMENTO – Pré-Sequência Didática		
Aulas	Conteúdos	Metodologia e ferramentas
Aula 1 e 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.

2º MOMENTO – Sequência Didática		
Aulas	Conteúdos	Metodologia e ferramentas
Aula 1 (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 (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.
Aula 3 (1 aula)	Efeito Fotoelétrico e uso das Tecnologias da Informação e Comunicação para consolidação dos conhecimentos.	Uso de simulação computacional.
Aula 4 (1 aula)	Aplicações do Efeito Fotoelétrico: Dispositivos com fotocélulas,	Manuseio de calculadora solar, carrinhos movidos à energia solar e luminárias solares.
Aula 5 (1 aula)	Avaliação	Questões dissertativas sobre usinas fotovoltaicas e sobre as ferramentas utilizadas na sequência didática.

Tabela 1- Etapas do desenvolvimento da sequência didática

Resultados e Discussões

Segundo a perspectiva teórica adotada neste trabalho, 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.

A primeira observação é que as respostas dos alunos sobre a usina fotovoltaica não estão muito claras com respeito a seu funcionamento, 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”

Aluno	Antes da SD	Após a SD
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</i>

		<i>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>

Tabela 2: Respostas para a pergunta “Como funciona uma usina fotovoltaica?”

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. Para de que maneira 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.

“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. Na tabela 3 podemos ver as respostas dos alunos ao longo do desenvolvimento da SD especificamente acerca do conceito de 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>

Tabela 3: Respostas para a pergunta “O que é o efeito fotoelétrico?”

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 1.

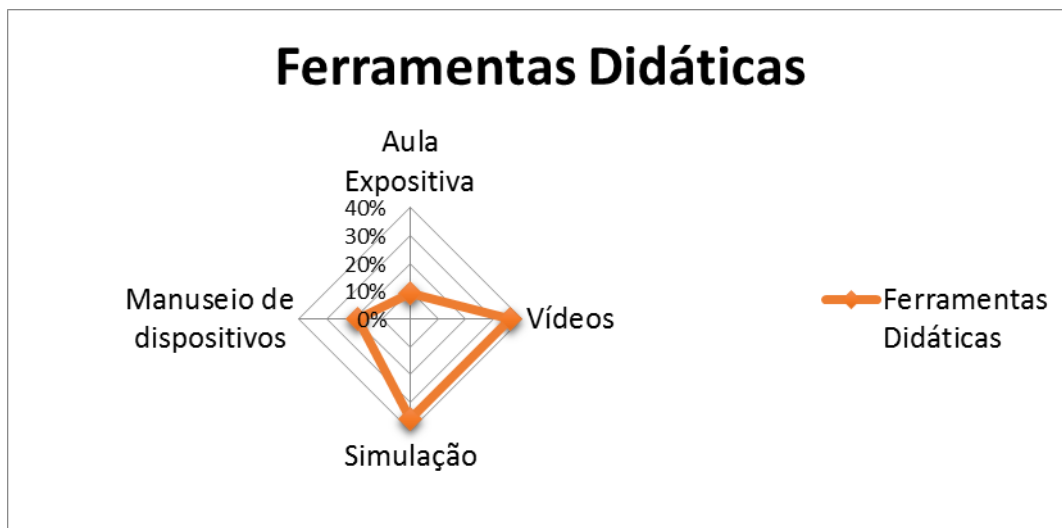


Figura 1 – Resultado da pesquisa sobre as atividades da SD.

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.

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.

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.

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

LEAL, C.A., Rôcas G., Brincando em sala de aula: uso de jogos cooperativos, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, PROPEC, Campus Nilópolis http://www.ifrj.edu.br/webfm_send/5416, acessado em janeiro de 2016. 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 Qurriculum, La Laguna, 25: 29-56.

MONTEIRO, P., Sobre como organizar sequencias didaticas consultora, Revista Nova Escola, <http://revistaescola.abril.com.br/formacao/como-organizar-sequencias-didaticas-planejamento-779478.shtml?page=2>

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.

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